

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
DEPARTEMENT DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



*En vue de l'obtention du diplôme
De MASTER en GENIE DES PROCEDES*

Option : Traitement des eaux

Thème

Etude de l'efficacité de la station d'épuration de
Réghaia et l'impact de la pollution sur
Le lac de Réghaia

Soutenu le : juin 2017

par : BENKADI Oussama
LEZOUL Selmane

Jury de soutenance :

Président : EL. NOURI

Professeur UMBB

Promoteur : H. BALOUL

MAA UMBB

Examineur : A. ASSELAH

MCB UMBB

Examineur : M. AMITOCHE

MCB UMBB

Année universitaire 2016/2017

Résumé

L'objectif de l'étude est l'évaluation du rendement épuratoire de la STEP de Réghaia et l'évaluation de la qualité des eaux du lac de Réghaia afin de déterminer l'impact des eaux rejetées sur cette qualité.

Notre étude s'est basée sur plusieurs analyses : physico-chimique des eaux (azote total, ammonium, nitrite, nitrate, phosphore totale, DCO, DBO₅, MES, Azote kejdhah) ainsi que l'analyse des boues (MES, V₃₀, Indice de boues)

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux rejetées par la STEP rependent aux normes des rejets car elles présentent une bonne élimination de MES, DBO₅, DCO, avec des rendements respectifs 91.57%, 95.94%, 86.5%.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux du lac montrent que ces dernières sont de très mauvaise qualité, surtout pour les éléments suivant : Matière Organique(MO), DCO, DBO₅.

Les mots clés : pollution, lac de Réghaia, STEP de Réghaia, paramètres physico-chimiques de pollution, V₃₀, Indice de boues.

الهدف هذه هو تقييم فعالية لمياه لمرغاية وتقييم نوعية المياه بحيرة رغاية لتحديد تأثير المياه على جودتها.

تحليلات: الفيزيائية و الكيميائية للمياه (النيتروجين الأمونيوم والنترت DCO DBO₅ MES النيتروجين kejdhah) تحليل الحمأة (MES V30). (النترت)

وتبين نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن المياه التي تصرفها STEP تفي بمعايير التصريف لأن لديها التخلص الجيد DCO, DBO₅, MES, مع عوائد منها على التوالي 91.57 95.94 86.5 .

تبين نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه البحيرة أن هذه الأنواع من المياه ذات نوعية رديئة جدا، وخاصة بالنسبة للعناصر التالية: المادة العضوية (MO) DCO . BOD₅.

مفتاحية: بحيرة رغاية، مياه رغاية، المؤشرات الكيميائية والفيزيائية V30 .

abstract

The objective of the study is to evaluate the purification performance of the Réghaia Wastewater Treatment Plant and to assess the quality of the waters of Réghaia Lake in order to determine the impact of the discharged water on that quality.

Our study was based on several physico-chemical analyzes of water (total nitrogen, ammonium, nitrite, nitrate, total phosphorus, COD, BOD5, MES, nitrogen kjeldhal)) As well as sludge analysis (MES, V30, Sludge index).

The results of the physicochemical analyzes show that the waters discharged by the STEP meet the discharge standards because they have a good elimination of TSS, BOD5, COD, with respective yields of 91.57%, 95.94% and 86.5%.

The results of the physicochemical analyzes of the lake's waters show that the latter are of very poor quality, especially for the following elements: Organic matter (MO), COD, BOD5.

Key words : pollution, Réghaia lake, Reghaia wastewater treatment plant, physico-chemical parameters of pollution, V30, Sludge index.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers parents qui m'ont soutenu
durant toute la durée de mes études.
A mes très chères frères et sœurs et à ma
grande famille.
A mes très chères amis
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.
A vous.

Leroul Selmane
Pédagogue

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers parents
A ceux qui ont partagé mes joies et
mes peines, mes sœurs,
A tous mes amis
A toute le groupe de génie de
l'environnement. A tous qui
m'aiment et que j'aime.*

Benkadi Oussama
Étudiant

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers parents qui m'ont soutenu
durant toute la durée de mes études.
A mes très chères frères et sœurs et à ma
grande famille.
A mes très chères amis
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.
A vous.

Leroul Selmane
PÉDAGOGUE

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers parents
A ceux qui ont partagé mes joies et
mes peines, mes sœurs,
A tous mes amis
A toute le groupe de génie de
l'environnement. A tous qui
m'aiment et que j'aime.*

Benkadi Oussama
Étudiant

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Les Eaux Usées

I.1. Définition d'une eau usée	2
I.2. Origine et composition des eaux usées.....	2
I.2.1. Les eaux usées domestiques	2
I.2.2. Les eaux usées industrielles	2
I.2.3. Les eaux agricoles	3
I.2.4. Les eaux pluviales	3
I.3. Caractéristiques des eaux usées.....	3
I.3.1. Les paramètres physico-chimiques	4
I.3.1.1. La température	4
I.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	4
I.3.1.3. La turbidité	4
I.3.1.4. Les matières en suspension (MES)	4
I.3.1.5 Les matières volatiles en suspension.....	5
I.3.1.6 Les matières minérales.....	5
I.3.1.7. La Conductivité	5
I.3.1.8. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	5
I.3.1.9. La demande chimique en oxygène (DCO)	6
I.3.1.10 La notion biodégradabilité.....	6
I.3.1.11. La matière organique (MO)	6
I.3.1.12. Matières azotées.....	6
I.3.1.13. Le Phosphore	7
I.3.2. Les paramètres bactériologiques	7

I.3.2.1. Les coliformes totaux (CT)	7
I.3.2.2. Les coliformes fécaux (CF)	7
I.3.2.3. Les Streptococcus fécaux	8
I.4. Pollution des eaux	8
I.4.1. Définition	8
I.4.2. Différents types de pollution de l'eau	8
I.4.2.1. Polluants Physiques	8
I.4.2.2. Polluants chimiques	9
I.4.2.3. Polluants Biologiques	9
I.4.2.4. Polluants Radioactifs	9
I.5. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel	9
I.5.1. La nécessité de l'épuration	10
I.5.2. Les systèmes d'assainissement	10
I.5.2.1. Le système unitaire	10
I.5.2.2. Le système séparatif	10
I.6. Traitement des eaux usées	11
I.6.1. Objectif du traitement des eaux usées	11
I.7. Les procédés de traitements des eaux usées	11
I.7.1. Les prétraitements	11
I.7.1.1. Le dégrillage	12
I.7.1.2. Dessablage	12
I.7.1.3. Dégraissage - Déshuilage	12
I.7.2. Traitements primaire (physico-chimique)	12
I.7.2.1. Décantation primaire	12
I.7.2.2. Coagulation – Flocculation	12
I.7.2.3. Flottation	13
I.7.2.4. Filtration	13
I.7.3. Traitement secondaire ou traitement biologique	13
I.7.3.1. Les différents types du traitement biologique	14
I.7.3.1.1. Lits bactériens « filtres bactériens »	14
I.7.3.1.2. Bio-filtres	14
I.7.3.1.3. Disques biologiques	15
I.7.3.1.4. Les boues activées	15

I.7.3.2.1. le lagunage	16
I.7.4. Le traitement tertiaire	16
I.7.4.1. Elimination de l'azote	17
I.7.4.2. Elimination du phosphore (dé-phosphatation)	17
I.7.4.3. Les procédés de désinfections	19
a. Les traitements chimiques de désinfection	19
b. Les traitements physiques de désinfection par les ultraviolets	19
I. 8. Traitement et élimination des boues :	20

Chapitre II : les zones humides

II- 1 définition des zones humides.....	21
II-2 les fonctions des zones humides.....	21
II-3 description de lac de Réghaia.....	22
II-3-1 localisation générale.....	22
II-3-2 historique.....	23
II-3-3 les différents écosystèmes.....	24
II-4 les caractéristiques physiques du lac de Réghaia.....	25
II-4-1- les facteurs biotiques.....	25
II-4-2 les facteurs abiotiques.....	27
II-4-3 les facteurs climatiques.....	29

Chapitre III: La Station d'Épuration de Réghaia et Processus d De Traitement Actuel

III.1. Rappel historique	30
III.2. Présentation de SEAAL.....	30
III.2.1. Production	30
III.2.2. Distribution :	31

III.2.3. Assainissement :	31
III.2.4. Nos stations d'épuration	31
III.3. La station d'épuration de Réghaia	32
III.3.1. Localisation de la STEP	32
III.3.2. Principe de fonctionnement	33
III.3.3. Alimentation et qualité des eaux usées brutes	33
III.3.4. Réseau de collecte (assainissement)	34
III.4. Capacité de la station d'épuration	34
III.4.1. Débit à traiter	34
III.4.2. Pollution à traiter	35
III.5. Description des installations	35
III.6. Filière eau	36
III.6.1. La chaîne de traitement	38
III.6.1.1. Les prétraitements	38
III.6.1.1.1. Dégrillage	38
III.6.1.1.2. Dessableur – dégraisseur (déshuileur)	39
III.6.1.2. Traitement primaire (décantations primaire)	41
III.6.1.3. Traitement secondaire	42
III.6.1.3.1. Traitement biologique	42
III.6.1.3.2. Décanteur secondaire (Clarificateur)	45
III.6.1.4. Traitement tertiaire (filtration sur sable)	46
III.7. Filière boue	47
III.7.1. Epaissement des boues	47
III.7.2. Stabilisation chimique des boues (chaulage)	49
III.7.3. Stockage des boues	50
III.7.4. Conditionnement par l'ajout de polymère	50
III.7.5. Déshydratation des boues par centrifugation	52

Chapitre IV : Méthodes et appareillages

IV.1. Echantillonnage automatique des eaux	54
IV.2. Méthodes D'analyse	56
IV.2.1. Mesure électro-métrique du pH	56
IV.2.1.1. Appareillage	56
IV.2.1.2. Réactifs	56
IV.2.1.3. Mode opératoire	57

IV.2.2. Mesure de la conductivité électrique.....	57
IV.2.2.1. Appareillage.....	57
IV.2.2.2. Réactifs.....	57
IV.2.2.3. Mode opératoire.....	57
IV.2.3. Détermination des matières en suspension.....	58
IV.2.3.1. Appareillage	58
IV.2.3.2. Méthodes.....	58
A). Méthode par centrifugation.....	58
b). Méthode par filtration sur fibres de verre.....	58
IV.2.3.3. Mode opératoire.....	59
a).Méthode de filtration.....	59
b). Méthode par centrifugation.....	59
IV.2.4. Détermination des matières volatiles en suspension (MVS).....	60
IV.2.4.1. Appareillage.....	60
IV.2.4.2. Mode opératoire.....	61
IV.2.5. Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO5.....	61
IV.2.5.1. Appareillage.....	61
IV.2.5.2. Réactifs.....	61
IV.2.5.3. Mode opératoire.....	62
IV.2.6. Détermination de la DCO par la méthode de KIT Hach LCK144/314.....	63
IV.2.6.1. Appareillages.....	63
IV.2.6.2. Mode opératoire.....	63
IV.2.7. Dosage des ammoniums ; nitrites ; nitrates ; azote total et le phosphate total par la méthode Kit Hach.....	64
IV.2.7.1. Appareillage.....	64
IV.2.7.2. Mode opératoire.....	64
IV.3. Prélèvement des boues.....	64
IV.3.1. Détermination de l'Indice de boue et de l'Indice de Mohlman.....	65
IV.3.1.1. Indice de Mohlman IM.....	65
IV.3.1.2. Indice de boue IB.....	65

Chapitre V : Résultats et Interprétations.

V.4. VOLET EAUX.....	66
----------------------	----

V.4.1. Variation du Ph.....	67
V.4.2 La température.....	68
V.4.3. La conductivité électrique.....	68
V.4.4. Les matières en suspensions.....	70
V.4.5 Les charges polluantes.....	71
V.4.5.1 La Demande Chimique en Oxygène DCO.....	72
V.4.5.2 La Demande Biochimique en Oxygène DBO ₅ :.....	73
V.4.6 Les formes azotées.....	73
V.4.6.1 L'azote organique.....	75
V.4.6.2. L'azote ammoniacal :.....	76
V.4.6.3. Azote Kjeldhal.....	77
V.4.6.4. Azote nitreux.....	78
V.4.6.5. Azote nitrique :.....	79
V.4.6.6. Azote total :.....	80
V.4.7. Le phosphore total :.....	81
V.5. VOLET BOUES.....	82
V.5.1. Matières en suspension (MES) dans le bassin d'aération :.....	83
V.5.2 La decantation.....	84
V.5.3. L'indice de boues :.....	85
V.7 Détermination de la qualité des eaux de Reghaia :.....	86
V.8.Légende de la qualité des eaux :.....	87
V.9 Interprétation des resultants.....	87
V.10 Conclusion.....	91

Liste des abréviations

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

EB: eau usée brute.

EE : eau épurée.

MES: Matières en suspension.

MMS : Matières minérales en suspension.

MVS : Matières volatiles en suspension. **MO**:

Matière organique.

MS : Matière sèche.

N: Azote.

NGL: Azote total.

NTK: Azote kjeldhal. **NH₄⁺**:

Azote ammoniacal.

NO₂⁻: Nitrite.

NO₃⁻: Nitrate.

N₂ : Azote gazeux (diazote).

P: Phosphore.

PT: Phosphore total. **CT**:

Coliformes totaux. **CF** :

Coliformes fécaux.

PR : Poste de relevage

STEP : Station d'épuration.

ERU : Les Eaux résiduaires urbaines.

