

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref:.....

Centre Université Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département de science de la nature et de la vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

En domaine : science de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des Ecosystème

Thème

Évolution des paramètres physico-chimique des eaux usées dans la wilaya de Mila pendant la pandémie COVID-19

Préparé par :

- SAADA MERIEM
- SEFIANI KHALIDA

Devant le jury composé de :

Présidente : Kherief Necereddine Saliha M.C.B C.U. Abdelhafidboussouf- Mila

Examineur : Djeddi Hamssa M.C.B C.U. Abdelhafidboussouf- Mila

Encadrant : Harrieche Ouahiba M.A.A C.U. Abdelhafidboussouf- Mila

Année universitaire : 2020/2021



Remerciment

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de notre vie, qu'il nous a donné le courage et la patience pour Surmonter tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

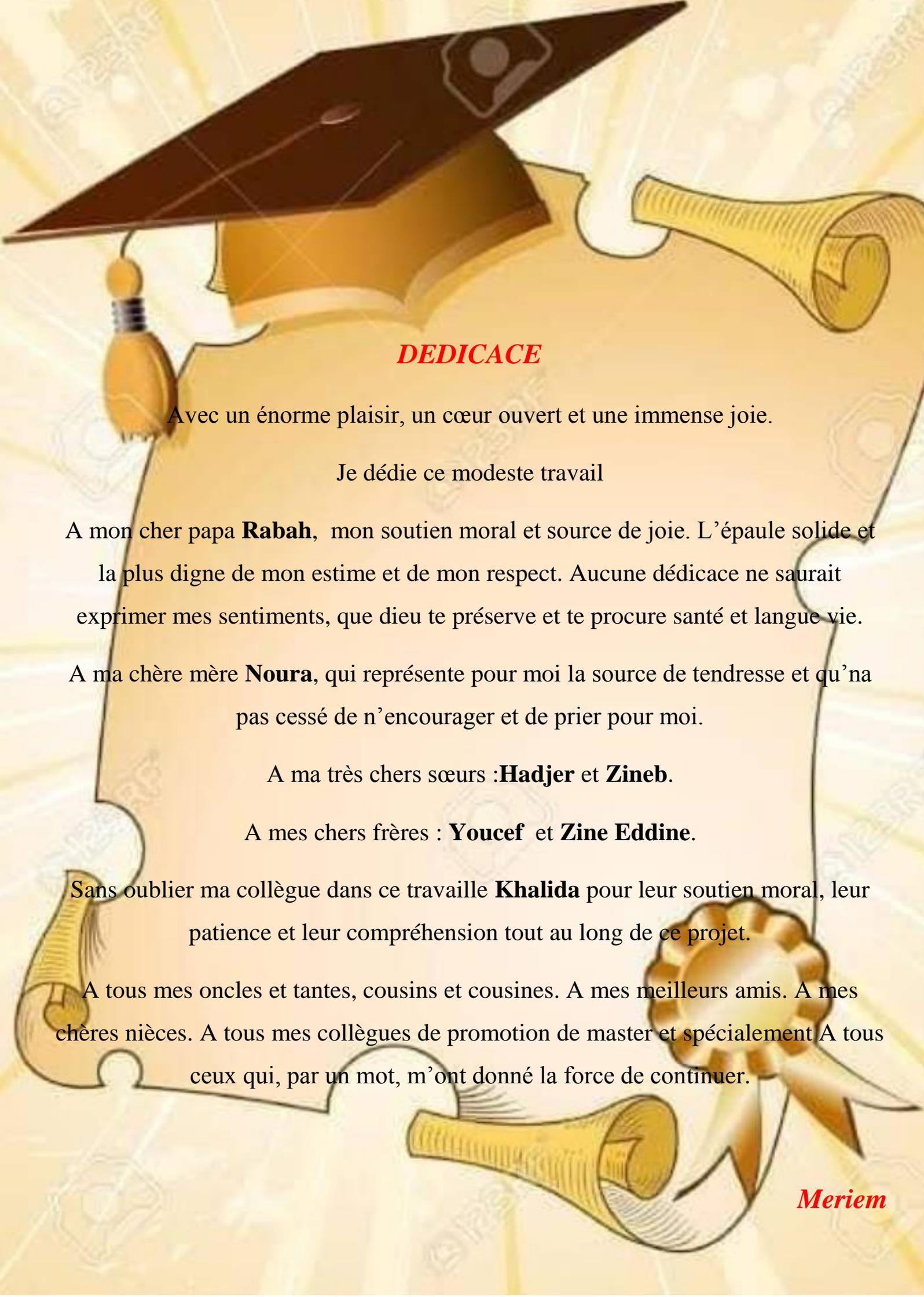
Nous nous exprimons plus vifs remerciements au docteur **Harrieche Ouahiba (M.A.A)** Que sa Profonde gratitude pour avoir orienté, dirigé ce travail et Également pour tous ses conseils dans l'élaboration et la Conception de ce mémoire.

Nous remerciments s'adressent également au docteur **Kherief Nacerddine Saliha (M.C.B)** Qui nous fait l'honneur d'être le président de ce jury. Nous sommes également très honorées de la présence, dans ce jury Docteur **Djeddi Hamssa (M.C.B)** Qui nous fait l'honneur d'examinatrice de ce jury.

Nous remerciments s'adressent également à toutes les personnes qui Ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

À ceux et celles qui nous aidé d'une façon ou d'une autre De près ou de loin Dans notre travail, Nous les remercions du fond du cœur.

Tous les personnels pédagogiques et administratifs du Centre Universitaire de Mila. A tous les enseignants de département des sciences de la nature et de la vie.



DEDICACE

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie.

Je dédie ce modeste travail

A mon cher papa **Rabah**, mon soutien moral et source de joie. L'épaule solide et la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

A ma chère mère **Noura**, qui représente pour moi la source de tendresse et qu'na pas cessé de n'encourager et de prier pour moi.

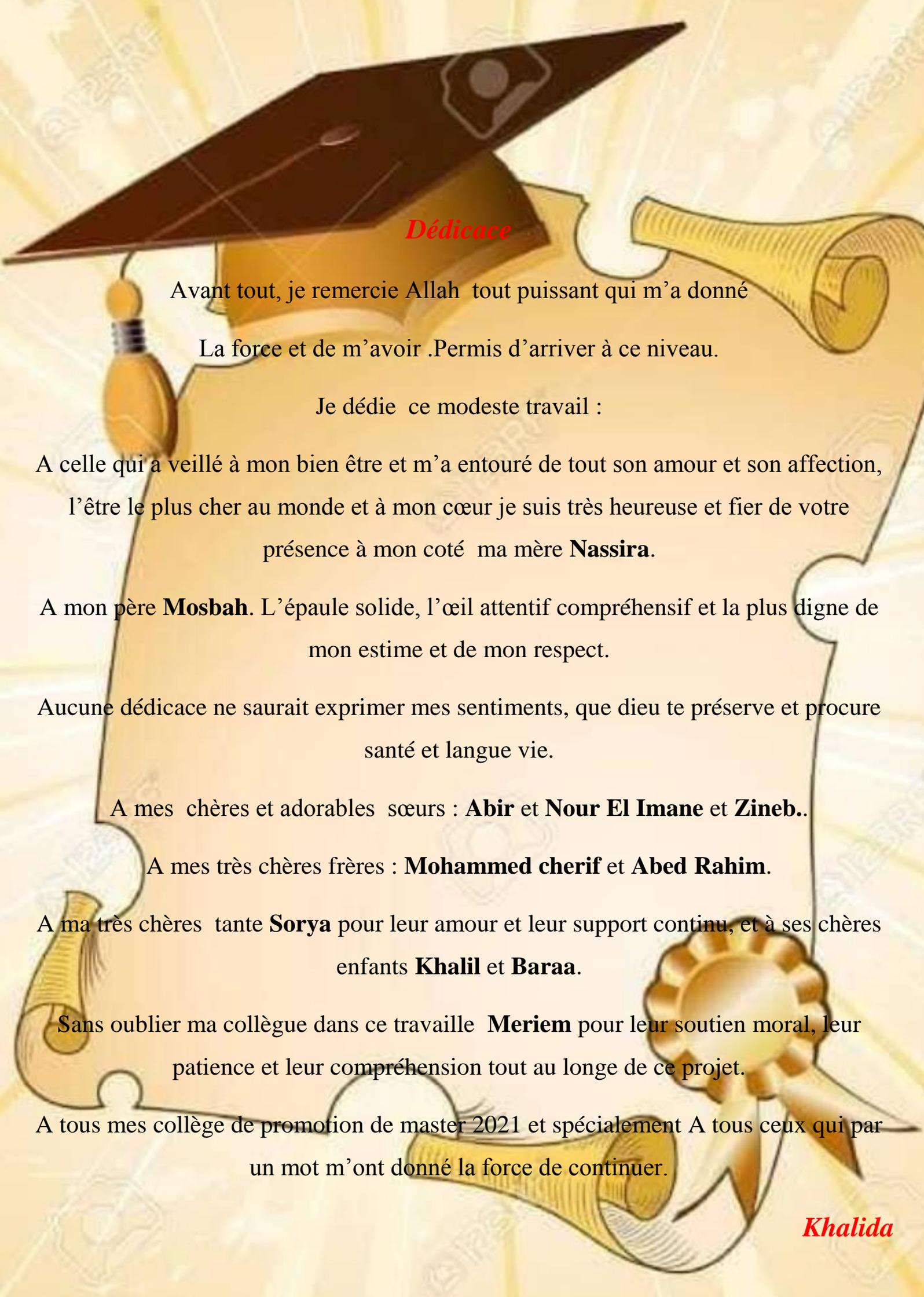
A ma très chers sœurs : **Hadjer** et **Zineb**.

A mes chers frères : **Youcef** et **Zine Eddine**.

Sans oublier ma collègue dans ce travaille **Khalida** pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension tout au long de ce projet.

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines. A mes meilleurs amis. A mes chères nièces. A tous mes collègues de promotion de master et spécialement A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

Meriem



Dédicace

Avant tout, je remercie Allah tout puissant qui m'a donné

La force et de m'avoir permis d'arriver à ce niveau.

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui a veillé à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon cœur je suis très heureuse et fier de votre présence à mon côté ma mère **Nassira**.

A mon père **Mosbah**. L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et procure santé et longue vie.

A mes chères et adorables sœurs : **Abir** et **Nour El Imane** et **Zineb**..

A mes très chères frères : **Mohammed cherif** et **Abed Rahim**.

A ma très chère tante **Sorya** pour leur amour et leur support continu, et à ses chères enfants **Khalil** et **Baraa**.

Sans oublier ma collègue dans ce travail **Meriem** pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension tout au long de ce projet.

A tous mes collègues de promotion de master 2021 et spécialement A tous ceux qui par un mot m'ont donné la force de continuer.

Khalida

Sommaire

Remerciment	I
Dédicace	II
Sommaire	III
Liste des abréviations	XI
Liste des tableaux	XII
Liste des figures	XIV
Résumé	XVI
Introduction	1

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les eaux usées	3
1.1. Définition des eaux usées.....	3
1.2. Origine des eaux usées	3
1.2.1. Eaux usées domestiques	3
1.2.2. Eaux usées industrielles	4
1.2.3. Eaux agricoles	5
1.2.4. Eaux pluviales	6
1.3. Importance des eaux usées	6
1.4. Système d'assainissement	7
1.4.1. Le Système unitaire	7
1.4.2. Le système séparatif	8
1.4.3. Le système pseudo-séparatif (mixte).....	9
1.4.4. Système autonome.....	10
1.5. Le rôle d'assainissement	10
1.6. Fonctionnement de l'assainissement	10

1.7.	Décrets concernant le déversement dans le réseau d'assainissement	11
1.8.	La pollution des eaux usées.....	11
1.8.1.	Définition	11
1.8.2.	Différents types de pollution	11
1.8.2.1.	Pollution physique	11
1.8.2.2.	Pollution chimique	12
1.8.2.3.	Pollution microbiologique.....	12
1.9.	Paramètres de caractérisation de l'effluent	13
1.9.1.	Paramètres physiques	13
1.9.1.1.	Température	13
1.9.1.2.	Conductivité.....	13
1.9.1.3.	Matières en suspension	13
1.9.1.4.	Turbidité.....	14
1.9.2.	Paramètres chimiques.....	14
1.9.2.1.	Potentiel d'hydrogène	14
1.9.2.2.	Oxygène dissous	14
1.9.2.3.	Demande biochimique en oxygène	14
1.9.2.4.	Demande chimique en oxygène	15
1.9.2.5.	L'azote	15
1.9.2.6.	Le phosphore.....	15
1.9.3.	Les paramètres biologiques	15
1.9.3.1.	Les coliformes.....	16
1.9.3.2.	Les streptocoques fécaux et Enterococcus.....	16
1.10.	Normes de rejets des eaux usées.....	18
1.10.1.	Norme française	18
1.10.2.	Les normes algériennes	19

1.11.	Impacts du rejet d'eaux usées	20
1.11.1.	Effets sur la santé humaine.....	20
1.11.2.	Effets environnementaux.....	21
1.11.3.	Effets économiques	21

Épuration par boue activée

1.	Les procédés de traitements des eaux usées.....	22
2.	Etapas du processus d'épuration	22
2.1.	Prétraitements.....	22
2.1.1.	Le dégrillage.....	22
2.1.2.	Le dessablage	23
2.1.3.	Le dégraissage _ déshuilage	23
2.2.	Traitement primaire.....	24
2.2.1.	Procédés de décantation physique.....	24
2.2.2.	Procédés de décantation chimique	25
2.3.	Traitement secondaire (traitement biologique)	27
2.3.1.	Technologie de traitement par des cultures bactériennes fixes.....	28
2.3.2.	Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres.....	29
2.4.	Traitement tertiaires	30
3.	Procédé à boue activées	31
3.1.	Définition des boues.....	31
3.2.	Origine des boues	31
3.3.	Caractéristiques des boues	32
3.3.1.	Les boues primaires (boues fraîches).....	32
3.3.2.	Les boues secondaires (boues biologiques)	32
3.3.3.	Les boues physico-chimiques.....	32

3.3.4.	Les boues d'aération prolongée	32
3.3.5.	Les boues mixtes	33
3.4.	Composition des boues.....	34
3.4.1.	Matières organiques	34
3.4.2.	Éléments fertilisants	34
3.4.3.	Contaminants chimiques organiques et inorganiques	34
3.4.4.	Micro-organismes pathogènes.....	35
3.5.	Les facteurs caractérisant la nature et la structure des boues.....	35
3.5.1.	Les facteurs caractérisant la nature des boues.....	35
3.5.2.	Les facteurs caractérisant la structure des boues.....	36
4.	Mode de traitement des boues	36
4.1.	Epaississement	37
4.2.	Déshydratation	37
4.3.	Séchage.....	38
4.3.1.	Lit de séchage.....	38
4.3.2.	Séchage thermique	38
4.4.	La stabilisation	38
4.4.1.	Stabilisation biologique.....	38
4.4.2.	Stabilisation chimique	38
4.4.3.	Stabilisation thermique.....	39
5.	Objectif du traitement par des boues.....	39

Pandémie du coronavirus (COVID-19)

1.	Qu'est-ce que le coronavirus (COVID-19).....	41
1.1.	Définition	41
1.2.	Temps d'incubation	42

1.3.	Les types de coronavirus	42
1.4.	Mutation du coronavirus	43
1.5.	Transmission	43
1.6.	Symptômes et évolution	44
1.7.	Mortalité	44
1.8.	Traitement	44
1.9.	Vaccin.....	44
1.10.	Prévention.....	45
2.	Réseau d’assainissement en Algérie	47
2.1.	Définition d’ONA	47
2.2.	Les stratégies d’ONA de lutte contre la pandémie de COVID-19.....	47
2.2.1.	À l’intérieure d’une institution.....	48
2.2.2.	À l’extérieure d’une institution	49
3.	Stratégie mondiale de lutte contre la pandémie COVID-19	51
3.1.	La stratégie d’atténuation	51
3.2.	La stratégie de suppression	52
4.	La stratégie Algérienne de lutte contre la pandémie COVID-19	54

La partie expérimentale

1.	Présentation des zones d’étude	57
1.1.	Station d’épuration d’Oued el Athmania	57
1.1.1.	Localisation de la STEP d’oued Athmania	57
1.1.2.	Prétraitement	58
1.1.3.	Traitement biologique	59
1.1.4.	Clarification.....	59
1.2.	Station d’épuration de Sidi Merouane	60

1.2.1.	Localisation de la STEP de sidi Merouane	60
1.2.2.	Description des différents ouvrages de la station d'épuration de Sidi Merouane	61
1.3.	Station d'épuration de Ferdjioua	64
1.3.1.	Localisation de la STEP Ferdjioua.....	64
1.4.	Station d'épuration de Zeghaia	67
1.4.1.	Localisation de la STEP de Zeghaia.....	67
1.4.2.	Équipement de la STEP.....	67
1.4.3.	Description des différents ouvrages de la Station d'épuration Zeghaia.....	68
1.4.3.1.	Prétraitement	68
1.4.3.2.	Clarification.....	69
2.	Le but des quatre stations d'épuration	69

Résultats et discussion

1.	Les paramètres physiques	70
1.1.	La température.....	70
1.2.	Le potentiel d'hydrogène (PH).....	71
1.3.	Des matières en suspension (MES).....	74
1.4.	Conductivité électrique (CE).....	76
2.	Les paramètres chimiques.....	79
2.1.	Demande chimique en oxygène (DCO)	79
2.2.	La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5)	82
2.3.	Le Nitrite (NO ₂ ⁻)	85
2.4.	Le Nitrate (NO ₃ ⁻).....	88
2.5.	Ammonium (NH ₄ ⁺)	90
2.6.	Azote ammoniacal (NH ₃ ⁺).....	93

2.7. Phosphore total (Pt).....	95
1.4. Azote total (Nt).....	98

Conclusion

Références bibliographiques

Références Sitographiques

Liste des abréviations

AGEP : L'agence nationale de l'eau potable et de l'assainissement

CE : Conductivité électrique.

Cm² : Centimètre carré

DBO5 : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène

EB : Eau brute

EE: Eau épurée

ISO: International Organization for Standardization.

M/s : Mètre par seconde

MES : Matières en Suspensions.

Mg/l : Milligramme par litre.

Mg : Miligramme

MS/m : Milisiemens par mètre.

NF EN : Norme Française, European Norm .

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

ONA : Office National d'assainissement.

ONU : Organisation des Nations Unies

PH : Potentiel hydrogène.

RT-PCR : Reverse Transcriptase –Polymerase Chain Reaction

S/m : Siemens par mètre

SST : Les Services de Santé au Travail.

STEP : Station d'épuration

T: Température.

µm : Micron

µS/cm : Micro semence sur centimètre.

°C : Degré Celsius.

Liste des tableaux

Tableau 1: Proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes	4
Tableau 2: Normes définies par l'arrêté du 22 juin 2007.	18
Tableau 3: Evaluation de la qualité d'eau	19
Tableau 4: Valeur limites de certains paramètres de rejets industriels (Décret exécutif n° 93-160 du Juillet 1993)	20
Tableau 5: Agents de coagulation.....	26
Tableau 6: Les différents types des boues selon leur origine et leur composition	33
Tableau 7: Quelques vaccins contre COVI-19.....	45
Tableau 8: La quantité de l'eau d'javèle utilisé pendant la pandémie	50
Tableau 9: Données générales de la STEP	61
Tableau 10: Capacité de station Ferdjioua	65
Tableau 11: La moyenne mensuel des MES enregistrée eaux brutes et épurées dans les quatre STEP.....	74
Tableau 12: Les pourcentages d'abattement de MES dans quatre STEP.	75
Tableau 13: La variation mensuelle de la CE des eaux brutes et épurées dans les trois STEP.	77
Tableau 14: Le taux d'abattement de la conductivité électrique dans les trois STEP.....	78
Tableau 15: La moyenne mensuelle de la DCO enregistrée dans les eaux brutes et épurées des 4 STEP.	80
Tableau 16: Le taux d'abattement de DCO dans les 4 STEP	81
Tableau 17: La moyenne mensuelle de la DBO ₅ enregistrée dans les eaux brutes et épurées des 4 STEP pendant la période (Jan-2019 / Févr-2021).	83
Tableau 18: Taux d'abattement de la DBO ₅ dans les 4 STEP pendant la période (Jan-2019/Févr-2021).	84

Tableau 19: La variation mensuelle de la teneur NO_2^- dans les eaux brutes et épurées dans les trois STEP.....	86
Tableau 20 Le taux d'abattement de la teneur en NO_2^- dans les trois STEP.....	87
Tableau 21: La variation mensuelle de la teneur en NO_3^- dans les eaux brutes et épurées au niveau des quatre STEP.....	88
Tableau 22: Le taux d'abattement de la teneur en NO_3^- dans les quatre STEP.....	89
Tableau 23: La variation mensuelle de la teneur en NH_4^+ dans les eaux brutes et épurées au niveau des deux STEP.....	91
Tableau 24: Le taux d'abattement de la teneur en NH_4^+ dans les deux STEP.	92
Tableau 25: La variation mensuelle de la teneur en NH_3^+ dans les eaux brutes et épurées au niveau des STEP de Oued Athmania et Sidi Merouane.....	93
Tableau 26: Le taux d'abattement de la teneur en NH_3^+ dans les deux STEP.....	94
Tableau 27: les variations mensuelle des eaux brute et eaux épurée de Azote totale de deux STEP pendant la période (janvier 2019_février 2021).....	95
Tableau 28: Les pourcentages d'abattement de Pt dans deux STEP.	97
Tableau 29: La moyenne mensuelle de la Nt enregistrée dans les eaux brutes et épurées dans trois STEP.	98
Tableau 30: Les pourcentages d'abattement de Nt dans trois STEP.	100

Liste des figures

Figure 1: Les eaux usées domestiques	4
Figure 2: Les eaux usées industrielle	5
Figure 3: Les eaux agricoles	6
Figure 4: Schéma explicatif du réseau unitaire	8
Figure 5: Schéma explicatif du réseau séparatif	9
Figure 6: Schéma explicatif du réseau pseudo séparatif	9
Figure 7: schéma descriptif des étapes de prétraitement	24
Figure 8: Les étapes d'épuration	31
Figure 9: La structure de virus COVID-19	42
Figure 10: Prévention contre le virus de COVID-19	46
Figure 11: Campagne de stérilisation.....	49
Figure 12: Évolution quotidienne des cas cumulés de COVID-19 déclarés dans le monde du 20 janvier au 5 avril 2020	51
Figure 13: vaccination par hydrox-chloroquine	55
Figure 14: Localisation de STEP d'oued Athmania	57
Figure 15: STEP d'oued Athmania	58
Figure 16: Dégriilleur.....	58
Figure 17: Désableur, Déshuileur.....	59
Figure 18: Bassin D'aération.....	59
Figure 19: Clarification.....	60
Figure 20: Situation géographique de la STEP de Sidi Merouane.....	60
Figure 21: Dégriillage grossier : 1 Automatique, 2 Manuelle.....	62
Figure 22: Dégriillage fin 1. Automatique, 2. Manuelle.....	62
Figure 23: Désableur _déshuileur.....	63
Figure 24: Pompe à sable.....	64

Figure 25: Classificateur à sable.	64
Figure 26: Station d'épuration Ferdjioua (Ain Baida Harriche).	65
Figure 27: Localisation de station d'épuration Ferdjioua	65
Figure 28: Benne à sable.	66
Figure 29: Bassins d'aérations.	66
Figure 30: Clarificateurs.	66
Figure 31: Récupération de boues activées.	66
Figure 32: Lits de séchage.....	67
Figure 33: Les unités de dégrillage.	68
Figure 34: La variation mensuelle de la température des eaux brutes dans les quatre STEP.	70
Figure 35: La variation mensuelle de la température des eaux épurées dans les quatre STEP.	71
Figure 36: La variation mensuelle du PH des eaux brutes dans les quartes STEP.	72
Figure 37: La variation mensuelle du PH des eaux épurés dans quartes STEP.	73

Résumé

Notre étude s'intéresse à l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux brutes et traitées au niveau des quatre stations d'épuration des eaux usées fonctionnelles dans la Wilaya de Mila. Il s'agit des STEP de Oued Athmania, de Sidi Merouane, de Ferdjioua et de Zeghaia. En fait, la période d'étude s'étalant de Janvier 2019 jusqu'au Février 2021 qui inclue le début de la pandémie COVID 19 en Algérie. Les stations étudiées traitent les eaux usées, grâce à une succession de mécanismes physico-chimiques et biologiques en utilisent le procédé de boues activées, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risque de polluer les eaux du barrage de Béni-Haroune.

Nos résultats indiquent que la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés n'ont pas changé considérablement de valeurs, pendant la pandémie COVID 19 et les eaux traitées sont conformes aux normes de rejet Algérienne et de l'OMS. En plus, le calcul du taux d'abattement a montré une efficacité du traitement des eaux usées à l'exception de l'élimination des nitrates au niveau de la station d'Oued Athmania et de Sidi Merouane.

Mot clés : Eaux usées, pandémie COVIS 19, STEP, paramètres physico-chimiques, taux d'abattement.

ملخص

تتمثل دراستنا على أربعة محطات تصفية المياه لولاية ميله (واد العثمانية - سيدي مروان - فرجوة - زغاية) و التي يتمثل دور هذه المحطات على استخدام سلسلة من الآليات الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية (استخدام تقنية الحماة المنشطة) و من ثم تصريفها في بيئة من غير تلوث .

يهدف عملنا إلى تقييم جودة المعطيات الفيزيائية و الكيميائية للمياه الخام والمياه النقية على مستوى محطات معالجة مياه الصرف الصحي للفترة الممتدة من (يناير 2019 حتى فبراير 2021) ، وذلك لإجراء مقارنة لتطور هذه المعطيات خلال جائحة كوفيد -19 وفترة ما قبل كوفيد -19. تشير نتائجنا إلى أن المعطيات الفيزيائية والكيميائية المدروسة قريبة من معايير الرفض لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي الأربعة و تشير النسب المئوية إلى أن محطات الأربعة للتصفية لها فعالية معالجة و أنها قامت بعملها خلال فترة كوفيد .

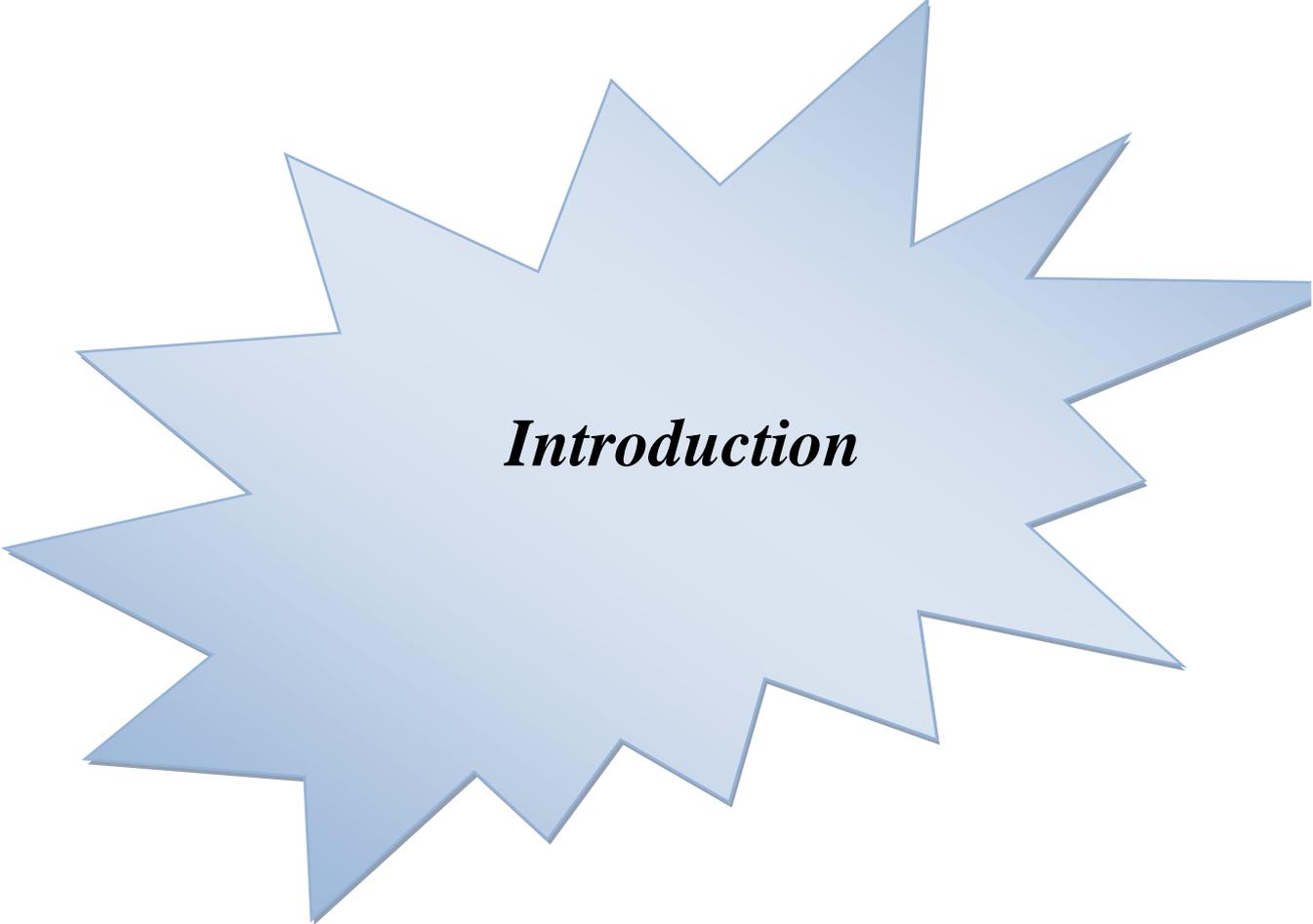
الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، الحماة النشطة ، كوفيد 19 ، محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، المعطيات الفيزيائية والكيميائية.