Liste des figures

<u>N°</u>	<u>Titre</u>	<u>page</u>
I.1	Situation géographique de la zone d'étude	22
I.2	Le marais de Réghaia en 1972 et 2000	23
I.3	Les différents écosystèmes	25
I.4	Les espèces les plus rares	26
I.5	les mammifères de la zone humide	27
I.6	Réseau hydrique d'alimentation du lac de réghaia	28
II.1	La localisation de la station d'épurations de Réghaia.	32
II. 2	Vue générale de la station d'épuration de Réghaia	33
II.3	Description et installation de la STEP	35
II.4	Schéma générale de la STEP	36
II.5	Schéma du canal venturi (l'ouvrage de comptage).	37
II.6	Le déversoir d'orage.	37
II.7	Les étapes de traitement des eaux de la station.	38
II.8	Le dégrilleur automatique.	39
II.9	Le dessableur / déshuileur.	40
II.10	Le décanteur primaire.	42
II.11	Le bassin biologique.	44
II.12	Le Clarificateur.	45
II.13	Le filtre à sable.	46
II.14	Les étapes de traitement des boues.	47
II.15	Le Silo à chaux.	49

II.16	La Cuve de préparation	49
II.17	Les bâches de stockages.	50
II.18	La centrifugeuse, les boues déshydratée et aires de stockages.	52
III.1	Echantillonneur automatique.	54
III.2	Schéma de l'échantillonneur automatique.	55
VI.1	La variation du pH.	67
VI.2	Variation de la Température en fonction du temps.	68
VI.3	Variation de la conductivité électrique en fonction du temps.	69
VI.4	Variation des MES en fonction du temps.	70
VI.5	La variation de demande chimique en oxygène.	72
VI.6	La variation de la DBO₅.	73
VI.7	Variation de l'azote organique.	75
VI.8	Variation de l'azote ammoniacal.	76
VI.9	Variation de l'azote Kjeldhal	77
VI.10	Variation de l'azote nitreux.	78
VI.11	Variation de l'azote nitrique.	79
VI.12	Variation des azotes totaux.	80
VI.13	Variation du phosphate total.	81
VI.14	Variation de MS des boues dans le bassin d'aération.	83
VI.15	Variation de V30 pour les deux bassins.	84
VI.16	La variation de l'indice de boues pour les deux bassins.	85

Liste des tableaux

<u>N°</u>	<u>Titre</u>	<u>page</u>
I.1	les diverses fonctions des zones humides	19
I.2	Nombre d'espèces d'oiseaux du lac protégées au plan national et international.	25
II.1	Les communes qui alimentent la STEP de Réghaia.	32
II.2	Caractéristiques des débits entrant à la STEP.	33
II.3	Les données de l'ouvrage de comptage.	35
II.4	Les Caractéristiques de dégrilleur automatique.	38
II.5	Les Caractéristiques de dégrilleur manuel.	38
II.6	Les caractéristiques de dissableur.	39
II.7	Les Caractéristiques de décanteur primaire.	41
II.8	Les caractéristiques de bassin biologique.	42
II.9	Les caractéristiques de bassin d'anoxie.	44
II.10	Les caractéristiques de clarificateur.	45
II.11	Les caractéristiques de filtre à sable.	46
II.12	LES Caractéristiques des épaisseurs.	47
II.13	Les Caractéristiques des bâches de stockages.	50
II.14	Les Caractéristiques de centrifugeuse.	52
III.1	résume les paramètres et les principes des méthodes utilisées.	56
III.2	Sélection de volume d'échantillon d'après la gamme de DBO5.	62
IV.1	Les résultats des analyses physicochimiques.	66
IV.2	Les résultats des DCO et DBO5 et leur rendement d'élimination.	71
IV.3	Les résultats des formes azotées.	74
IV.4	Les valeurs du phosphate total.	81
IV.5	Les résultats d'analyses des boues.	82
IV.6	Grille de la qualité des eaux par paramètres (ANRH).	86

Introduction

L'eau, source de vie est la plus extraordinaire des molécules connues de l'homme. Celle qui a permis notre apparition, qui maintient notre existence et détient la clef de notre avenir

Dans la nature les eaux de surfaces sont les plus fréquemment contaminées par les éléments biologiques et par les différents types de rejets liquides ou solides. Ces phénomènes de pollution de l'eau sont placés actuellement en tête des problèmes de l'environnement.

Le lac de Réghaia située dans la banlieue Est d'Alger est considéré comme site à très grande importance, sa particularité est d'être la seule zone humide de l'Algérois, qui possède une importante richesse faunistique et floristique, mais qui risque une extinction due à l'importante pollution des rejets industriels qui l'affecte.

La station d'épuration de Réghaia a pour mission de réduire la charge polluante et de rejeter une eau bien épurée répondant à des normes précises et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques. Côté pollution environnementale, le lac ne constitue pas plus d'un réceptacle finale des eaux urbaines et industrielles. Quotidiennement le lac reçoit des quantités importantes d'eau usées industrielles.

La loi sur l'eau de janvier 1992, exige que tous les ménages doivent être raccordés à un réseau d'assainissement pour collecter les eaux usées et les transportées puis les épurer, avant de les rejeter dans le milieu récepteur ou de leur réutilisation à des fins agricoles.

L'objectif de notre étude est l'étude de fonctionnement et le suivi de la qualité des eaux de la STEP de Réghaia et d'évaluer l'impact des eaux rejetées sur le milieu récepteur (lac de Réghaia).

Notre travail sera présenté comme suit :

- Le premier chapitre qui donnera des généralités sur les eaux usées
- Le deuxième chapitre qui sera consacré aux zones humides et leur importance.
- Le troisième chapitre présentera la station dépuratoire de Réghaia avec ses différents procédés de traitement.
- Le quatrième chapitre présentera les méthodes et les appareillages utilisés pour l'analyse des paramètres de pollution.

Introduction générale

- le cinquième chapitre donnera les principaux résultats et interprétation concernant l'efficacité du traitement de la STEP ainsi que l'impact de la pollution sur la qualité des eaux du lac.

Enfin le travail se terminera par une conclusion qui synthétisera les principaux résultats de notre étude.

En parlant de l'eau usée, il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses Caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration.

I.1. Définition d'une eau usée :

La pollution de l'eau s'entend comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie.

Les eaux usées comprennent les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Elles englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante et engendrent sur le milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance [1 ; 2].

I.2. Origine et composition des eaux usées :

Suivant l'origine et la qualité des substances, on distingue quatre (04) catégories d'eaux usées :

I.2.1. Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux sanitaires, eaux de lessive, eaux de cuisine) et les eaux de vannes (urines et matières fécales) dans le système dit « tout-à-l'égout » [3].

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et organiques. Les matières minérales sont constituées de chlorures, phosphates, sulfates, etc. et les matières organiques de composés ternaires, telles que les sucres et les graisses (formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, mais aussi d'azote et dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, le phosphore, fer, etc.) [4].

I.2.2. Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir

- 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).

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel [3].

I.2.3. Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses [5].

I.2.4. Les eaux pluviales :

Elles peuvent aussi constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [5].

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimé en mg/l est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les effluents domestiques, industriels et naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.3.1. Les paramètres physico-chimiques :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur de ces paramètres.

I.3.1.1. La température :

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu. La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) [6].

I.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau [7]. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le pH joue également un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien.

I.3.1.3. La turbidité :

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

I.3.1.4. Les matières en suspension (MES) :

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

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$MES = 30\% MMS + 70\% MVS$$

I.3.1.5 Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

I.3.1.6 Les matières minérales (MMS) :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (*MES*) et les matières volatiles en suspension (*MVS*) et correspondent à la présence de sel, et de silice. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène [9].

I.3.1.7. La 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. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

I.3.1.8. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) :

La *DBO5* est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C , à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé. Ce temps assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie selon la réaction chimique suivante :



I.3.1.9. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (*DCO*), exprimée en *mg d'(O₂)/l*, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau [10]. Elle représente donc la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

I.3.1.10. La Notion de Biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épurations biologique des eaux, la biodégradabilité est exprimée par un coefficient *k* :

$$K = DCO / DBO_5 ; \text{ Si :}$$

- $K < 1.5$ l'effluent est biodégradable.
- $1.5 < k < 2.5$ l'effluent est moyennement biodégradable.
- $K > 2.5$ l'effluent n'est pas biodégradable.

I.3.1.11. La Matière Organique (MO) :

C'est un paramètre utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. La relation empirique de la matière organique (*MO*) en fonction de la *DBO₅* et la *DCO* est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3 \quad (1)$$

I.3.1.12. Matières Azotées:

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes:

L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.

L'azote ammoniacal (N-NH₄⁺) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action Des bactéries nitrifiantes.

L'azote nitreux (N-NO₂⁻) provient d'une oxydation incomplète de l'azote Ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.

L'azote nitrique (N-NO₃⁻) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal.

Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [10].

I.3.1.13. 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 de spectrophotométrie sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et la minéralisation le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore Organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en *mg/L* De PO_4^{-3} ou De P_2O_5 [8].

I.3.2. Les Paramètres Bactériologiques :

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau principalement comme témoins de contamination fécale [6].

I.3.2.1. Les Coliformes Totaux (CT) :

Les coliformes sont des bâtonnets anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulant permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C . Les coliformes regroupent les genres Escherichia, Nitrobacters, Entérobactéries, Klébsiella, Yersinia, Serrait, La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux). Sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine sont capiteux pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale [12 ; 13].

I.3.2.2. Les Coliformes Fécaux (CF) :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C . Ce sont de

Bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant. On les désigne souvent sous le nom d'Escherichia Coli bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (Citrobacter freundii. Entérobactérie aérogènes. Klebsiella pneumoniae ...etc.) [12 ; 13]. La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine [13].

I.3.2.3. Les Streptococcus fécaux :

Sont considérées comme streptocoques fécaux toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales. Elles se disposent le plus souvent, en diplocoques ou en chainettes [12].

I.4. Pollution des eaux :

I.4.1. Définition :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation douteuse et/ou perturbe l'écosystème. Elle peut concerner les eaux superficielles et/ou les eaux souterraines ayant pour origine principale l'activité humaine [14].

I.4.2. Différents types de pollution de l'eau :

Dans le domaine de l'eau, on distingue quatre types de pollution à savoir:

I.4.2.1. Polluants Physiques :

La pollution thermique:

Elle est provoquée par l'accroissement excessif de la température de l'eau par suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industriels, qu'elle induit la diminution de la teneur en oxygène dissous. Ce qui peut perturber la vie aquatique, animale ou végétale, notamment en modifiant les rythmes physiologiques des espèces [16].

La pollution mécanique: (sédiments, flottants), elle provient essentiellement du lessivage des sols lors de pluies abondantes et des travaux réalisés par l'homme qui rendent le sol imperméable provoquant des flux polluants importants entraînant avec eux des boues. Celles-ci colmatent les lits des ruisseaux et des rivières et diminuent ainsi les échanges possibles entre l'eau et la terre [15 ; 16].

I.4.2.2. Polluants chimiques:

Due à l'existence de substances chimiques en solution, elle se manifeste le plus souvent par le changement de saveur ou l'apparition d'un caractère toxique de l'eau.

Les substances Majeurs: matière organique (*MO*), azote (*N*), phosphore (*P*) et les sels majeurs.

Les Micropolluants: certains métaux et métalloïdes (mercure, cadmium, arsenic, plomb, chrome, sélénium, cuivre, thallium,...), et des micropolluants organiques, des composés phénoliques, des organohalogénés, des organophosphorés, certaines huiles minérales et certains hydrocarbures (*HPA*) ou encore certains dérivés nitrés.

I.4.2.3. Polluants Biologiques:

Les algues, la pollution microbiologique se développe conjointement à la pollution organique par une prolifération de germes d'origine humaine ou animale dont certains sont éminemment pathogènes et les microorganismes: bactéries fécales, virus, parasites [15,16].

I.4.2.4. Polluants Radioactifs:

Les éléments radioactifs peuvent persister pendant des années. Ils ont un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de leur toxicité propre et des propriétés cancérigènes et mutagènes de leurs rayonnements. Ils sont rejetés à titre indicatif par les usines de retraitement, les installations militaires et les hôpitaux. [15 ; 16 ; 17].

I.5. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel :

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement pour que leur incidence sur la qualité de l'eau en tant que milieu naturel aquatique soit la plus faible possible [18]. Quand les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles ne sont pas épurées avant rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine [4].

I.5.1. La nécessité de l'épuration :

Ce qui précède démontre la nécessité de l'épuration des eaux usées et des eaux résiduelles industrielles. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles,).

I.5.2. Les systèmes d'assainissement :

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

Le système unitaire ;

Le système séparatif.

I.5.2.1. Le système unitaire :

Dans le système unitaire, les eaux pluviales et les eaux usées urbaines sont évacuées dans la STEP par une canalisation commune. L'avantage de ce système est le coût plus faible que le système séparatif pour la gestion des connections vers la STEP. L'inconvénient est que le dimensionnement des canalisations doit être suffisamment important pour éviter les inondations et permettre d'évacuer un débit pluvial important au moins jusqu'au bassin d'orage. De plus, lors d'évènements pluvieux importants dans un tel système, le volume d'eau drainé vers la STEP peut devenir trop important et ainsi dépasser la capacité de celle-ci. Le trop-plein, composé d'eaux usées et d'eaux de ruissellement est détourné vers le déversoir d'orage puis est traité partiellement, soit directement rejeté dans le cours d'eau récepteur provoquant une pollution ponctuelle du milieu récepteur. La dilution des eaux usées avec les eaux de pluie a un effet sur l'efficacité du traitement [19].

I.5.2.2. Le système séparatif :

Dans le système séparatif, l'évacuation des eaux usées urbaines (ménages privés, artisans et industries) se fait dans une canalisation distincte de celle des eaux pluviales. Ces dernières sont rejetées directement dans le récepteur aquatique sans passer par la station d'épuration. Le système séparatif permet de pallier aux problèmes de surcharge de la STEP lors d'évènement pluvieux [19].

I.6. Traitement des eaux usées :

Avant tout procédé d'évacuation ou réutilisation des eaux usées, le traitement de ces dernières est nécessaire pour protéger l'environnement et la santé publique ainsi que la santé animale de tout danger. L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station, il résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles [20].

I.6.1. Objectif du traitement des eaux usées :

L'objectif principal du traitement des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue risque pour la santé humaine et l'environnement. Les stations d'épuration des eaux résiduelles, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que la santé publique en général [21].

I.7. Les procédés de traitements des eaux usées :

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.

I.7.1. Les prétraitements :

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, 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. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations, le prétraitement peut comprendre les opérations : le dégrillage (principalement pour les déchets volumineux), le dessablage (pour les sables et graviers) et le dégraissage-déshuilage (pour les huiles et les graisses).

I.7.1.1. Le dégrillage :

Les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle qui arrivent à la station d'épuration passent d'abord à travers des grilles à barreaux plus au moins espacés ou des tamis rotatifs qui retiennent les éléments les plus volumineux [22]. Ce traitement permet de protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

I.7.1.2. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, le sable et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites et les installations et de protéger les unités de traitement contre l'abrasion [23].

I.7.1.3. Dégraissage - Déshuilage :

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines, des abattoirs.... etc.

Le dégraissage et le déshuilage permettent de récupérer grâce à des racleurs les huiles et les graisses domestiques ou industrielles qui tendent généralement à remonter en surface des eaux usées par flottation [23]. Ces deux procédés visent à éliminer la présence de corps gras dans les eaux usées qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite.

I.7.2. Traitement primaire (physico-chimique) :

Les procédés de traitement physico-chimique font appel à des procédés physiques. Ces traitements sont la décantation, la coagulation- floculation, flottation et filtration.

I.7.2.1. Décantation primaire :

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation des MES et des colloïdes. C'est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité.

I.7.2.2. Coagulation – Floculation :

La coagulation-floculation est une méthode qui favorise la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés

artificiellement (les coagulants ou les floculats). Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et la matière organique d'une eau est essentielle.

I.7.2.3. Flottation :

La flottation est un procédé de séparation des matières en suspension dans l'eau utilisant la densité apparente plus faible de ces matières et conduisant à leur rassemblement et à leur collecte à la surface libre [24].

I.7.2.4. Filtration :

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels [22].

I.7.3. Traitement secondaire ou traitement biologique :

Les traitements biologiques reproduisent artificiellement ou non les phénomènes d'auto épuration existant dans la nature. Ils regroupent l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent et en présence ou non d'oxygène. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de microorganismes).



Selon que l'oxydation se produit grâce au gaz oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou qu'au contraire le processus se fasse sans oxygène (processus anaérobie).

Le moteur de décomposition (aérobie ou anaérobie) des substances organiques est constitué par des enzymes catalyseurs organiques sécrétés par les organismes. On distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule, les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et par conséquent, sont à l'origine des phénomènes vitaux provoquant la

prolifération des cellules. Les traitements biologiques sont bien adaptés pour éliminer la pollution carbonée mais également les pollutions azotés et phosphorés [25 ; 26].

I.7.3.1. Les différents types du traitement biologique :

En traitement biologique, on distingue des procédés extensifs et d'autres intensifs :

Technique intensifs :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel [29].

Quatre grands types de procédés sont utilisés :

Lits bactériens ;

Disques biologiques ;

Boues activées ;

Bio filtre.

I.7.3.1.1. Lits bactériens « filtres bactériens » :

Les processus des lits bactériens sont une technique de traitement qui s'inspire de la filtration par le sol. Le principe des lits bactériens consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériaux poreux (filtrant) qui sert de support aux micro-organismes (bactéries). Ils sont généralement réalisés en forme circulaire en se basant sur les trois paramètres suivants [29] :

Choix des matériaux ;

Répartition de l'effluent ;

Utilisation de recyclage.

Pour un bon rendement, une aération apporte l'oxygène nécessaire aux micro-organismes qui se développent sous forme d'un fil biologique en surface de matériaux. Le rendement maximum de cette technique est de **80 %** d'élimination de la **DBO5** [8].

I.7.3.1.2. Bio-filtres :

Le développement actuel des techniques par cultures fixées sur milieu granulaire vise à réaliser la réaction biologique de dégradation de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité. Elle ne comporte pas de clarification finale

par décantation. L'ouvrage se présente comme un filtre garni en matériaux de granulométrie suffisamment faible pour obtenir un effet de filtration efficace dans lequel l'accroissement de la biomasse et les matières en suspensions de l'effluent à traiter, retenues dans le matériau vont colmater progressivement le lit.

I.7.3.1.3. Disques biologiques :

Le dispositif consiste en un ensemble de disques en matière plastique, parallèles et régulièrement espacés par un axe commun. Pour constituer un tambour, les disques sont immergés à **40%** approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter. L'écartement entre les disques qui est d'environ **2 cm** qui permet la circulation de l'eau. La rotation des disques permet le contact du film biologique qui les recouvre avec l'eau usée et l'air. C'est presque le même système que le lit bactérien traditionnel [29].

I.7.3.1.4. Les boues activées :

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organismes et par conséquent, d'une demande volumique en oxygène plus importante. De plus, pour maintenir en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire. Les micro-organismes épurateurs sont en suspension dans un bassin aéré, on parle alors de procédé à boues activées. Le réacteur est alimenté en continu (eau usée) et la biomasse transforme les polluants :

Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien.

Par conversion de la **DB05** en matières cellulaires : croissance de la culture bactérienne et des micro-organismes associés ; insolubilisation de la pollution.

Par oxydation en **C02** et **H20** qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et la production de nouveau matériau cellulaire : transformation de la pollution dissoute en gaz.

Environ un tiers de la matière organique de l'eau usée doit être oxydée pour produire l'énergie requise. En conséquence, deux tiers subsistent sous forme de boues en excès (biomasse épuratrice générée). Comme dans le traitement physico-chimique des eaux usées, on aura deux phases :

Phase biologique : transformation de la pollution dissoute en gaz ou en biomasse ;

Phase physique : séparation de la biomasse épuratrice de l'eau épurée : décantation [27 ; 28].

Technique extensifs :

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organismes épurateurs est faible. Parmi ces procédés on note le lagunage [22].

I.7.3.2.1. Le lagunage :

Le lagunage secondaire utilise des mécanismes naturels pour traiter les eaux usées : bactéries, photosynthèse et pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues. Un traitement par lagunage comprend en général trois types de bassins : un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. Le bassin anaérobie permet de diminuer la charge en matière organique. L'anaérobiose est obtenue en apportant un effluent très chargé en matière organique. Ce type de bassin pose parfois des problèmes d'odeur, notamment à cause de la formation de composés soufrés. Le bassin facultatif permet le développement d'algues photosynthétiques qui vont produire de l'oxygène, tout en diminuant la charge en matière organique. Enfin, le bassin de maturation va permettre l'élimination des pathogènes, sous l'action conjuguée des UV et du pouvoir germicide de certaines algues.

Les bactéries pathogènes sont éliminées de **90 à 99 %**. L'élimination des virus est un peu moins efficace [30]. Faby [31] écrit que pour un lagunage secondaire à plusieurs bassins dont les profondeurs sont comprises entre **0,7 et 1,2 m** et pour une durée de rétention supérieure à **60 jours**, la concentration finale en bactéries dans l'effluent est inférieure à **10^4 bactéries par litre**. Si la durée de rétention est suffisante, les œufs d'helminthes peuvent être éliminés à **100 %** par décantation. Le lagunage secondaire est donc un moyen peu coûteux et efficace de traiter les eaux usées. Il nécessite peu de moyens financiers, techniques et humains. Cependant, il requiert une surface importante. On retiendra que l'efficacité du traitement dépend surtout de la durée de rétention et des conditions climatiques. Ainsi, il est moins efficace en hiver qu'en été.

I.7.4. Le traitement tertiaire :

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants

pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatifs ou complémentaires permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau.

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On distingue généralement les opérations suivantes :

La nitrification-dénitrification et dé-phosphatation biologique ou mixte (Biologique et physico-chimique) ;

La désinfection bactériologique.

I.7.4.1. Elimination de l'azote :

L'ammonification : première étape de la dégradation des déchets azotés organiques. L'azote organique est converti en ammoniac (NH_4^+ et NH_3) par réaction chimique, cette réaction chimique est complète en milieu boues activées ;

La nitrification (croissance des bactéries autotrophes en phase aérobie) : en environnement aérobie, les bactéries autotrophes Nitrosomonas et Nitrobacter transforment l'azote ammoniacal (NH_4^+) en présence d'oxygène pour se développer et produire des nitrites (NO_2^-) puis des nitrates (NO_3^-) ;

La dénitrification (croissance de bactéries hétérotrophes en phase anoxique) : en environnement anoxique, certaines bactéries hétérotrophes consomment les nitrates, à la place de l'oxygène et le carbone pour se développer et produire de l'azote gazeux (N_2).

I.7.4.2. Elimination du phosphore (dé-phosphatation) :

L'élimination du phosphore, ou "dé-phosphatation" peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. La dé-phosphatation biologique consiste à provoquer

l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la dé-phosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées).

Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une dé-phosphatation physico-chimique pour atteindre les niveaux de rejets requis.

I.7.4.3. Les procédés de désinfection :

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration classiques par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. On peut donc supposer qu'ils constituent l'aménagement technique minimum d'une station d'épuration en vue d'une réutilisation.

a) Les traitements chimiques de désinfection :

- Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques et avec les micro-organismes. Les traitements de purification et de clarification en amont ont une très grande importance pour permettre une bonne efficacité du traitement et éviter d'avoir à utiliser trop de chlore. D'autant plus que le coût de la déchloration qui permet de limiter considérablement l'effet toxique de certains produits dérivés formés lors du traitement est élevé.

- L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen-Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus [32]. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité. On peut également utiliser l'acide péracétique, Le dioxyde de chlore et les ferrates

b) Les traitements physiques de désinfection par les ultraviolets :

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (**20 à 30 s**). L'efficacité du traitement dépend essentiellement de deux paramètres :

Les lampes, doivent être remplacées régulièrement : elles sont usées au bout d'un an et demi. De plus, elles doivent être nettoyées car elles ont tendance à s'encrasser ;

La qualité de l'effluent, dont les MES et certaines molécules dissoutes absorbent les UV, ce qui diminue l'efficacité des lampes.

I . 8 . Traitement et élimination des boues :

Le traitement des boues a pour objectif de

- 1) Réduire la fraction organique et de diminuer le pouvoir fermentescible des boues et les risques de contamination et ce par la stabilisation ;
- 2) Diminuer le volume total des boues afin de réduire le coût d'évacuation et ce par la déshydratation ;
- 3) Elimination finale des boues par :

La valorisation agricole ;

L'incinération ;

La mise en décharg

II-Les zones humides :

II-1- définition :

Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris les étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.(33).

II-2-les fonctions des zones humides :

Les zones humides méditerranéennes constituent des espaces multifonctionnels fragiles et diversifiés (34). Ce sont d'abord des zones à grande variété écologique, on les a qualifiées de « reins de la planète » en raison des processus naturels de filtration et de purification qui s'accomplissent lorsque l'eau les traverse (35).

Tableau N° I. 1: les diverses fonctions des zones humides

Historique	Dernier vestige de la Mitidja
Ecologique	Diversité des écosystèmes Richesse botanique, faunistique, hydrique (36), Milieu d'hivernage pour les oiseaux migrateurs
Biogéochimique	Les zones humides permettent la rétention et/ou l'élimination de certains éléments contenus dans l'eau et notamment le nitrate et le phosphore (37).
Pédagogique	Lieu idéal pour le suivi des oiseaux d'eau, support pédagogique pour les classes vertes et notamment ceux concernant la faune et la flore et d'autres travaux sont en cours (projet concitoyen).
Economique	Les zones humides remplissent des fonctions économiques évidentes : production biologique, piscicole et cynégétique (36). Irrigation de 1200HA de terre agricole Lieu de pâturage

Touristique	les zones humides sont des lieux propices à de nombreuses activités récréatives telles la navigation, la chasse et la pêche et à la sauvegardé du patrimoine culturel. On peut aussi souligner l'activité liée au tourisme, grâce à la diversité des paysages (38)
--------------------	--

II-3-description de lac de Réghaia :

La réserve naturelle du lac de Réghaia est située à 30 km à l'est d'Alger ; elle constitue aujourd'hui l'unique vestige de l'ancienne Mitidja marécageuse. D'une superficie de plus de 1500 ha, dont la zone humide est de 842 ha, le plan d'eau ou lac est de 75ha et la partie marine est de 2 ha. Elle regroupe une diversité remarquable de milieux naturels, notamment :

-le lac, les roselières à typhas et phragmites, les prairies humides, la plage et le cordon dunaire, les maquis à oléastres et lentisques.

- elle abrite environ 233 espèces végétales.

-Environ 391 espèces animales importantes.

-Plus de 206 espèces d'oiseaux dont près de 100 espèces d'oiseaux.

- La présence de plusieurs espèces mondialement menacées (liste rouge U.I.C.N.) tel que l'Erismature à tête blanche et la sarcelle marbrée a permis un classement du lac en zone humide d'importance internationale au titre de la convention de Ramsar en 2003.(39).

II-3-1 localisation générale :

La réserve naturelle du lac de réghaia est situé a 30 km a l'est d'Alger dabs les deux communes Réghaia et Heuraoua de la wilaya d'Alger et a 14 km de la wilaya de boumerdes. Coordonnées géographiques : 3° 19' et 3° 21' Est, 36° 45' et 36° 48' nord.

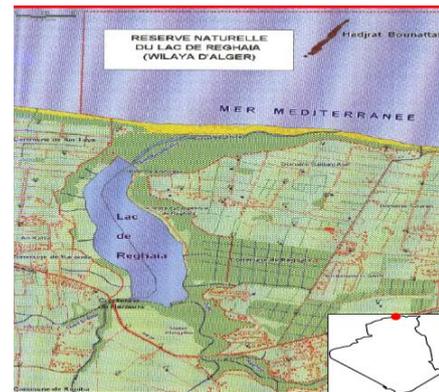
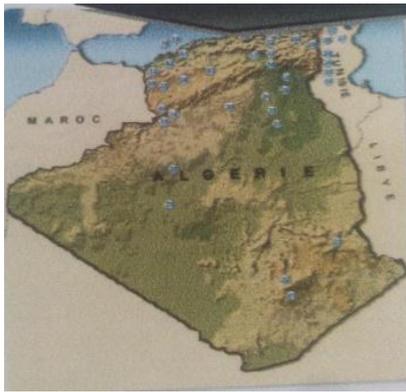


Figure N°I.1 : situation géographique de la zone d'étude (40)

Malgré que la moitié de ses terrains soit agricole, Réghaia est une commune à vocation industrielle d'une superficie totale de 2630 Ha. Elle est divisée en 3 zones :

- 1- La zone industrielle 355 HA
- 2- LA zone urbaine 845 HA
- 3- La zone agricole 1337HA (40)

II-3-2Historique :

- Avant les années 1930, seules les dunes retenaient oued Réghaia et son lit n'avait pas été recreusé, le site était constitué que d'un marais naturel très riche en sauvagine. Faisant partie de la Mitidja, le marais de Réghaia a échappé lors de la colonisation a des tentatives d'assèchement.
- En 1930 l'administration française a procédé a la construction d'une digue, la digue a été construite légèrement en amont de l'embouchure de l'oued Réghaia. L'objectif principal a été l'irrigation des terres agricoles fertiles.
- Des équipements de pompage ont été réalisés en 1932 et rénovés en 1968.
- Entre 1970 et 1974, réalisation d'un canal sur la partie Nord du lac donnant sur la mer méditerranée.
- En 1983, le secteur des forêts crée par décret le centre cynégétique de Réghaia pour la production d'oiseaux destinés au repeuplement des zones humides et les barrages.
- 1997 : Mise en service d'une station d'épuration en amont du lac, collectant les eaux usées domestiques et industrielles et les eaux pluviales, opérant un traitement

mécanique partiel et rejetant dans le lac, prévue pour le traitement de 8 millions de mètres cubes.

- Juin 2003 : Inscription du site a la convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale.
- 2004-2006 : Aménagement d'un centre d'eduvation a l'environnement comprenant un centre nature réservé aux enfants et la réalisation de plan de gestion (dans le cadre du programme Life-pays tiers) (41).



A) le marais de Réghaia en 1972



b) Le marais de Réghaia en 2000

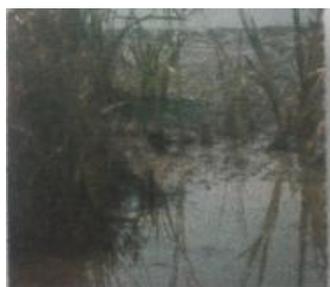
Figure N°I.2(a, b). Le marais de Réghaia en 1972 et 2000 (42)

II-3-3 Les différents écosystèmes :

Le site est composé de plusieurs écosystèmes qui lui confèrent un rôle bio stratégique et qui lui permettent ma persistance d'une biodiversité remarquable :

- **Ecosystème marécageux :**

Cet habitat constitue un milieu idéal pour la nidification des nombreuses espèces, les plantes aquatiques émergentes dominant le paysage de la zone sont à base de Typha, phragmites et scirpes



- **Ecosystème lacustre :**

Représenté par un réservoir permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 ha bordé d'une ripisylve et les plantes hygrophiles.



- **Ecosystème forestier :**

Qui forme une ceinture étroite autour du lac, représenté par un maquis à Oléolentisque, caractérisé par une végétation buissonnante et lianes et de Pistacia Lentiscus et Olea europea.



- **Ecosystème dunaire :**

Cette barrière naturelle entre la mer et le lac, est colonisée par une végétation qui se développe en bande étroite le long de la cote, elle est représentée par le groupement : *Pancratium maritimum*, *Ammophila arenaria*, *Lotus creticus*, *Urginea maritima*, *Chamaerops humilis*.



- **Ecosystème marin :**

Cet écosystème est représenté par le bord de mer et on note la présence l'îlot aguéli de 212 m².

La petite île fait face au marais à 1 km en mer et permet, la nidification de Grand Cormoran (39).



Figure N°I.3 (a, d, c, d, e). Les différents écosystèmes (39)

II-4 Caractéristiques physiques du lac de Réghaia :

II-4-1 Les facteurs biotiques :

➤ La flore :

Malgré sa faible superficie, le marais de Réghaia présente une richesse floristique non négligeable estimée au minimum de 284 espèces végétales recensées, soit l'équivalent de 18% de la flore du nord de l'Algérie (43). Parmi aval, les taxons recensés au niveau du lac de Réghaia, il existe un certain nombre de taxons bio indicateurs de l'état de l'eau et de la faune, il existe aussi ceux dans l'existence est intimement liée a la présence des plans d'eau (voir annexe 1).