Abstract

Our study is represented on fourth wastewater treatment plants for the state of Mila (Oued Athmania - SidiMerouane – Ferjioua - Zeghaia), their role is to collect the wastewater then treat it in favour of mechanisms physic-chemical or biological succession (using activated sludge technology) and then discharging it in an environment without pollution.

Our work aims to assess the quality of physic-chemical data for raw water and pure water at the level of wastewater treatment plants for the period from (January 2019 to February 2021), in order to compare the development of these data during the COVID-19 pandemic and the pre-Covid-19 period. Our results indicate that the studied physic-chemical data are close to the rejection criteria for the four sewage treatment plants, and the percentages indicate that the four filtration plants have treatment efficacy and that they did their work during the Covid period.

Keywords: Wastewater, activated sludge, covid 19, wastewater treatment plants, physic-chemical parameters.



Introduction

Introduction

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement, sans aucun traitement préalable, est un motif de préoccupation croissante compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur la santé humaine, la flore et la faune. Ces rejets augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation du niveau de vie de la population. Mais les capacités d'autoépuration sont jugées dépassées ; ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents (**Ouritelli et Brahimi, 2013**).

Dans ce cadre, les efforts d'investissement de notre pays, fournis durant les dernières années, ont permis l'émergence de très nombreuses stations d'épuration urbaines et industrielles. Cela démontre le noble objectif, à savoir la préservation de la santé publique et du milieu naturel ainsi que la protection des ressources en eau potable tant superficielles que souterraines. En effet, quel que soit le type de station d'épuration, le principe est simple; les matières polluantes sont dégradées grâce à un phénomène biologique naturel. Il s'agit de micro-organismes contenus dans les eaux usées et maintenus en quantité suffisante dans les stations où ils transforment la pollution en boues qui seront séparées de l'eau par décantation ou par déshydratation (**Lakhadri et al., 2013**).

En outre, les eaux usées sont une ressource précieuse que le monde doit apprendre à exploiter. Non seulement elles peuvent être réutilisées pour l'irrigation mais peuvent constituer un système d'alerte précoce qui pourrait nous prévenir la propagation des maladies dans les populations urbaines (**ONU, 2021**).

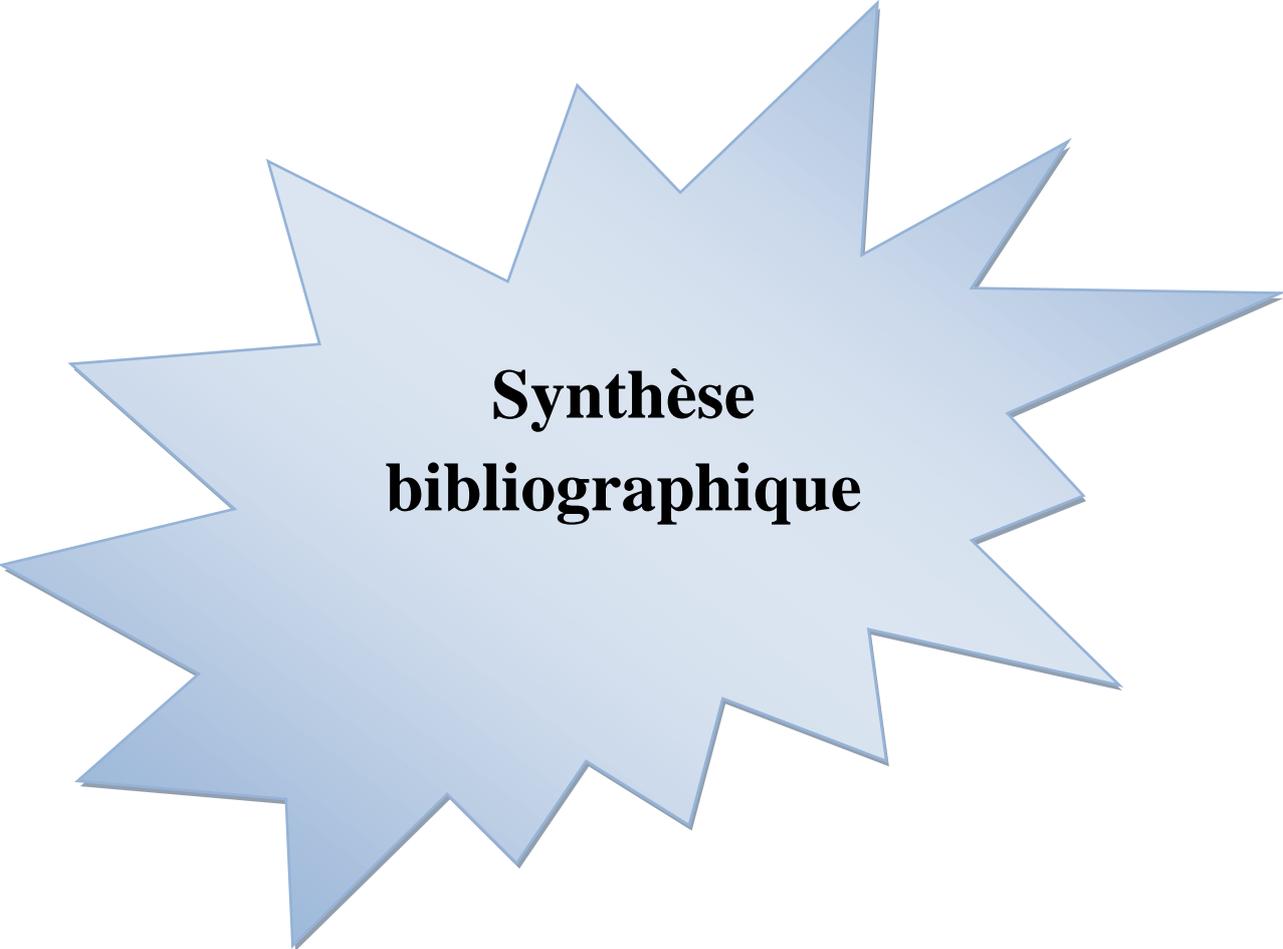
En fait, il existe un lien inextricable entre le COVID-19 et les eaux usées. La pandémie COVID-19 a mis en évidence les menaces et les opportunités en matière d'assainissement et de gestion des eaux usées. Le COVID-19 a encouragé les spécialistes à explorer les eaux usées afin de détecter la propagation de ce virus en y analysant la présence de l'ARN qui lui est lié. La détection et le dosage de ce virus dans les eaux usées pourrait aider à l'adoption des mesures restrictives dans des zones spécifiques pour contenir le virus et ses effets sur la communauté locale (**ONU, 2021**).

En Algérie, le procédé d'épuration par boues activées est le plus utilisé pour traiter les eaux usées urbaines. Ce procédé a des performances épuratrices et une fiabilité très importante, surtout vis-à-vis de la pollution organique (**Lakhadri et al., 2013**). Parmi les STEP les plus importantes en Algérie, situées dans la wilaya de Mila, on trouve la STEP d'Oued Athmania, de Sidi Merouane, de Ferdjioua et de Zeghaia.

Ces dernières ont été installées dans le but de protéger le grand barrage de Beni Haroune qui constitue un véritable moteur pour le développement des Wilaya de Mila, Constantine, Jijel, Batna, Khenchela et Oum Elbouaghi en ce qui concerne l'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation.

Ces stations sont des établissements très efficaces aux traitements des eaux usées de divers types de déchets qui viennent des régions qui l'entourent. Elles utilisent des nouvelles techniques et équipements de renommée internationale pour assurer l'efficacité dans les étapes physiques et biologiques du traitement des eaux usées. Ces procédés produisent de l'eau épurée qui est rejetée dans le milieu récepteur alors que les boues résultant sont utilisées en agriculture (ONA, 2020).

Ainsi, ce travail a pour but d'étudier les paramètres physico-chimiques mesurés régulièrement dans les eaux usées brutes et épurées, au niveau des quatre STEP, durant une période qui s'étalant de Janvier 2019 jusqu'au Février 2021 qui inclue le début de la pandémie COVID 19 en Algérie. Donc, l'objectif principal est de comparer l'évolution de ces paramètres, dans les quatre STEP, et d'évaluer l'efficacité du traitement avant et durant cette pandémie.



**Synthèse
bibliographique**

1. Généralités sur les eaux usées

1.1. Définition des eaux usées.

Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés : c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) (**Rejsek, 2002**).

Donc il est important d'épurer ces eaux au niveau des stations d'épuration, avant de les rejeter dans l'environnement.

1.2. Origine des eaux usées

Les eaux usées appelées aussi résiduaires urbaines qui arrivent à la station d'épuration sont un mélange de plusieurs types d'eau. On distingue quatre grandes catégories des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et agricole et des eaux pluviales ou de ruissellement urbain (**Rejsek, 2002**).

1.2.1. Eaux usées domestiques

Ces eaux sont généralement constituées des matières organiques dégradables et des matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles proviennent essentiellement :

- ✓ Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.
- ✓ Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents
- ✓ Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées.

Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme (**Rejsek, 2002**).

Tableau 1: Proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes (Rejsek, 2002).

Activité domestique	Volume rejeté (%)
Cuisine : évier	3%
Lave-vaisselle	13%
Lave-linge	13%
Salle de bains	44%
Chasse d'eau	26%

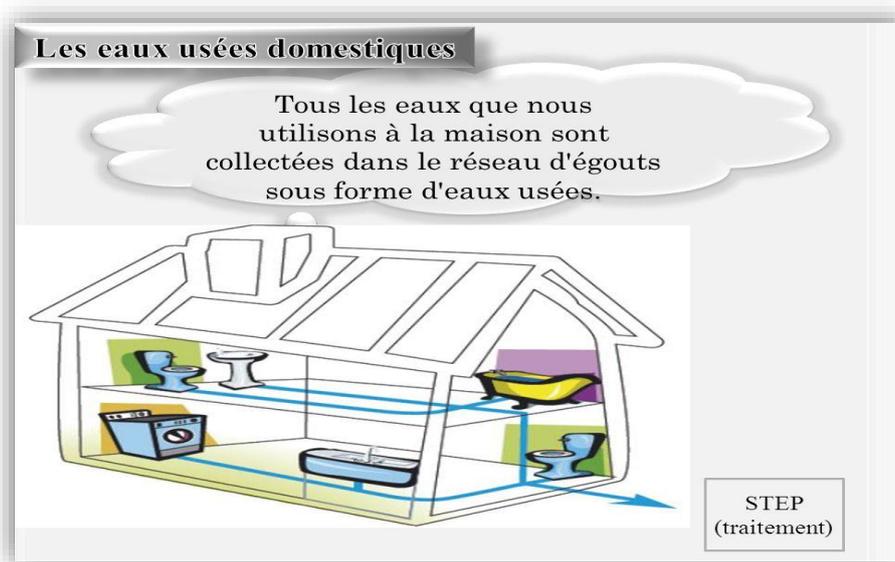


Figure 1: Les eaux usées domestiques [Site 1].

1.2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir:

- ✓ Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage)
- ✓ Des hydrocarbures (raffineries)
- ✓ Des métaux (traitements de surface, métallurgie)
- ✓ Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries)
- ✓ De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)
- ✓ Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)

Dans certains cas, et avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industries. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution (**Rodier, 2005**).



Figure 2: Les eaux usées industrielle [Site 1].

1.2.3. Eaux agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement :

- ✓ Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)
- ✓ Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...)

Donc ces eaux sont l'issus :

- ✓ Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- ✓ Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduelles des usines de fabrication et de conditionnement (**Grosclaude, 1999**).



Figure 3: Les eaux agricoles [Site 2].

1.2.4. Eaux pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie par deux mécanismes :

- ✓ le lessivage des sols des surfaces imperméabilisées : les déchets solides ou liquides déposés par temps sec sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissements par les premières précipitations qui se produisent.
- ✓ la remise en suspension des dépôts des collecteurs : par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (**Rejsek, 2002**).

1.3. Importance des eaux usées

L'ONU s'est fixé pour objectif l'approvisionnement en eau pure et l'assainissement pour tous les individus de la planète en 1990. Elle espérait ainsi améliorer les conditions de vie d'environ deux milliards de personnes. Dans plusieurs cas, cette amélioration devrait se traduire par une réduction importante du nombre de malades. L'OMS estime que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement associées à l'eau (exemple: la gastro-entérite, paludisme, salmonellose).

On estime que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile (**Desjardins, 1997**).

L'assainissement, autrement appelé dépollution, a pour fonction de préserver la qualité de la vie en débarrassant les eaux usées de leur pollution, avant leur retour dans le milieu naturel. L'apport, au quotidien, du service d'assainissement est donc considérable. Il a un rôle important dans :

- ✓ La protection sanitaire des populations grâce au traitement des eaux usées, les rivières ne se transforment pas en égouts. Avec des traitements encore plus complets, les eaux de baignade sont protégées de la présence de virus ou de bactéries qui peuvent propager des maladies.
- ✓ La contribution décisive au maintien de la qualité de l'environnement et des activités liées à l'eau, qu'il s'agisse de tourisme (sites, rivières, plans d'eau, lieux de baignade, de pêche, etc.) ou de pisciculture. L'agriculture et l'industrie ont également besoin d'eau pour assurer leur développement [**Site 7**].

1.4. Système d'assainissement

L'assainissement concerne la gestion des eaux usées dont celles issues des pluies. C'est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants. Il comprend la collecte.

Le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments. Il peut être collectif et/ou individuel, on a divers systèmes d'évacuation qui se présentent comme suit: (**Madaoui et Mouloud, 2015**).

1.4.1. Le Système unitaire

Dans lesquels un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. En principe, toutes les eaux arrivent à la station d'épuration qui reçoit alors un effluent de quantité et de qualité très variables. Pour éviter cela, des ouvrages de déviation sont répartis sur le réseau pour permettre à la station de ne pas recevoir un débit supérieur à sa capacité. Il s'agit des déversoirs d'orages.

Ce système est intéressant par sa simplicité puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque immeuble.

Dans le cas où la population est relativement dense et si le terrain accuse des dénivellations assez marquées pour qu'une évacuation gravitaire soit possible, le système unitaire est recommandé (Chelghom, 2018).

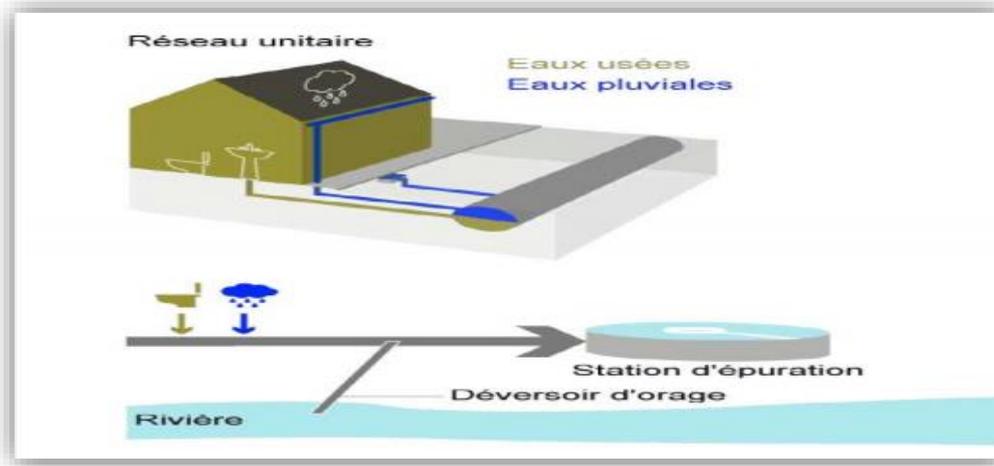


Figure 4: Schéma explicatif du réseau unitaire [Site 6].

1.4.2. Le système séparatif

Dans les quels deux réseaux sont mis en place:

- Réseau pluvial : il est conçu pour évacuer les eaux d'origine pluviale, c'est à dire les pointes pluviales il suit la ligne de plus grande pente. Il transite l'eau vers les cours d'eau les plus proches.
- Réseau d'eaux usées : il est prévu pour l'évacuation des eaux usées d'origine domestique et industrielle jusqu'à la station d'épuration avec une pente qui peut être faible (Bakhti, 2016).

Il est important de dire que le tracé des collecteurs n'est obligatoirement pas le même, ce qui est le cas la plus part du temps. Le tracé du réseau d'eaux usées est en fonction de l'implantation des différentes entités qu'il dessert en suivant les routes existantes. Ce réseau ne demande pas de grandes pentes vu que les sections ne sont pas trop importantes. Le réseau prend fin obligatoirement à la station d'épuration qui se trouve en général loin de l'agglomération au moins de 300 m. Par contre le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend de l'implantation des espaces producteurs du ruissellement des eaux pluviales qui sont rejetées directement dans le cours d'eau le plus proche (Bakhti, 2016).

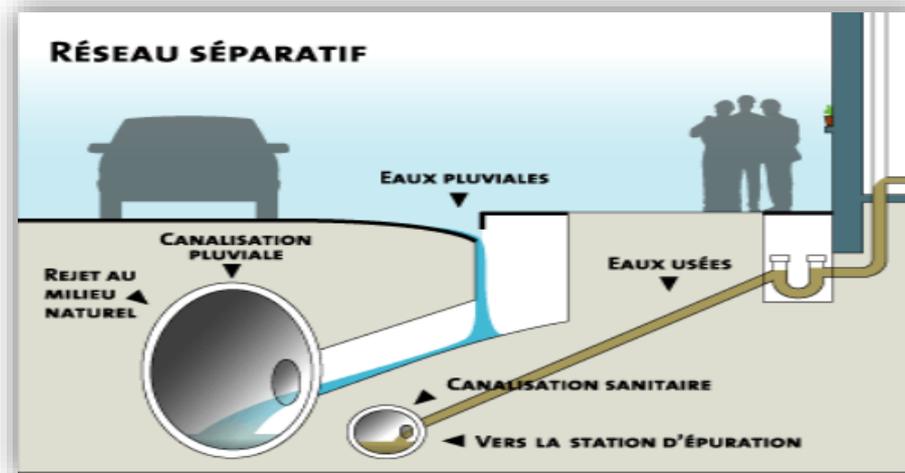


Figure 5: Schéma explicatif du réseau séparatif (Bakhti, 2016).

1.4.3. Le système pseudo-séparatif (mixte)

Le système pseudo séparatif est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :

L'une provenant uniquement des surfaces de voirie qui s'écoule par des ouvrages particuliers des services de la voirie municipale (caniveaux aqueducs, fossés avec évacuation directe dans la nature). L'autre provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements (Ghedeir et Herma, 2017).

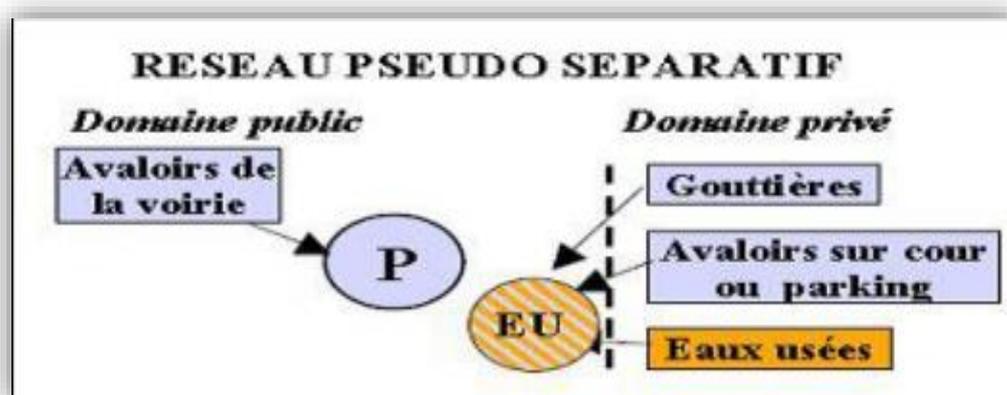


Figure 6: Schéma explicatif du réseau pseudo séparatif [Site 4].

1.4.4. Système autonome

L'assainissement autonome des habitations, voire des locaux, d'activités isolés concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif. Il a pour objectif d'assurer l'épuration des eaux usées par le sol, sous des modes compatibles avec des exigences de la santé publique et de l'environnement (**Lezzar et Menfouche, 2019**).

1.5. Le rôle d'assainissement

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau ne sont pas inépuisables. Leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie. L'assainissement sert donc à préserver la ressource et le patrimoine naturel [**Site 5**].

1.6. Fonctionnement de l'assainissement

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques et éventuellement industrielles (ou pluviales) dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelées aussi collecteurs.

La SEACO (Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine) en Algérie gère la collecte des eaux usées à travers un réseau de plus de 930 kilomètres. Le réseau d'eau usée est caractérisé par la présence d'ouvrages spécifiques comme un puits de type vortex de plus de 100 mètres de profondeur et une galerie souterraine de plus de 150 mètres de long.

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité, c'est-à-dire sous l'effet de leur poids. Il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression. Les canalisations sont en ciment, parfois en fonte, plus rarement en grès ou en acier. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on a recours à différents procédés (pompage et stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement vers la station d'épuration où elles subissent différents traitements [**Site 5**].

1.7. Décrets concernant le déversement dans le réseau d'assainissement

✓ Décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent (Journal officiel n°35).

✓ 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 (Journal officiel n°8).

✓ Décret exécutif n° 09-209 du 17 Journal da 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 (Journal officiel n°36).

✓ Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (Journal officiel n°41).

1.8. La pollution des eaux usées.

1.8.1. Définition

La pollution des milieux aquatiques est définie par l'OMS comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou tout rejet de substances liquides, gazeuses et solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue santé, sécurité bien-être publique, usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres ou soit consommée par la faune sauvage et aquatique (**Guerraich, 2017**).

1.8.2. Différents types de pollution

On peut classer la pollution en trois catégories :

1.8.2.1. Pollution physique

On parle de pollution physique lorsque le milieu est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir de :

❖ **Rejets de matières en suspension** : Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, des sels minéraux insolubles, des particules organiques composées des microorganismes et des produits des dégradations animaux ou végétaux (**Bidikh et Boumarafi, 2013**).

❖ **Pollution thermique** : Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..) ayant une température de l'ordre de (70 à 80°C), elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle est en contact avec les eaux des milieux aquatiques entraînant par la suite un échauffement de l'eau ce qui influe sur la solubilité de l'oxygène (**Bidikh et Boumarafi, 2013**).

❖ **Pollution radioactive**: C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (**Bidikh et Boumarafi, 2013**).

1.8.2.2. Pollution chimique

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides (pesticides), métaux lourds...etc.

Ils englobent : les hydrocarbures et leurs produits de combustion, matières plastiques, pesticides, détersifs, composés organiques de synthèse divers, dérivés de soufre, nitrates, phosphates, métaux lourds, fluorures, particules minérales (aérosols) (**Touafek, 2015**).

1.8.2.3. Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique ...etc.) (**Touafek, 2015**).

1.9. Paramètres de caractérisation de l'effluent

1.9.1. Paramètres physiques

1.9.1.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,... etc. **(Rodier, 2005)**.

1.9.1.2. Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations **(Rejsek, 2002)**.

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm².

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$$1 \text{ S/m} = 104 \text{ } \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m. (Rodier, 2005).}$$

1.9.1.3. Matières en suspension

La pollution particulaire est due à la présence des particules de grande taille, supérieure à 10 μm , en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES).

En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyennes d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieure à 100 μm) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10-2 μm) **(Rejsek, 2002)**.

1.9.1.4. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables : Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (**Rejsek, 2002**).

1.9.2. Paramètres chimiques

1.9.2.1. Potentiel d'hydrogène

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH. (**Mathieu et Pielain, 2003**).

$$pH = \log 1/[H^+]$$

1.9.2.2. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en $mg\ O_2\ l^{-1}$ (**Rejsek, 2002**).

1.9.2.3. Demande biochimique en oxygène

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration (**Rodier, 2005**).

La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques (**Rejsek, 2002**).

1.9.2.4. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation (**Rodier, 2005**).

La DCO est la concentration, exprimée en mg /l, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme (**Rejsek, 2002**).

1.9.2.5. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée.

Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (**Rodier, 2005**).

1.9.2.6. Le phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphates.

Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en orthophosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO₄ ou de P₂O₅. 1mg/L PO₄ = 0,747 mg/L P₂O₅ = 0,326 mg/L P (**Rodier, 2005**).

1.9.3. Les paramètres biologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme la plupart sont inoffensives ou même utiles étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale certaines sont pathogènes, opportunistes une minorité est régulièrement pathogène (**Rodier, 2005**).

Vu leur rôle dans le processus il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

1.9.3.1. Les coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des « Enterobacteriaceae ».

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation «Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37 C°» (Rejsek, 2002).

Les coliformes comprennent les genres : « Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia. »

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 C°. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : « Citrobacterfreundii, Citrobacterdiversus, Citrobacteramalonaticus, Entrobacteraerogenes, Entrobactercloacae, Echerichia coli, Klebsiellapneumonia, Klebsiellaoxytoca, Moellerellawisconsensis, Salmonella (sous genre III Arizona), Yersinia enterocolitica ».

Le terme « E. coli présumé» correspond à des coliformes thermo tolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane, à 44 C°.

Le terme « E. coli » correspond à des coliformes thermo tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane et ont les caractères biochimiques propres à cette espèce (Rodier, 2005).

1.9.3.2. Les streptocoques fécaux et Enterococcus

Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement :

« Enterococcusfaecalis, E.faecium, E.durans, E. hirae, Streptococcus bovis, S. suis et S. equinus ».

Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal.

Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en « Streptocoques » fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations (que l'on peut évaluer à un rapport de 1 à 2 ou 4) dans le choix des prises d'essai (**Rodier, 2005**).

Le genre *Streptococcus* est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre *Streptococcus* sont subdivisées en 5 groupes principaux :

- ✓ Les streptocoques pyogènes hémolytiques.
- ✓ Les streptocoques oraux.
- ✓ Les entérocoques.
- ✓ Les streptocoques lactiques.

L'application à ces bactéries des techniques de biologie moléculaire a donné un nouveau système de classification. Le genre unique original est maintenant séparé en 3 genres différents :

- ✓ *Streptococcus* : comprend la plupart des espèces pathogènes pour l'homme.
- ✓ *Enterococcus* : correspond au précédent groupe des entérocoques.
- ✓ *Lactococcus* : correspond aux streptocoques lactiques.

La norme ISO 7899-2 donne la définition suivante :

«Microorganismes se développant à 37 C° sur un milieu de Salnetz et Bartley, donnant une réaction positive à 44 C° sur une gélose biliée à l'esculine et qui, de plus, donnent une réaction négative dans l'essai à la catalase» (**Rejsek, 2002**).

Dans la norme française NF EN 7899-2 les enterocoques sont définis comme « Bactéries Gram positif, sphériques à ovoïdes, formant des chaînettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène de groupe D, cultivant en anaérobiose à 44C°, et à pH 9,6 et capables d'hydrolyser l'esculine en présence de 40% de bile » (**Rejsek, 2002**).

1.10. Normes de rejets des eaux usées

1.10.1. Norme française

Les normes de rejet des eaux urbaines sont décrites dans l'arrêté du 22 juin 2007. Elles sont résumées dans le tableau ci-après (**Ifremer, 2007**).

Tableau 2: Normes définies par l'arrêté du 22 juin 2007 (**Ifremer, 2007**).

Paramètre	Concentration
DBO5 (mg/l)	25
DCO (mg/l)	125
MES (mg/l)	35
Azote global (mg/l)	15
Phosphore total (mg/l)	2

La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants sol, sous-sol et d'activités humaines (agricoles, industrielles et domestiques) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques (**Ifremer, 2002**).