- Les groupements hygrophyles se développent en bandes vertes dans les zones marécageuses en aval, en amont et sur la rive Est du lac. Ils sont représentés par
- phragmites communise, *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Iris pseudacorus*, et les *Juncus* et autres.

- Les terrains en pente entourant le lac sont occupés par un important maquis dont le cortège floristique est composé principalement de lentisque (*Pistacia lentiscus*) et oléastre (*Olea europea*), quelques bosquets d'*Eucalyptus camaldulensis* et de friches.
- Les espèces Méditerranéennes restent les plus abondantes avec environ 50% des espèces recensées en raison de la stabilité du climat de type méditerranéen.
- Les espèces Européennes ne représentent que 14% des plantes observées. Alors que les cosmopolites occupent 12%

On note également la présence des espèces endémiques à l'Afrique du nord tels que :

- Arénaire cerastioides
- *Cyclamen africanum*

- ***Scilla lingulata***

Ainsi d'une espèce rare au niveau de littoral : abutilon Théophraste et la présence d'une espèce endémique de la méditerranée *Posidonia oceanica* au niveau de la zone marine.

➤ Faune terrestre

Le lac de Réghaia, abrite une grande biodiversité. Cette réserve d'eau douce joue un rôle très important, particulièrement remarquable sur le plan écologique et ornithologique, dont l'intérêt scientifique date de siècle dernier. C'est un site d'accueil pour l'avifaune aquatique migratrice de la région algéroise et de Centre – Nord algérien d'une manière générale et aussi en nicheurs rares (sédentaires et estivant).

La zone humide héberge plus de 206 espèces d'oiseaux d'eau, 30 espèces de site bénéficient également d'une protection internationale parmi lesquelles figure 4 espèces parmi les plus rares :

Le fuligule nyroca (*Aythya nyroca*)¹, la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*)², La poule sultane (*Porphyrio Porphyrio*)³ et l'érismature a tête blanche⁴ (*Oxyura leucocephala*) (39).



Figure N°I.4 Les espèces les plus rares (39)

Tableau N° I.2 : Nombre d'espèces d'oiseaux du lac protégées au plan national et international. (39)

Nombre d'espèces du Lac de Réghaia	Nombre d'espèces Protégées en Algérie	Protection par la convention africaine, annexe ;	Inscrites sur les listes de la CITES, annexe ;	Inscrites sur les listes Rouges de L'U.I.C.N Catégorie :
206	53	26	22	5

La faune mammifères de la zone humide du lac de réghaia représente 97 espèce marines, avec. Au moins 9 espèces de reptiles et 6 espèces d'amphibiens évoluent dans les différents habitats écologique de la zone (BELLATRACHE et al, 2002) .



a) Genettagenetta



b) Erinacrus algirus

Figure N°I.5 (a, b) : les mammifères de la zone humide (39)

II-4-2 les facteurs abiotiques :**➤ Géologie et pédologie**

La topographie de la région est assez complexe, elle est formée de quatre plateaux a configuration varié .c'est une formation géologique qui est passé par un plissement puis un remblaiement. Les principaux faciès géologique sont de type alluvionnaire et marécageux. les faciès datant du quaternaire récent et actuel , ils sont caillouteux et lamineux , de dunes consolidées , de grés marins , de sable argileux et d'alluvions anciennes du quaternaire , la zone littorale de réghaia présente un sol a tendance sablo –limoneuse , par conte la partie centrale et caractérisée par une terre fertile a tendance argileuse constituée par des sols bruns méditerranéens et des dols brunifiés

➤ Hydrologie :

Les eaux du lac proviennent des précipitations et du ruissellement des Eaux nappe phréatiques à l' origine de la formation du marais de réghaia qui est alimenté par trois cours d'eau :

-l'oued réghaia , il est le plus important avec une longueur de 5500 m le bassin versant atteint 75 km , une partie atteignant 25 km est constituée par territoire monticuleux le reste est une plaine inclinée vers la mer .il est alimenté par deux affluents a savoir oued Berraba .

- l'Oued El Biar , prenant naissance aux environs de la zone industrielle de Rouïba – réghaia traverse une grande partie des champs agricole avant de se déverser au niveau du lac. Sa longueur atteint 4075 mètres et son bassin versant 20 km.

-l'Oued Boueah, un affluent de l'oued el hamiz, débute a Rouïba. Il draine les eaux ruissellement des terres agricoles de la plaine de la Mitidja dans une partie nord –est. Son bassin versant atteint 20 km. (Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2003).

➤ **Humidité :**

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver, et printemps) et la période sèche correspond à l'été



FIGURE N°I.6: Réseau hydrique d'alimentation du lac de réghaia (45)

➤ **Valeurs hydrologique :**

Les fonction réelles du lac en matière de prévention contre l'érosion côtier, la maîtrise des crues, le cabotage des sédiments et le maintien de la qualité de l'eau, n'ont pas fait l'objet d'études permettant de quantifier d'apprécier ces valeur mais parés les différent écrits études, c'est une zone de captage de sédiment et d'épandage de crues. En plus de ces fonctions. Le lac de réghaia assure l'irrigation de 1200 hectares de terres agricoles.

II-4-3 Les facteurs climatiques :

Parmi les éléments du climat susceptible d'influer sur la biologie du lac et le développement de la biodiversité il faut citer la température facteur énergétique, la pluviosité facteur hydrologique et le vent facteur mécanique (44)

• **La pluviométrie**

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et réparation de végétations, l'alimentation des nappes, des lacs et des cours d'eau et caractérise le climat de la région précipitations moyennes annuelles sont de 49.2 mm

- **La température**

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissent directement sur le climat en interaction avec d'autres facteurs météorologiques et biogéographique, les températures moyennes annuelles sont de 15,63 °C

- **Le vent**

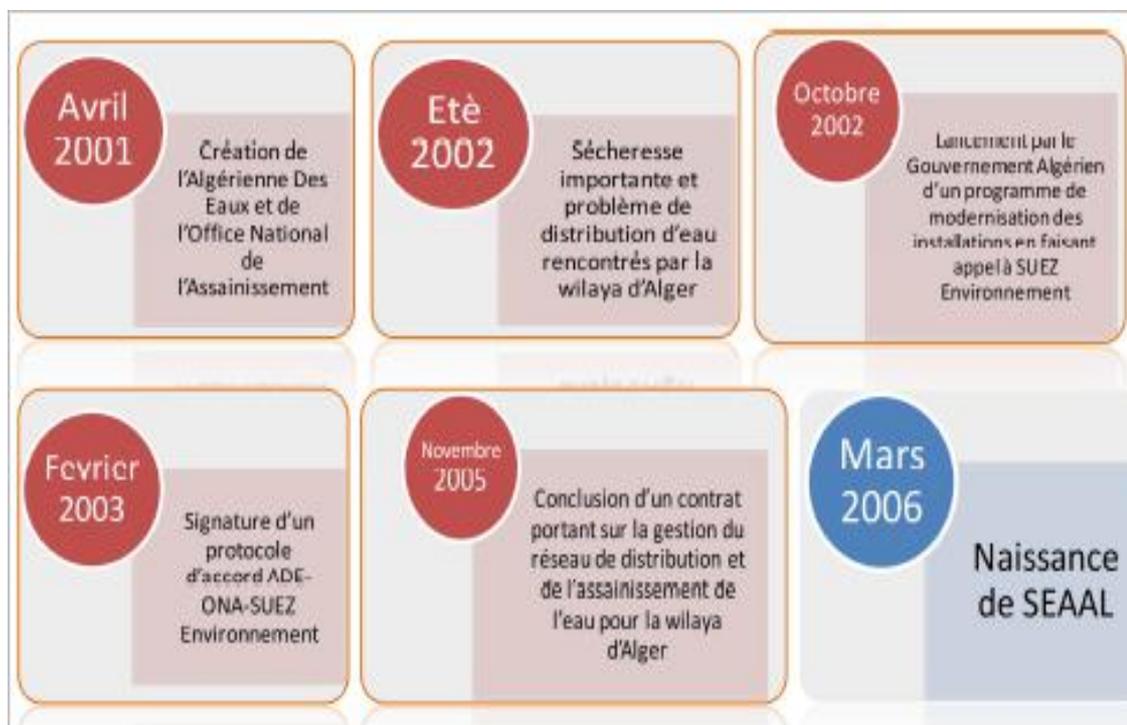
Il peut influencer sur le climat, ils sont faible, la direction prédominante est de nord-ouest. Le sirocco souffle en moyennes 5 jours par ans

- **Synthèse climatique**

Le climat de la région est méditerranéen caractérisé par une saison humide de 7 mois et une saison sèche correspondant a la période estivale d'une durée de 5 mois, le marais de réghaia est situé dans l'étage bioclimatique subhumide doux caractérisé par des étés secs et chauds et par des hivers doux et humides.

III.1. Rappel historique :

De la création de l'Algérienne Des Eaux ADE et l'Office National de l'Assainissement ONA à ce jour :



III.2. Présentation de SEAAL :

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL), est une Société Publique par actions, détenue à **70%** par l'Algérienne des Eaux (ADE) et à **30%** par l'Office National de l'assainissement (ONA).

La principale mission de SEAAL est de produire et de desservir en Eau potable les wilayas d'Alger et de Tipasa, et de collecter et traiter les Eaux usées au niveau de ces deux périmètres. Elle dessert ainsi **3.8 millions** d'habitants soit environ **10%** de la population Nationale.

SEAAL assure le service auprès de **680.000** clients (ménages, administrations, commerces, industriels et sites touristiques) et le nombre de ses salariés s'élève à **6 202**.

SEAAL est née en **2006** de la volonté politique des Autorités Algériennes d'améliorer rapidement la qualité et le cadre de vie des citoyens, en particulier dans la Capitale.

III.2.1. Production :

Notre première mission, capter l'eau dans son milieu naturel, la traiter et la stocker en veillant en continu à sa qualité.

Notre challenge est de préserver les ressources en eau et d'assurer leur disponibilité pour les générations actuelles et futures. Pour ce faire, l'Etat et SEAAL œuvrent au quotidien à la sécurisation des capacités de production et de transfert et à la gestion à long terme des ressources.

SEAAL gère, sur le périmètre de la wilaya d'Alger, **2** usines de traitement d'eau superficielle (**670.000 m³/j**), 4 stations de dessalement type « monobloc », **263** forages et **88** stations de pompage.

III.2.2. Distribution :

Exploiter, entretenir et moderniser **6 455** km de réseaux de distribution jusqu'aux robinets de nos clients, mais également leur apporter une écoute de chaque instant et un service d'une qualité irréprochable.

SEAAL gère, sur le périmètre de la wilaya d'Alger, plus de **4600** km de réseau et **268** ouvrages de stockage.

III.2.3. Assainissement :

Collecter puis dépolluer les eaux usées, mais aussi améliorer sans cesse la qualité des eaux de baignade et préserver la biodiversité : une mission essentielle pour laquelle nous œuvrons au quotidien.

SEAAL gère, sur le périmètre de la wilaya d'Alger, plus de 3 300 km de réseau de collecte dont 140 km visitables, 43 postes de relèvement et 4 stations d'épuration d'une capacité globale de **1.565.000 EH**.

III.2.4. Nos stations d'épuration :

SEAAL gère sur les périmètres des wilayas d'Alger et de Tipasa, sept stations d'épuration :

*STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE BARAKI
STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE BENI MESSOUS
STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE RÉGHAIA
STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE STAOUÉL*

SUR TIPASA :

- 1. STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE HADJOUT*
- 2. STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE CHENOUA*
- 3. STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE KOLÉA*

III.3. La station d'épuration de Réghaia :

La station d'épuration de Réghaia a pour but d'épuration des effluents domestiques et industriels issue des différentes communes raccordées et différents activités industrielles, indiqué dans le tableau *IV.1* ; annexe *N°1*. L'activité industrielle génère des effluents aqueux chargés en éléments métalliques toxiques à des concentrations variables, et rejetés quelquefois sans traitement. Ainsi, la pollution des eaux par les métaux lourds suscite actuellement une grande inquiétude quant à la qualité de l'eau et de l'environnement. Notre travail consiste à étudier la performance de la STEP à éliminer la pollution carbonée, azotée, phosphatée ainsi que la capacité d'élimination des ETM aux niveaux des eaux traitées. Et évaluer leurs concentration dans les boues générées.

III.3.1. Localisation de la STEP :



Figure N° II.1. La localisation de la station d'épurations de Réghaia.

La station d'épuration de Réghaia située environ **35 km** au sud d'Alger, elle est limitée Au Nord par Lac de Réghaia ; Au Sud par un terrain agricole et la route nationale **RN24**, Réghaia ; A l'Est par une zone d'habitation (Cité Djafer Chebcheb) et A l'Ouest par une zone d'habitation (Cité H'raoua).

Les coordonnées géographiques de la station :

- Altitude moyenne : **16 m** ;
- Latitude: **36°45'31.7'' Nord** ;
- Longitude : **3°20'16.3'' Est**.

III.3.2. Principe de fonctionnement :

La station d'épuration de Réghaia a été construite en deux (02) parties, la première relative au traitement primaire réalisée par le DEGEMET et mise en service en **1997** et la seconde partie a complété le traitement par une filière biologique et un traitement tertiaire, mise en service en **2008** pour traiter un débit moyen de **80 000 m³/j**. La station d'épuration de Réghaia est de type boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une déphosphatation simultanée par injection du chlorure ferrique, prévue pour **400 000** équivalents habitants.



Figure N° II. 2 : Vue générale de la station d'épuration de Réghaia.

III.3.3. Alimentation et qualité des eaux usées brutes :

La station d'épuration de Réghaia traite les eaux usées urbaines et industrielles générées par les communes données dans le tableau N° II.1.

Tableau N° II.1 : Les communes qui alimentent la STEP de Réghaia.

Commune	Nature du réseau
<i>Rouïba</i>	<i>Unitaire</i>
<i>Réghaia</i>	<i>Unitaire</i>
<i>Heuraoua</i>	<i>Unitaire</i>
<i>Bordj el kiffan</i>	<i>Unitaire</i>
<i>Bordj el Bahri</i>	<i>Unitaire</i>
<i>Ain-taya</i>	<i>Unitaire</i>
<i>El marsa</i>	<i>Unitaire</i>

III.3.4. Réseau de collecte (assainissement) :

Un réseau de collecte est composé :

D'un réseau de canalisations et accessoires hydrauliques

postes de relèvement

Branchements

éventuellement de siphons sous rivière, de déversoirs d'orage (pour les réseaux unitaires) de bassins tampons (pour les réseaux unitaires).

Ces eaux sont acheminées à la station par trois (03) postes de relevages

Poste de relevage Heuraouia **PR 74** ;

Poste de relevage DNC **PR 75** ;

Poste de relevage Chebcheb 1 et 2 **PR 88**.

Le réseau d'acheminement des eaux usées est de type unitaire acheminent les eaux usées urbaines et industrielles vers l'entrée de la station. (**Annexe N° 2**)

III.4. Capacité de la Station d'épuration :

III.4.1. Débit à traiter :

Le tableau ci-dessous résulte la quantité des eaux usées arrivant à la station.

Tableau N°II.2 : Caractéristiques des débits entrant à la STEP.

Débit moyen journalier	80 000 m³/j
Débit moyen horaire	3 333 m³/h
Débit de pointe de temps sec	5 022 m³/h
Débit de pointe de temps de pluie	8 118 m³/h

III.4.2. Pollution à traiter:

La station d'épuration de la ville de Réghaia permet de traiter la pollution de **400.000** Equivalents Habitants, avec un quotidien de :

- MES** : La matière en suspension (**249.52 mg/l**) soit **19 960 kg/jour** ;
- DBO5** : La demande biologique en oxygène (**197.52 mg/l**) soit **15 800 kg/jour** ;
- DCO** : La demande chimique en oxygène (**357.03 mg/l**) soit **28 560 kg/jour** ;
- NGL** : L'Azote (**24.50 mg/l**) soit **1 960 kg/jour** ;
- PT** : Le phosphore (**6.75 mg/l**) soit **540 kg /jour**.

III.5. Description des installations :

Au niveau de la STEP de Réghaia, le traitement porte sur deux filières, à savoir la filière eau et filière boues.

La station est équipée également d'un laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau permettant d'évaluer les performances épuratoires de la STEP.



Filière Eau :

1. Entrée / Bassin d'orage
2. Prétraitement
3. Décantation primaire (deux décanteurs)
4. Bassin biologiques (deux bassins d'aération)
5. Clarification (trois clarificateurs)
6. Filtration (six filtres)

Filière boues :

7. Épaississement (deux épaisseurs)
8. Stockage des boues (deux bâches)
9. Déshydratation (04 centrifugeuses)
10. Aires de stockage des boues déshydratées

FIGURE II.3 Description et installation de la STEP

Schéma général de la station de réghaia :

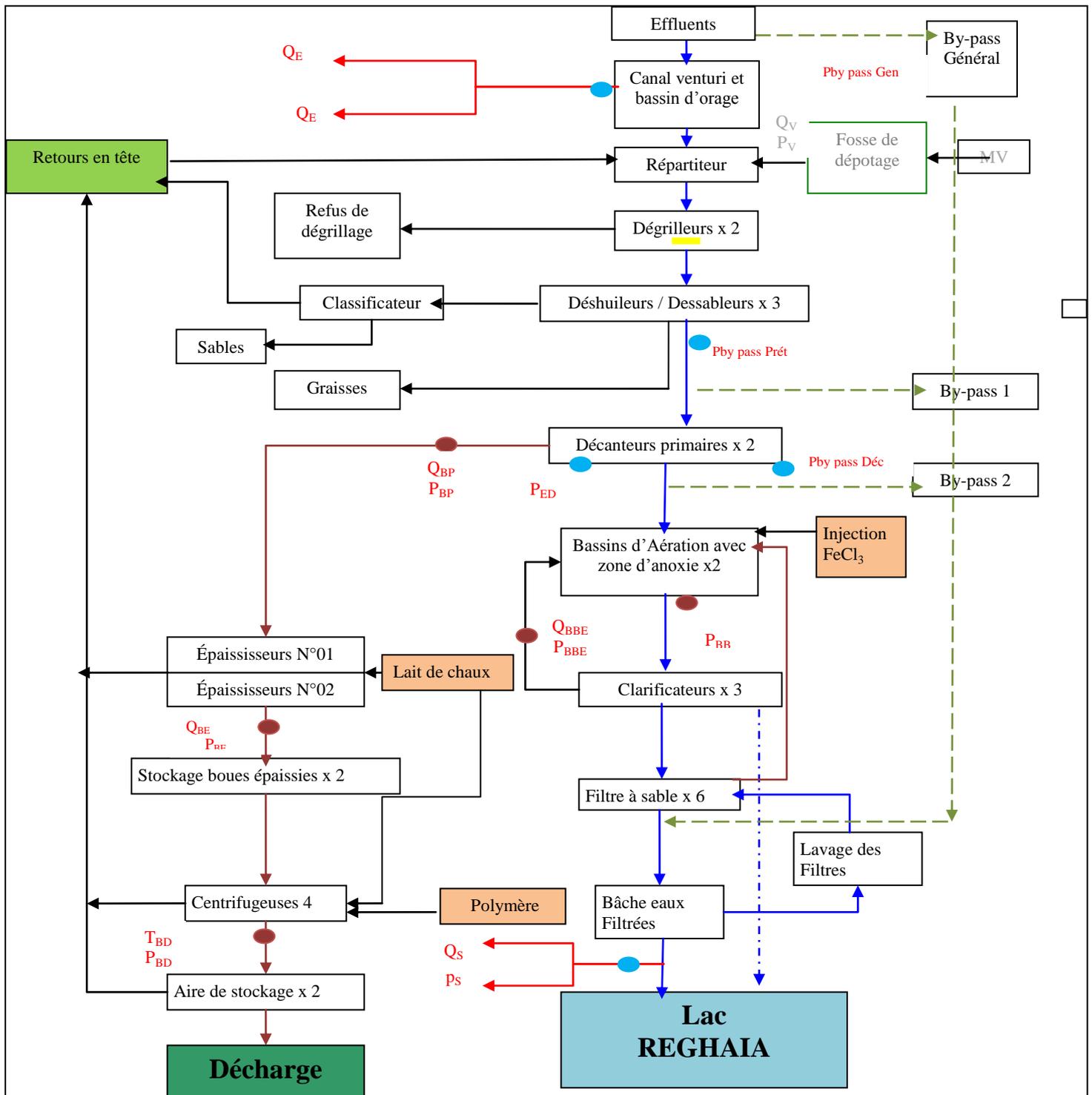


FIGURE II.4 Schéma générale de la STEP

III.6 Filière eau

Les eaux usées sont acheminées de la tête de station vers le canal venturi pour quantifier le volume journalier. Le comptage du débit se fait par mesure de hauteur d'eaux par deux sondes ultrasons en amont de deux canaux venturisés.

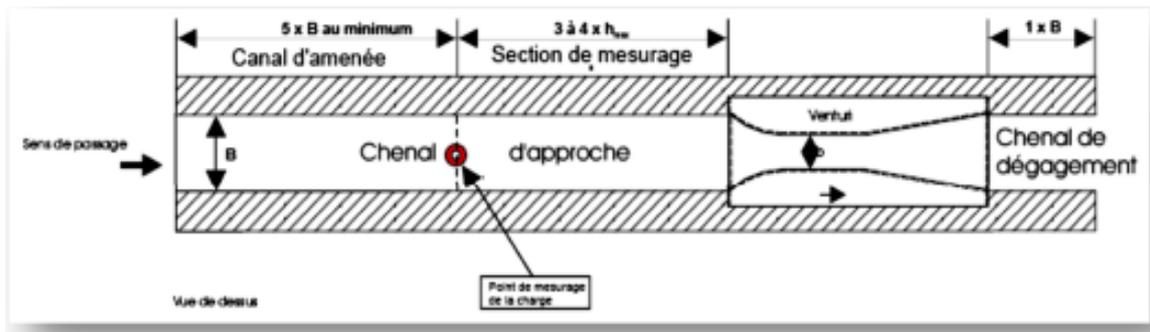


Figure N° II.5: Schéma du canal venturi (l'ouvrage de comptage).

Tableau N°II.3 : Les données de l'ouvrage de comptage.

Caractéristiques	Description
Debit maximum	9 360 m ³ /h
Nombre de canaux	2
Hauteur max	2.05m
Longueur des canaux	17.4m
Largeur d'un canal	1.25 m
Hauteur d'eau max	0.9 m

Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle –ci qui déverse le surplus du débit admissible. La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de $3\,333\text{ m}^3/\text{h}$. Le bassin d'orage de $4\,000\text{ m}^3$ est équipé de deux pompes submersibles ($180\text{ m}^3/\text{h}$) et quatre agitateurs et un déversoir vers le canal de BY-PASS en cas de trop plein. (Voir figure N°II.6)



Figure N° II.6 : Le déversoir d'orage

III.6.1. La chaîne de traitement :

Le traitement de la filière eau passe par les étapes suivantes :

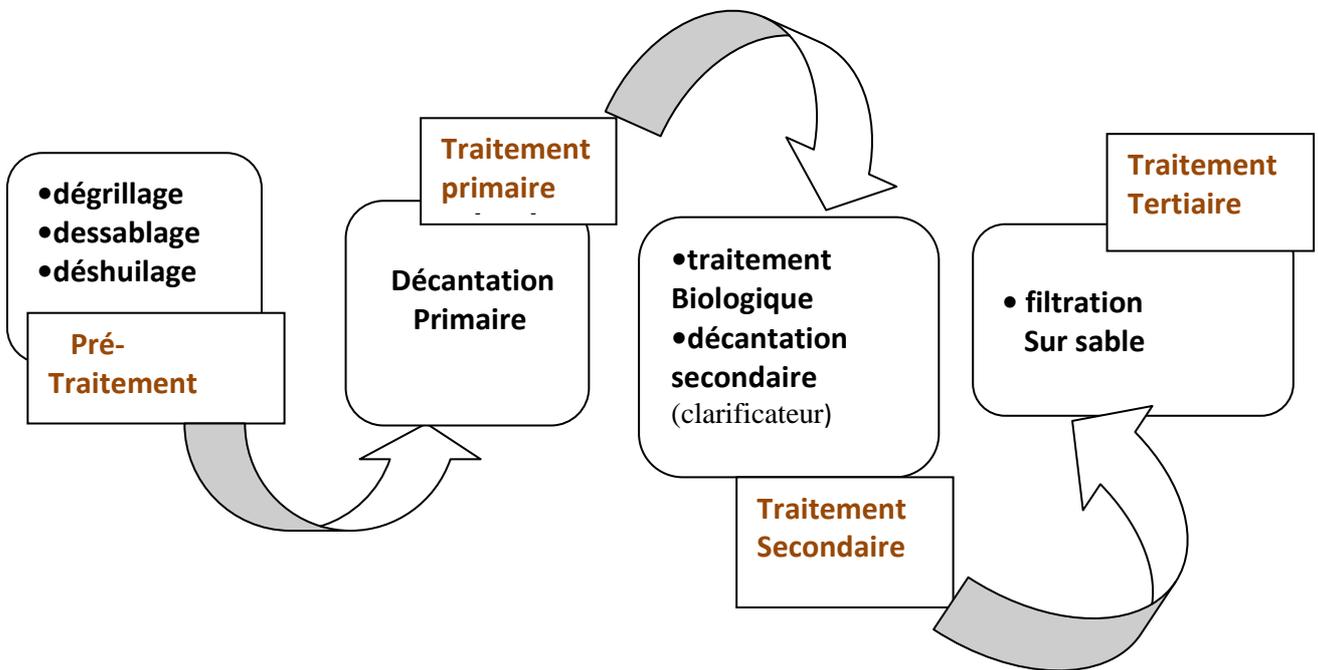


Figure N° II.7 : Les étapes de traitement des eaux de la station.

III.6.1.1 Les prétraitements :

III.6.1.1.1. Dégrillage :

Un dégrillage grossier a été déjà assuré dans les stations de relevage. Deux dégrilleurs automatiques sont montés dans les canaux, chacun est composé d'une grille courbée en acier galvanisé à nettoyage automatique par un peigne rotatif diamétral. Un contacteur à flotteur monté en amont enclenche le nettoyage du champ de grille. Les caractéristiques du dégrilleur automatique sont données dans le tableau N°II.4

Tableau N°II.4 : Caractéristiques de dégrilleur automatique.

<i>dégrilleur automatique</i>	
<i>Nombre d'unité</i>	<i>02</i>
<i>Espace entre barreaux</i>	<i>20 mm</i>
<i>Profondeur</i>	<i>1.5 m</i>
<i>Largeur</i>	<i>1m</i>



Figure N° II.8: Le dégrilleur automatique.

En cas d'arrêt des dégrilleurs, les eaux sont dirigées vers un dégrilleur manuel de secours à champ plat dont les caractéristiques sont données dans le tableau N°II.5. Les refus sont envoyés vers une benne de stockage au moyen d'un tapis roulant.

Tableau N°II.5 : Caractéristiques de dégrilleur manuel.

<i>Dégrilleur manuel</i>	
<i>Nombre d'unité</i>	<i>01</i>
<i>Profondeur</i>	<i>1.5 m</i>
<i>Largeur</i>	<i>1m</i>
<i>Espace entre barreaux</i>	<i>30 mm</i>

III.6.1.1.2. Dessableur – dégraisseur (déshuileur) :

Après l'élimination des déchets solides, les effluents sont ensuite admis dans trois ouvrages pour subir une élimination combinée des graisses par flottation et des sables par sédimentation. Ces ouvrages sont de type longitudinal à deux compartiments. Le sable décante dans la partie inférieure des canaux. Le mélange eau / sable est relevé au moyen d'air

lift et est envoyé vers une goulotte. L'extraction du sable se fait soit par une vis d'Archimède soit par un classificateur à sable. Dans le dernier tiers en aval, chaque canal est équipé de trois aérateurs mécaniques immergés, produisant des micros-bulles d'air particulièrement favorables à la flottation des graisses. Ces derniers sont poussés par des racleurs vers une goulotte de récupération puis dans une fosse de stockage. Les caractéristiques du dessableur sont représentées dans le tableau N°II.6

Tableau N°II.6 : Caractéristiques de dessableur.

<i>Dessableur – déshuileur</i>	
<i>Nombre de canaux</i>	<i>3</i>
<i>Largeur</i>	<i>4m</i>
<i>Longueur</i>	<i>28m</i>
<i>Profondeur</i>	<i>3.6m</i>
<i>Suppresseurs d'air</i>	<i>3 x 540 m3/h, pression de 0.3 bar (2+1 de secours)</i>
<i>Air lift</i>	<i>3 X 55m3/h</i>
<i>Charge hydraulique au débit moyen 24h</i>	<i>9.9m3/m2/h</i>
<i>Temps de séjour au débit moyen 24h</i>	<i>12 mn</i>



Figure N°II.9 : Le dessableur / déshuileur.

III.6.1.2. Traitement primaire (décantations primaire):

A la sortie de l'ouvrage de dessablage-dégraissage, les effluents prétraités sont dirigés vers deux décanteurs primaires dont les caractéristiques sont mentionnées dans le tableau N°II.7, l'alimentation du décanteur circulaire se fait en partie centrale. Une jupe de répartition assure une équi-répartition du volume sur l'ensemble de surface. Elle consiste à éliminer la matière en suspension qui décante au fond du bassin, constituant les boues primaires. Ces dernières sont récupérées ensuite par raclage du fond du bassin puis acheminées vers la filière boues par deux pompes d'une capacité de $150\text{ m}^3/\text{h}$.

Cette étape assure un rendement d'élimination de **60%** en *MES*, **30%** en *DCO* et *DBO* et **12% de phosphates**

Tableau N°II.7: Caractéristiques de décanteur primaire

<i>Décanteurs primaire</i>	
<i>Nombre d'unité</i>	<i>02</i>
<i>diamètre intérieur</i>	<i>42m</i>
<i>hauteur d'eau cylindrique</i>	<i>2.6m</i>
<i>profondeur d'eau au centre de l'ouvrage</i>	<i>5.22m</i>
<i>surface utile</i>	<i>1385m²</i>
<i>volume de l'ouvrage</i>	<i>4259 m³</i>
<i>Vitesse ascensionnelle au débit moyen :</i>	<i>1.20m/h</i>
<i>Temps de séjour au débit moyen</i>	<i>2.56 h</i>



Figure N° II.10 : Le décanteur primaire.

III.6.1.3. Traitement secondaire :

Le traitement secondaire comprend deux phases: le traitement biologique et la clarification qui permettent l'élimination de la matière dissoute dans l'eau (minérale et organique) et le dégazage de l'azote.