Le tableau suivant permet d'évaluer la qualité d'un milieu aquatique :

Tableau 3: Evaluation de la qualité d'eau (Ifremer, 2007).

Etat de la pollution	O2 Dissous (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Phosphore Total (mg/l)	Coliformes Fécaux(par 100ml)
Absente	>7	<3	<20	<0.1	<0.1	<20
Pollution modérée	7_5	3_5	20_25	0.1_0.5	0.1_0.3	20_2000
Pollution Nette	5_3	5_10	25_40	0.5_2	0.3_0.5	2000_20000
Pollution importante	3_1	10_25	40_80	2_8	0.5_3	20000
Pollution Très importante	<1	>25	>80	>8	>3	—

1.10.2. Les normes algériennes

Le décret exécutif n° 93- 160 du Juillet 1993 réglementé les procédures des rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel et rappelle que tout rejet d'effluents de type industriel est soumis à une autorisation préalable, délivrée par le Ministère chargée de l'environnement, qui détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets. Ce décret précise également les valeurs limites maximale des paramètres de rejets des installations des diversement d'effluents liquide industriels(le tableau suivant) (Bouziati, 2002).

Tableau 4: Valeur limites de certains paramètres de rejets industriels (Décret exécutif n° 93-160 du Juillet 1993) (Bouziani, 2002).

Paramètre	Valeur maximale (mg l)	Paramètre	Valeur maximale (mg l)
DBO5	40	Plomb	1
DCO	120	Cuivre	3
Phosphate	02	Zinc	5
Cyanures	0.1	Huiles et graisses	20
Aluminium	5	Hydrocarbures	20
cadmium	0.2	Phénols	0.5
Chrome 6	0.1	Solvants organique	20
Maganés	1	Chlore actif	1
Mercure	0.01	PCR	0.001
Nickel	5	Détergents	2

1.11. Impacts du rejet d'eaux usées

Le rejet d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraîne la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines.

Une fois rejetées dans les plans d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, où elles peuvent affecter la qualité (et donc la disponibilité) des approvisionnements en eau douce. L'océan est souvent la destination finale des eaux usées rejetées dans les fleuves et les lacs (Balty et al, 2013).

Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate peuvent être classées en trois catégories : les effets indésirables sur la santé associés à une réduction de la qualité de l'eau ; les effets environnementaux négatifs en raison de la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes ; et les effets potentiels sur les activités économiques (Balty et al, 2013).

1.11.1. Effets sur la santé humaine

Une fois dans l'organisme, les agents biologiques qui se existé dans les eaux usée et peuvent éventuellement en trainer différents types de pathogène chez l'opérateur :

- ✓ Les infections dues à la multiplication des micro-organismes dans le corps
- ✓ Des intoxications provoquées par des toxines provenant des micro-organismes
- ✓ Des réactions inflammatoires dues notamment aux endotoxines
- ✓ Des allergies résultant d'une réaction de défense excessive du corps contre un allergène

Et de nombreuses autres maladies dont le choléra et certaines maladies tropicales négligées, telles que la dengue, la dracunculose, la filariose lymphatique, la schistosomiase, l'helminthiase transmise par le sol et le trachome (**Balty et al, 2013**).

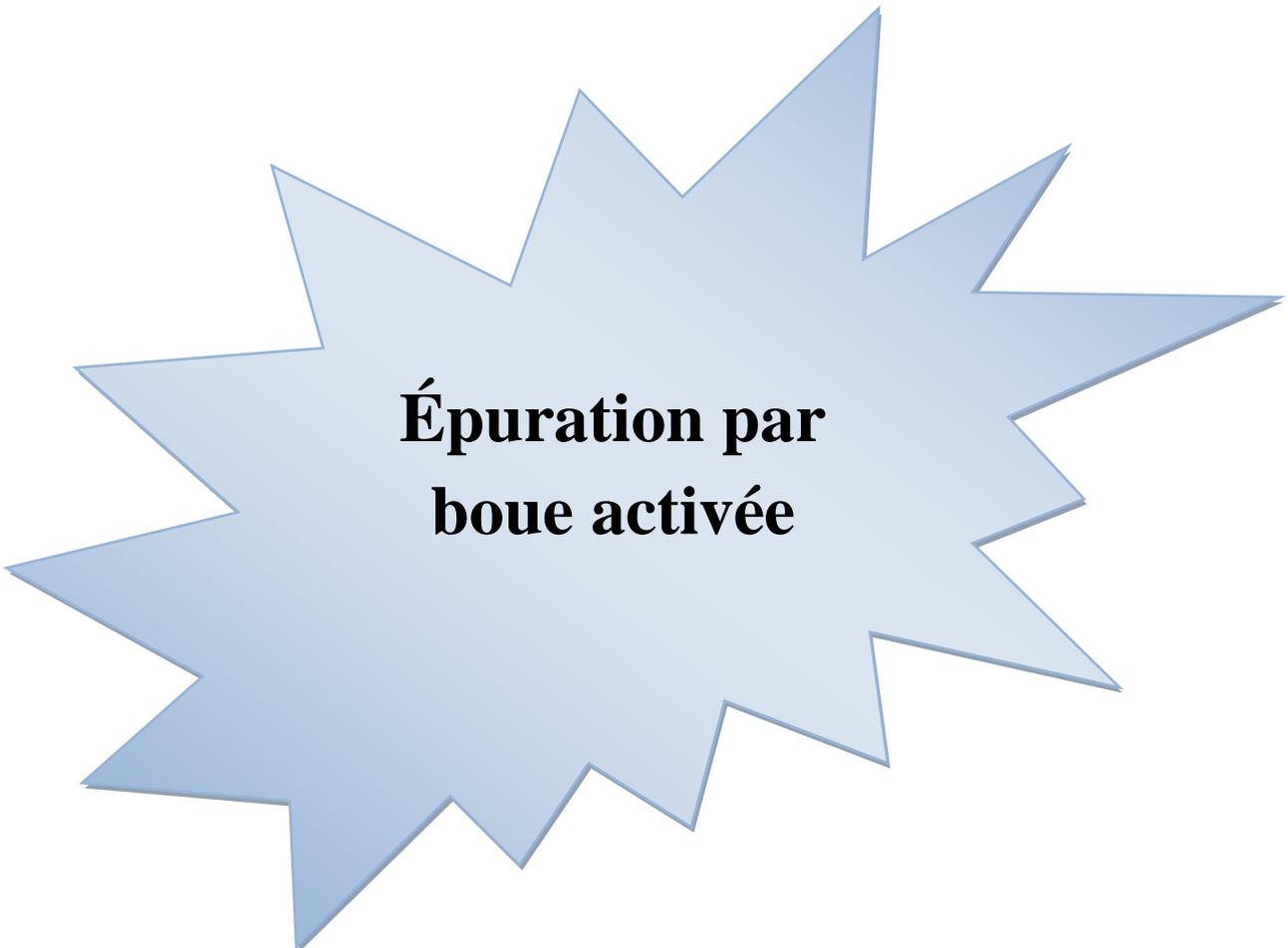
1.11.2. Effets environnementaux

Le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement a un impact sur la qualité de l'eau, qui à son tour affecte la quantité des ressources en eau disponibles pour un usage direct.

L'eutrophisation, entraînée par l'excès d'azote et de phosphore, peut entraîner des proliférations d'algues potentiellement toxiques et une baisse de la biodiversité environ 245 000 km²d'écosystèmes marins sont touchés, ce qui affecte la pêche, les moyens de subsistance et les chaînes alimentaires (**Corcoran et al, 2010**).

1.11.3. Effets économiques

La disponibilité de l'eau douce étant cruciale pour maintenir le bien-être économique de toute communauté humaine, la mauvaise qualité de l'eau constitue un obstacle supplémentaire au développement économique. La mauvaise qualité de l'eau freine la productivité agricole dans les zones rurales et périurbaines. L'eau contaminée peut affecter directement les activités économiques consommatrices d'eau, telles que la production industrielle, la pêche, l'aquaculture et le tourisme et peut indirectement limiter l'exportation de certaines marchandises en raison de restrictions (voire d'interdictions) sur des produits contaminés (**Corcoran et al, 2010**).



**Épuration par
boue activée**

Introduction

L'objectif de l'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets par la législation, par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci du degré d'épuration désirée (**Zeghoud, 2014**).

1. Les procédés de traitements des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimique et /ou biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution dissoute. Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (**Memento technique de l'eau, 1989**).

2. Etapes du processus d'épuration

Le processus d'épuration des eaux usées comprend plusieurs étapes (**Berne et Cordonier, 1991**).

2.1. Prétraitements

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opération uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs (**Degremont, 1978**).

Ces prétraitements constitueront une première étape très important pour assure un traitement efficace des eaux usées. Trois types principaux peuvent être distingués :

2.1.1. Le dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses transportées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution (**Degremont, 1978 et Boukerroucha, 2011**).

Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation et permet de limiter aussi la présentation de dépôts dans les ouvrages à l'aval. Les éléments retenus sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères **(Degremont, 1978 et Boukerroucha, 2011)**.

L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types :

- ❖ Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm)
- ❖ Dégrillage moyen (écartement 10 à 25 mm)
- ❖ Dégrillage grossier (écartement 50 à 100 mm) **(Satin et Selmi, 2006)**.

2.1.2. Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fins, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites. Ceci permet de protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et d'éviter de surcharger et perturber les étapes des traitements suivants, en particulier le réacteur biologique **(Degremont, 1978; Satin et al., 2010)**.

2.1.3. Le dégraissage _ déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le piégeage des graisses).

Cette opération consiste à récupérer grâce à des racleurs, les graisses domestique ou industrielles qui se trouvent à la surface des eaux usées naturellement ou par flottation (injection de fines bulles d'air). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite **(Degremont, 1978 et Gaid, 1993)**.

La rétention est environ 80% de la matière grasse lorsque la température est inférieure à 30°C **(figure 7) (Degremont, 1995)**.

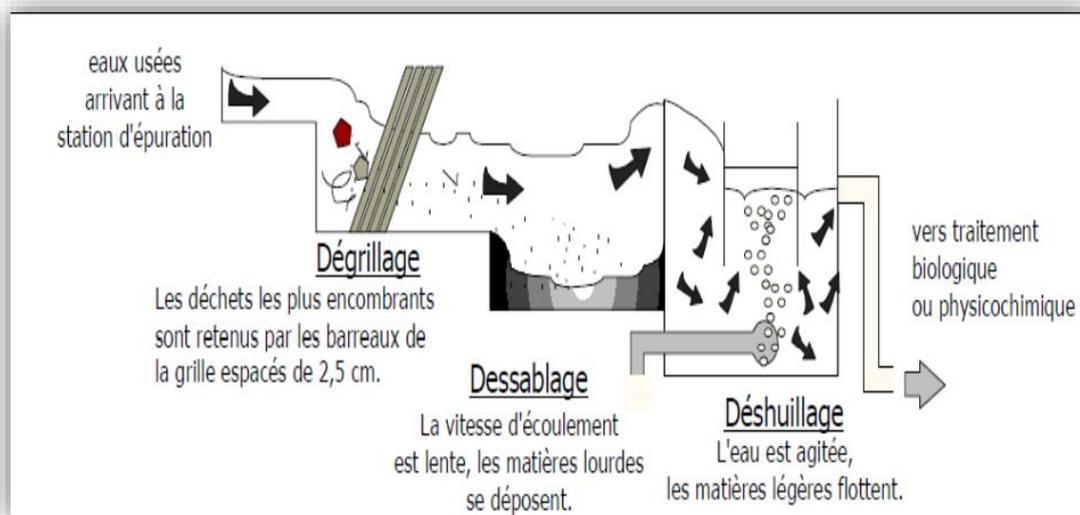


Figure 7: schéma descriptif des étapes de prétraitement (Degrement, 1995).

2.2. Traitement primaire

Le traitement primaire est une séparation physique liquide-solide dont l'objectif est de retenir le maximum de matière en suspension présentes dans les eaux usées (Boukerroucha, 2011).

Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après l'adjonction de produit agglomérant les matières et accélérant leur flottation ou leur sédimentation.

L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation) (Faby et Brissaud, 1997; Satin et Selmi, 2006).

Selon FAO (1992) approximativement 25 à 50 % de la demande biologique en oxygène (DBO₅), 50 à 70 % du total des solides en suspension (SS) et 65 % des graisses et huiles sont éliminés par décantation primaires. Ce traitement s'effectue par voie physico-chimique (Bassompierre, 2007).

2.2.1. Procédés de décantation physique

- **Décantation**

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé -décanteur- pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (Vilaginés, 2010).

Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (Daloz, 2007).

- **Flottation**

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau. Ce traitement élimine 50 à 55% des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO₅ et de la DCO (Satin et al., 2010; Vilaginés, 2010).

La décantation et la flottation permettent d'éliminer 75% de la DBO₅ et jusqu'à 90% des matières en suspension (Edeline, 1992).

2.2.2. Procédés de décantation chimique

La coagulation concerne des colloïdes et des particules très petites. Par contre, au niveau des particules plus grosses, on parle de floculation. Ces processus sont considérés comme des traitements préparatoires (Edeline, 1992).

Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage (Edeline, 1992).

La décantation et la flottation permettent d'éliminer 75% de la DBO₅ et jusqu'à 90% des matières en suspension (Edeline, 1992).

- **Coagulation**

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent la particule hydrophile tendent à éloigner les particules les unes des autres et par conséquent à les stabiliser dans la solution.

Ainsi le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération (Desjadins, 1997).

La coagulation est utilisée pour agglomérer les particules de très petite taille qui sédimentent difficilement comme les MES. L'ajout des agents chimiques, les coagulants, permettent l'accroissement de la taille des MES et une décantation plus rapide.

Ceci déstabilise les suspensions colloïdales, réduit la turbidité et la concentration en polluants dissous par précipitation (**Gregorio et al., 2007**).

Le tableau ci-dessous montre les agents chimiques utilisés comme coagulants :

Tableau 5: Agents de coagulation (**Desjadins, 1997**).

Produit	Formule chimique
Sulfate d'alumine	$Al_2(SO_4)_3$
Sulfate de fer	$FeSO_4$
Aluminate de soude	$NaAlO_2$
La chaux	$Ca(OH)_2$

- **Floculation**

La Floculation permet l'agglomération des particules de colloïdes granulaires en favorisant leur contact. Cette floculation a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules formées par la coagulation (**Gregorio et al., 2007**).

D'après **Mouchet (2000)**, la formation du floc étant amorcée par l'introduction du coagulant, il est nécessaire d'accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- ✓ Une coagulation préalable aussi parfaite que possible.
- ✓ Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau
- ✓ Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau
- ✓ L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvant de coagulation

En fait, les adjuvants les plus utilisés sont :

- ✓ Flocculant minéraux : comme la silice activée
- ✓ Flocculant organique (polymères à haut poids moléculaires) d'origine naturelle tel que l'alginate ou d'origine synthétique (poly électrolyte anionique, cationique ou non ioniques).

2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)

Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO₅ et la DCO, qui subsiste après l'épuration physique et chimique, et l'enlèvement des matières organique solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (**FAO, 2003 et Koller, 2009**).

Le traitement biologique est largement utilisé dans la dépollution de l'eau est donc la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à une microflore de bactéries et une microfaune de protozoaires et des métazoaires. De ce fait, l'épuration biologique consiste à favoriser la prolifération de ces micro-organismes pour utiliser leurs propriétés remarquables dans les conditions les mieux adaptées au résultat désiré (**Bakiri et Bassompierre, 2007**).

Suivant les conditions de l'environnement des cellules dans l'unité de dépollution, on distingue deux modes de traitement :

- **Le traitement aérobie** : Ce type de traitement fait appel aux bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène. La dégradation des polluants est effectuée par des réactions d'oxydation dans un milieu aéré (**Rerland et al., 2001**).
- **Le traitement anaérobie** : Ce traitement s'effectue en condition d'anaérobiose c'est-à-dire en absence d'oxygène. Les bactéries anaérobies assurent la décomposition métabolique des composés biodégradables par des processus de fermentation (**Hadj-Sadok, 1999**).

Deux grandes familles peuvent être distinguées : les procédés à cultures fixes et les procédés à culture libre. Plusieurs techniques sont associées à chacune de ces familles.

Le choix de l'une ou l'autre est fonction de l'emplacement disponible pour le procédé de traitement, de la charge de l'effluent et de la quantité de pollution à traiter (**Satin et Belmi, 1999 ; Degrémont, 2005**).

2.3.1. Technologie de traitement par des cultures bactériennes fixes

Le traitement par des cultures bactériennes fixes regroupe tous les procédés où la biomasse épuratrice est accrochée sur un support solide à travers l'eau à traiter (**Gaid, 1993**).

Il existe:

- **Les disques biologiques**

Ce procédé peut être rangé parmi les systèmes d'épuration biologiques aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support. Il est également appelé procédé d'épuration par biodisques. Le support solide est constitué, par un ensemble de disques parallèles régulièrement par un axe commun pour constituer un tambour demi-immersé (environ 40) qui tourne autour de cet axe. Actuellement les tambours mis en œuvre comptent 10 à 200 disques de tambour (**Andersson, 1994**).

Un biofilm, dont l'épaisseur varie de 1 à 4 mm se développe sur les disques. La rotation des disques assure à la fois l'oxygène et le contact avec l'eau usée. La biomasse en excès se détache dans un décanteur secondaire. Actuellement, les disques sont en polyéthylène et présentent une surface spécifique de $121 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (**Andersson, 1994**).

- **Le lit bactérien**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien (appelé aussi filtre bactérien ou filtre percolateur) consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux (naturelle ou plastique) qui sert de support aux micro-organismes épurateurs. L'aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée (**Berland, 2001; Nouredine, 2017**).

Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'au micro-organisme assimilateur.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gaz.

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40% et 50 à 95%) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99% des kystes d'*Entamoebahistoltyca*) (**Belgiorno, 2007 ; Kimura, 2004**).

Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅ (**Gaid, 1984**).

- **Les bio-filtres**

Les bio-filtres combinent des processus physiques et biologiques par l'utilisation d'un matériau filtrant millimétrique immergé, aéré ou non selon le traitement recherché et sur lequel se fixent les populations bactériennes. Ces dernières participent à la dégradation de la charge polluante apportée par l'effluent. Sous l'effet du développement de la biomasse et de l'accumulation des MES, le bio-filtre se colmate et nécessite un lavage périodique (le plus souvent quotidien) (**Deronzier et Choubert, 2004**).

Le procédé des bio-filtres est un traitement intensif qui est rapide à mettre en place, qui prend peu de place et qui ne nécessite pas de bassin de clarification. Il est donc beaucoup utilisé dans les unités de traitement individuelles (**Baumont et al., 2004**).

2.3.2. Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres

Le traitement par des cultures bactériennes libres, utilisé jusqu'à maintenant, met en œuvre des micro-organismes maintenus en suspension sous la forme des floccs au sein du liquide à traiter (**Gaid, 1993**).

La biomasse entre ainsi constamment en contact avec les polluants. Ces dispositifs ont l'avantage d'avoir un traitement plus homogène et une meilleure maîtrise des facteurs d'épuration (apport de l'eau résiduaire et de masse bactérienne) comparés aux procédés à culture fixée (**Wallace, 2001 ; Pronost et al, 2002**).

Il existe deux types de traitement biologique des eaux usées par procédés à cultures libres: le traitement par boues activées et le lagunage.

- **Lagunage**

L'utilisation d'étangs naturels ou artificiels comme milieux récepteurs d'effluents bruts ou traités remonte à des temps anciens. On trouve des lagunes naturelles et aérées (**Boeglin, 1998**).

Le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies, impliquant un large éventail de micro-organismes (essentiellement des algues et des bactéries). Les mécanismes épuratoires et les micro-organismes qui y participent sont fondamentalement, les mêmes que ceux responsables du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières (**Pearson, 2005**).

En fait, le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par :

- ✓ L'activité bactérienne.
- ✓ L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales.
- ✓ Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues (**Valiron, 1983**).

- **Boues activés :**

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu (**OMS, 2000**). Il réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels (**Berland, 2001**).

Le processus d'épuration consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération), qui peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension décantables. Ensuite, un clarificateur assurera la séparation de l'effluent épuré avec les boues. Celles-ci seront en partie recyclées dans le bassin d'aération pour assurer le réensemencement et la concentration permanente et l'autre partie extraite vers le traitement des boues (**Koller, 2004**).

Son développement est dû à ses excellentes performances de dépollution (rendement supérieur à 95 %) par rapport aux autres procédés existants. En contrepartie, suivant le type d'effluents à traiter, ce procédé peut être difficile à maîtriser notamment pour le traitement de l'azote et du phosphore ou en cas de variations importantes des flux à traiter (**Cardot, 1999**).

2.4. Traitement tertiaires

Les eaux usées peuvent subir un traitement tertiaire de désinfection (décontamination bactérienne des eaux par ozonation ou chloration) afin de les stocker en vue de les réutiliser pour l'agriculture ou l'entretien des zones urbaines (**Berland et al, 2001**).

La figure suivante représente les étapes de l'épuration :

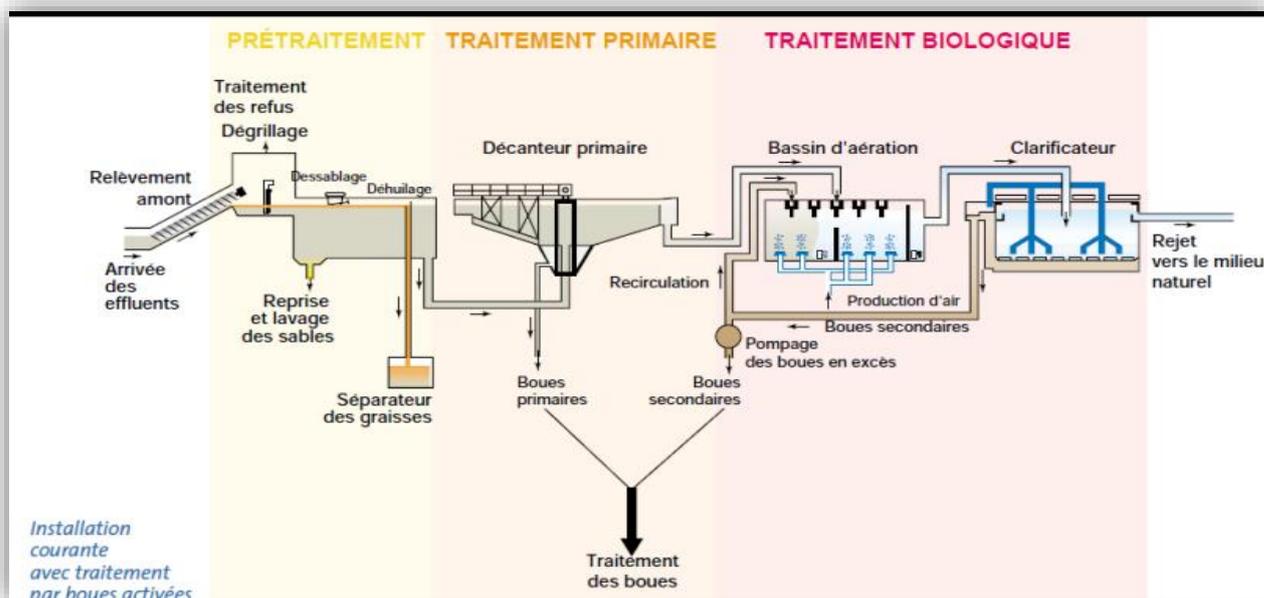


Figure 8: Les étapes d'épuration (Bakiri, 2007).

3. Procédé à boue activées

3.1. Définition des boues

Une boue désigne en général un résidu organique ou minéral pouvant être solide liquide ou même pâteux. Elle est caractérisée par son aspect mais spécifiquement c'est son origine complétée par sa caractérisation chimique qui déterminera sa filière de traitement (Tsiorifitiavana et Rahajaharimanana, 2013).

Dans cette étude on parle particulièrement des boues d'épuration sont des déchets recyclables obtenues d'après l'épuration des eaux usées urbaines qu'industrielles. Ce sont des suspensions complexes formées d'eau, de matière organique et inorganique de différentes tailles ainsi que d'une population microbienne très variée. Le volume et les caractéristiques des boues varient en fonction de leurs origines et des types de traitement donné à l'eau usée (Tsiorifitiavana et Rahajaharimanana, 2013).

3.2. Origine des boues

Les boues d'épuration peuvent être d'origine primaire, secondaire ou sont digérées. Selon l'étape de traitement subi par l'eau usée.

Généralement, les types de processus à employer dans une chaîne de traitement dépendent de la qualité de l'eau usée à traiter et du taux d'élimination des polluants envisagés, ces procédés de traitement génèrent des boues d'épuration (**Tsiorifitiavana et Rahajaharimanana, 2013**).

3.3. Caractéristique des boues

On distingue différents types de boues selon les traitements appliqués pour épurer l'eau dans un milieu boueux (**Canler et Perret, 2013**).

3.3.1. Les boues primaires (boues fraîches)

Elles sont les résultats du traitement primaire des effluents produits par la décantation primaire qui est une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées, 70 % de ces MES peuvent ainsi être retenues en formant des dépôts.

Elles présentent des concentrations élevées en matière minérale comme le sable, mais aussi en matière organique pouvant évoluer (**Canler et Perret, 2013**).

3.3.2. Les boues secondaires (boues biologiques)

Ce sont des boues produites d'un traitement bactérien des effluents ayant de concentrations médiocres (10g/l). Elles sont riches en matières organiques et sont essentiellement formées par les résidus de bactéries "cultivées" dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se sont nourries des matières organiques contenues dans les eaux usées et les ont digérées (**Canler et Perret, 2013**).

3.3.3. Les boues physico-chimiques

Les boues physico-chimiques sont proches des boues primaires, mais contiennent en plus certains produits flocculant.

Si durant le traitement de l'eau usée, il a été rajouté un réactif comme les sels de fer ou d'aluminium, et autres agents flocculant pour agglomérer les fines particules et améliorer la décantation. Ainsi 90% des MES peuvent être captées. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant (**Canler et Perret, 2013**).

3.3.4. Les boues d'aération prolongée

Elles sont obtenues sans décantation primaire avec des matières polluantes intensivement aérées. Les boues sont peu concentrées, moins organiques et donc moins susceptibles de produire des nuisances (**Canler et Perret, 2013**).

3.3.5. Les boues mixtes

Les boues mixtes sont constituées d'un mélange de boues secondaires et de boues primaires, elles sont issues de la quasi-totalité des filières de traitement complètes. Sur les stations importantes (quelques dizaines de milliers d'équivalents habitants au moins), on peut envisager des traitements séparés des deux types de boues (**Canler et Perret, 2013**).

Les caractéristiques des boues sont extrêmement variables d'une source à l'autre. Elles dépendent de la nature des effluents et du type de traitement appliqué (**tableau 6**).

La caractérisation des boues passe par la détermination des paramètres suivants : pH, siccité, pourcentage de matière organique, PCI, composition en NTK, NH_4^+ , P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO (**Canler et Perret, 2013**).

Tableau 6: Les différents types des boues selon leur origine et leur composition [**Site 8**]

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)	Boues mixtes	Boues physico-chimiques
Origine	traitement primaire par décantation	traitement biologique secondaire	Traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
Composition	matière inorganique	composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	mélange de boues primaires et de boues biologiques	mélange des réactifs chimique et des boues
Siccité	couleur grise siccité 5%	boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	siccité 5%	siccité 4-5%

3.4. Composition des boues

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux résiduaires, du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (**Amir, 2005**).

Généralement les boues résiduaires sont composées de différents éléments, et parmi ces éléments on peut citer :

3.4.1. Matières organiques

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 % dans les boues des STEP. Elle est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires qui sont des lipides, des polysaccharides, des protéines et des acides aminés, de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) (**Amir, 2005**).

3.4.2. Éléments fertilisants

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, en calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception du potassium. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux (**Amir, 2005**).

3.4.3. Contaminants chimiques organiques et inorganiques

Ces mêmes éléments traces métalliques indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses. D'autres, tel que le cadmium et le plomb sont des toxiques potentiels. Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques peuvent se trouver en concentration en général de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{kg MS}$ (**Amir, 2005**).

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques. Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées (**Amir, 2005**).

3.4.4. Micro-organismes pathogènes

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries) et provient en majorité des excréments humains ou animaux (**Amir, 2005**).

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoir ou de toute industrie traitant des produits d'animaux sont très largement contaminées (**Amir, 2005**).

3.5. Les facteurs caractérisant la nature et la structure des boues

3.5.1. Les facteurs caractérisant la nature des boues

- **La concentration en matière sèche (MS)**

Elle s'exprime généralement en g/l ou en pourcentage en poids et est déterminée par séchage à 105°C jusqu'à poids constant. Pour des boues liquides, elle est généralement proche de la teneur en matières en suspension (MES), déterminée par filtration ou centrifugation (**Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013**).