III.6.1.3.1. Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées dépend des activités biologiques comprenant les procédés de boues activées qui ont lieu dans deux (02) bassins d'aération dans lesquels circule la liqueur mixte. L'aération et le brassage sont assurés par des turbines de surface à axe vertical et à vitesse lente (aérateurs de surface). Les bactéries présentes dans les eaux usées jouent un rôle dans la dégradation de la matière polluante dissoute dans l'eau. Pour accélérer cette opération, on doit créer les conditions de vie convenables pour leur prolifération. au niveau de chaque bassin d'aération dans des conditions aérobie par des microorganismes autotrophes, faite la nitrification d'azote ; cette dernière est faite par l'oxydation de l'ammoniaque (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-).

La nitrification se fait selon la réaction suivante :



Le tableau N° IV englobe les caractéristiques des bassins biologiques. Chaque bassin est équipé par trois (03) aérateurs de surface avec un Diamètre de la turbine de **2 900 mm** ; Capacité d'oxygénation **207 kg d'O₂/h** ; Capacité standard d'aération **2,2 kg d'O₂ /kWh** et une Puissance d'aérateur de **110 kW/h**.

Tableau N°II.8: Caractéristiques de bassins biologiques.

<i>Bassin d'aération</i>	
<i>Nombre d'ouvrage</i>	<i>02</i>
<i>Longueur</i>	<i>46.3 m</i>
<i>Largeur</i>	<i>46.3 m</i>
<i>Hauteur d'eau</i>	<i>5.86 m</i>
<i>Revanche</i>	<i>0.70 m</i>
<i>Retour des voiles</i>	<i>6.65m</i>
<i>Age de boues</i>	<i>9.1 jours</i>
<i>Volume réservé pour la dénitrification</i>	<i>25 %</i>
<i>Volume de chaque bassin</i>	<i>11866 m³</i>

La dénitrification est le processus dans lequel des bactéries hétérotrophes réduisent l'azote nitrique en azotes gazeux et cela en phase d'anoxie. En absence d'oxygène dans une partie du bassin d'aération dite « zone d'anoxie » et en présence de nitrates, d'autres micro-organismes se développent, appelés « bactéries dénitrifiantes » qui servent à la dégradation des charges azotées et à la production d'azote gazeux.



Pour traiter la charge azotée, la liqueur mixte doit être recirculée vers le bassin d'anoxie directement à partir du bassin d'aération. Un agitateur submersible fonctionne en continu pour éviter tout dépôt de boues dans le fond du bassin. Le tableau N°II.9 récapitule les caractéristiques du bassin d'anoxie.

Tableau N°II.9: Caractéristiques de bassin d'anoxie.

<i>Bassin d'anoxie (carrée)</i>	
<i>Nombre de bassin</i>	<i>02</i>
<i>Volume du bassin d'anoxie :</i>	<i>4445 m³</i>
<i>Pompe de recirculation interne</i>	<i>1667 m³/h</i>
<i>Agitateur submersible de la zone d'anoxie de chaque bassin</i>	
<i>Vitesse du moteur</i>	<i>1500 tr/mn</i>
<i>Vitesse de l'hélice</i>	<i>244 tr/mn</i>
<i>Puissance de l'agitateur :</i>	<i>10kw</i>



Figure N°II.11 : Le bassin biologique.

La dephosphatation chimique consiste à ajouter du chlorure ferrique dans la solution phosphorée pour faire précipiter un sel de phosphore très insoluble qui est ensuite séparé de la phase liquide. Les pompes doseuses injectent le réactif en sortie du bassin d'aération pour un meilleur mélange à raison d'une pompe par bassin. Le dosage des réactifs dépend des caractéristiques de l'effluent à traiter (pH, concentration en phosphore, dureté de l'eau...). Trois (03) pompes doseuses d'un débit de 350 l/h (2 en marche+1 en secours) sont utilisées et une pompe de transfert d'un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ est utilisée pour le remplissage de la cuve de stockage d'une capacité de 25 m^3 . Le bassin de rétention de la cuve de stockage du FeCl_3 possède les dimensions suivantes : $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$.

III.6.1.3.2. Décanteur secondaire (Clarificateur) :

Le clarificateur est un ouvrage circulaire de base cylindro-conique, il assure la séparation de phases boues / eau traitées après le traitement biologique d'une part et la concentration des boues en vue de leur recirculation / extraction d'autre part. Les eaux clarifiées sont reprises dans une double goulotte en partie supérieure pour être rejetées dans le milieu récepteur ou envoyées vers les filtres à sable pour le traitement tertiaire. Les données concernant le clarificateur sont représentées dans le tableau **N° II.10**.

Tableau N°II.10 : Caractéristiques de clarificateur.

Décanteur secondaire	
Nombre d'ouvrage	03
Volume unitaire approximatif	9200 m³
Hauteur d'eau à 9.7 m de la périphérie	3.8m
Diamètre de la jupe de tranquillisation	9.2m
Longueur totale de débordement	346 m
Débit de surverse au débit de pointe	5.1m³/h
Vitesse ascensionnelle	1.05m/h avec un décanteur à l'arrêt
Diamètre des décanteurs	58m
Surface unitaire	2640 m²
Extraction des boues secondaires	2 pompes de 100m³/h,
Recirculation des boues secondaires	3 pompes de 2222 m³/h



Figure N° II.12 : Le Clarificateur.

III.6.1.4. Traitement tertiaire (filtration sur sable) :

Les eaux traitées biologiquement et ayant subi la décantation secondaire subissent une filtration sur sable afin de réduire la contamination microbiologique et notamment les œufs d'Helminthes. L'admission de l'eau sur chaque filtre se fera par l'intermédiaire d'une vanne murale de dimensions **500 X 500 mm** à commande électrique. Après le passage de la vanne, l'eau se déversera dans les filtres. Les déversoirs ont pour but d'assurer une répartition régulière sur chaque filtre. Les filtres sont de type WABAG et ont les dimensions suivantes mentionnées dans le tableau N° **II. 11**.

Tableau N°II.11: Caractéristiques des filtres à sables.

<i>Filtre à sable</i>	
<i>Nombre de filtres</i>	<i>06</i>
<i>Longueur d'un filtre</i>	<i>13 m</i>
<i>Largeur</i>	<i>6.5 m</i>
<i>Vitesse maximale de filtration</i>	<i>10 m/h</i>
<i>Taille effective de sable (granulométrie)</i>	<i>0.95mm</i>
<i>Les buses</i>	<i>largeur de fente 0,4 mm</i>
<i>Hauteur du matériel filtrant</i>	<i>1,5 m</i>
<i>Hauteur de l'eau au-dessus du filtre</i>	<i>2m</i>
<i>Pompes de relevages des eaux épurées</i>	<i>04 X 1850 m³ / h</i>



Figure N°II.13 : Le filtre à sable.

III.7. Filière boue :

Le traitement de la boue passe par les étapes suivantes :

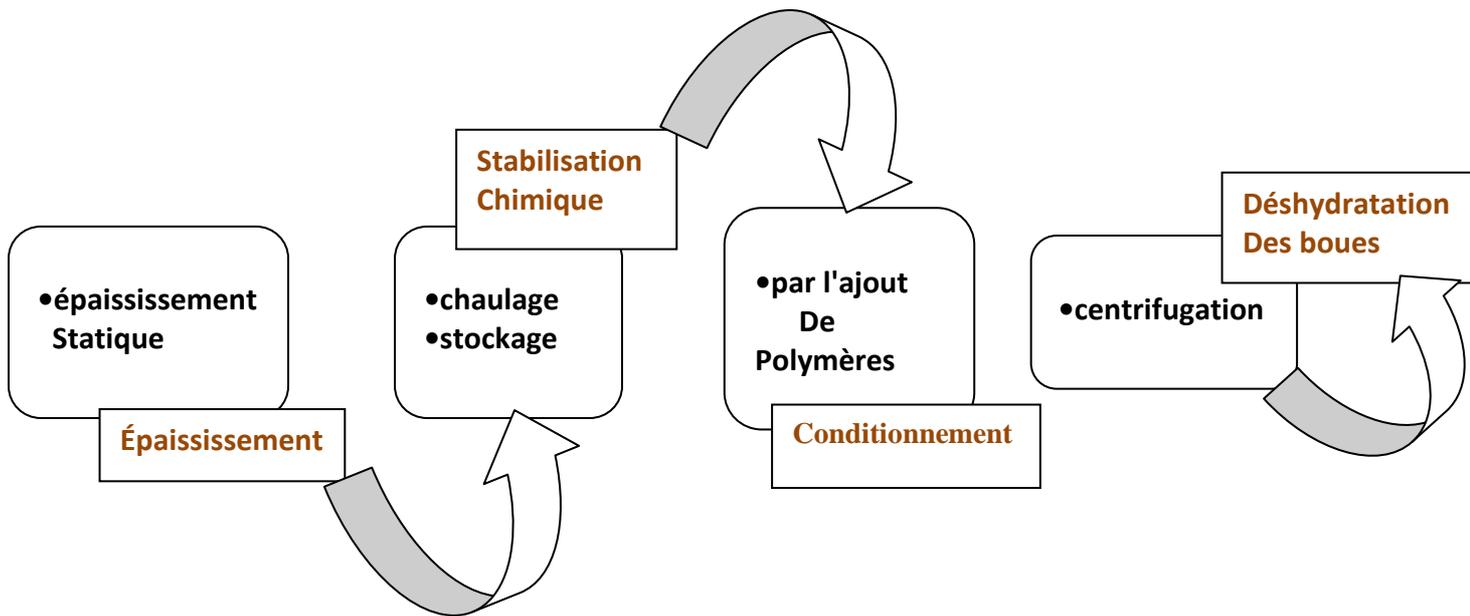


Figure N° II.14 : Les étapes de traitement des boues.

Le traitement des boues vise deux principaux objectifs, la réduction de volume et du pouvoir fermentescible, il existe différents filières mais l'objectif reste le même.

III.7.1. Épaississement des boues :

L'épaississement consiste à réduire le volume de boues et l'augmentation de leur concentration par gravité. Les boues alimentent l'ouvrage au centre et se précipitent au fond de l'ouvrage sous l'effet de la gravité, tandis que le surnageant récupéré au niveau de la goulotte rejoint le poste toutes eaux (récupéré les eaux et pomper vers la tête de la station). Il existe deux (02) épauississeurs de forme circulaire ayant les dimensions données dans le tableau N° II.12.

Tableau N°II.12 : Caractéristiques des épaisseurs.

Épaisseur	
Nombre d'ouvrage	02
Diamètre intérieur	18m
Hauteur d'eaux cylindrique	3.5m
Pente du radier	15%
Diamètre d'alimentation central	1.4 m
Surface utile d'un épaisseur	216 m²
Volume	1000 m³
pompes de boues épaissies	2 x 28 m³/h

Pour les boues primaires, il faut alimenter l'épaisseur fermé à une concentration la plus faible possible et en continu. La limite maximale de concentration ne doit pas dépasser 5 g/L car elles sont très fermentescibles et peuvent commencer à fermenter dans le décanteur primaires.

L'épaisseur ouvert dédié aux boues biologiques est alimenté régulièrement à l'aide d'une matrice horaire paramétrée via la supervision. Les boues épaissies au fond de l'ouvrage sont menées vers les bassins de stockage.

III.7.2. Stabilisation chimique des boues (chaulage) :

Le chaulage consiste à amener et maintenir un pH supérieur à 12. Le pouvoir fermentescible de la boue peut être diminué, au moins temporairement par l'adjonction de la chaux. Cette opération permet une inactivation des germes pathogènes. Le lait de chaux est transporté vers les jupes de tranquillisation des deux épaisseurs par deux conduites en polyéthylène haute densité (PEHD). Trois pompes doseuses dont une de secours assurent le dosage voulu. L'injection du lait de chaux dans les centrifugeuses est possible, selon le choix de l'opérateur. Cette opération est assurée par quatre pompes doseuses.



Figure N° II.15 : Le Silo à chaux.



Figure N° II.16 : La Cuve de préparation.

La station de préparation et du dosage de la chaux est constituée de :

un silo à chaux de volume de 80 m^3 , à fond conique de 60° et 3 m de diamètre, équipé d'une vis de dosage de chaux, un convoyeur de chaux, un détecteur anti-bourrage et un injecteur de chaux dans la cuve de préparation

Bac de préparation d'une capacité de 3 m^3 avec un agitateur mélangeur, une électrovanne d'eau, un contrôleur de niveau et un débitmètre.

03 pompes de dosages d'un débit max de 300 l/h , chaque pompe est munie d'un variateur de fréquence.

04 pompes de dosage d'un débit variant entre 100 et 700 l/h (injection dans les 4 centrifugeuses).

III.7.3. Stockage des boues :

Les boues mixtes peuvent être stockées avant leur envoi vers la centrifugation. Le stockage a pour but d'homogénéiser les deux types de boues produites au niveau de la STEP et ce par une agitation continue. Les bâches de stockages sont deux et leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°II.13 : Caractéristiques des bâches de stockages.

<i>bâche de stockage</i>	
<i>nombre de bâches</i>	<i>02</i>
<i>Longueur</i>	<i>9.3 m</i>
<i>Largeur</i>	<i>9.3 m</i>
<i>Profondeur</i>	<i>5.1 m</i>
<i>Volume</i>	<i>441 m³</i>
<i>Un agitateur</i>	<i>434 tr/min</i>
<i>Puissance de l'agitateur</i>	<i>6.5 Kw</i>
<i>pompes d'alimentation</i>	<i>03 X 23.2 m³/h</i>
<i>Pompe d'extraction ver la centrifugation</i>	<i>04 X15 à 50 m³/ h</i>



Figure N°II.17 : Les bâches de stockages.

III.7.4. Conditionnement par l'ajout de polymère :

Afin de rendre possible la déshydratation des boues, l'ajout du polymère est indispensable pour leur floculation à l'intérieur des centrifugeuses. Le dispositif de préparation est constitué de trois cuves dont la première sert à dissoudre le polymère, la deuxième dite « cuve de maturation » dans laquelle le produit doit être agité sans cesse pour parfaire sa dissolution ensuite le stockage dans une troisième cuve appelée « cuve de soutirage ».avec :

- un bac de préparation du polymère en poudre de 5 m³.
- 04 pompes d'injection de polymère dans les centrifugeuses de débit max de 1500 l/h.

III.7.5. Déshydratation des boues par centrifugation :

Les centrifugeuses dont les caractéristiques sont données dans le tableau N°II.14 sont alimentées à partir des bâches de stockages.

Tableau N°II.14: Caractéristiques de centrifugeuse.

<i>Centrifugeuse</i>	
<i>Nombre de pompes d'alimentation</i>	<i>0</i>
<i>débit des pompes</i>	<i>entre (5 et 50m³/h)</i>
<i>Flux massique unitaire</i>	<i>633</i>
<i>Densité maximale admise</i>	<i>1.02</i>
<i>débit de fonctionnement ma</i>	<i>22</i>
<i>Le</i>	
<i>Diamètre intérieure</i>	<i>430</i>
<i>Longueur totale</i>	<i>20121</i>
<i>Vitesse nominale</i>	<i>3000</i>
<i>Vitesse maximale</i>	<i>3600</i>
<i>Angle de la partie conique</i>	<i>11</i>
<i>Surface (bol conique exclu)</i>	<i>5796</i>
<i>Volume (bol conique exclu)</i>	<i>482</i>

Les boues déshydratées sont envoyées vers deux (02) aires de stockage d'une capacité de $1000 m^2$



Figure N° II.18 : La centrifugeuse, les boues déshydratée et aires de stockages.

La station consiste aussi un poste toutes eaux permis de récupérer et évacuer les eaux chargées acheminées par gravité vers la fosse issues du prétraitement, surverse des de epaississeurs, centrât de la déshydratation, les écumes des fosses des trois clarificateurs et les eaux usées venant du bâtiment d'exploitation. et un pont bascule d'une capacité max de **60T** pour peser le sable, boues déshydrates évacuées (vers la valorisation, l'élimination) et réactifs chimique livres (polymères, chaux...etc.)

IV.1. Echantillonnage automatique des eaux :

L'échantillonneur automatique permet de prélever automatiquement des échantillons représentatifs commandés par un programme prédéfini asservi au temps ou au débit dans une enceinte réfrigérée à l'abri de la lumière. Le volume prélevé par l'échantillonneur est calculé par la relation suivante :

$$V_p = V_F \times (Q_F / Q)$$

Q_F = Volume d'entrée pendant la tranche horaire du prélèvement dans le même flacon ;

Q = Volume total d'entrée ;

V_F = Volume du flacon (prélèvement) ;

V_p = Volume à prélever.

Dans la STEP de Réghaia, il existe deux échantillonneurs de marque

LANGE /BUHLER (entrée + sortie).

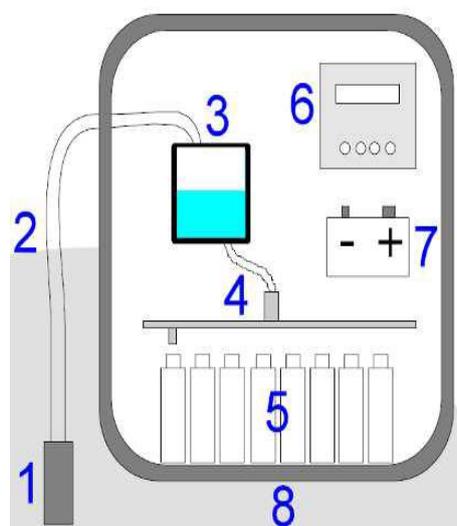


Figure N°III.1 : Echantillonneur automatique.

Il comporte un boîtier en acier inoxydable à double paroi avec deux portes, un bloc réfrigérant pour la régulation de la température à (+4 °C), commande à microprocesseur, clavier étanche pour la programmation, écran LCD et un tuyau d'alimentation et d'écoulement connecte au bol doseur.

- *Dimensions* : 1.29 X 0.69 X 0.645 m.

- *Capacité de 12 Flacons X 2.9 L.*



- 1) Crépine
- 2) Pompage
- 3) Répartiteur
- 4) Tuyau d'aspiration
- 5) Flacons
- 6) Programmation
- 7) Alimentation électrique
- 8) Caisson

Figure N°III.2 : Schéma de l'échantillonneur automatique.

En cas d'absence ou de panne de préleveurs automatiques, un opérateur désigné effectue les prélèvements selon le planning. Chaque deux heures, il prélève 1L d'échantillon à chaque tape du traitement (eau brute, eau traitée). Ces prélèvements sont transmis au laboratoire pour la reconstitution d'un mélange moyen.

IV.2. Méthodes D'analyse : Les caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes et épurées ont été effectuées au niveau de laboratoire d'analyse de la station d'épuration de Réghaia, les paramètres physicochimiques ont été analysés selon les protocoles ISO, NFT et la norme algérienne NA.

Le Tableau N° III.1 résume les paramètres et les principes des méthodes utilisées.

Paramètre	Principe de la méthode	Références
Ph	Mesure directe avec PH-mètre	NA.751/1990
Température	Mesure directe avec thermométrie	NA.749
Conductivité	Mesure directe avec conductivité-mètre	NA.749
DCO	Méthode de KIT Hach LCK144/314	HACHLANGE
DBO ₅	DBO ₅ mètre (HACH)	BODTTraKHACH
NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻ , PT	Dosage par la méthode KIT HACH	HACHLANGE
MES	Filtration et séchage à 105 ° C	NF T90-105-2/ISO11923
MVS	Calcination 550 ° C	/

IV.2.1. Mesure électro-métrique du pH :

IV.2.1.1. Appareillage:

PH-mètre utilisé : Sen SION (Hach) doté d'une électrode au platine combinée avec une Sonde de température.

IV.2.1.2. Réactifs :

Les solutions étalons utilisés sont des solutions prêtes à l'emploi.

- Solution étalon pH 4,01 à 25°C ;
- Solution étalon pH 7,00 à 25°C ;

- Solution étalon pH 10,00 à 25°C ;
- Solution KCl de concentration à 3 mol/l.

IV.2.1.3. Mode opératoire :

La mesure de pH est effectuée au moment du prélèvement à l'aide d'un pH-mètre.

Avant l'utilisation, il faut étalonner l'appareil avec des solutions tampons. Le pH est mesuré par prélèvement d'un volume quelconque de l'échantillon après agitation, on plonge l'électrode de pH-mètre dans la solution. La lecture est faite après stabilisation de la valeur de pH.

Après chaque mesure de pH, l'électrode est retirée puis rincée à l'eau distillée et placée dans la solution de conservation KCl.

IV.2.2. Mesure de la conductivité électrique :

IV.2.2.1. Appareillage :

L'appareil utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 équipé d'une sonde de mesure de température.

IV.2.2.2. Réactifs :

- Solution de chlorure de potassium à 0.01 mol/l est de 1413 S/cm ;

IV.2.2.3. Mode opératoire :

Après la vérification de l'appareil qui se fait quotidiennement avec une solution de chlorure de potassium à 0.01 mol/l et de 1413 μ S/cm.

La cellule de conductimètre rincée avec l'eau distillée est plongée dans la solution à analyser et la valeur de la conductivité est affichée sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro Siemens par Centimètre (μ S/cm) ou bien milli Siemens par centimètre (mS/cm).

IV.2.3. Détermination des matières en suspension :**IV.2.3.1. Appareillage :**

- Centrifugeuse ;
- Etuve : Température maintenue à 105°C ;
- Balance analytique : précision 0,100 mg ;
- Dessiccateur ;
- Equipement de filtration sous vide.

IV.2.3.2. Méthodes : Dosage des matières en suspension soit par :

- Centrifugation et séchage à 105 °C;
- Filtration sur filtre en fibres de verre et séchage à 105 °C.

A). Méthode par centrifugation :

Elle s'applique lorsque la méthode par filtration sur fibres de verre ne peut être utilisée pour les raisons suivantes :

- Colmatage des filtres,
- Teneurs en matières en suspension dans l'échantillon élevées,
- Si la durée de filtration est supérieure à environ 30 min.

b). Méthode par filtration sur fibres de verre :

elle s'applique lorsque la teneur en matières en suspension dans l'échantillon est faible.

IV.2.3.3. Mode opératoire :

a. Méthode de filtration :

- Peser le filtre à 0,100 mg. Eviter soigneusement de contaminer le filtre. (masse M0).
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.
- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement dans une fiole jaugée.
- Verser l'échantillon dans l'entonnoir puis rincer la fiole jaugée avec un peu d'eau distillée et verser également dans l'entonnoir.
- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration.

Une fois l'échantillon filtré, rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates.
- Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à $(105 \pm 2^\circ\text{C})$ pendant au moins 2 h.
- Retirer le tout de l'étuve et le placer au dessiccateur environ 30 min puis le peser (masse M1).

b. Méthode par centrifugation :

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à température ambiante.

Homogénéiser le contenu du flacon en l'agitant.

Si cela est possible, introduire la totalité de l'échantillon dans le tube de la centrifugeuse et centrifuger à 4000 tr/min durant environ 20 min.

Eliminer alors la phase claire et recueillir le dépôt (pour récupérer le reste du dépôt, utiliser un minimum d'eau distillée). Le volume de cet échantillon doit être tel qu'il conduise à la pesée d'au moins 30 mg de matières en suspension.

- Si le volume d'échantillon nécessaire à la mesure excède la capacité du tube, opérer en plusieurs fois en récupérant à chaque fois le dépôt constitué jusqu'à avoir centrifugé le

volume requis.

- Sécher le creuset vide à 105 °C, le passer au dessiccateur puis le peser (masse m1).

- Mettre le dépôt dans le creuset, sécher le tout à 105 °C pendant 2 h.

Passer au dessiccateur et peser à 0,500 mg près. Recommencer les opérations de dessiccation et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas

0,500 mg.(masse m2).

La teneur en MES est calculée à partir de la formule suivante :

$$[\text{MES}] = \frac{(\text{M2} - \text{M1}) * 1000}{\text{V}_e} \quad (1)$$

[MES] : La concentration de MES en mg/l ;

V_e : Le volume en millilitre (ml) de la prise d'essai.

IV.2.4. Détermination des matières volatiles en suspension (MVS) :

IV.2.4.1. Appareillage :

- Four à moufle,

- Dessiccateur en verre,

- Balance analytique ; précision 0,100 mg.

IV.2.4.2. Mode opératoire :

L'analyse est effectuée après la détermination des MES des eaux ou les MS des boues.

A la fin de l'analyse des MES, on détermine la masse M1 en gramme (g) correspondant au poids de la capsule en porcelaine et des matières sèches qu'elle contient et on place ensuite la capsule en porcelaine dans un four à 550°C pendant 2 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur, la capsule ne contenant plus que les cendres est à nouveau pesée : M2 en g.

Le taux de MVS en % est donné par la formule :

$$\text{MVS en \%} = \frac{[(M1 - M2)]}{(M1 - M0)} \times 100 \quad (2)$$

M0 : la masse de capsule en porcelaine vide.

IV.2.5. Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO5

IV.2.5.1. Appareillage :

- DBO mètre BOD Trak (HACH) avec 6 flacons pour DBO contenant chacun un barreau Magnétique et une cupule.
- Incubateur.
- Entonnoir, éprouvette, etc.

IV.2.5.2. Réactifs:

- hydroxyde de Lithium (LiOH), Il est utilisé à raison de 0,4 g pour chaque cupule.
- Solution composée de 150 mg/l de glucose et de 150 mg/l d'acide glutamique, ou ampoule voluette étalon DBO (réf. n° 14866-10 Hach).
- tampon nutritif (réf. n° 14861-98 Hach).

IV.2.5.3. Mode opératoire :

La prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon, elle dépend de l'origine de l'échantillon industrielle ou urbain, de la couleur, de l'odeur et de la charge en MES.

Tableau N°III.2. Sélection de volume d'échantillon d'après la gamme de DBO₅.

V. Echantillon	Plage de mesure (mg / l)	Facteur
432	0 - 40	1
365	0 - 80	2
250	0 - 200	5
164	0 - 400	10
97	0 - 800	20
43.5	0 - 2000	50
22.7	0 - 4000	100

- Prendre une prise d'essai d'après la charge de l'échantillon.
- Mettre l'échantillon dans les flacons bien propres de l'appareil BODTrak contenant un agitateur magnétique.
- Placer la cupule contenant environ 0,4g d'hydroxyde de lithium dans le goulot de chaque flacon.
- Fermer les flacons avec des OXITOP et mettre les flacons dans l'enceinte et laisser agiter pendant 5 jours.

Pour une prise d'échantillon, le système de mesure OXITOP donne directement la teneur en oxygène (après 5 jours) qu'on multiplie par le facteur déterminé à partir du tableau.

DBO5 en mg d'O₂/l = lecture au bout des 5 jours facteur**IV.2.6. Détermination de la DCO par la méthode de KIT Hach LCK144/314**

Ce mode opératoire décrit la méthode de mesurer de la demande chimique en oxygène pour les deux gammes :

- 150 à 1000 mg O₂ /L (haute gamme : LCK 114)
- 15 à 150 mg O₂/L (basse gamme : LCK314).

IV.2.6.1. Appareillages :

- Spectrophotomètre (DR2800)
- thermostat LT200

IV.2.6.2. Mode opératoire :

·Prendre une cuve de gamme indiquée et ajouter un volume d'eau à analyser (dépend de la gamme choisie) et bien agiter afin de mélanger les dépôts décantées avec le reste de la solution dans la cuve DCO ;

·Le chauffage de la cuve à 148 ° C pendant 2 heures dans le thermostat LT200 est une étape essentielle qui permet aux substances oxydables de réagir avec le bichromate de potassium sulfurique en présence du catalyseur de sulfate d'argent ;

·Nettoyer la cuve puis l'insérer dans le spectrophotomètre (DR2800) à l'emplacement approprié ;

·Sélectionnez le mode à code barre sur le menu principal sur l'écran digital du DR2800, la valeur de la DCO est affichée en mg O₂/l qui est la concentration en masse d'oxygène consommée.

IV.2.7. Dosage des ammoniums ; nitrites ; nitrates ; azote total et le phosphate total par la méthode Kit Hach

IV.2.7.1. Appareillage :

- Spectrophotomètre DR 2800,
- Thermostat LT 200.

V.2.7.2. Mode opératoire :

Chaque analyse à un kit spécial et un protocole à suivre, le dosage se fait par le suivi des étapes indiquées dans le logigramme de chaque boîte (*Annexe N°3*).

Tous ces paramètres ayant deux gammes (haute gamme pour les eaux chargées et la base gamme pour les eaux claires (faiblement chargées). La lecture des résultats est faite sur le spectrophotomètre DR 2800 et les valeurs sont affichées en mg/l.

IV.3. Prélèvement des boues :

L'opérateur effectue des prélèvements selon le planning de prélèvement. Il prélève :

- Un mélange moyen de 500 ml de boues primaires chaque 2 h.
- Au moins 1 litre de boues activées par bassin (bassins d'aération 1 et 2).
- 500 ml de boues recirculées.
- 500 ml de boues épaissies par ouvrage (épaississeur 1 et 2).
- 500 ml de surverses de chaque épaississeur, 1 fois par semaine.
- 500 ml de boues stockées.
- Environ 50 g de boue déshydratée de chaque benne, pour en constituer un échantillon moyen en fin de déshydratation.

· 500 ml de concentrât de chaque centrifugeuse pour en constituer un prélèvement moyen.

Les échantillons sont transmis au laboratoire et conservés au réfrigérateur, pour y être analysés.

IV.3.1. Détermination de l'Indice de boue et de l'Indice de Mohlman :

IV.3.1.1. Indice de Mohlman IM :

C'est le volume occupé par un gramme de boue dans une éprouvette de 1000 ml de boue après une décantation de 30 minutes. Cet indice n'est valable que si le volume décanté est inférieur à 300ml.

L'indice de Mohlman est calculé par la formule suivante :

$$\text{IM (ml/g)} = \frac{V_{30}}{\text{MES des boues de bassin d'aération (g/l)}} \quad (3)$$

IV.3.1.2. Indice de boue IB :

c'est le volume occupé dans l'éprouvette de 1000 ml par 1 g de boue après une décantation de 30 minutes. L'indice de boue est représentatif des particules de floccs décantant dans un milieu dilué.

L'indice de boue est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{IB (ml/g)} = \frac{V_{30} \text{ (avec dilution pour être } < 300 \text{ mg)}}{\text{MES des boues de bassin d'aération (g/l)}} * \text{facteurs de dilution g/l} \quad (4)$$

La première partie du présent travail œuvre pour la détermination des capacités d'élimination de la pollution organique des eaux usées de la station d'épuration de Réghaia. Et la pollution de lac de réghaia après avoir effectué les analyses physico-chimiques durant la période allant du **05/02/2017 au 13/04/2016** ; selon les méthodes décrites dans le chapitre précédent, nous avons obtenus les résultats que nous présentons dans ce chapitre.