- **La teneur en matière volatiles (MV)**

Exprimée en pourcentage en poids des MS, elle se détermine par gazéification dans un four à 550_600°C. Pour les boues de la classe organo-hydrophile notamment, elle est souvent proche de la matière organique (MO) et est caractéristique de la matière azotée (**Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013**).

- **La Composition Élémentaire Pondérale**

Les compositions élémentaires pondérales sont surtout pour les boues organiques :

- ✓ Carbone et Hydrogène pour apprécier le degré de stabilisation ou calculer le pouvoir calorifique inférieur,
- ✓ Azote et Phosphore pour apprécier la valeur agricole de la boue,
- ✓ Autres composés (métaux lourds par exemple).

Pour les boues minérales, on distingue les teneurs en Fer, Magnésium, Aluminium, Chrome, en sels de calcium (carbonates et sulfates), et en silice (**Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013**).

- **La composition de l'eau interstitielle**

La composition de l'eau interstitielle des boues sont :

- ✓ Les substances dissoutes
- ✓ DCO, DBO₅, pH (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013)

3.5.2. Les facteurs caractérisant la structure des boues

- **La Viscosité**

La viscosité peut être considérée comme une mesure de l'intensité des forces inter-particulaires. Cette caractéristique est appréciée les possibilités de collecte, de transport et de pompage d'une boue (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

- **Le caractère granulométrique**

L'analyse granulométrique permet de caractériser les boues et de comprendre leurs fonctionnements (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

La répartition des différentes fractions granulométriques permet de classer ces boues dans une classe de texture, qui définit certains paramètres de comportement physiques, de rétention en eau utile, de capacité à stocker les éléments fertilisants, de risques de pertes par lessivage. Certaines équations ou abaques, basées sur la granulométrie, permettent d'estimer des potentiels ou des risques (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

- **La nature de l'eau contenu dans la boue**

L'eau contenue dans la boue est la somme

- ✓ D'une eau libre facilement éliminable
- ✓ D'une eau liée comprenant : l'eau capillaire, l'eau d'hydratation colloïdale, l'eau cellulaire et chimiquement liée (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

4. Mode de traitement des boues

Toutes les boues nécessitent une forme de traitement ou une autre, avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou d'être éventuellement réutilisées.

Le traitement des boues doit répondre au moins à l'un des deux objectifs suivants :

- ✓ Réduction du volume
- ✓ Réduction du pouvoir fermentescible

La réduction du volume peut être obtenue :

- ✓ Soit par un épaississement, après lequel la boue demeure fluide
- ✓ Soit par déshydratation (drainage et séchage naturels, séparation mécanique)
- ✓ Soit après déshydratation, par séchage thermique ou incinération.

La réduction du pouvoir fermentescible (ou stabilisation) peut être obtenue par :

- ✓ Digestion anaérobie
- ✓ Stabilisation aérobie
- ✓ Stabilisation chimique

Les traitements qu'on impose aux boues s'effectuent généralement en plusieurs étapes (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

4.1. Épaississement

C'est le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains. Il est réalisé Pour pouvoir optimiser aussi bien le dimensionnement que la fiabilité, la sécurité et la régularité d'exploitation des postes de traitement situés en aval (stabilisation et déshydratation mécanique) :

- ✓ Épaississement statique gravitaire
- ✓ Épaississement dynamique : par flottation, centrifugation ou par un système de drainage. [Site 9]

4.2. Déshydratation

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues épaissies, stabilisées ou non, une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle de façon à les amener à l'état solide (siccité minimale de 16 à 20 % MS en fonction de la nature et des caractéristiques physico-chimiques de la boue) (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

On peut avoir recours pour cela à une déshydratation par drainage naturel (lit de séchage ou sacs filtrants), ou à une déshydratation mécanique relevant de deux principes, la filtration et la centrifugation (Tsiorifitiavana et Rahajahariman, 2013).

4.3. Séchage

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer l'eau libre et liée et peut être effectué par deux méthodes, les lits de séchage et séchage thermique [Site 9].

4.3.1. Lit de séchage

Le principe du lit de séchage est d'épandre des boues liquides sur une grande surface avec un lit constitué de graviers et de sable, permet la réduction significative de la teneur en eau par utilisation d'énergie solaire thermique. Il se pratique soit à l'air libre soit en bâtiment fermé avec une ventilation mécanique [Site 9].

Pour atteindre une siccité de 30 à 60% le temps de séchage varie entre 3 à 6 semaines pour une épaisseur de 30 à 40 cm des boues, cette durée varie d'une région à l'autre selon le climat [Site 9].

Cette technique présente des avantages puisque on utilise une source d'énergie renouvelable, ainsi que les boues séchées vients par cette technique peuvent être acceptée par divers filières de valorisation énergétique ou d'élimination [Site 9].

4.3.2. Séchage thermique

Ce type de séchage repose sur deux méthodes : séchage direct ou indirect [Site 9].

4.4. La stabilisation

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la Demande Biologique en Oxygène (DBO5) (Léonard, 2002).

4.4.1. Stabilisation biologique

La stabilisation biologique se fait généralement par deux voies, la digestion aérobie et la digestion anaérobie (Léonard, 2002).

4.4.2. Stabilisation chimique

La stabilisation par voie chimique se fait par l'addition d'un réactif chimique, dans la plupart des cas la chaux par ses deux formes, vive et éteinte, et sels de nitrites sont les réactifs les plus utilisées (Léonard, 2002).

4.4.3. Stabilisation thermique

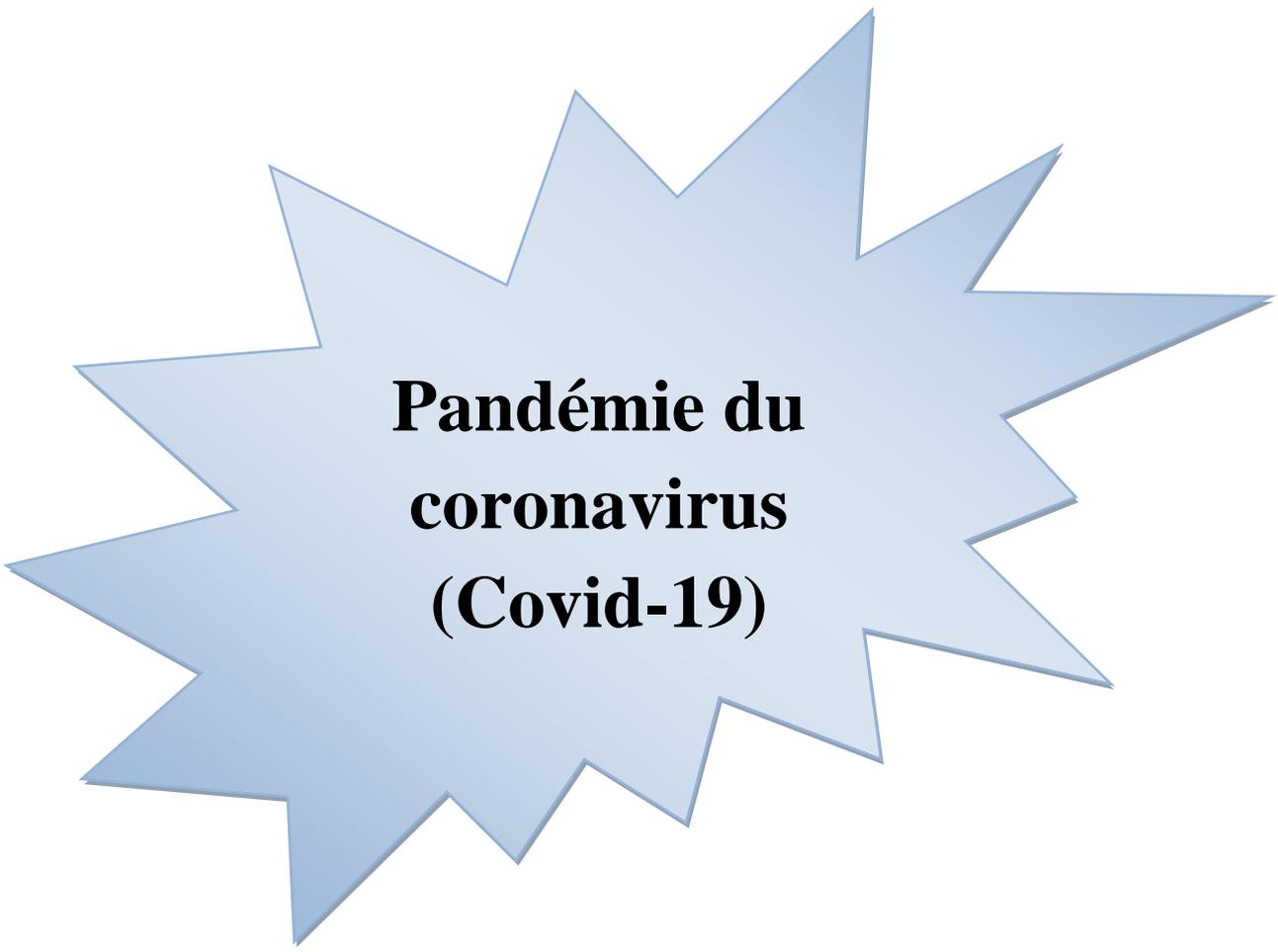
Peut être assurée par :

- Pasteurisation des boues liquides
- Séchage thermique partiel ou poussé
- Autoclavage

5. Objectif du traitement par des boues

Les solutions apportées au traitement des boues sur une station peuvent varier suivant la disponibilité des terrains, la nature des boues, les facteurs économiques, etc., mais dans tous les cas on poursuit toujours deux objectifs principaux :

- ✓ La réduction du pouvoir fermentescible (par voie biologique ou chimique) des boues urbaines afin de limiter, voire annulé, les nuisances olfactives. On parle alors de stabilisation.
- ✓ La réduction du volume des boues, afin de faciliter leur manutention et diminuer les frais en vue de leur élimination finale [**Site 9**].



**Pandémie du
coronavirus
(Covid-19)**

Généralité sur la pandémie de coronavirus (covid-19)

Le 31 décembre 2019, les autorités chinoises ont signalé un épisode de cas groupés de 4 pneumonies ayant tous un lien avec un marché d'animaux vivants dans la ville de Wuhan, le Huanan South China Seafood Market. Parmi les 41 premiers cas détectés à Wuhan la plupart travaillaient ou avaient fréquemment visité ce marché où des animaux vivants sont vendus. Le marché a été fermé et désinfecté le 1er janvier ce qui a rendu plus difficile voire impossible l'identification de la source de l'infection. Par analyse génétique on estime que SARS-CoV-2 est issu d'un coronavirus de chauve-souris qui serait devenu infectieux pour l'homme en ayant acquis des gènes propres aux coronavirus du pangolin. Les conditions d'apparition de SARS-CoV-2 sont encore obscures. Par rapport aux virus du SRAS et du MERS celui de la COVID-19 possède la particularité de ne pas toujours provoquer de symptômes. Dans ce cas les personnes infectées ignorantes de leur état peuvent sécréter du virus et infecter d'autres personnes pendant quelques jours. Cette particularité est responsable de la grande difficulté à contrôler la dissémination la pandémie de COVID-19 (Diemer, 2020).

1. Qu'est-ce que le coronavirus (COVID-19)

1.1. Définition

Les coronavirus forment une famille de virus variés (Coronaviridae) qui peuvent infecter aussi bien l'homme que l'animal. Le virus identifié en janvier 2020 en Chine. Leur nom signifie "virus en couronne" et vient du fait qu'ils possèdent tous un aspect en forme de couronne lorsqu'ils sont observés au microscope. Ainsi la maladie a été nommée COVID-19 par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Les coronavirus ont été identifiés pour la première fois chez l'humain dans les années 1960. Il s'agit de virus causant des maladies émergentes, c'est-à-dire des infections nouvelles dues à des modifications ou à des mutations du virus. Les coronavirus humains causent principalement des infections respiratoires, allant du rhume sans gravité à des pneumopathies sévères parfois létales. Ils peuvent aussi s'accompagner de troubles digestifs tels que des gastro-entérites [OMS, 2020].

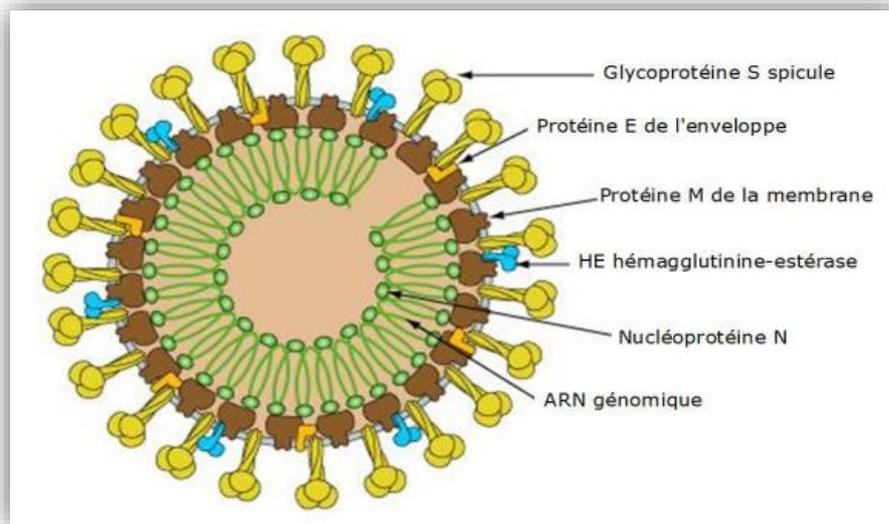


Figure 9: La structure de virus COVID-19[Site 10].

1.2. Temps d'incubation

Le temps d'incubation correspond à la durée entre l'exposition au virus et à la manifestation des premiers symptômes. Pour les coronavirus il est évalué entre 3 et 5 jours dans la majorité des cas mais peut durer dans des cas extrêmes de 12 et 14 jours (Carrat et Figoni, 2020).

1.3. Les types de coronavirus

Il existe quatre sous-groupes principaux de coronavirus appelés alpha, bêta, gamma et delta. Et sept formes différentes dont quatre communes (moins graves que les autres) :

- ✓ 229E (alpha coronavirus) : il est l'un des virus responsables du rhume. Les rhumes sont la plupart du temps bénins, mais des complications respiratoires graves peuvent survenir chez les personnes âgées ou atteintes d'une maladie chronique.
- ✓ NL63 (alpha coronavirus) : Les maladies associées comprennent des infections légères à modérées des voies respiratoires supérieures, une infection aigüe sévère des voies respiratoires inférieures, un croup et la bronchiolite. qui a été identifiée fin 2004 dans Pays-Bas.
- ✓ OC43 (bêta-coronavirus) : sont des agents du rhume commun, l'inflammation nasale, ce virus est seul dans sa capacité de tolérer des mutations et d'entraîner même l'infection dans le cerveau.

✓ HKU1 (bêta-coronavirus) : l'infection entraîne une maladie des voies respiratoires supérieures avec des symptômes du rhume, mais peut évoluer vers une pneumonie et une bronchiolite. Il a été découvert pour la première fois en janvier 2005 chez deux patients à Hong Kong.

Et trois plus graves :

✓ **SRAS-COV** (le bêta-coronavirus qui cause le syndrome respiratoire aigu sévère ou SRAS identifié en Chine en 2002).

✓ **MERS-COV** (le coronavirus bêta qui provoque le syndrome respiratoire du Moyen-Orient ou MERS découvert en 2012 en Arabie Saoudite).

✓ **SARS-COV-2** ou **COVID-19** est pour la première fois identifié en Chine (Wuhan) en décembre 2019. Ce coronavirus a beaucoup de similitudes avec celui du SRAS (origine animale identique génétiquement à 80% responsable d'infections pulmonaires) mais aussi des différences notables pour les scientifiques au niveau de sa contagion. Il est contagieux dès le début des symptômes voire parfois en l'absence de symptômes alors que le SRAS l'était quelques jours après les premiers symptômes. Il existe aussi des formes bénignes et asymptomatiques du COVID-19 alors que le SRAS n'entraînait que des formes sévères (**Carrat et Figoni, 2020**).

1.4. Mutation du coronavirus

Le coronavirus est un virus à ARN possédant un taux de mutation élevé à l'instar de celui de la grippe ou du virus HIV. Les coronavirus sont présents dans de très nombreuses espèces animales et circulent assez facilement d'une espèce à l'autre ce qui peut entraîner la mort. Les coronavirus peuvent également infecter l'être humain. Les coronavirus survivent jusqu'à 3 heures sur des surfaces inertes sèches (**Blaize, 2020**).

1.5. Transmission

Les coronavirus se transmettent d'homme à homme lors de contacts rapprochés (se toucher ou se serrer la main par exemple) et par voie aérienne en toussant ou en éternuant. Toucher un objet ou une surface avec le virus dessus puis toucher la bouche, le nez ou les yeux avant de se laver les mains peut aussi transmettre le coronavirus. Enfin plus rarement la contamination peut se faire par contact fécal.

Il est à noter que : les coronavirus survivent jusqu'à 3 heures sur des surfaces inertes sèches et jusqu'à 6 jours en milieu humide. Ainsi la transmission manuportée à partir de l'environnement est possible rappelle le Haut conseil de la santé publique dans un avis rendu le 5 mars 2020 [OMS, 2020].

1.6. Symptômes et évolution

Le COVID-19 affecte les individus de différentes manières. L'apparition des symptômes chez une personne infectée par le virus prend cinq à six jours. Cependant, ce délai peut s'étendre jusqu'à quatorze jours.

La plupart des personnes infectées développent une forme légère à modérée de la maladie et guérissent sans hospitalisation.

- ✓ Symptômes les plus fréquents: (fièvre, toux sèche, fatigue).
- ✓ Symptômes moins fréquents: (courbatures, maux de gorge, diarrhée, conjonctivite, maux de tête, perte de l'odorat ou du goût, éruption cutanée, ou décoloration des doigts ou des orteils).
- ✓ Symptômes graves: (difficultés à respirer ou essoufflement, sensation d'oppression ou douleur au niveau de la poitrine, perte d'élocution ou de motricité) (Blaize, 2020).

1.7. Mortalité

Le taux de mortalité est relativement élevé pour le COVID -19 avec respectivement près de 10 à 15 % et plus de 36 % de décès des personnes atteintes. Les personnes les plus sensibles sont celles de plus de 65 ans celles souffrant de pathologies respiratoires et les immunodéprimées [OMS, 2020].

1.8. Traitement

Il n'existe aucun traitement spécifique pour les maladies provoquées par les coronavirus humains. Les traitements sont symptomatiques : prendre des médicaments contre la douleur et la fièvre, se reposer, ne pas sortir [APS, 2021].

1.9. Vaccin

Les vaccins sont une nouvelle arme essentielle dans la lutte contre la COVID-19 et il est extrêmement encourageant de constater que beaucoup d'entre eux s'avèrent efficaces et passent en phase de mise au point. Travaillant le plus vite possible, des scientifiques du monde entier collaborent et innovent pour fournir des tests de dépistage, des traitements et des vaccins qui, ensemble, permettront de sauver des vies et de mettre fin à la pandémie [OMS, 2020].

Pandémie du Coronavirus (COVID-19)

Dans le (Tableau 7) ci-dessous, il existe quelque vaccin contre corona virus.

Tableau 7: Quelques vaccins contre COVI-19 [OMS, 2020].

Les nomes des vaccins	pays	principe	La date d'autorisation	Efficacité
Astrazeneca	Université d'Oxford Angleterre	vaccin à vecteur viral	le 29 janvier 2020.	d'efficacités évaluées à 70%.
Moderna	Etats-Unis	ARN messenger	le 6 janvier 2020.	était efficace à 94,5%
Pfizer bioNTECH	Etats-Unis, Allemagne	ARN messenger	Le 21 décembre 2020,	le vaccin est efficace à plus de 90%.
Sinopharm	Chine	vaccin vivant atténué	Le 30 décembre 2020	efficace à 79%.
Novavax NVX-CoV2373	Angleterre	protéine recombinante	Le 28 janvier 2021	une efficacité de 89,3%
BharatBiotech (BBV152)	France	virus inactivé	novembre 2020	une efficacité de 81 %
Johnson & Johnson	Etats-Unis	vaccin à vecteur viral	Mars 2021	efficace à 66%
Sputnik V	Russie	vaccin à vecteur viral	Le 5 décembre 2020	une efficacité de 91,6%
Sanofi	France	vaccin à protéine virale recombinante	5juillet 2020	une efficacité de 95%
CureVac	(Allemagne)	ARN messenger	14 décembre 2020	une efficacité de 47%

1.10. Prévention

Pour réduire le risque d'infection par un coronavirus il est conseillé de :

- ✓ Lavez-vous fréquemment les mains. Utilisez du savon et de l'eau ou une solution hydro alcoolique.
- ✓ Tenez-vous à distance de toute personne qui tousse ou éternue.
- ✓ Portez un masque lorsque la distanciation physique n'est pas possible.
- ✓ Évitez de vous toucher les yeux, le nez ou la bouche.

Pandémie du Coronavirus (COVID-19)

- ✓ En cas de toux ou d'éternuement couvrez-vous le nez et la bouche avec le pli du coude ou avec un mouchoir.
- ✓ Restez chez vous si vous ne vous sentez pas bien.
- ✓ Consultez un professionnel de santé si vous avez de la fièvre que vous toussiez et que vous avez des difficultés à respirer.
- ✓ Prévenez le professionnel de santé par téléphone au préalable. Il pourra ainsi vous orienter rapidement vers l'établissement de santé adéquat.

Cela vous protège, et empêche la propagation des virus et d'autres infections (Constanc, 2020).



Figure 10: Prévention contre le virus de COVID-19 [Site 11].

2. Réseau d'assainissement en Algérie

2.1. Définition d'ONA

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial, créé par décret exécutif n° : 01-102 du 21 Avril 2001. Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau. L'ONA se substitue à l'ensemble des établissements et organismes publics, nationaux, régionaux et locaux en charge du service public de l'assainissement, notamment :

- ✓ L'Agence Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (AGEP).
- ✓ Les établissements publics nationaux à compétence régionale de gestion de l'assainissement.
- ✓ Les épidémies de wilaya : les régies et services communaux de gestion des systèmes d'assainissement.

Il est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction des ouvrages et des infrastructures d'assainissement. Ainsi, il assure : la protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique, la lutte contre toutes les sources de pollution hydrique, la préservation de la santé publique.

L'ONA assure également pour le compte de l'Etat, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation de réhabilitation, de diagnostics des stations d'épuration, des réseaux d'assainissement et de collecte de l'eau pluviale ainsi que des stations de relevage (**Bertrand et Géli, 2015**).

2.2. Les stratégies d'ONA de lutte contre la pandémie de COVID-19

Le monde connaît aujourd'hui la plus grave crise sanitaire depuis la grippe espagnole (H1N1) de 1918. Pour contenir cette pandémie qui n'en est vraisemblablement qu'à ses débuts, et éviter un effondrement des systèmes de santé. En période d'épidémies, les normes internationales du travail constituent une base solide pour élaborer des réponses stratégiques, axées sur le rôle crucial du travail décent en vue d'une reprise équitable et durable [Site 12].

Ainsi, l'Office National de l'Assainissement (ONA) a pris des mesures draconiennes dans l'urgence et dans un contexte d'incertitude majeure. Pour cela, ils sont utilisés des stratégies à l'intérieure d'une institution et à l'extérieure d'une institution.

2.2.1. À l'intérieure d'une institution

Dans ce cas, la stratégie de l'ONA a proposé :

- ✓ La protection des travailleurs sur leur lieu de travail afin de minimiser les effets directs du coronavirus, conformément aux recommandations et aux lignes directrices de l'OMS.

- ✓ La protection des travailleurs, des employeurs et leurs familles des risques sanitaires liés au COVID-19. Des mesures protectrices ont été mises en place et renforcées en milieu de travail et dans la population générale. Dans l'ONA, il donne des milliers des bavettes et du gels alcooliques aux travailleurs, et mesure quotidienne ou température de toute avant l'entrer à institution.

- ✓ En cas de suspicion des symptômes de COVID-19. Le travailleur se rend à place chez le médecine du travail pour faire les analyses médicales nécessaires se met en quarantaine (le confinement) pendant 14 jours. Puis il retourne voir un médecin du travail et répété les analyses médicales pour confirmer sa garnison afin qui il puisse, retourne à son travail.

- ✓ Amélioration de l'accès universel à des services de santé pour tous, Surtout pour les travailleurs qui souffrent de maladies chroniques telles que le diabète, les maladies cardiaques.

- ✓ Amélioration des mesures de SST (Sauveteur secouriste du travail), y compris la distanciation sociale, la fourniture d'équipements de protection et les procédures d'hygiène, et l'introduction des formes d'organisation du travail alternatives encouragées par des campagnes d'information et de sensibilisation à travers un dialogue social entre employeurs et travailleurs et leurs représentants, en utilisant par exemple les comités de SST.

- ✓ Encouragement des modalités de travail flexibles appropriées, comme le télétravail.

- ✓ Prévenir la discrimination et l'exclusion liées au COVID-19.

- ✓ Les dispositifs de maintien de l'emploi, y compris les dispositifs de chômage partiel (un travail à temps-partiel) [ONA, 2021].

2.2.2. À l'extérieure d'une institution

Pendant la période de COVID-19 L'Organisation national d'assainissement de la wilaya de Mila a fait des sorti dans le but de stériliser les hôpitaux, les routes, le centre universitaire, les cités universitaires et les écoles, sous l'ordre des maires avec l'utilisation de l'eau de javel (figure 11), cette opération a été fait par la dilution de ce dernier par l'équation suivent : $1L \text{---} 12m^3$ [ONA, 2021].



Figure 11: Campagne de stérilisation [Site 12].

En fait, les quantités d'eau de javel qui a été utilisées par ONA, depuis Mars 2020 jusqu'à Mars 2021 sont récapitulés dans le (Tableau 8) ci-dessous :

Pandémie du Coronavirus (COVID-19)

Tableau 8: La quantité de l'eau d'javèle utilisé pendant la pandémie [ONA, 2021].

Les mois	La quantité d'eau d'javèle (L)	Les mois	La quantité d'eau d'javèle(L)	Les mois	La quantité d'eau d'javèle(L)
18Mars2020-13Avril 2020	200	03Juillet2020-07Juillet2020	200	25Septembre2020-01Octobre 2020	40
14Avril2020-23Avril 2020	20	08Juillet2020-16Juillet2020	340	02Octobre2020-28Octobre 2020	0
24Avril2020-29Avril 2020	0	17Juillet2020-23Juillet2020	640	28Octobre 2020-05Novembre2020	17
30Avril2020-07Mai 2020	20	24Juillet2020-30Juillet2020	220	06Novembre2020-18Novembre 2020	0
08Mai2020-14Mai 2020	20	31Juillet2020-06Aout 2020	300	19Novembre2020-26Novembre 2020	480
15Mai2020-21Mai 2020	20	07Aout2020-13Aout 2020	0	27Novembre2020-03Décembre 2020	440
22Mai 2020-28Mai 2020	175	14Aout 2020-18Aout 2020	60	04Décembre2020-10Décembre 2020	180
29Mai2020-04Juin 2020	140	19Aout 2020-27Aout 2020	40	11Décembre2020-16Décembre 2020	120
05Juin2020-11Juin 2020	260	27Aout 2020-03Septembre 2020	0	17Décembre 2020-24Décembre 2020	80
12Juin2020-18Juin 2020	20	04Septembre2020-10Septembre2020	50	25Décembre2020-11Janvier 2021	0
19Juin2020-25Juin 2020	160	11Septembre2020-17Septembre 2020	300	12Janvier2021-18Janvier 2021	40
26Juin2020-02Juillet2020	120	18Septembre2020-24Septemre 2020	40	19 Janvier 2021-01Mars 2021	0

3. Stratégie mondiale de lutte contre la pandémie COVID-19

Le monde connaît aujourd'hui la plus grave crise sanitaire depuis la grippe espagnole (H1N1) de 1918 (figure 12). Pour contenir cette pandémie et éviter un effondrement des systèmes de santé, les gouvernements prenaient des mesures draconiennes dans l'urgence [Site 13].

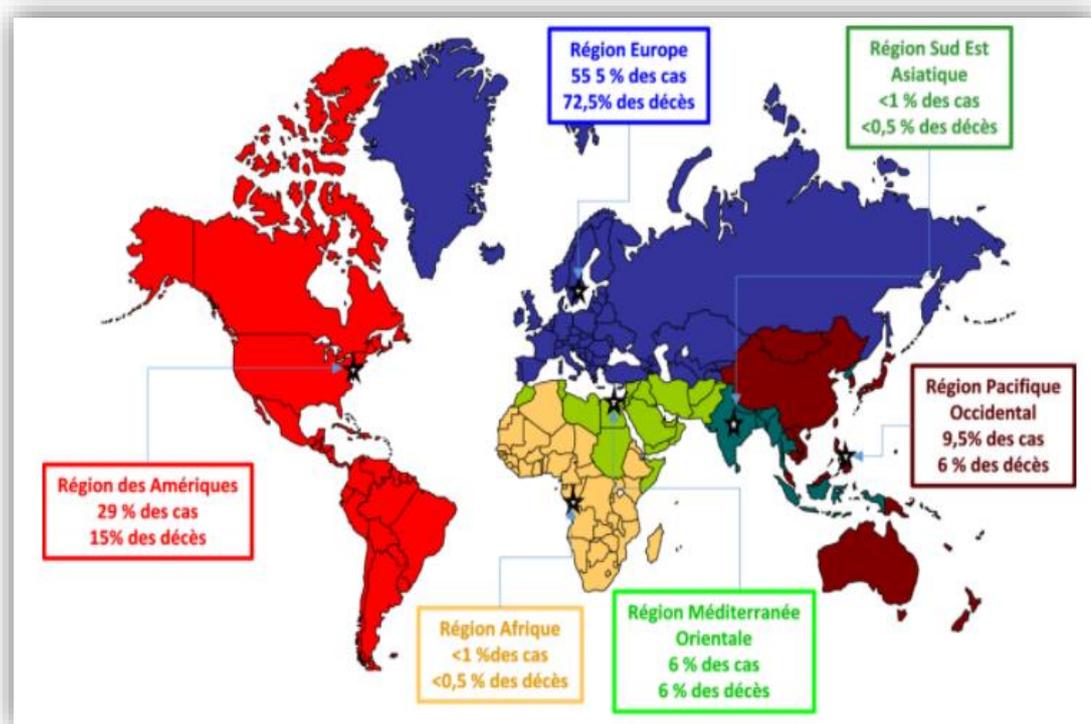


Figure 12: Évolution quotidienne des cas cumulés de COVID-19 déclarés dans le monde du 20 janvier au 5 avril 2020 [Site 14].

3.1. La stratégie d'atténuation

Consiste à maintenir, sous contrôle, la diffusion du virus dans la population, en essayant de protéger les personnes les plus vulnérables. L'objectif de cette stratégie est double. Il s'agit tout d'abord de ralentir la propagation du virus pour diminuer et décaler dans le temps le pic épidémique. Le deuxième objectif de cette stratégie est de faire en sorte qu'un grand nombre d'individus finissent par s'immuniser, empêchant ainsi le virus de continuer à se propager à long terme [Site 15].

Cette stratégie d'atténuation est celle choisie par le gouvernement néerlandais et présentée par le premier ministre le 16 mars 2020. Les mesures mises en place dans ces stratégies d'atténuation sont variées.

On peut citer l'isolement des personnes malades (mais pas des infectés asymptomatiques), la mise en quarantaine des foyers infectés connus, la fermeture des écoles et des universités, la distanciation sociale pour les personnes les plus vulnérables (mais pas pour les autres) [Site 15].

3.2. La stratégie de suppression

La stratégie de suppression consiste à renforcer les mesures d'atténuation afin de ramener le R_0 à des valeurs inférieures à 1, et donc empêcher la propagation du virus. Il s'agit de s'assurer de l'infléchissement rapide de la courbe épidémique, de la non-saturation des systèmes de santé et de l'éradication du virus. Les principales mesures mises en place sont la distanciation sociale globale et le confinement de toute la population (non plus uniquement des personnes présentant des signes cliniques). De cette manière, le taux de contact quotidien est diminué drastiquement et réduit à un nombre ne permettant pas au virus de diffuser au-delà du foyer familial [Site 15].

Le but principal la maîtrisent la pandémie par tous les pays en ralentissant la transmission et en réduisant la mortalité associée au COVID-19 [OMS, 2020].

Les objectifs stratégiques mondiaux sont les suivants:

- ✓ Mobiliser tous les secteurs et toutes les communautés pour s'assurer que chaque secteur du gouvernement et de la société adhère et participe à la riposte et à la prévention des cas par l'hygiène des mains, le respect des règles d'hygiène en cas de toux ou d'éternuement et la distanciation physique au niveau individuel. [OMS, 2020].
- ✓ Maîtriser les cas sporadiques et les clusters et prévenir la transmission locale en identifiant et en isolant rapidement tous les cas, en leur fournissant des soins appropriés, ainsi qu'en recherchant tous les contacts, en les plaçant en quarantaine et en leur apportant un soutien [OMS, 2020].
- ✓ Éliminer la transmission locale par des mesures de prévention et de lutte contre l'infection adaptées au contexte, des mesures de distanciation physique au niveau de la population, et des restrictions appropriées et proportionnées des déplacements nationaux et internationaux non essentiels. [OMS, 2020].
- ✓ Réduire la mortalité en fournissant des soins cliniques appropriés aux personnes touchées par le COVID-19, en assurant la continuité des services sanitaires et sociaux essentiels et en protégeant les travailleurs de première ligne et les populations vulnérables [OMS, 2020].

Pandémie du Coronavirus (COVID-19)

✓ Développer des vaccins et des traitements sûrs et efficaces qui peuvent être administrés à grande échelle et qui sont accessibles en fonction des besoins. [OMS, 2020].

Chaque pays doit mettre en œuvre un ensemble complet de mesures, adaptées à sa capacité et à son contexte, pour ralentir la transmission et réduire la mortalité associée à la COVID-19, dans le but ultime d'atteindre et/ou de maintenir un niveau de transmission durablement faible, voire nul. Des stratégies appropriées au niveau national et infranational doivent concilier les mesures visant à lutter contre la mortalité directe attribuable à la COVID-19, la mortalité indirecte causée par l'engorgement des systèmes de santé et l'interruption d'autres services sanitaires et sociaux essentiels [OMS, 2020].

Le risque de réintroduction et de résurgence de la maladie persistera et devra être durablement maîtrisé par l'application rigoureuse de mesures de santé publique tant que le virus circulera entre les pays et à l'intérieur de ceux-ci. En fin de compte, la mise au point et la diffusion d'un ou de plusieurs vaccins et traitements sûrs et efficaces pourront permettre d'abandonner certaines des mesures nécessaires pour maintenir ce niveau de transmission faible, voire nul. [OMS, 2020].

L'OMS a conseillé tout individu, toute communauté, toute organisation gouvernementale ou non de jouer un rôle essentiel dans la lutte contre le COVID-19 :

✓ Les individus doivent se protéger et protéger les autres en adoptant des comportements appropriés, tels que se laver les mains, éviter de se toucher le visage, respecter les règles d'hygiène en cas de toux ou d'éternuement, pratiquer la distanciation physique, s'isoler dans un établissement communautaire ou à domicile en cas de maladie, s'identifier comme contact d'un cas confirmé, le cas échéant, et respecter les mesures de distanciation physique et de restriction des déplacements lorsqu'ils sont appelés à le faire [OMS, 2020].

✓ Les communautés doivent être habilitées à veiller à ce que les services et l'aide soient planifiés et adaptés sur la base de leurs commentaires et des contextes communautaires, la protection des groupes vulnérables, le soutien aux agents de santé, l'identification des cas, le suivi des contacts et le respect des mesures de distanciation physique, ne peuvent être assurés qu'avec le soutien de toutes les composantes des communautés touchées [OMS, 2020].

✓ Les gouvernements doivent diriger et coordonner la réponse en faisant abstraction des frontières politiques afin de permettre à tous les individus et à toutes les communautés de s'approprier la réponse à travers la communication, l'éducation, l'engagement, le renforcement des capacités et le soutien. Les gouvernements doivent également réorienter et mobiliser toutes les capacités disponibles dans les secteurs public, communautaire et privé afin de renforcer rapidement le système de santé publique pour recherche et tester, isoler et soigner les cas confirmés (que ce soit à domicile ou dans un établissement médical), et identifier, suivre, placer en quarantaine et soutenir les contacts. Dans le même temps, les gouvernements doivent apporter au système de santé le soutien nécessaire pour traiter efficacement les patients atteints de COVID-19 et maintenir d'autres services sanitaires et sociaux essentiels. Les gouvernements peuvent être amenés à mettre en place des mesures générales de distanciation physique et de restriction des déplacements proportionnelles aux risques sanitaires encourus par la communauté. [OMS, 2020].

✓ Les entreprises privées doivent assurer la continuité des services essentiels, tels que la chaîne alimentaire, les services publics et la fabrication de fournitures médicales. Les entreprises privées peuvent fournir l'expertise et l'innovation nécessaires pour renforcer et soutenir la riposte, notamment à travers la production et la distribution équitable de tests diagnostiques de laboratoire, d'équipements de protection individuelle, de respirateurs, d'oxygène médical et d'autres équipements médicaux essentiels à des prix justes et à travers la recherche et le développement de tests diagnostiques, de traitements et de vaccins [OMS, 2020].

4. La stratégie Algérienne de lutte contre la pandémie COVID-19

Depuis l'apparition du premier cas importé par le ressortissant italien à Hassi-Messaoud, le 25 février 2020, suivie de 16 cas confirmés d'une seule famille à Blida contaminés lors d'une fête familiale, le président, a ordonné l'adoption de mesures anticipatives visant à juguler la propagation du virus. Il s'agit notamment de la mise en application d'un système de suivi et de contrôle relatif à la propagation de la pandémie accompagné d'un système préventif en vue de prémunir la société et se tenir prêt à intervenir rapidement si le besoin s'en faisait ressentir [APS, 2020].

Pandémie du Coronavirus (COVID-19)

Pour faire face à cette pandémie , le gouvernement a ordonné(en mars 2020) a pris des mesures urgentes et préventives traduites notamment par la fermeture des écoles, universités, crèches, établissements de formation, salles de sport et de fêtes ,la suspension des moyens de transport, terrestres, maritimes et aériens, et le rapatriement [APS, 2020].

Les actions prioritaires menées visaient à assurer une prise en charge adéquate des contaminés, un protocole thérapeutique, une organisation des soins, une accessibilité au dépistage, un système de contrôle efficace et une communication des informations fiable et complète.

Sur le plan réglementaire, le ministère de la Santé a dès la confirmation des premiers cas mis en place un système de suivi de la situation épidémiologique en publiant une soixantaine d'instructions et notes stipulant des mesures et conduites à tenir face à la pandémie [APS, 2020].

En matière de dépistage et de diagnostic et plus particulièrement par la technique RT-PCR, le nombre de laboratoires habilités est passé d'un seul laboratoire (IPA à Alger) au début du mois de février 2020 à plus de 60 laboratoires actuellement, dont 25 du secteur privé ce qui a permis d'effectuer en moyenne 2.000 examens/jours. S'agissant des moyens de prévention, l'accent a été mis sur le renforcement des capacités en termes de masques, combinaisons et gants [APS, 2020].

En termes de capacités d'accueil au niveau des différents établissements hospitaliers il a été mobilisé pendant les périodes de forte augmentation des cas 20.000 lits au niveau national en focalisant sur les wilayas qui ont enregistré une augmentation du taux d'infection avec le renforcement des services de la réanimation avec des respirateurs artificiels. Les pouvoirs publics ont augmenté la capacité de production de tous les médicaments destinés à lutter contre la pandémie notamment l'hydrox-chloroquine tout en s'engageant à acquérir la matière première en dépit de la fermeture de l'espace aérien international [APS, 2020].



Figure 13: vaccination par hydrox-chloroquine [Site 14].



*La partie
Expérimental*

1. Présentation des zones d'étude

Notre étude concerne quatre STEP : Oued Athmania, Sidi Merouane, Ferdjioua et Zeghaia. Ces STEP utilisent le processus de traitement à la boue activée dont les étapes :

- ❖ **Dégrillage** : pour éliminer les plus gros déchets.
- ❖ **Dessablage- dégraissage** : pour éliminer le sable (protection des équipements émergés comme les pompes) et les graisses (meilleur rendement de l'aération notamment le procédé biologique).
- ❖ **Aération** : c'est le traitement biologique (des micro-organismes dégradent les matières organiques).
- ❖ **Décantation** : c'est la séparation des deux phases : liquide (eau claire) et solide (boues activées) dans des clarificateurs. En fait les boues activées sont refoulées à l'aide des pompes à vis en tête des bassins d'aération.

1.1. Station d'épuration d'Oued el Athmania

1.1.1. Localisation de la STEP d'oued Athmania

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Chelghoum Laid est située à sortie de la commune d'Oued Athmania Daïra de Chelghoum laid. Elle s'étend sur une superficie de 6 Hectares avec une capacité nominale de 262.000 m³/j basée sur un approvisionnement en eau brute de 276.000 m³/j. Elle a été mise en service en 1995 et traite les eaux usées d'Oued Athmania et Chelghoum laid [STEP d'oued Athmania].

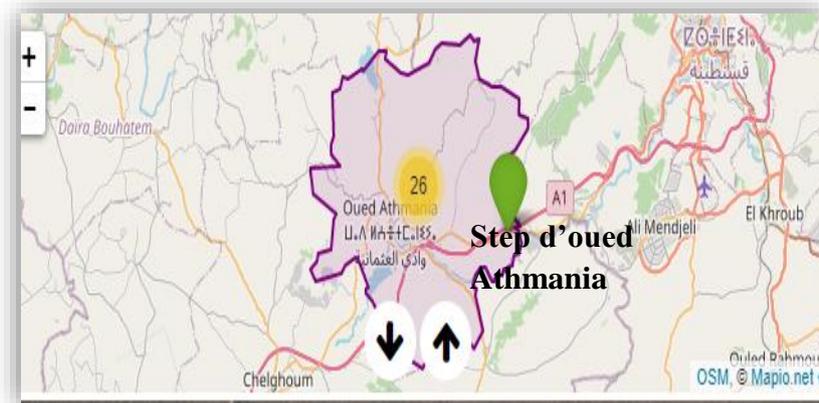


Figure 14: Localisation de STEP d'oued Athmania (Google Maps).



Figure 15: STEP d'oued Athmania [1].

1.1.2. Prétraitement

• **Dégrillage Mécanique** : utilise un crible à chaîne mécanique constitué d'un barreau de 10 mm de largeur, dont l'espacement entre les barreaux est 20 mm (**figure16**) [STEP d'oued Athmania].



Figure 16: Dégrilleur

• **Déssableur Déshuileur** : il s'agit d'un dégraisseur déssableur longitudinal aéré. il est constitué de deux ponts baladeurs munis de deux souffleurs d'air pour extraire le sable et d'un racleur pour racler les huiles vers une fosse fermée (**figure 17**) [STEP d'oued Athmania].

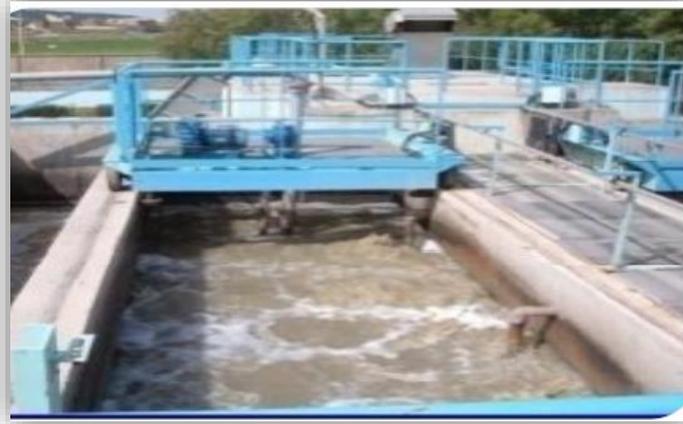


Figure 17: Déssableur, Déshuileur.

1.1.3. Traitement biologique

Il s'effectue dans deux bassins d'aération dont un seul qui est en fonctionnement avec une capacité totale 4548 m³ chacun. Le bassin est équipé d'une électrode d'oxygène reliée une oxymétrie, trois Aérateurs de 45 kW avec une capacité d'aération 60Kg O₂/h chacun (**figure 18**) [STEP d'oued Athmania].



Figure 18: Bassin D'aération.

1.1.4. Clarification

Elle s'effectue dans deux décanteurs Cylindro-conique raclé à entraînement périphérique (**figure 19**)[STEP d'oued Athmania].



Figure 19: Clarification.

1.2. Station d'épuration de Sidi Merouane

1.2.1. Localisation de la STEP de sidi Merouane

La station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane est située à 12 km au Nord-est de la wilaya de Mila, dans la commune de Sidi Merouane côté sud de barrage de Beni Haroun (**figure 20**). Elle s'étend sur une superficie de 13 ha. Celle-ci reçoit les eaux usées de Mila, Grarem, Ferdjioua, Sidi-Merouan. Ras-El-Bir, Annouche Ali, Sibari 1 et Sibari 2. Les eaux traitées sont déversée dans la cuvette du barrage puis acheminées vers la station de traitement des eaux potables. Enfin distribués vers les agglomérations populaires.

Cette station d'épuration est réalisée pour atténuer la pollution du lac du barrage de Beni Haroun, et particulièrement au niveau du lac du barrage qui reçoit les eaux de l'oued Rhumel et oued Endja. Cette station est la première d'une série de trois programmées dans ce bassin versant [**STEP de sidi Merouane**].



Figure 20: Situation géographique de la STEP de Sidi Merouane (**Google Maps**).

- **Données techniques de la STEP**

Le tableau ci-dessous présente les données techniques de la station.

Tableau 9: Données générales de la STEP [STEP de sidi Merouane].

Nom de la station	STEP de Sidi Merouane
Commune de	Sidi Merouane
Wilaya de	Mila
Milieu récepteur	Barrage de Beni Haroun
Date de mise en service	20 Juillet 2009
Date de transfert de la station à l'ONA	20 Juillet 2011
Localité concernée par le traitement	Mila ,Grarem Gouga et Sidi Merouane
Nature des eaux brutes	Urbaines
Capacité de la station	20650 m ³ /J
Superficie de L'assiette	13 hectares
Groupement de réalisation - Génie civil - Equipements	GCB (Génie Civil et Batiment) OTV (l'ostéotomie tibiale de valgisation).
Le dispositif d'assainissement de la ville	Unitaire
Système d'épuration	Boue activée, Faible charge
Alimentation en eau usée	Par pompage Gravitaire (Ras el bir).

1.2.2. Description des différents ouvrages de la station d'épuration de Sidi Merouane :

- **Poste de relevage**

Le débit de pointe à relever sur ce poste est de 1892m³ /h en première phase, soit 92% du débit total de temps de pluie. Ce poste de relèvement est dimensionné pour recevoir une pompe supplémentaire en deuxième phase pour absorber le débit prévu pour l'horizon 2030. Le poste de relèvement est équipé d'un déversoir de trop plein permettant de by passer directement les eaux vers le rejet les eaux brutes non relevées [STEP de Sidi Merouane].

- **Dégrilleur grossier**

La présence d'un dégrilleur grossier permet de débarrasser les effluents des déchets de taille supérieure à 40 mm dans le but de protéger les pompes de relevage contre le colmatage (figure 21) [STEP de Sidi Merouane].

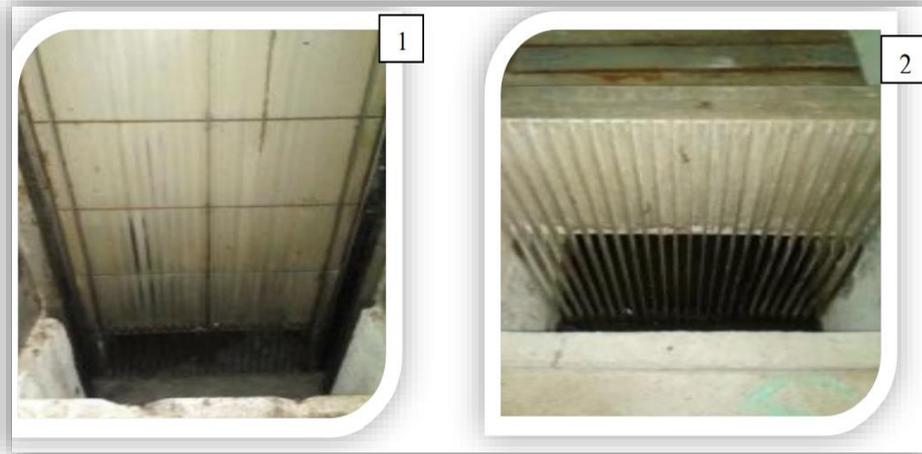


Figure 21: Dégrillage grossier : 1 Automatique, 2 Manuelle.

- **Dégrilleur Fin**

Après dégrillage grossier et relevage, les eaux brutes sont mélangées dans un ouvrage de répartition en amont. Elles transitent ensuite par un dégrilleur fin (entrefer 15mm) destiné à protéger l'ensemble des installations de l'accumulation de filasse et flottants de faibles volumes (figure 22) [STEP de Sidi Merouane] [site 3].



Figure 22: Dégrillage fin 1. Automatique, 2. Manuelle.

- **Comptage des effluents**

Un comptage des effluents admis dans la station est réalisé en aval du dégrillage fin dans un canal venturi. Le niveau est mesuré par ultra son. Un préleveur automatique d'échantillon réfrigéré permet de contrôler le volume des eaux à l'entrée et à la sortie de la station. Un by-pass de la station est installé à sortie du dessablage déshuilage [STEP de Sidi Merouane].

- **Déssableur- Déshuileur**

L'objectif essentiel du dessablage est de retenir les particules sédimentable afin de protéger les installations bien que l'objectif du déshuilage est de retenir les graisses et les huiles. Le dessablage se fait trois fois par jour et le déshuilage est continu (**figure 23**) [STEP de sidi Merouane].



Figure 23: Déssableur _déshuileur.

- **Pompe à sable et classificateur**

Les pompes à sables refoulent les sables vers le classificateur avant le stockage en benne. Pour une fiabilité maximale de l'installation, il est prévu une pompe de soutirage des sables en secoure (**figure 24et figure 25**) [STEP de Sidi Merouane].



Figure 24: Pompe à sable.



Figure 25: Classificateur à sable.

1.3. Station d'épuration de Ferdjioua

1.3.1. Localisation de la STEP Ferdjioua

La STEP de Ferdjioua est une nouvelle STEP créée en Janvier 2013 par l'office national de l'assainissement pour protéger le barrage Béni Haroun. Située dans la wilaya de Mila, dans la commune de Ain Baida Harriche pour traiter les eaux usées provenant de cette commune et de celle de Ferdjioua (**figure 26 et figure 27**). Les caractéristiques de la STEP Ferdjioua sont présentées dans le (**Tableau 10**) [STEP de Ferdjioua].



Figure 26: Station d'épuration Ferdjoua (Ain Baida Harriche).

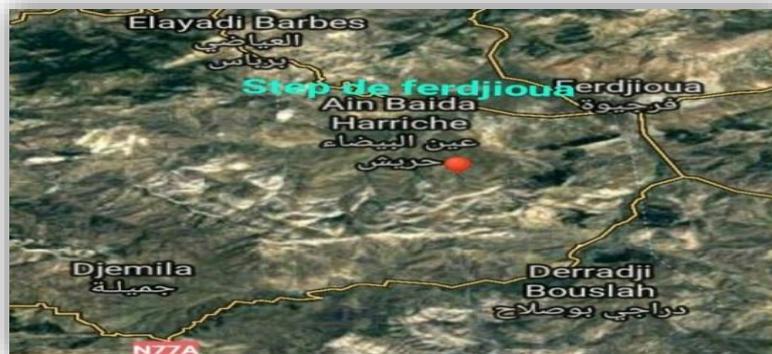


Figure 27: Localisation de station d'épuration Ferdjoua (Google Maps).

Tableau 10: Capacité de station Ferdjoua [STEP de Ferdjoua].

Débit d'entrée journalier moyen	9.600 m ³ /jour
Equivalent habitat	80 000 EH
Débit de pointe	3.450 m ³ /heure

La station d'épuration des eaux usées Ferdjoua utilise les mêmes procédés d'épuration de la station de Sidi Merouane. Les figures 28 -32 qui montrent les différentes étapes de traitement.



Figure 28: Benne à sable.



Figure 29: Bassins d'aérations.



Figure 30: Clarificateurs.

Figure 31: Récupération de boues activées.



Figure 32: Lits de séchage.

1.4. Station d'épuration de Zeghaia

1.4.1. Localisation de la STEP de Zeghaia

La STEP de Zeghaia est située sur le bassin versant de barrage de Beni Haroun. Son objectif est de protéger les eaux du barrage de Beni Haroun. Elle est mise en service en novembre 2018. La STEP rejette les eaux épurées dans oued El kabir qui alimente le barrage de Beni Haroun. La STEP traite les eaux usées urbaines d'une population équivalente à 38.000 E.H et 57.000 E.H à l'horizon de 2030. La station comporte une ligne eau, une ligne boue, une ligne autres déchets, un traitement des odeurs et les utilitaires nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble [STEP Zeghaia].

1.4.2. Équipement de la STEP

- ❖ Un ouvrage de réception
- ❖ Un dégrillage fin
- ❖ Un limiteur de débit
- ❖ Un dessablage –désuilage
- ❖ Un traitement biologique par boues activées à faible charge pour le stade 2015
- ❖ Un traitement des boues consistant en une prédéshydratation et déshydratation.
- ❖ Un traitement des odeurs pour la zone « prétraitement »
- ❖ Un traitement des odeurs pour la zone « boues »
- ❖ Les utilitaires indispensables au bon fonctionnement de l'ensemble (eaux de retour, air de service...) [STEP Zeghaia].

1.4.3. Description des différents ouvrages de la Station d'épuration Zeghaia

1.4.3.1. Prétraitement

L'effluent brut arrive en tête de station par pompage et subit un prétraitement l'effluent (dégrillage fin et dessablage –désuilage).

- **Dégrillage fin** : les eaux usées sont déguillées à l'aide de tamis d'une maille de 10 mm. Les refus sont repris au moyen d'une vis compacteurs. Ceux -ci sont déposés dans un conteneur d'une capacité de 10 m³ (**figure 33**).



Figure 33: Les unités de dégrillage.

- **Chambre de limitation de débit** : la station est équipée d'une limitation de débit vers l'unité de traitement, située à l'aval du dégrillage fin.
- **Dessablage –désuilage** : est réalisé dans deux ouvrage parallèle et est du type Dessableur –désuilateur aéré rectangulaire à poche.
- **Chambre de répartition** : est aménagée en sortie des dessableur-désuilateurs et assure la répartition des eaux vers les deux lignes de traitement biologique et trois lignes pour le stade 2030. Cette chambre reçoit les eaux de retour de la déshydratation.

1.4.3.2. Clarification

Il existe deux clarificateurs avec une section minimum unitaire de 400 m² et une vitesse de clarification correspondante à 0.59 m /h. [STEP Zeghaia].

2. Le but des quatre stations d'épuration

Une enveloppe de plus de 10 milliards de dinars a été mobilisée pour la réalisation d'un réseau de 4 stations d'épuration des eaux usées (STEP), destinées à la protection du barrage de Beni-Haroun (Mila) de la pollution, a déclaré le directeur des Ressources en eau, Rabah Safi. La STEP d'Oued Endja, est également destinée à traiter les eaux usées provenant de la commune de Zeghaïa, a-t-on indiqué. Le lancement des travaux de construction de deux autres STEP, prévues à Rouached et Boughardaine, dans la commune d'Amira-Arras, seront engagés «avant la fin de l'année en cours», a affirmé le directeur des Ressources en eau (**J l'EST R, 2014**).



Résultats
Et
Discussion

1. Les paramètres physiques

1.1. La température

La température est un paramètre physique de l'eau jouant un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'un thermomètre étalonné, il peut s'agir de thermomètre à mercure, de thermocouples. Elle est mesurée au laboratoire et les résultats sont exprimés en degrés Celsius (°C) (Abdelkadre, 2014).

Les variations mensuelles de la température des eaux brutes et épurées des quatre stations sont variables d'un mois à l'autre et même d'une station à l'autre. En remarque que : la plus basse température dans les eaux brutes (7,4 °C) est enregistrée en décembre 2020 dans la STEP de Ferdjioua, la plus élevée avec (27,5 °C) est observée pendant le mois de août 2020 au niveaux de la STEP d'Oued Athmania (Figure 34).

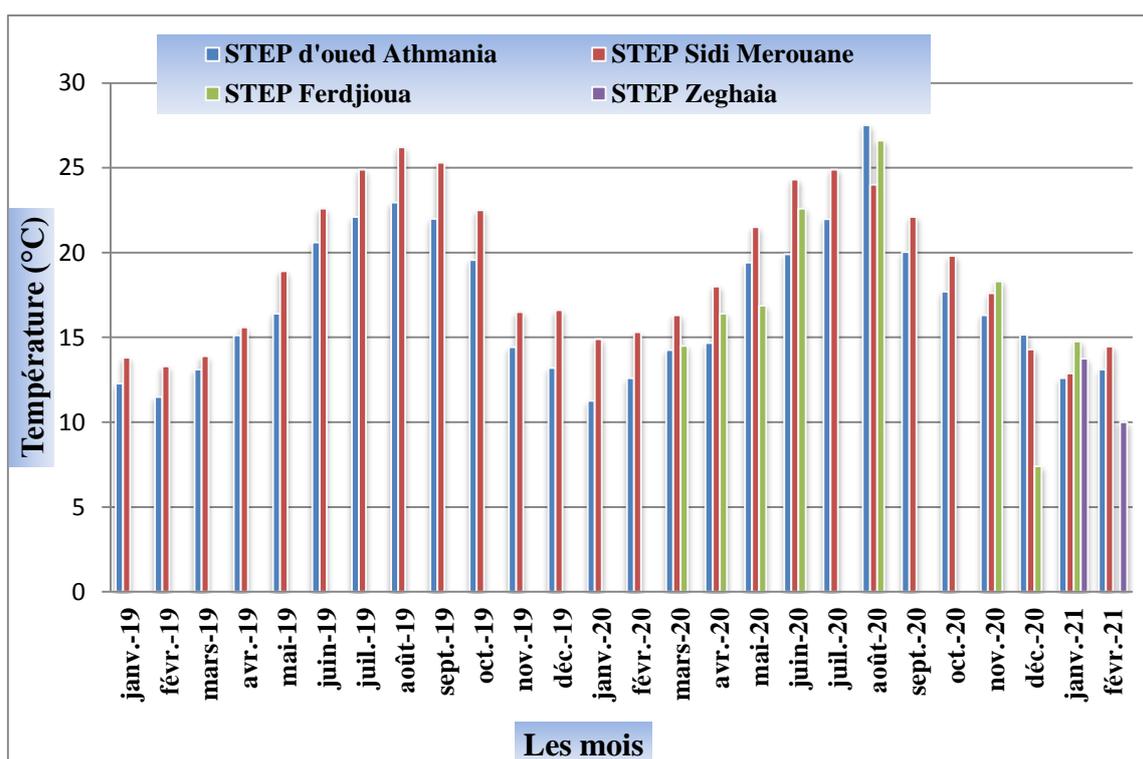


Figure 34: La variation mensuelle de la température des eaux brutes dans les quatre STEP.

Par contre dans les eaux épurées, la plus basse température (7,7 °C) a été enregistrée au mois de déc-2020 dans la STEP de Ferdjioua, température la plus élevée (28,5 °C) a été observée au niveau de STEP Sidi Merouane alors que le mois de août 2019 (Figure 35).

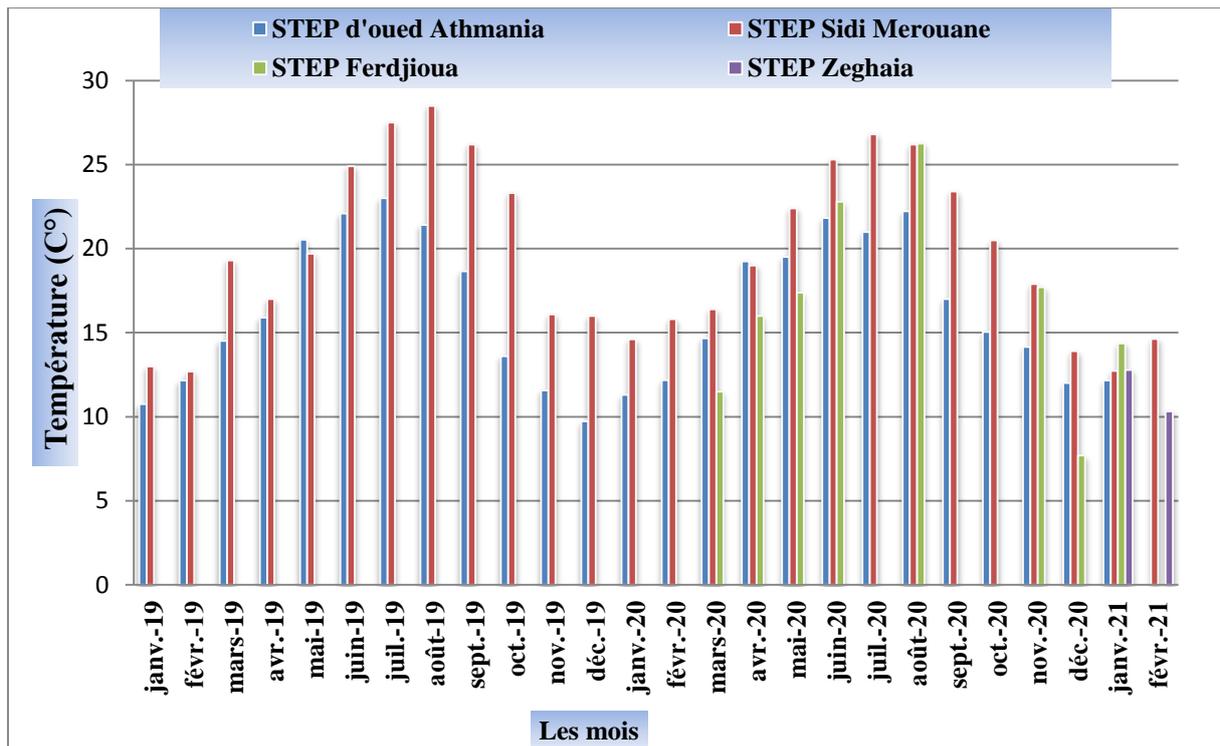


Figure 35: La variation mensuelle de la température des eaux épurées dans les quatre STEP.

L'analyse de la variation mensuelle de la température pendant la période prolonger (Jan-2019_Fév-2021) montre que les températures des eaux brutes et épurées pour les quatre stations sont presque des valeurs similaires, et la variation de cette dernière est due essentiellement à l'influence de la saison et les facteurs climatiques.

1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH mètre. Le pH mètre mesure la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans l'eau à analyser. Les résultats sont exprimés en unité pH (Abdelkader, 2014).

L'analyse de l'évolution mensuelle du pH au niveau des eaux brutes et épurées montre que les valeurs moyennes du pH pour les différentes stations étudiées sont presque identiques durant la période d'étude.

Les valeurs du pH des eaux brutes varient entre [3 -8.65] la valeur la plus faible (3) a été enregistré au niveau de la STEP de Zeghaia pendant le mois d'avril-2020, la valeur la plus élevées (8.65) a été enregistrées dans la STEP de Ferdjioua au mois mars 2020 (Figure 36).

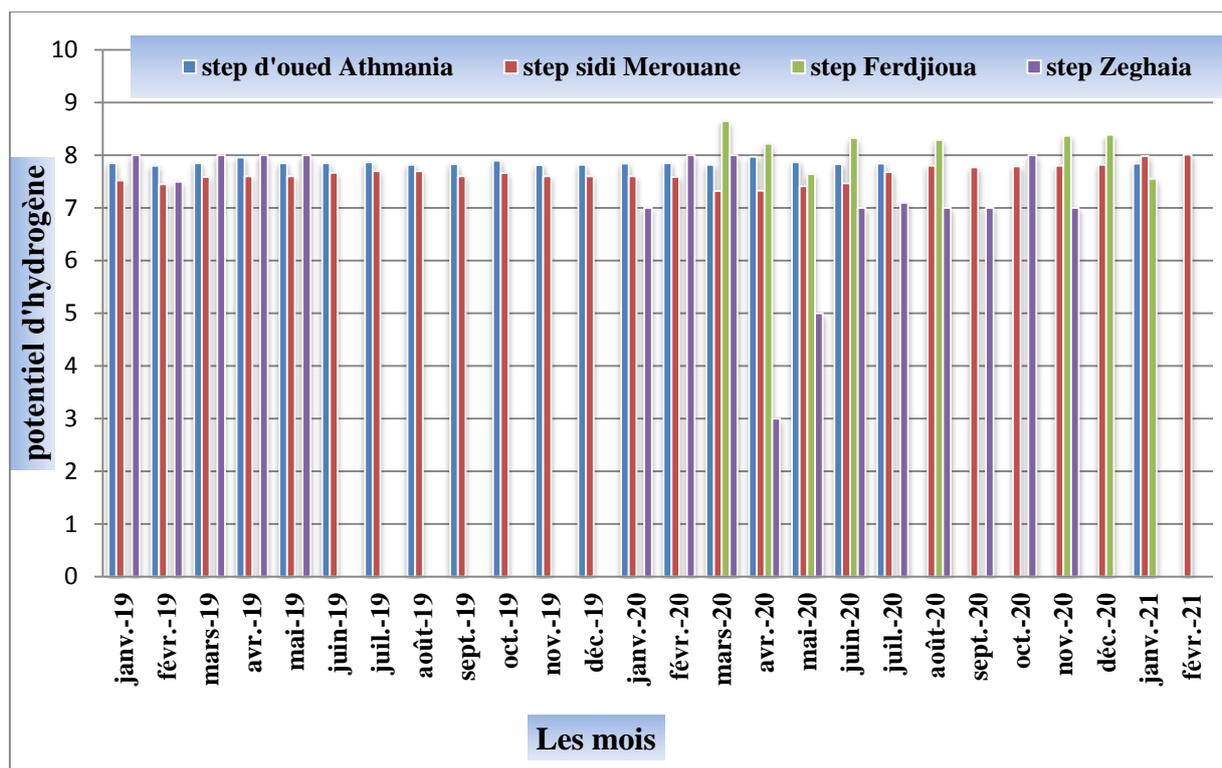


Figure 36: La variation mensuelle du PH des eaux brutes dans les quartes STEP.

Les résultats obtenus pour les eaux épurées, montrent que les valeurs du pH varient entre [4 et 8.43], la plus basse valeur (4) à été enregistré pendant le mois de Mai 2020 dans la STEP de Zeghaia et la valeur plus élevé (8.43) a été enregistré au niveau de la STEP de Ferdjioua pendant les mois de novembre et décembre2020 (**Figure 37**).

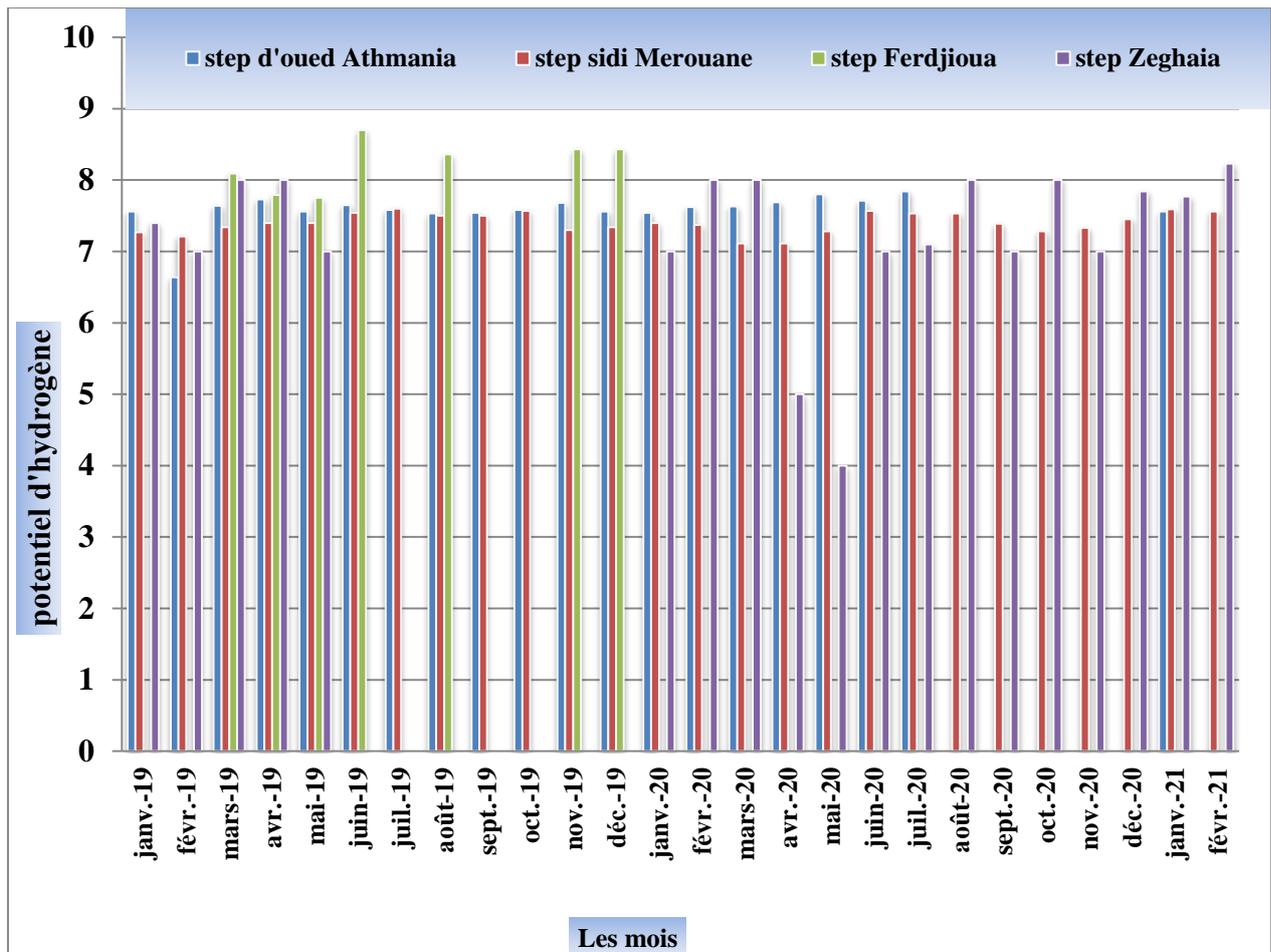


Figure 37: La variation mensuelle du pH des eaux épurés dans quartes STEP.

Les valeurs obtenues du PH des eaux brutes et épurées dans la période d'étude sont situées dans l'intervalle de la norme fixées par **OMS (2002)** (de 6.5 à 8.5). Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basique ou acide, le pH peut être aussi influencé par d'autres facteurs tels que la condition climatique. Ainsi, la température élevée conduit indirectement au déplacement de l'équilibre calcaire-carbonique vers la formation des carbonates sous l'effet de la photosynthèse une augmentation du PH (**Rejesk, 2005**).

1.3. Des matières en suspension (MES)

La technique adoptée dans les STEP est celle de la centrifugation et séchage au four .

Tableau 11: La moyenne mensuel des MES enregistrée eaux brutes et épurées dans les quatre STEP.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP sidi Merouane		STEP Ferdjioua		STEP zeghaia	
	E.B	E.E	E.B	E.E	E.B	E.E	E.B	E.E
Jan- 19	188	18	347	11.6	262.50	5.63	162	16
Fév- 19	140	15	317.5	11.5	288.98	3.22	189	19
Mar- 19	164	14	308	17.2	300.78	6.56	255	29
Avr-l 2019	142	13	325.9	17.9	272.72	8.42	801	22
Mai -2019	153	12	300.8	8.2	285.13	14.85	250	26
Juin 2019	192	14	365	12.6	184.42	8.35	160	21
Juillet 2019	198	17	396.8	8.2	216.34	5.29	171	25
Aout 2019	174	14	396.5	12	295.06	4.42	211	17
Septembre 2019	238	14	303.5	5.7	289.33	3.02	166	14
Octobre 2019	262	17	325.1	8	307.44	5.80	123	14
Novembre 2019	193	15	348.3	6	362.50	4.50	133	15
Décembre 2019	209	17	305.5	5.91	286.36	5.23	475	14
Janvier 2020	224	17	294	12.7	291.67	4.92	234	25
Février 2020	326	22	335.9	8	-	-	157	20
Mars 2020	232	17	289.9	5	296	3.60	58	25
Avril 2020	241	20	220.9	13.7	275.50	15.60	46	20
Mai 2020	252	19	309.2	5.5	700.50	8.08	69	7
Juin 2020	214	18	282.5	7.7	1011	6	61	2
Juillet 2020	212	18	314.7	9.4	-	-	128	1
Aout 2020	207	19	436.7	11.1	1191	8.20	106	2
Septembre 2020	218	16	613.6	7	-	-	94	10.7
Octobre 2020	179	15	495.6	4.8	-	-	57	9
Novembre 2020	253	16	386.4	4	1613	5.60	94	14
Décembre 2020	211	14	328.1	9.6	600	6	1384	12.86
Janvier 2021	172	13	282.6	3	1783	11.35	55.75	7.50
Février 2021	205	13	366.1	5.3	-	-	1384	12.86

D'après le Tableau 11, nous constatons que les valeurs maximale de la teneur en MES dans les eaux brutes et épurées ont été enregistrée pendant la pandémie COVID-19 à l'exception de la STEP de Zeghaia qu'a connu un maximum dans les eaux épurées ou mois de Mars 2019.

Les faibles valeurs des teneurs en MES dans les eaux épurées (**Tableau 11**), sont dues à la décantation des matières décantables. Elles restent cependant inférieures à la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du journal officiel algérien limitée à 35 mg/l (JORA, 2006).

Le tableau 12 montre les taux d'abattement des MES dans les quatre STEP pendant la période d'étude.

Tableau 12: Les pourcentages d'abattement de MES dans quatre STEP.

Les mois	Les pourcentages d'abattement de MES (%)			
	STEP d'oued Athmania	STEP de sidi Merouane	STEP de Ferdjioua	STEP de Zeghaia
Janv-19	90.04	96.65	97.85	90.12
Févr-19	89.28	96.37	98.88	89.94
Mars-19	91.46	94.41	97.81	88.62
Avr-19	90.48	94.50	96.91	97.25
Mai-19	92.15	97.27	94.79	89.60
Juin-19	93.70	96.54	95.43	86.87
Juil-19	91.41	97.93	97.55	85.38
Août-19	92.95	96.97	98.50	91.25
Sept-19	94.11	98.12	98.95	91.56
Oct-19	93.51	97.53	98.11	88.61
Nov-19	92.22	98.27	98.75	88.72
Déc-19	91.86	98.06	98.17	97.05
Janv-20	92.41	95.68	98.31	89.31
Févr-20	93.25	97.61	-	87.26
Mars-20	92.67	98.27	98.78	56.89
Avr-20	91.70	93.79	94.33	56.52
Mai-20	92.46	98.22	98.84	89.85
Juin-20	91.58	97.27	99.40	96.72
Juil-20	91.50	97.01	-	99.21
Août-20	90.82	97.45	99.31	98.11
Sept-20	92.66	98.85	-	88.61
Oct-20	91.62	99.03	-	84.21
Nov-20	93.67	98.96	99.65	85.10
déc-20	93.36	97.07	99	99.07
Janv-21	92.44	98.93	99.36	86.54
Févr-21	93.65	98.55	-	99.07

Les pourcentages d'abattement de la matière en suspension au niveau des quatre STEP sont variés de manière différente (**Tableau 12**), la STEP de (d'oued Athmania, Sidi Merouane et Ferdjioua) varie entre [89.28% - 99.65%] (**Tableau 12**), et pour STEP de Zeghaia varie entre [56.52% - 99.07%].

En plus, nous constatons que les valeurs maximales du taux d'abattement ont été enregistrées pendant la pandémie dans toutes les STEP à l'exception de la STEP d'oued Athmania qui a enregistré le maximum au mois de Septembre 2019.

Les résultats obtenus au niveau des quatre STEP sont élevés et sont conformes aux normes européennes relative aux taux d'abattement (90%) d'après (directive 91/271/CEE relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et AGRBC du 23 mars 1994 relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et son modificatif du 8 octobre 1998 .Elle donne une idée sur l'efficacité du traitement), ceci signifie le bon fonctionnement des STEP.

Les teneurs des eaux en MES sont variables (**Tableau 11**), à cause des divers facteurs qui la conditionnent et la nature elle-même de l'eau, qu'elle soit résiduaire ou naturelle. La connaissance de ce paramètre, ainsi que le taux de résidu sec, renseignent sur les possibilités épuratoires de certains ouvrages de traitement décanteurs par exemple, et intervient dans l'évaluation de la production des boues en excès (**Bechac et Boutill, 2000**).

1.4. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau. Elle est mesurée à l'aide du conductimètre et les résultats obtenus sont exprimés en $\mu\text{s/cm}$. La mesure de la conductivité est influencée par le pH de la solution (**Abdelkadre, 2014**).

Le tableau ci-dessous montre les moyennes mensuelles de la conductivité électrique, des eaux brutes et épurées, au niveau des STEP de Sid Merouane, Ferdjioua et Zeghaia, pendant la période d'étude.

Tableau 13: La variation mensuelle de la CE des eaux brutes et épurées dans les trois STEP.

Les mois	STEP de Sidi Merouane		STEP de Ferdjioua		STEP de Zeghaia	
	E.B	E.E	E.B	E.E	E.B	E.E
Janv-19	3179	2743	-	-	1952	1726
Févr-19	2878	2431	-	-	1223	1108
Mars-19	2996	2558	-	-	1955	1840
Avr-19	3078	2509	-	-	1992	1784
Mai-19	2925	2468	-	-	1820	1670
Juin-19	2997	2598	-	-	1904	1749
Juil-19	2911	2539	-	-	1961	1797
Août-19	2925	2628	-	-	1974	1786
Sept-19	2856.4	2413.4	-	-	1736	1570
Oct-19	2726.4	2326.3	-	-	1652	1568
Nov-19	2626	2241.9	-	-	1804	1475
Déc-19	2879	2549	-	-	1997	1813
Janv-20	2956	2561.8	-	-	1962	1859
Févr-20	3007.9	2561.2	-	-	1769	1745
Mars-20	2866	2505	1910	1446	1664	1558
Avr-20	2918	2606	2079	1930	744	691
Mai-20	3043.9	2648.7	2038	1927.5	1107	946
Juin-20	2812.1	2733	2310	2050	1751	1685
Juil-20	3079	2635	-	-	1721	1674
Août-20	2986.7	2622	2410	2112.5	1811	1762
Sept-20	2958.5	2588	-	-	1850	1744
Oct-20	3008.2	2557	-	-	1835	1786
Nov-20	2963.3	2484	2340	1986	1850	1744
déc-20	3010.9	2572	2128	1908	1513	1384
Janv-21	3107	2647	2061	1923	1747.7	1630
Févr-21	3199.8	2651	-	-	1888	1513

D'après le tableau 13, dans les eaux brutes, les valeurs de la conductivité électrique varient entre 744 μ S/cm et 3199,8 μ S/cm. Elles sont variables d'une STEP à l'autre. En effet, la STEP de Sidi Merouane présente les valeurs les plus élevées. En outre, les valeurs maximales de la conductivité électrique ont été enregistrées durant la pandémie COVID 19 au niveau des STEP de Sidi Merouane et Ferdjioua alors que c'est l'inverse pour la STEP de Zeghaia.

Dans les eaux traitées, les valeurs de la conductivité électrique varient entre 691 $\mu\text{S/cm}$ et 2743 $\mu\text{S/cm}$, donc elles sont conformes aux normes Algérienne (inférieures à 2800 $\mu\text{S/cm}$).

En fait, l'augmentation de la conductivité est observée lorsque la concentration des ions augmente. La mesure de ce paramètre donne des informations précises sur l'évolution de la salinité d'une eau (Aissaoui, 2013).

Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et l'évolution. Il existe une relation linéaire entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. La mesure de la conductivité est influencée par le pH de l'eau (Aissaoui, 2013).

Tableau 14: Le taux d'abattement de la conductivité électrique dans les trois STEP.

Les mois	Le pourcentage d'abattement de CE (%).		
	STEP de Sidi Merouane	STEP de Ferdjioa	STEP de Zeghaia
Janv-19	13.7	-	11.57
Févr-19	15.5	-	9.40
Mars-19	14.61	-	5.88
Avr-19	18.48	-	10.44
Mai-19	15.62	-	8.24
Juin-19	13.31	-	8.14
Juil-19	12.14	-	8.36
Août-19	10.75	-	9.52
Sept-19	15.50	-	9.56
Oct-19	14.84	-	5.08
Nov-19	15.32	-	18.23
Déc-19	11.21	-	9.21
Janv-20	13.22	-	5.24
Févr-20	15.12	-	1.35
Mars-20	13.33	24.29	6.37
Avr-20	11.41	7.16	7.12
Mai-20	13.74	5.42	14.54
Juin-20	3.81	11.25	3.76
Juil-20	14.42	-	2.73
Août-20	11.26	12.34	2.70
Sept-20	12.50	-	5.72
Oct-20	14.99	-	2.67
Nov-20	16.17	15.12	5.72
déc-20	14.75	10.33	8.52
Janv-21	14.80	6.69	6.73
Févr-21	17.15	-	19.86

D'après le tableau 14, les pourcentages d'abattement de la conductivité électrique, dans les trois stations d'épuration, sont inférieurs à 80%. Ceci signifie que le procédé de traitement n'arrive pas à éliminer les ions efficacement, dans les trois stations. Dans ce cas, la pollution est principalement minérale.

2. Les paramètres chimiques

2.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (**Rodier et al, 2009**).

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. Les différences des résultats obtenus entre les valeurs de la DBO et la DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (**Rodier et al, 2009**).

La détermination de la DCO se fait essentiellement selon la méthode par microdosage (Test en tube). (**Abdelkadre, 2014**).

Le tableau n°15: montre la variation de la DCO dans les eaux brutes et épurées dans les 4 STEP

Tableau 15: La moyenne mensuelle de la DCO enregistrée dans les eaux brutes et épurées des 4 STEP.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de sidi Merouane		STEP de Ferdjioua		STEP de Zeghaia	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Janv-19	451	22	600.5	45.4	801.90	74.88	348	49
Févr-19	582	18,1	365.6	57.1	503.41	62.28	290	39
Mars-19	556	45,5	532.9	58	483.25	59.10	275	52
Avr-19	561	41,7	495.9	28.6	421.62	50.71	386	46
Mai-19	210	30,6	520.8	26.1	375.34	68	360	41
Juin-19	678	23,5	673.3	34.8	443.96	46.41	349	40
Juil-19	766	46,8	678.4	22.4	574.87	59.99	373	43
Août-19	611	38	724.9	34	627.15	53.57	443	46
Sept-19	670	82	496.8	24.6	490.32	29.61	322	41
Oct-19	340	34,7	480	18	527.38	41.61	355	40
Nov-19	-	-	-	-	401.72	32.56	304	41
Déc-19	-	-	-	-	373.49	26.97	301	43
Janv-20	-	-	-	-	545 .95	32.14	1126	96
Févr-20	-	-	-	-	-	-	313	43
Mars-20	-	-	-	-	280.32	46.56	216	39
Avr-20	-	-	-	-	660	44.16	130	28
Mai-20	-	-	-	-	1087.50	72.02	125	35
Juin-20	-	-	-	-	1305.60	27.84	183	45
Juil-20	-	-	429	17.4	-	-	230	41.9
Août-20	558	20	670.3	15.2	2086.50	45.12	203	46
Sept-20	201	91	602.6	7.6	-	-	229	47
Oct-20	561	21	503.9	10.1	-	-	252	40
Nov-20	309	93	412.7	7	614	73	229	47
Déc-20	276	41	364.1	28.4	407.80	76.40	595	59.52
Janv-21	653	20	434.4	22.88	664	64	337.50	42.25
Févr-21	531	46	618.8	28.1	-	-	595	59.52

Ce tableau montre que la quantité de DCO des eaux épurée dans les quatre stations d'épuration sont inférieures aux normes algériennes de rejet des eaux traitées : 120 mg/l d'eau (décret exécutif n°- 06-141, JORADP, 2006), ainsi que celle de l'OMS : inférieure à 90 mg /l d'eau.

On remarque aussi, que les valeurs maximales de la DCO dans les eaux brutes a été enregistrées avant la pandémie dans les STEP d'Oued Athmania, Sidi Merouane et Zeghaia alors que la STEP de Ferdjioua a enregistré de valeur considérable (2086.50) au mois de Aout 2020.

Le calcul de taux d'abattement donne les résultats suivant (tableau 16) :

Tableau 16: Le taux d'abattement de DCO dans les 4 STEP

Les mois	Le pourcentage d'abattement de DCO (%)			
	STEP d'oued Athmania	STEP de sidi Merouane	STEP de Ferdjioua	STEP de Zeghaia
Janv-19	95,12	92.43	90.66	85.91
Févr-19	96,89	84.38	87.62	86.55
Mars-19	91,81	89.11	87.77	81.09
Avr-19	92,56	94.23	87.97	88.08
Mai-19	85,42	94.98	81.88	88.61
Juin-19	96,53	94.83	89.54	88.53
Juil-19	93,89	96.69	89.56	88.47
Août-19	93,78	95.30	91.45	89.61
Sept-19	87,76	95.04	93.96	87.26
Oct-19	89,79	96.35	92.11	88.73
Nov-19	-	-	91.89	86.51
Déc-19	-	-	92.71	85.71
Janv-20	-	-	94.11	91.47
Févr-20	-	-	-	86.26
Mars-20	-	-	83.39	81.94
Avr-20	-	-	93.30	78.46
Mai-20	-	-	93.37	72
Juin-20	-	-	97.86	75.40
Juil-20	-	95.94	-	81.78
Août-20	96,41	97.73	97.83	77.33
Sept-20	54,72	98.73	-	79.47
Oct-20	96,25	97.99	-	84.12
Nov-20	69,90	98.30	88.11	79.47
déc-20	85.14	92.19	81.26	89.99
Janv-21	96.93	94.73	90.36	87.48
Févr-21	91.33	95.45	-	89.99

D'après les résultats obtenus dans le tableau 16 nous constatons que les taux d'abattement de DCO sont variables. Ils varient entre 96,89 % et 69,90 % dans la STEP d'oued Athmania , entre 98.73 % et 84.38% dans la STEP de sidi Merouane. Dans la STEP de Ferdjioua le taux varie entre 97.86 % et 81.88 %, entre 91.47% et 72 % dans la STEP de Zeghaia.

En plus, les valeurs maximales du taux d'abattement à été enregistrées pendant la pandémie COVID-19 dans tous les STEP à l'exception de la STEP de Zeghaia qui a conu le maximum au mois de Jan-2020.

Le taux d'abattement dans les quatre stations d'épuration sont conformes aux normes de rejet des eaux traitées : 75 % (Directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux résiduaires urbaines et AGRBC du 23mars 1994 relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines (et son modificatif du 8 Octobre 1998), elle donne une idée sur l'efficacité du traitement). À l'exception de la STEP d »Oued Athmania qui à enregistrées des valeurs inférieures pendant la pandémie au mois de septembre et novembre 2020.

2.2. La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5)

La demande biochimique en oxygène après 5 jours d'un échantillon est la qualité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganique à température 20°C. Cette mesure se fait par détermination de la concentration en oxygène dissous avant et après incubation. , dans une eau de dilution saturée en oxygène, d'un volume d'échantillon tel que la consommation en oxygène au bout de 5 jours soit de l'ordre de 50% de la teneur initiale. Les résultats sont exprimés en mg/l d'O₂ (**Abdelkadre, 2014**).

Le tableau ci-dessous montre les résultats de la DBO₅ dans les 4 STEP.

Tableau 17: La moyenne mensuelle de la DBO₅ enregistrée dans les eaux brutes et épurées des 4 STEP pendant la période (Jan-2019 / Févr-2021).

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de sidi Merouane		STEP de Ferdjioua		STEP de Zeghaia	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Janv-19	240	15	247.3	9.3	285	8	101	5
Févr-19	310	13	169.9	2.4	155	2.75	190	4
Mars-19	320	14	254.2	3.5	167.14	3	175	5
Avr-19	190	13	221.8	2.9	145.71	3.86	271	6
Mai-19	140	12	250	3.2	134.29	6.14	220	6
Juin-19	320	14	281.1	3.8	237.50	10.63	215	6
Juil-19	280	12	282.1	3.4	218.75	7.75	215	9
Août-19	220	13	261.4	5.3	228.33	4.50	149	7
Sept-19	260	16	251.9	4	214	5	120	5
Oct-19	250	15	185.5	4	272	5	175	5
Nov-19	190	12	117.5	1.8	256	3	109	6
Déc-19	100	12	136	1.8	205	3	132	5
Janv-20	300	12	166.7	2.7	310	2.75	459	13
Févr-20	250	13	206	2.6	-	-	113	6
Mars-20	-	-	139.1	1.3	150	10	96	4
Avr-20	271	19	115.5	1.5	310	11	64	1
Mai-20	276	17	283.6	1.1	470	15.50	112	3
Juin-20	280	14	142.3	1.8	640	16	106	5
Juil-20	190	18	212.3	2.9	-	-	126	5.5
Août-20	250	13	290.8	1.8	610	18	123	4
Sept-20	150	33	240.8	2	-	-	96	4
Oct-20	260	30	220.8	1.6	-	-	93	5
Nov-20	210	32	214.2	1.5	390	12	96	4
déc-20	210	32	163.3	3.8	250	14	243	4
Janv-21	420	14	182.7	1.7	326	11	152	3
Févr-21	350	24	240.8	2.3	-	-	243	2

On note sur ce tableau qu'il y a une différence de quantité de DBO₅ des eaux brutes et eaux épurées au cours de 2019,2020 et début de 2021, entre les stations d'épuration.

Dans les STEP (d'oued Athmania, zeghaia) la quantité de DBO₅ pour l'eau brute est varié approximativement au cours des années (2019,2020 et début 2021), et pour STEP de sidi Merouane la quantité de DBO₅ a été similaire au cours des années (2019 ,2020 et début de 2021). La variation des teneurs de la DBO₅, peut être expliquée par la nature et l'origine de l'eau usée collectée et acheminée vers la station d'épuration, afin qu'elle soit traitée.

Résultats et Discussion

Dans STEP de Ferdjioua la quantité de DBO5 en 2019 est entre (285 mg/l et 205mg/l), mais en 2020 la quantité mesurée de DBO5 varie de manière aléatoire parfois en augmentant rapidement et parfois en n'étant pas mesurée, entre la période (Février 2020 et Février 2021). La valeur élevée de la DBO5 au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible.

D'après le tableau n°17, les valeurs maximales de la DBO₅ dans les EB ont été enregistrées pendant la pandémie COVID-19 dans tous les STEP à l'exception de la STEP de Zeghaia qui a comme le maximum au mois de Jan-2020.

Dans les eaux épurées, les valeurs maximales de la DBO₅ ont été enregistrés pendant la pandémie dans les STEP d'oued Athmania et de Ferdjioua et avant la pandémie dans la STEP de Sidi Merouane (Jan-2019) et de Zeghaia (Jan-2020).

Le calcul du taux d'abattement a donné les résultats suivant : (**Tableau18**).

Tableau 18: Taux d'abattement de la DBO₅ dans les 4 STEP pendant la période (Jan-2019/Fév-2021).

Les mois	Le pourcentage d'abattement de DBO ₅ (%)			
	STEP d'oued Athmania	STEP de sidi Merouane	STEP de Ferdjioua	STEP de Zeghaia
Janv-19	93,75	96,23	97,19	95,04
Févr-19	95,80	98,58	98,22	97,89
Mars-19	95,62	98,62	98,20	97,14
Avr-19	93,15	98,69	97,35	97,78
Mai-19	91,42	98,72	95,42	97,27
Juin-19	95,62	98,64	95,52	97,20
Juil-19	95,71	98,79	96,45	95,81
Août-19	94,09	97,97	98,02	95,30
Sept-19	93,84	98,41	97,66	95,83
Oct-19	94	97,84	98,16	97,14
Nov-19	93,68	98,88	98,82	94,49
Déc-19	88	98,67	98,53	96,21
Janv-20	96	98,38	99,11	97,16
Févr-20	94,8	98,73	-	94,69
Mars-20	-	99,06	93,33	95,83
Avr-20	92,98	98,70	96,45	98,43
Mai-20	93,84	99,61	96,70	97,32
Juin-20	95	98,73	97,5	95,28
Juil-20	90,52	98,63	-	95,63
Août-20	94,8	99,38	97,04	96,74
Sept-20	78	99,16	-	95,83
Oct-20	88,46	99,27	-	94,62
Nov-20	84,76	99,29	96,92	95,83
déc-20	84,76	97,67	94,4	98,35
Janv-21	96,66	99,06	95,70	98,02
Févr-21	93,14	99,04	-	99,17

Les valeurs maximales du taux d'abattement (tableau 18) a été enregistrées avant la pandémie dans les STEP d'oued Athmania et de Ferdjioua alors que c'est l'inverse pour les STEP de Sidi Merouane et de Zeghaia. De même les valeurs minimales ont été enregistrés pendant la pandémie pour les STEP d'Oued Athmania et Ferdjioua alors que c'est l'inverse pour les STEP de Sidi Merouane et de Zeghaia.

La variation des pourcentages de taux d'abattement de la DBO5, peut être expliquée par la nature et l'origine de l'eau usée collectée et acheminée vers la station d'épuration, afin qu'elle soit traitée.

Ces résultats montrent le bon fonctionnement des 4 STEP parce que sont a l'ordre de norme de rejet (70-90) d'après (Directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux résiduaires urbaines et AGRBC du 23mars 1994 relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines (et son modificatif du 8 Octobre 1998), qui donne une idée sur l'efficacité du traitement) .

2.3. Le Nitrite (NO₂-)

C'est une substance chimique naturelle qui rentre dans le cycle de l'azote. C'est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux dans milieu aquatique par certains microorganismes.

Le dosage de nitrite se fait par la méthode de la spectrométrie d'absorption moléculaire, c'est la méthode de Shin normalisée ISO 6777 ou NF EN 26777. Les résultats sont exprimés en mg/l (**Metahri, 2012**).

Le tableau suivant montre les moyennes mensuelles de la teneur en nitrite, dans les eaux brutes et épurées, au niveau des STEP de Oued Athmania, Sidi Merouane et Ferdjioua et ceci pendant la période d'étude.

Tableau 19: La variation mensuelle de la teneur NO_2^- dans les eaux brutes et épurées dans les trois STEP.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de Sidi Merouane		STEP de Ferdjioua	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Janv-19	2.1	1	5.76	1.62	-	-
Févr-19	2.4	0.03	5.5	0.54	-	-
Mars-19	1.08	0.19	3.9	0.31	-	-
Avr-19	-	-	1.5	0.2	-	-
Mai-19	-	-	-	-	-	-
Juin-19	1	0.33	-	-	-	-
Juil-19	-	-	-	-	-	-
Août-19	-	-	-	-	-	-
Sept-19	-	-	-	-	-	-
Oct-19	-	-	-	-	-	-
Nov-19	-	-	-	-	-	-
Déc-19	-	-	-	-	-	-
Janv-20	3.5	1.5	-	-	-	-
Févr-20	-	-	-	-	-	-
Mars-20	-	-	-	-	0.51	0.36
Avr-20	-	-	-	-	0.01	0.01
Mai-20	-	-	-	-	0.020	0.015
Juin-20	-	-	-	-	0.1	0.01
Juil-20	0.4	0.03	2.11	0.03	-	-
Août-20	4.8	1.2	5.2	0.05	0.02	0.01
Sept-20	0.58	0.03	8.50	0.11	-	-
Oct-20	2.5	0.5	4.8	0.15	-	-
Nov-20	2.1	0.49	1.22	0.03	0.18	0.12
Déc-20	0.82	0.74	3.84	0.07	0.92	0.15
Janv-21	1.02	0.58	1.56	0.10	0.34	0.18
Févr-21	4.8	0.28	2.48	0.14	-	-

D'après le tableau 19, nous constatons que, dans les eaux brutes, les concentrations de nitrite varient entre 0,01 mg/l et 8,5 mg/l. Les teneurs maximales ont été enregistrées durant la pandémie COVID 19 au niveau des trois STEP.

Dans les eaux épurées, les teneurs en nitrite sont très faibles au niveau des trois stations (inférieures à 1 mg/l). Par conséquent, elles sont conformes aux normes de rejet de l'OMS (2002) à l'exception du mois de janvier et aout 2020, dans la STEP de Oued Athmania, et au mois de janvier 2019, dans la STEP de Sidi Merouane.

En fait, les nitrites (NO_2^-) sont présents généralement en quantité infime. Par contre il est fréquent de retrouver des nitrates (NO_3^-) et leur augmentation est due aux rejets agricoles (engrais), domestiques et industriels.

Il faut savoir que les normes de rejets des nitrates et nitrites sont rares. De ce fait, la majeure partie des stations d'épurations ne sont pas dotés d'une étape de dénitrification permettant d'éliminer les nitrates en azote gazeux N_2 (Metahri, 2012).

Tableau 20 Le taux d'abattement de la teneur en NO_2^- dans les trois STEP.

Les mois	Le pourcentage d'abattement de NO_2^- (%)		
	STEP d'oued Athmania	STEP de Sidi Merouane	STEP de Ferdjioua
Janv-19	52.38	71.87	-
Févr-19	98.75	90.18	-
Mars-19	82.40	92.05	-
Avr-19	-	86.66	-
Mai-19	-	-	-
Juin-19	67	-	-
Juil-19	-	-	-
Août-19	-	-	-
Sept-19	-	-	-
Oct-19	-	-	-
Nov-19	-	-	-
Déc-19	-	-	-
Janv-20	87.71	-	-
Févr-20	-	-	-
Mars-20	-	-	29.41
Avr-20	-	-	-
Mai-20	-	-	25
Juin-20	-	-	90
Juil-20	92.5	98.57	-
Août-20	75	99.03	50
Sept-20	94.82	98.69	-
Oct-20	80	96.87	-
Nov-20	76.66	97.54	33.33
Déc-20	9.75	98.17	83.69
Janv-21	43.13	93.58	47.05
Févr-21	94.16	94.35	-

D'après le tableau 20, les résultats obtenus lors des analyses montre que le taux d'abattement de nitrite est limité entre 9,75% et 99,03%. En plus, les valeurs maximales ont été enregistrées durant la pandémie COVID 19, au niveau des STEP de Sidi Merouane et Ferdjioua, alors que c'est l'inverse pour la STEP d'Oued Athmania. Nous pouvons dire qu'il y a une oscillation entre un bon et un mal traitement des nitrites.

2.4. Le Nitrate (NO₃⁻)

Le nitrate est un produit naturel qui apparaît au cours du cycle de l'azote et qui concerne tous les organismes végétaux et animaux. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Ce paramètre est analysé par méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique selon la norme ISO 7890 (1988). Son dosage est difficile, du fait que les méthodes requises sont relativement complexes. Les résultats sont exprimés en mg/l (Metahri, 2012).

Le tableau suivant montre les moyennes mensuelles de la teneur en nitrate, dans les eaux usées et épurées, au niveau des quatre STEP durant la période d'étude.

Tableau 21: La variation mensuelle de la teneur en NO₃⁻ dans les eaux brutes et épurées au niveau des quatre STEP.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de Sidi Merouane		STEP de Ferdjioua		STEP de Zeghaia	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Janv-19	1.2	0.04	3.86	1.49	-	-	2	1
Févr-19	3.6	1	2.88	1.1	-	-	5.50	0.44
Mars-19	1.5	1	2.89	1.27	-	-	-	-
Avr-19	1.4	1	1.8	1	-	-	-	-
Mai-19	1.1	1	2.4	1.4	-	-	-	-
Juin-19	-	-	3.38	1.3	-	-	-	-
Juil-19	1.1	1	2.6	1.2	-	-	-	-
Août-19	-	-	2	1.4	-	-	-	-
Sept-19	-	-	2.8	1	-	-	-	-
Oct-19	2.3	1	2.73	1.23	-	-	-	-
Nov-19	18.2	3.5	5.1	2.6	-	-	-	-
Déc-19	22.1	3	4.39	1.23	-	-	-	-
Janv-20	-	-	4.5	2.3	-	-	-	-
Févr-20	4,4	1,4	10.4	5.8	-	-	-	-
Mars-20	-	-	20.8	5	3.87	3.05	-	-
Avr-20	-	-	-	-	2.03	0.07	-	-
Mai-20	-	-	-	-	6.49	0.043	-	-
Juin-20	-	-	-	-	0.28	0.82	-	-
Juil-20	3,6	1	3.15	2.20	-	-	-	-
Août-20	1.1	1	3.50	3	3.75	0.12	-	-
Sept-20	1,2	1	2	1	-	-	-	-
Oct-20	1.1	1	1	0.50	-	-	2	1
Nov-20	3.8	1.4	1	0.40	3,42	1.93	1,1	1
déc-20	1.1	1	2.40	1	0,36	0.14	2,30	1.9
Janv-21	1.1	1	1.31	1	0.81	0.19	0.68	0.04
Févr-21	1,4	1	1.40	1	-	-	2,30	0.81

D'après le tableau 21, le suivi de la teneur en nitrate (NO_3^-), dans les quatre STEP pendant la période d'étude, montre que les valeurs mesurées dans les eaux brutes sont très variable d'une STEP et l'autre et d'un mois à l'autre. Les teneurs sont limitées entre 0,07 mg/l et 22,1 mg/l. En plus, les valeurs maximales ont été enregistrées durant la pandémie COVID-19, au niveau de la STEP de Ferdjioua.

Alors que c'est l'inverse pour les autres STEP. En fait, ces valeurs sont modérées, ce qui propose que l'azote est essentiellement d'origine humaine.

Dans les eaux épurées, les teneurs en nitrates sont inférieures à 10 mg/l, donc conformes aux normes de rejet de l'OMS.

Tableau 22: Le taux d'abattement de la teneur en NO_3^- dans les quatre STEP.

Les mois	Le pourcentage d'abattement de NO_3^- (%)			
	STEP d'oued Athmania	STEP de Sidi Merouane	STEP de Ferdjioua	STEP de Zeghaia
Janv-19	96,66	61,39	-	50
Févr-19	72,22	61,80	-	92
Mars-19	33,33	56,05	-	-
Avr-19	28,57	44,44	-	-
Mai-19	9,09	41,66	-	-
Juin-19	-	61,53	-	-
Juil-19	9,09	70	-	-
Août-19	-	53,84	-	-
Sept-19	-	64,28	-	-
Oct-19	56,52	54,94	-	-
Nov-19	80,76	49,01	-	-
Déc-19	94,11	71,98	-	-
Janv-20	-	48,88	-	-
Févr-20	68,18	82,06	-	-
Mars-20	-	75,96	21,18	-
Avr-20	-	-	96,55	-
Mai-20	-	-	99,33	-
Juin-20	-	-	65,85	-
Juil-20	72,22	30,15	-	-
Août-20	9,09	14,28	96,8	-
Sept-20	16,66	50	-	-
Oct-20	9,09	50	-	50
Nov-20	63,15	60	43,56	9,09
déc-20	9,09	58,33	60,83	17,39
Janv-21	9,09	23,66	76,54	64
Févr-21	28,57	28,57	-	64,78

D'après de tableau 22, le taux d'abattement de nitrate varie considérablement, dans toutes les STEP. Sa valeur est comprise entre 9,09 % et 99,33%. De même, la STEP de Oued Athmania a enregistré des valeurs faibles du pourcentage d'abattement avant et durant la pandémie.

En outre, les valeurs maximales de ce pourcentage ont été enregistrées avant la pandémie COVID 19 au niveau des STEP de Oued Athmania, Sidi Merouane et Zeghaia alors que c'est l'inverse pour la STEP de Ferdjioua.

Ces résultats montrent aussi que le taux d'abattement du nitrate est inférieur aux normes pendant plusieurs mois, ce qui indique l'inefficacité du traitement vis-à-vis ce paramètre.

2.5. Ammonium (NH₄⁺)

La détermination de la teneur en ammonium est une mesure de la quantité d'ammoniac, un polluant toxique pour la vie aquatique en provenance du lessivage des terres agricoles, souvent trouvé dans les déchets tels que les eaux usées d'origine municipale et industrielle. Le dosage d'ammonium par acidimétrie après distillation, selon la norme NF T90-015. Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube). Les résultats sont exprimés en mg/l (**Metahr, 2012**).

Le tableau ci-dessous montre les moyennes mensuelles de la teneur en ammonium, dans les eaux brutes et épurées, au niveau de la STEP de Ferdjioua et celle de Zeghaia pendant la période d'étude.

Tableau 23: La variation mensuelle de la teneur en NH_4^+ dans les eaux brutes et épurées au niveau des deux STEP.

Les mois	STEP de Ferdjiousa		STEP de Zeghaia	
	EB	EE	EB	EE
Janv-19	-	-	16	4.5
Févr-19	-	-	20	2.50
Mars-19	-	-	14	1
Avr-19	-	-	16	0.7
Mai-19	-	-	23	0.6
Juin-19	-	-	22	0.5
Juil-19	-	-	23	0.7
Août-19	-	-	24	0.6
Sept-19	-	-	-	-
Oct-19	-	-	-	-
Nov-19	-	-	-	-
Déc-19	-	-	-	-
Janv-20	-	-	-	-
Févr-20	-	-	-	-
Mars-20	21.18	0.90	-	-
Avr-20	27.64	0.36	-	-
Mai-20	75.66	2.34	-	-
Juin-20	60.12	2.88	-	-
Juil-20	-	-	-	-
Août-20	78.18	4.32	-	-
Sept-20	-	-	-	-
Oct-20	-	-	22	0.50
Nov-20	44.92	11.52	25	0.50
déc-20	46.76	0.30	34.30	2.48
Janv-21	45,06	11,30	20	0.60
Févr-21	-	-	34.30	2.48

D'après le tableau 23, l'évolution des teneurs en ammonium dans les eaux brutes, au niveau des deux stations montre que les teneurs de cation ammonium sont variables d'au moins à l'autre et entre les deux stations. Elles varient entre 14 mg/l et 78 mg/l. en plus, les concentrations maximales ont été enregistrées durant la pandémie COVID-19 au niveau des deux stations.

Tableau 24: Le taux d'abattement de la teneur en NH_4^+ dans les deux STEP.

Les mois	Le pourcentage d'abattement de NH_4^+ (%)	
	STEP de Ferdjioua	STEP de Zeghaia
Janv-19	-	71.87
Févr-19	-	87.5
Mars-19	-	92.85
Avr-19	-	95.62
Mai-19	-	97.39
Juin-19	-	97.92
Juil-19	-	96.95
Août-19	-	97.5
Sept-19	-	-
Oct-19	-	-
Nov-19	-	-
Déc-19	-	-
Janv-20	-	-
Févr-20	-	-
Mars-20	95.75	-
Avr-20	98.69	-
Mai-20	96.90	-
Juin-20	95.20	-
Juil-20	-	-
Août-20	94.47	-
Sept-20	-	-
Oct-20	-	97.72
Nov-20	74.35	98
déc-20	99.35	92.76
Janv-21	74.92	97
Févr-21	-	92.76

D'après le tableau 24, les résultats de la variation de la teneur en ion ammonium montrent que la plus part des valeurs sont élevées, ainsi que les valeurs maximales, ont été enregistrées au niveau de la STEP de Ferdjioua durant la pandémie COVID-19. En fait, l'augmentation de la concentration de ce paramètre est dû aux rejeter domestiques et à la décomposition de l'azote organique par les micro-organismes. En effet, les animaux (l'homme y compris) piègent dans leur corps l'ammonium qui se transformant en urée. Une fois rejetée, cette urée se décompose en NH_4^+ dans les réseaux d'égouts grâce à l'action de micro-organismes notamment. C'est l'apport principal de l'ammonium dans les eaux usées domestiques (environ 80%) (Metahri, 2012).

Le tableau 24, montrer que le taux d'abattement de la teneur en NH_4^+ dans les deux STEP est supérieur à 80% ; ceci signifie l'efficacité du traitement vis-à-vis l'ammonium dans les deux STEP.

2.6. Azote ammoniacal (NH_3^+)

Azote ammoniacal c'est l'un des composés chimique les plus synthétisés au monde .il joue un rôle majeur en agriculture et industrie .il se trouve principalement dans les eaux usés suit à la dégradation bactérienne des composés organique renfermant de l'azote .la détermination de l'azote ammoniacale dans l'eau par colorimétrie. (Metahri, 2012).

Le tableau suivant montre les moyennes mensuelles de la teneur en azote ammoniacal, dans les eaux brutes et épurées au niveau de la STEP de Oued Athmania et celle de Sidi Merouane, pendant la période d'étude.

Tableau 25: La variation mensuelle de la teneur en NH_3^+ dans les eaux brutes et épurées au niveau des STEP de Oued Athmania et Sidi Merouane.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de Sidi Merouane	
	EB	EE	EB	EE
Janv-19	44	6.08	52.3	6.04
Févr-19	41.2	0.44	37.2	2.03
Mars-19	34	5.96	39.4	2.40
Avr-19	27.7	6.8	38.1	1
Mai-19	38	9.08	37.5	1.9
Juin-19	93.6	7.12	48.7	4.8
Juil-19	-	-	45.4	1.1
Août-19	17	1	-	-
Sept-19	16	1.1	-	-
Oct-19	-	-	-	-
Nov-19	-	-	-	-
Déc-19	-	-	-	-
Janv-20	-	-	-	-
Févr-20	-	-	-	-
Mars-20	-	-	-	-
Avr-20	-	-	-	-
Mai-20	-	-	-	-
Juin-20	-	-	-	-
Juil-20	41.2	1.44	24.3	0.29
Août-20	41.6	6.62	60.2	0.32
Sept-20	9.4	3.67	38.3	0.05
Oct-20	43,8	7,48	46	0.20
Nov-20	87,8	8	35.8	0.51
déc-20	56,6	0,17	37.7	0.83
Janv-21	13.2	6.9	46.4	0.76
Févr-21	57,2	11,7	39.27	1.09

D'après le tableau 25, nous constatons que les teneurs en NH_3^+ dans les eaux brutes indiquent une variation importante d'un mois à l'autre et entre les deux STEP. Elles varient entre 9,4 mg/l et 93,6 mg/l. En plus, la valeur maximale a été enregistrée pendant la pandémie COVID 19, au niveau de la STEP de Sidi Merouane, alors que c'est l'inverse pour la STEP de Oued Athmania.

Sachant que les activités économiques, de la Wilaya de Mila, sont principalement agricoles, l'augmentation des teneurs en azote ammoniacal, dans les eaux d'entrées au niveau des deux stations peut être attribuée à l'utilisation des engrais azotés.

Dans les eaux épurées, la teneur maximale de NH_3^+ a été enregistrée pendant la pandémie COVID 19, au niveau de la STEP de Oued Athmania, alors que c'est l'inverse pour la STEP de Sidi Merouane.

Tableau 26: Le taux d'abattement de la teneur en NH_3^+ dans les deux STEP.

Les mois	Le pourcentage d'abattement de NH_3^+ (%)	
	STEP d'oued Athmania	STEP de Sidi Merouane
Janv-19	86,18	88,45
Févr-19	98,93	94,54
Mars-19	82,47	93,90
Avr-19	75,45	97,37
Mai-19	76,10	94,93
Juin-19	82,88	90,14
Juil-19	-	97,57
Août-19	94,11	-
Sept-19	93,12	-
Oct-19	-	-
Nov-19	-	-
Déc-19	-	-
Janv-20	-	-
Févr-20	-	-
Mars-20	-	-
Avr-20	-	-
Mai-20	-	-
Juin-20	-	-
Juil-20	96,50	98,80
Août-20	92,92	99,46
Sept-20	60,95	98,30
Oct-20	82,92	99,56
Nov-20	90,88	98,57
déc-20	99,6	97,79
Janv-21	47,72	98,36
Févr-21	79,54	97,22

D'après le tableau 26, le taux d'abattement de l'azote ammoniacal (NH_3^+) dans la STEP d'oued Athmania varie entre [47.72%-99.6%] et dans la STEP de Sidi Merouane varie entre [88.45%-99.56%]. Ces résultats suggèrent qu'il y a une bonne élimination de l'azote ammoniacal au niveau des deux stations.

2.7. Phosphore total (Pt)

Le phosphore peut exister dans les eaux résiduaires en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés sans hydrolyse (minéralisation) répondent au test spectrophotométrique, ils sont considérés comme étant des orthophosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable alors que le phosphore organique peut être séparé analytiquement en orthophosphates (Metahri, 2012).

Le tableau 27 montre les teneurs en phosphore dans les eaux brutes et épurées au niveau de la STEP de Ferdjioua et la STEP de Zeghaia.

Tableau 27: les variations mensuelle des eaux brute et eaux épurée de Azote totale de deux STEP pendant la période (janvier 2019_février 2021).

Les mois	STEP de Ferdjiaua		STEP de Zeghaia	
	EB	EE	EB	EE
Janv-19	0.65	0.49	8	2
Févr-19	0.51	0.5	7.75	4.56
Mars-19	0.64	0.59	-	-
Avr-19	0.63	0.58	-	-
Mai-19	0.73	0.66	-	-
Juin-19	0.55	0.54	-	-
Juil-19	0.69	0.58	-	-
Août-19	0.34	0.19	-	-
Sept-19	0.55	0.44	-	-
Oct-19	-	-	-	-
Nov-19	-	-	-	-
Déc-19	-	-	-	-
Janv-20	0.53	0.47	-	-
Févr-20	-	-	-	-
Mars-20	-	-	-	-
Avr-20	-	-	-	-
Mai-20	-	-	-	-
Juin-20	-	-	-	-
Juil-20	-	-	-	-
Août-20	-	-	-	-
Sept-20	-	-	-	-
Oct-20	-	-	8	2
Nov-20	-	-	8	3
déc-20	-	-	10	8
Janv-21	-	-	8	2
Févr-21	-	-	-	-

L'évolution des teneurs en phosphore totale de deux stations montre que les valeurs enregistrées dans les eaux brutes et épurées sont très rapprochées.

Le tableau 10 montre le taux d'abattement mesuré pour le phosphore total dans les STEP de Ferdjioua et Zeghaia pendant la période d'étude.

A partir des résultats des teneurs en phosphore total dans les eaux épurées au niveau des deux stations (**Tableau 27**), les valeurs obtenues sont inférieures aux normes algériennes (10mg/l).

La minéralisation qui se fait est indispensable à la détermination des phosphates à l'arrivée des eaux. Cela peut s'expliquer aussi par la localisation de la STEP par son positionnement important aux voisinages d'une importante zone urbaine, domestique et industrielle qui rejettent leurs eaux abondamment dans les STEP. A la sortie des deux STEP des deux communes, il ya une diminution des taux des phosphates. Cela revient au même traitement effectué pour le phosphore (déphosphatation) ou par minéralisation (**Bourenane et Zaouia, 2018**).

La présence du phosphore dans les eaux usées provient, pour l'essentiel, des rejets métaboliques (déjections humaines), détergents, eau de vaisselle, produits de lavage dits industriels utilisés dans les restaurants, laveries, industries agro-alimentaires ..., et rejets agricoles. Sa diminution, après épuration, se définit par l'assimilation du phosphore par la biomasse pour ses besoins métaboliques minimaux, d'autre part par la sur accumulation du phosphore par des bactéries déphosphatantes au-delà de leurs besoins métaboliques (déphosphatation). Le phosphore dissous peut être piégé sous forme particulière (**Deronzier et Choubert, 2004**).

Tableau 28: Les pourcentages d'abattement de Pt dans deux STEP.

Les mois	Les pourcentages d'abattement de Pt (%).	
	STEP Ferdjioua	STEP Zeghaia
Janv-19	24.61	75
Févr-19	1.96	41.16
Mars-19	7.93	-
Avr-19	7.93	-
Mai-19	9.58	-
Juin-19	1.81	-
Juil-19	15.94	-
Août-19	44.11	-
Sept-19	20	-
Oct-19	-	-
Nov-19	-	-
Déc-19	-	-
Janv-20	11.32	-
Févr-20	-	-
Mars-20	-	-
Avr-20	-	-
Mai-20	-	-
Juin-20	-	-
Juil-20	-	-
Août-20	-	-
Sept-20		-
Oct-20	-	75
Nov-20	-	62.5
déc-20	-	20
Janv-21	-	75
Févr-21	-	-

Les taux d'abattement de phosphore totale est entre [1.96%-75%], (**Tableau 28**) est inférieurs aux normes européennes d'après (directive 91/271/CEE relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et AGRBC du 23 mars 1994 relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et son modificatif du 8 octobre 1998, elle donne une idée sur l'efficacité du traitement), ceci signifie que le traitement est inefficace pour l'élimination du phosphore dans les deux stations.

1.4. Azote total (Nt)

L'azote totale représente l'ensemble des formes réduites de l'azote contenues dans les eaux, c'est-à-dire la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Son origine est essentiellement anthropique. La méthode de détermination implique de minéraliser la matière organique en convertissant les composés organiques de l'azote (acides aminés, polypeptides, protéines) présents dans l'échantillon en sels d'ammonium (Metahri, 2012).

Le tableau 29 montre les teneurs en azote totale dans trois STEP pendant la période d'étude.

Tableau 29: La moyenne mensuelle de la Nt enregistrée dans les eaux brutes et épurées dans trois STEP.

Les mois	STEP d'oued Athmania		STEP de Sidi Merouane		STEP de Ferdjioua	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Janv-19	-	-	73.4	17.64	-	-
Févr-19	-	-	53.9	9.5	-	-
Mars-19	-	-	54.2	11.8	-	-
Avr-19	39.3	14.3	47.1	16.1	-	-
Mai-19	114.6	23.2	66.8	10.9	-	-
Juin-19	89	23.2	70.8	15.4	-	-
Juil-19	81	15.5	71	16	-	-
Août-19	62	13.6	94.3	20.6	-	-
Sept-19	-	-	76	17.3	-	-
Oct-19	89	16.2	69.9	16.5	-	-
Nov-19	43	15	78.9	20.2	-	-
Déc-19	59	23.9	88.4	12.8	-	-
Janv-20	44	15.5	98.3	10.7	-	-
Févr-20	-	-	94.5	16.4	-	-
Mars-20	-	-	-	-	65.68	7.01
Avr-20	-	-	-	-	53.36	13.7
Mai-20	-	-	-	-	123	27.73
Juin-20	-	-	-	-	65.9	8.32
Juil-20	-	-	67.5	4.5	-	-
Août-20	-	-	79	10.8	96.94	19.18
Sept-20	48	16.7	46.8	4.7	-	-
Oct-20	65	12.1	53.5	2.05	-	-
Nov-20	92	35	50.6	4.88	73	20.9
déc-20	51	6.1	38.3	10.75	70.9	20
Janv-21	73	15.6	58	10.5	122	25.5
Févr-21	63.4	13.8	62	10.83	-	-

A partir de (Tableau 29), l'Azote totale présente des variations d'une année à l'autre et d'une station à l'autre.

Les valeurs maximales dans les eaux brutes et épurées, ont été enregistrés avant la pandémie au niveau de STEP d'oued Athmania et Sidi Merouane alors que c'est l'inverse pour la STEP de Ferdjioua.

Les résultats des analyses des teneurs en azote total dans les eaux épurées sont inférieures aux normes de rejets des effluents liquide selon le JORAD (30mg/l).Ce paramètre est présent dans les eaux usées domestique contiennent de l'azote organique et azote ammoniacale (provient des rejets directs des être vivants urines par exemple), c'est aussi généralement présente dans les eaux industrielles, bien que l'on observe une augmentation des valeurs azotées d'entrée d'une station à une autre (**Metahri, 2012**).

Lorsqu'une concentration élevée en azote totale est décelée, cela indique une pollution d'origine humaine (**Metahri, 2012**).

L'azote doit être éliminé car il réduit considérablement la concentration en oxygène d'un milieu, c'est pourquoi les normes de rejet sont très souvent strictes concernant ce paramètre et encore plus lorsque le milieu récepteur est considéré comme zone sensible. La diminution des teneurs de l'azote totale pour les trois STEP est très importante car elle donne une idée sur l'efficacité du traitement.

Tableau 30: Les pourcentages d'abattement de Nt dans trois STEP.

Les mois	Les pourcentages d'abattement de Nt (%).		
	STEP d'oued Athmania	STEP sidi Merouane	STEP Ferdjioua
Jan-19	-	75.96	-
Fév-19	-	82.37	-
Mar-19	-	78.22	-
Avr-19	63.61	65.81	-
Mai-19	79.75	83.68	-
Juin-19	73.93	78.24	-
Juil-19	80.86	77.46	-
Aout-19	78.06	78.15	-
Sep-19	-	77.23	-
Oct-19	81.79	76.39	-
Nov-19	65.11	74.65	-
Déc-19	59.49	85.52	-
Jan-20	64.77	89.11	-
Fév-20	-	82.64	-
Mar-20	-	-	89.32
Avr-20	-	-	74.32
Mai-20	-	-	77.45
Juin-20	-	-	87.37
Juill-20	-	93.33	-
Aout-20	-	86.32	80.21
Sep-20	65.20	89.95	-
Oct-20	81.38	96.16	-
Nov-20	61.95	90.35	71.36
Déc-20	88.03	71.93	71.79
Jan-21	78.63	81.89	79.09
Fév-21	78.23	82.43	-

Tableau 30 montre que : le taux d'abattement de la STEP d'oued Athmania est limité entre [63.61%-88.03%], dans la STEP Sidi Merouane entre [65.81%-96.16%]et dans la STEP de Ferdjioua entre [71.36%-89.32%] .Ces résultats sont approches des normes européennes concernant l'azote totale (70%-80%) d'après(directive 91/271/CEE relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et AGRBC du 23 mars 1994 relatif au traitement des eaux résiduaires urbaines et son modificatif du 8 octobre 1998 ,elle donne une idée sur l'efficacité du traitement) .Ces taux montrent le bon fonctionnement de la STEP Ferdjioua que les deux autres stations d'épuration.



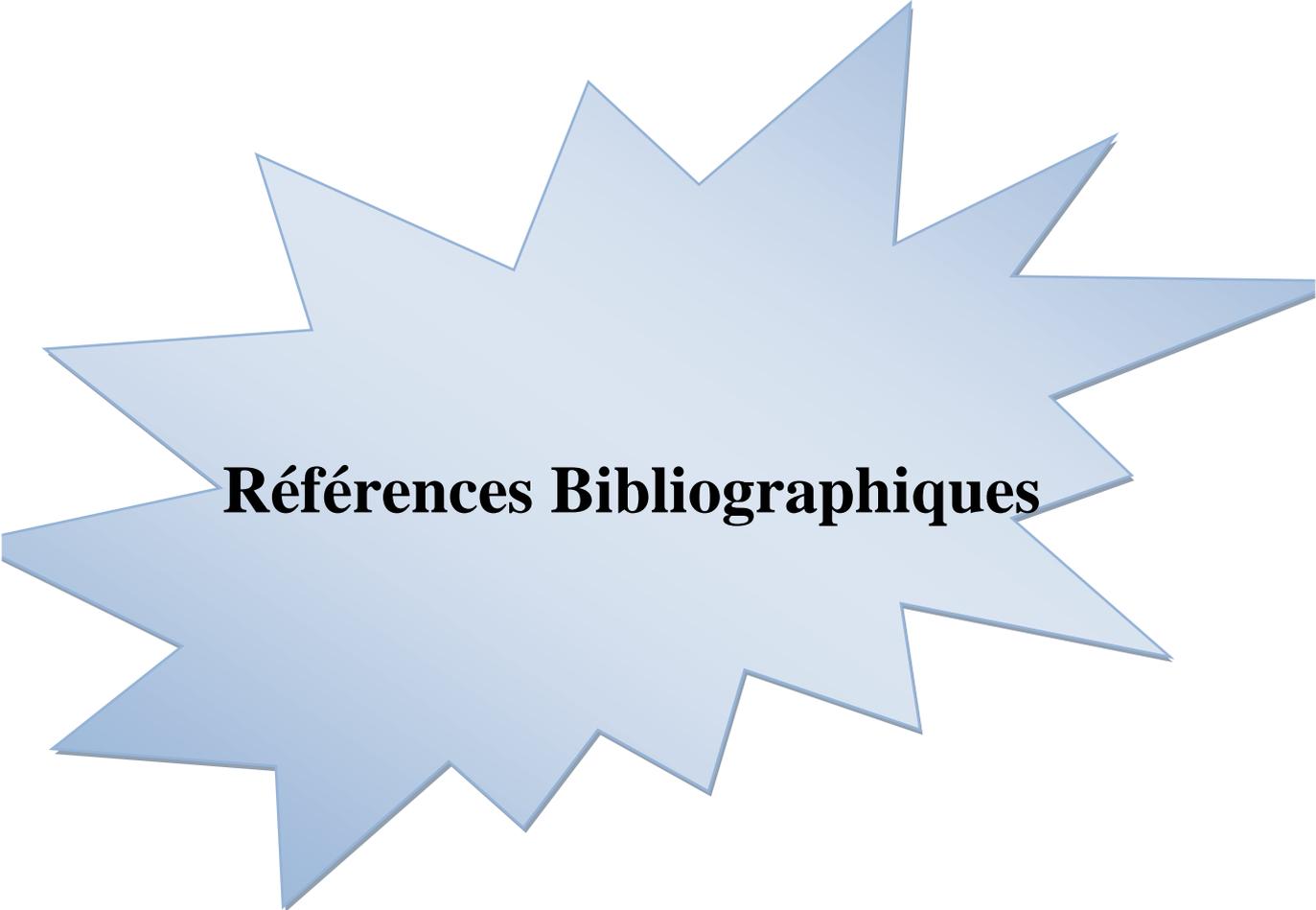
Conclusion

Conclusion

Cette étude a porté sur l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux de l'entrée et de la sortie de quatre stations d'épuration des eaux usées, dans la wilaya de Mila, avant et durant la pandémie COVID-19. Il s'agit des STEP d'Oued Athmania, de Zeghaia, de Ferdjioua et de Sidi Merouane).

Les résultats obtenus ainsi que le calcul du pourcentage d'abattement, qui permettent d'estimer l'efficacité de traitement des stations d'épuration, permettent de dire qu'il n'y a pas une variation considérable dans la majorité des valeurs enregistrées, avant et pendant la pandémie. En plus, malgré les mesures préventives, prises par l'ONA, pour limiter la propagation du coronavirus dans la Wilaya de Mila, il n'existe pas de perturbations importantes dans le taux d'abattement à l'exception de l'élimination des nitrates au niveau de la STEP de Oued Athmania.

A la lumière de cette conclusion, les performances épuratrices des STEP étudiées n'ont pas été modifiées par la pandémie COVID-19.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abdelkadre N., 2014. Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Ecologie saharienne et environnement, Université Kasdi Merbah – Ouargla.169p.

Algérie presse service (APS),2020. Covid-19: l'Algérie adopte une stratégie anticipative efficace.

Algérie presse service APS,2020 .Lutte contre le Covid-19: la stratégie "gagnante" de l'Algérie saluée

Algérie presse service (APS) ,2021 .covid 19 vaccins : les citoyens appelés à se présente au niveau des structures de santé.

Amir S., 2005.Contribution a la valorisation des boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse doctorat ,l'institut national polytechnique de toulouse, 341page.

Andersson B. Aspegren H. Parker D. et Lutz M., 1994. Highrate nitrifying trickling filters .water science and technology 29, 47-50p

Andoniaina T., 2013.Etude et traitement des boues d'une station d'épuration. Licence d'ingénierie en science et technique de l'eau, université d'Antananarivo,62p.

B

Bakhti CH.,2016. Conception et dimensionnement d'un réseau d'assainissement d'ouled sidi Brahim, et la gestion à l'aide d'un SIG, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 122p.

Bakiri Z., 2007. Traitement des eaux usées par des procédés biologique classique : expérimentation et modélisation. Mémoire de magister, université ferhatabbas –sétif .19,20p

BaltyI.,Caron V., Charvolin M., CluzeauJ.,David C., Delepaut H., Duquene P., Facon B., Lecoernet E., Rapp R., Schlosser O., Simon P., Werlé R., 2013. Station d'épuration des eaux usées, prévention des accident du travail et des maladies professionnelles ,1erEdition par l'INRS.34p .

Références Bibliographiques

Bassompierre C., 2007. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble.41 p ,179p

Baumont S. Camard J-P. Lefranc A. et Franconi A., 2004. Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité ile-de-France.rapport ORS,15p,220p.

Bechac J. et Boutill P., 1997. Traitement des eaux usées. Edition, Eyrolles, 2ème édition, 281p.

Belgiorno V. Rizzo L. Fatta D. Fatta D. Dellarocca C. Lofranoa G. Nikolaou A. Naddea V. et Meric S., 2007. Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater : occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination 166-176 p.

Berland J. Boutin C. Molle P. et Cooper P., 2001. Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 éq/ hab.) : mise en œuvre de la directive du conseil européen n 91-271 du mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires .Luxembourg :office international de l'eau .41p .

Berne F. et Cordonier J., 1991.Traitement des eaux .Edition Technip,306p.

BertrandJ. et GéliH., 2015. Histoire extraordinaire d'une transformation, Éditeur L'ONA du Burkina Faso. 250 p

Bidikh k. et Boumarafi Z.,2013.Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la région de fisdis, djerma et el madher (nord-est de Batna), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi,124p.

Boeglin J.C., 1998.Traitement biologique des eaux résiduaires. Techniques de l'ingénieur, 3042.

Bongiovanui J., 1998.Traitement des boues résiduaires par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique. Thèse de doctorat, Université de Pau et des pays de l'Adour.

Boukerroucha A., 2011. Modélisation des stations d'épuration a boues activées cas de la station de Baraki (Alger).Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure d' agronomie El Harrach-Alger.23p,25p.

Références Bibliographiques

Bourenane I. et Zaouia I., 2018. Etude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) d'Ain-Beida à boues activée et son impact sur l'environnement, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences biologiques, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, 100p.

Bouziani M., 2002. L'eau dans tout ces états : source de vie, ressources épuisables, maladies hydriques, pollution chimique. Edition Dar El Gharb. 225p.

C

Canler J. et Perret M., 2013. La réduction de boues par voie biologique par le procédé MycET, Article scientifique en unité de recherche milieux aquatique écologie et pollutions, Centre de Lyon, 51 page.

Chelghoum R., 2018. Diagnostic du Réseau d'Assainissement de la Commune d'EL Fedjoudj, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, l'Université 08 Mai 1945, Guelma, 112p.

Constance M., 2020. Mesures de prévention contre le coronavirus : quels sont les gestes barrières efficaces. Université de Liège (Belgique).

Corcoran E., Nellemann C., Baker E., Bos R., Osborn D. et Savelli H., 2010. Le rôle central de gestion des eaux usées dans le développement durable programme des nations unies pour l'environnement. Premier Université, Chittagong, Bangladesh.

D

Daloz A., 2007. L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes, école nationale supérieure d'architecteur de Lyon, 26 p.

Degrement R., 2005. Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition Lavoisier, Paris. 1904 p

Degremont R., 1978. Mémento technique de l'eau. 8^{ème} édition technique et documentation Lavoisier, 1200 p.

Deronzier G. et Choubert J-M., 2004. Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : Comparaisons technique et économique des voies de traitement biologique et physicochimique, Cémagref, Lyon. document technique FNDAE n°29, 49p.

Desjardins R., 1997. Le traitement des eaux, 2^{ème} édition polytechnique de Montréal, 304p.

Références Bibliographiques

Desjardins R., 1997. Traitement des eaux usées. Editeur presses internationale polytechniques .293p.

Diemer A., 2020. Modéliser le COVID 19 Défis et perspectives. Éditeur Université Clermont-Auvergne, France CERDI, Centre d'Excellence Jean Monnet du Développement Durable (ERASME).72p.

Duronzier G. et Choubert M., 2004. Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées .Editeur, CEMAGREF Antony, 24p.

E

Edeline F., 1992. L'épuration physico-chimique des eaux, édition TEC et DOC, paris ,184 p.

F

Faby J. et Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation .office international de l'eau .76p.

I

Ifremer A., 2007. La surveillance des rejets urbains en méditerranées guide méthodologique. Edition, Ministère de l'écologie et du Développement Durable. 358p.

J

Journal des femmes santé (J FS), 2020. C'est quoi un coronavirus : origine, nom, mutation, symptômes.

Journal des femmes santé (J FS), 2020. Maladie covid-19 : définition, durée, évolution, incubation.

G

Gaid A., 1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines tome I. édition OPU,Alger.

Gaid A., 1993. Traitement des eaux usées urbaines .édition technique de l'ingénieur, traité environnement, France , volume C 5220,1-28.

Références Bibliographiques

Ghedeir H. et Herma H., 2017.Modélisation d'un système d'assainissement par le modèle "swmm" (étude d'un cas de la région de Ouargla), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 66p.

Gregorio C. Pierre M. Crini N. et Torr G., 2007.Traitement et épuration des eaux industrielles polluées Edition presses universitaires de franche-comté, 35p.

Grosclaude G., 1999. L'eau : Tome1.milieu naturel et maitrise. Éditeur INRA.204p.

Guerraiche Z., 2017. Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du Grand Constantinois, thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, 181p.

H

Hadj-Sadok., 1999.Modélisation et estimation dans les bioréacteurs, prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau .Thèse de doctorat, université de Nice-Sophia Antipolis, France.

K

Koller E., 2004. Traitement des boues issues de l'épuration, traitement des pollutions industrielles.Technique et ingénierie,édition Dunod,Paris .115p.

L

L'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture(FAO), 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées : manuel d'utilisation .FAO irrigation and drainage paper ,65p.

Lakhadri B. et Faleh Ch. et Boulefred S., 2013 .Evaluation d'un procédé de coagulation floculation au sulfate d'aluminium pour l'enlèvement des colloïdes et les MES dans les eaux usées domestique de la STEP de Tlemcen, procédant du séminaire international sur l'hydrogéologie et l'environnement SIHE, Ouargla.

Léonard A., 2002.Etude du séchage convectif de boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayons X, Thèse de doctorat en science appliquées, 273 page.

Lezzar B. et Menfouche K., 2019. Etude du suivi de la performance du fonctionnement de la station d'épuration de Sidi Merouan (Mila) , Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila,84p.

Références Bibliographiques

M

Madaoui A. et Mouloudj A., 2015. Etude de schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la zone Sidi-Ali Lebher, Wilaya de Béjaïa, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Abderrahmane Mira Bejaïa, 110p.

Mathieu C. et Pieltain F., 2003. Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Éditeur Tec et Doc - Lavoisier, 388p.

Memento A., 1989. Technique de l'eau, tome II, 9^{ème} édition Cinquanteenaire.

Metahri M., 2012. Elimination 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, université Mouloud Mammeri, Tiziouzu, 172p.

Mouchet P., 2000. Traitement des eaux avant utilisation, matières particulaires. Édition technique de l'ingénieur, traité environnement, volume G1173, 1-19p.

N

Noureddine N., 2017. Contribution à la réduction du Cr (VI) par voie biologique. Effet de l'azote et du carbone. Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf d'Oran. 19, 20, 23, 109p.

R

Rejsek F., 2002. Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, France. 165-239 p.

Rodier J., Bazin C., Bourtin J., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2009. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Édition, Dunod Bordas, Paris, 9^{ème} édition, 1526p.

Rodier J., 2005. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Édition. Dunod Bordas, Paris, 8^{ème} édition, 1383p.

Références Bibliographiques

T

Touafek A. ,2015.Etudes expérimentale de l'épuration des effluents par procédés a culture fixée, Projet de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Magister en Hydraulique, Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf .Oran.111p.

O

Organisation des Nations Unies (ONU),2021.Covid-19, eaux usées et assainissement, programme pour l'environnement.

Organisation mondial de la santé (OMS),1979.Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe,Copenhague.

Organisation mondiale de santé (OMS),2020. Définition de l'OMS des cas de COVID-19 actualisée dans « La surveillance de la santé publique dans le contexte de la COVID-19 ».

Organisation mondiale de santé (OMS),2020. Transmission du SARS-CoV-2 – Implications pour les précautions visant à prévenir l'infection.

Organisation national d'assainissement (ONA) ,2021. Document technique

Ourtelli S. et Brahimi S., 2013. Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G.B) Labelle après ensemencement ; Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Environnement et Sécurité Alimentaire ; Université Abderrahmane MIRA ; Bejaia, 72p.

P

Pearson H., 2005. Microbiology of waste stabilisation ponds.In : A.SAHILTON (ed):pp14_48.Pond treatment technology. London :IWAPublishing.

Programme des nations unies pour le développement (PNUD), 2021.La Stratégie Algérienne de lutte contre la pandémie de la Covid-19 : Enseignements et perspectives.

Pronost J. Pronost R. Deplat L. Malrieu J. et Berlan J., 2002. Stations d'épuration :dispositionsconstructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur

Références Bibliographiques

exploitation. Ministère de L'agriculture, de la pêche et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France.

S

Satin M. et Selmi B., 1999.Guid technique de l'assainissement .2ème édition le moniteur, paris .680p.

Satin M. Bourrier R. et Salmi B.,2010. Guide technique de l'assainissement 4 ème édition le moniteur référence technique, 775 p.

Satin M. et Selmi B., 2006.Guide technique de l'assainissement 3ème édition le moniteur, référence technique, Paris ,726p.

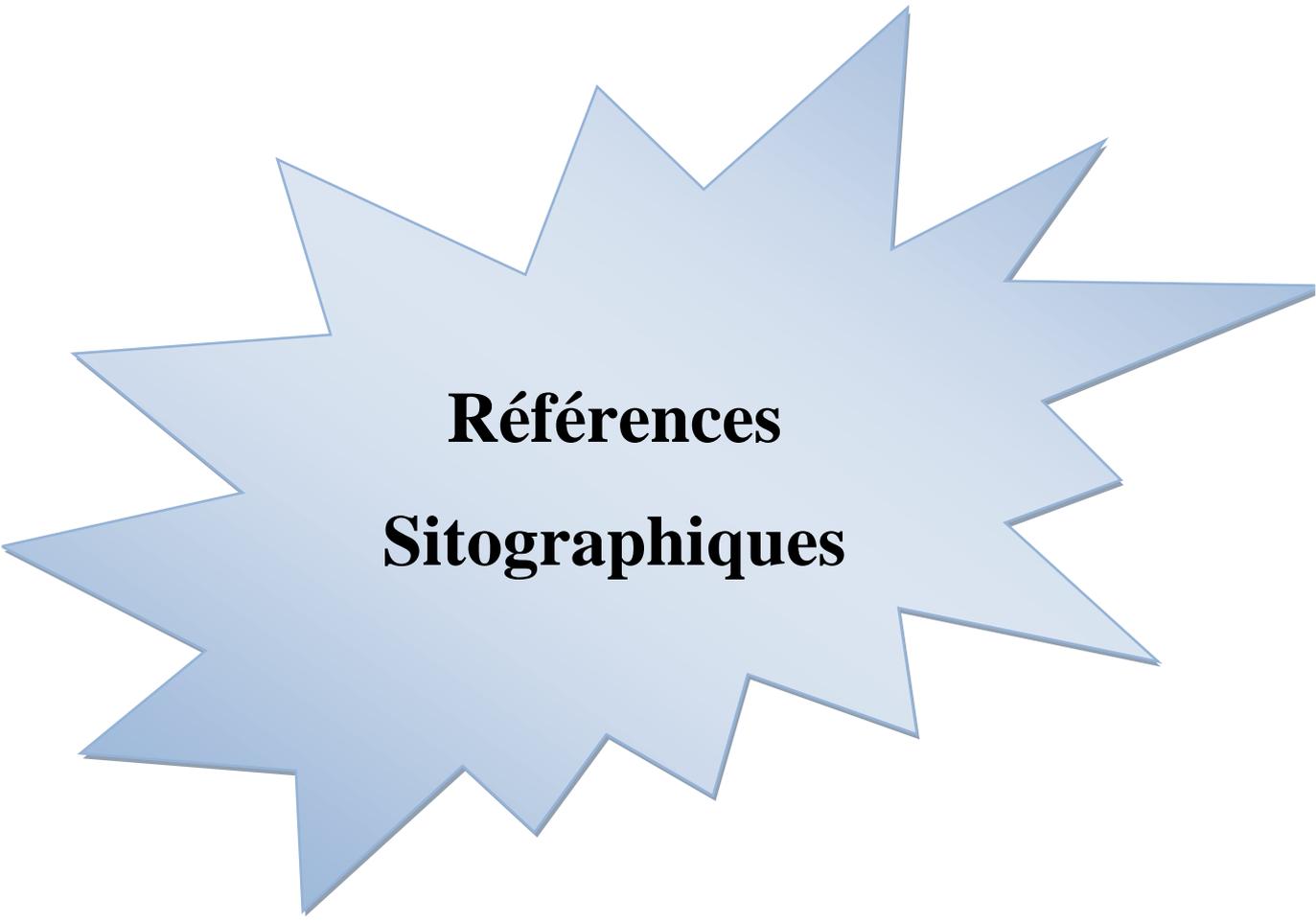
V

Valiron F., 1983.La réutilisation des eaux usées. Edition technique et Documentation Lavoisier, 207p.

Vilaginés R., 2010. Eau, environnement et santé publique, 3 ème édition TEC et DOC Lavoisier, paris ,217 p.

Z

Zeghoud M.S., 2014. Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire de Master, Université d'El-oued, 28,29,90p.



Références
Sitographiques

Références Sitographiques

Site 1 : actu-environnement.com [Consulté le 8 mai 2021].

Site 2 : Algerie-eco.com [Consulté le 8 mai 2021].

Site 3 : amazon.com [Consulté le 8 mai 2021].

Site 4 : <https://fr.scribd.com> [Consulté le 12 mai 2021].

Site 5 : <http://ona-dz.org> [Consulté le 12 mai 2021].

Site 6 : <http://sciences-en-ligne.net> [Consulté le 11 mai 2021].

Site 7 : <https://www.cleau.com> [Consulté le 11 mai 2021].

Site 8 : <https://www.memoireonline.com/Traitement-des-boues-de-la-station-d-epuration-d-Alhoceima.html> [Consulté le 13-06-2021].

Site 9 <http://www.Actu-Environnement.com> [Consulté le 13-06-2021].

Site 10 : dev.scienceenlivre.org [Consulté le 3 juin 2021].

Site 11 : universitecentrale.net [Consulté le 3 juin 2021].

Site 12 : <http://bit.ly/alkhabar> [Consulté le 3 juin 2021].

Site 13 : <https://www.inrae.fr> [Consulté le 3 juin 2021].

Site 14 : mesvaccins.net [Consulté le 3 juin 2021].

Site 15 : <https://theconversation.com> [Consulté le 3 juin 2021].