V.4. VOLET EAUX :

Les résultats des analyses physicochimiques concernant le pH, la température, la conductivité et les MES sont données dans le tableau *N°IV.1*

Tableau N°IV.1 : Les résultats des analyses physicochimiques

Paramt Date	pH		T(c°)		Conductivité (us/cm)		MES (mg/l)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
06/02/2017	7.26	7.26	16.4	14.2	1911	2011	246	37
07/02/2017	7.26	7.75	9.9	10.9	2030	2040	778	19
09/02/2017	7.47	7.69	8.3	9.5	1743	1725	232	10
12/02/2017	7.36	7.28	9	8	1801	1925	260	15
15/02/2017	7.43	7.55	13	13.3	1754	1886	66	6
19/02/2017	7.55	7.45	12	14	1814	1790	270	7
21/02/2017	7.3	7.58	10	12.8	1910	1898	210	20
22/02/2017	7.46	7.62	14	14.8	1543	1799	248	5
25/02/2017	7.41	7.74	10	10.6	1533	1605	236	8
27/02/2017	7.86	7.8	11	10.7	1854	1562	198	4
01/03/2017	7.59	7.8	12.2	9.6	1860	1734	310	4
03/03/2017	7.35	7.44	14.4	14.1	1638	1762	576	2
05/03/2017	7.13	7.03	15.5	15.6	1889	1827	248	15
07/03/2017	7.24	7.67	15.8	15.8	1875	1843	440	20
11/03/2017	7.38	7.75	14.2	14.5	1814	1768	346	20
13/03/2017	7.73	8.41	17.5	17.7	1747	1771	302	9
14/03/2017	7.25	7.69	17	16.9	1865	1824	295	10
17/03/2017	7.66	7.69	16.1	16	1821	1872	436	58
21/03/2017	7.07	7.83	13	14.9	1887	1851	468	23
24/03/2017	7.6	7.68	14	14.6	1861	1843	598	272

25/03/2017	7.62	7.72	15	15.2	1869	1890	286	30
27/03/2017	7.4	7.79	12	12.6	1868	1900	168	9
28/03/2017	7.49	7.82	12	13	1867	1921	234	2
01/04/2017	7.24	7.67	15.8	15.2	1875	1762	176	48
03/04/2017	7.19	7.59	15	14.9	1852	1769	245	39
06/04/2017	7.29	7.53	10	10.5	1606	1728	392	43.5
08/04/2017	7.56	7.32	12.8	17.9	1899	1555	326	10
10/04/2017	7.42	7.4	10.2	10.3	1896	1620	208	58
12/04/2017	7.21	7.3	12	11	1797	1600	54	3

V.4.1. Variation du pH :

La figure N° VI.1 illustre la variation du **pH** en fonction du temps (exprimé en jours) pour les eaux brutes et les eaux traitées durant la période de stage.

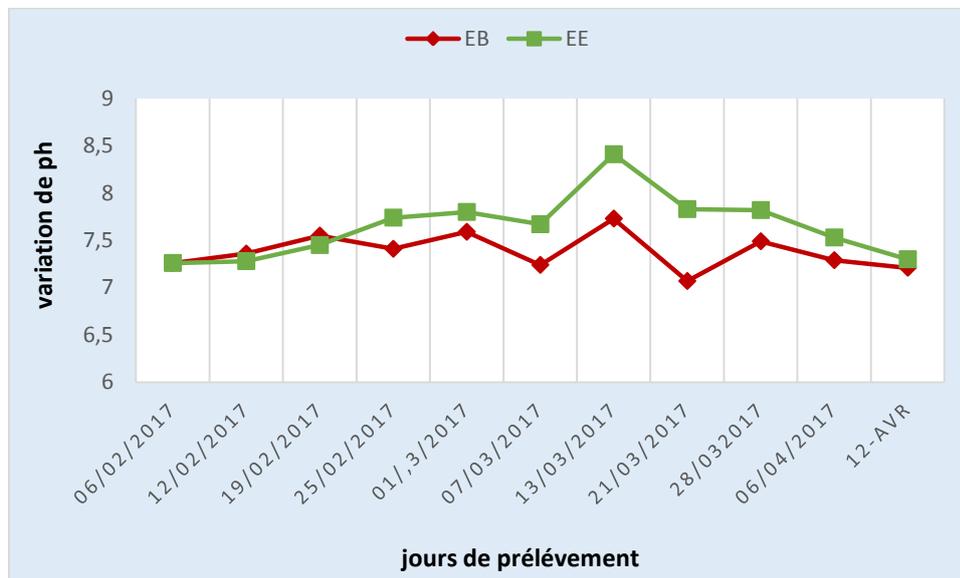


Figure N°VI.1 : La variation du pH.

La plage de pH est acceptable dans le cas des rejets d’une station d’épuration des eaux usées selon la norme algérienne (le décret N°26, de 23 avril 2006 relatif aux 24 Rabie El Aouel 1427) est de **6,5** à **8,5**. Nous observons d’après le graphe que les variation de pH sont comprises entre **7.19** et **7.86** pour les eaux brutes et varient entre **7.03** et **7.83** pour les eaux épurées. On peut conclure selon ces résultats que le pH varie dans la fourchette de valeurs admises par la norme de rejet.

V.4.2 La température :

Il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau, car c'est un facteur important dans la vie d'un lac. Un changement de la température affecte les diverses propriétés de l'eau (pH, conductivité électrique, solubilité des gaz, viscosité.....etc.).

La figure ci-dessous montre la variation de la température des eaux brutes et des eaux épurées.

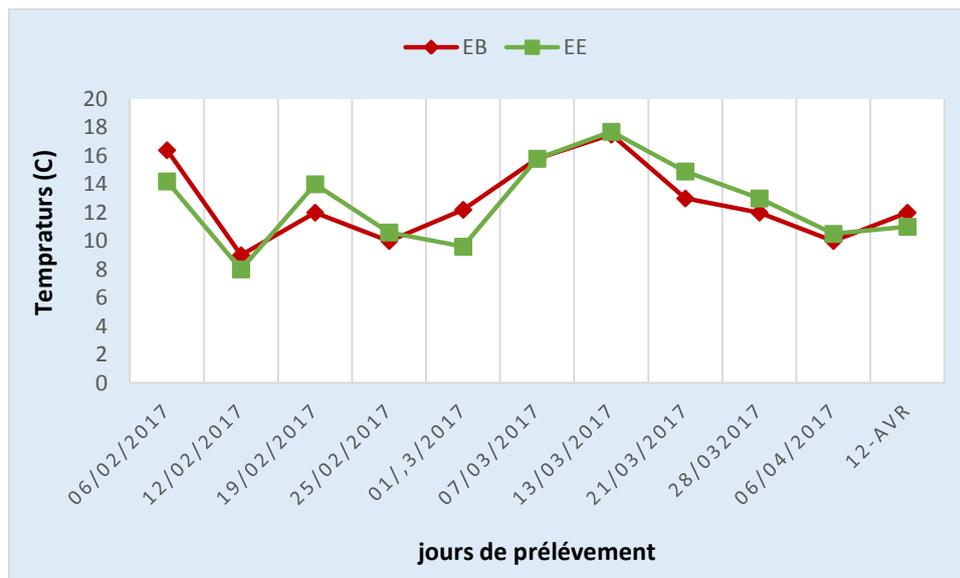


Figure N°VI.2 : Variation de la Température en fonction du temps.

D'après le graphique des températures (Figure N°VI.2), on constate que les valeurs de températures ne dépassent pas **20°C** pour les eaux brutes à l'entrée de la station et les valeurs de températures des eaux traitées à la sortie de la station ne dépassent pas **18 °C**. Les résultats obtenus montrent des valeurs respectives aux limites indiquées par le décret N°26, de 23 avril 2006 relatif aux 24 Rabie El Aouel 1427, qui est de **30°C**. On observe la même allure pour les deux courbes obtenues qui tend à croître et décroître dans le temps et qui peut être expliqué par le changement de climat.

V.4.3. La conductivité électrique :

La variation de la conductivité électrique des eaux brutes et traitées en fonction du temps au sein de la station est donnée dans la figure N° VI.3.

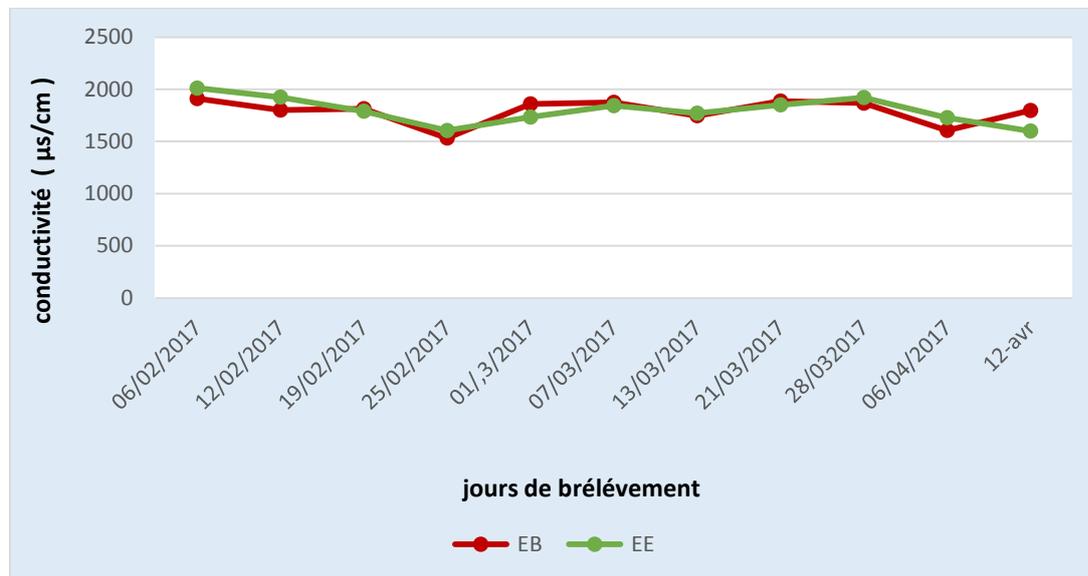


Figure N° VI.3 : Variation de la conductivité électrique en fonction du temps.

D'après les graphes de la conductivité, on constate que la valeur de la conductivité varie entre **1533** et **2030 µS/cm** pour les eaux brutes et entre **1555** et **2040 µS/cm** pour les eaux traitées. Ces valeurs de conductivité électrique élevées traduisent selon Gaujous [6] une minéralisation importante et indiquent ainsi une certaine richesse en sels et expliquant les valeurs élevées enregistrées toujours à l'entrée. La présence des ions métalliques influe également sur la conductivité électrique. les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au sein de la station sont fiables et même inférieure à la norme de l'eau potable (**2800 µS/cm**).

Nous observons une diminution des valeurs de l'entrée vers la sortie de la **STEP** qui est probablement due au traitement biologique de l'eau usée.

V.4.4. Les matières en suspensions :

La figure N° VI.4 illustre la variation des matières en suspension pour les eaux brutes et les eaux traitées en fonction du temps.

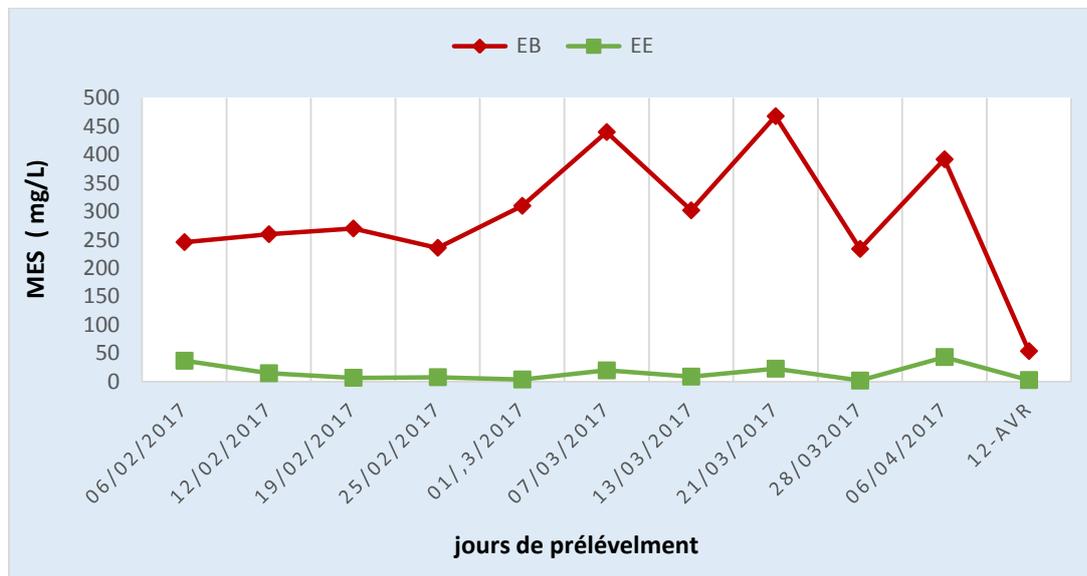


Figure N°VI.4 : Variation des MES en fonction du temps.

Les courbes de variation des *MES* en fonction du temps montrent une grande variabilité des valeurs des matières en suspension correspondant aux eaux qui entre dans la station à cause des divers facteurs qui la conditionnent et la nature elle-même de l'eau, qu'elle soit résiduaire ou naturelle. Les MES sont fonction aussi de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets, etc.

En comparant les valeurs obtenues des MES des eaux brutes qui sont comprises entre **66** et **558 mg/l** à celles des eaux traitées comprises entre **2** et **272 mg/l**, on remarque l'importance du rendement du traitement. Les valeurs des eaux traitées sont inférieures à la valeur exigée par le décret N°26, de 23 avril 2006 relatif aux 24 Rabie El Aouel 1427, il ya 9 valeurs qui dépassent la norme correspond aux objectifs de la station (**20mg/l**). Les seules valeurs qui dépassent la norme correspondent aux 9 fois. Ceci peut être interprété par un dysfonctionnement au niveau de clarificateur par le passage des MES avec l'eau traitée ou un problème au niveau de l'exploitation, une charge hydraulique non acceptable qui peut être due à une erreur au niveau des vannes de répartiteur d'eau.

V.4.5 Les charges polluantes :

Les valeurs obtenues pour la demande chimique et biochimique en oxygène sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°IV.2 : Les résultats des DCO et DBO5 et leur rendement d'élimination.

Date	DCO Mg o2/l		DBO ₅ Mg o2/l		Rapport DCO/DBO	Rendement d'élimination de DCO %	Rendement d'élimination de DBO ₅ %
	EB	EE	EB	EE			
06/02/2017	303	45.7				84.9	
07/02/2017	880	41.2		8	2.78	95.3	97.04
09/02/2017	344	53.5		4	1.57	84.4	98.1
12/02/2017	350	74.6		15	2.91	78.6	87.5
15/02/2017	122	44.7	126	8	0.96	63.3	93.6
19/02/2017	531	27.6	180	4	2.95	94.8	97.7
21/02/2017	208	25				87.9	
22/02/2017	500	28.3	260	4	1.92	94.3	98.4
25/02/2017	353	32.7	140	4	2.52	90.7	97.1
27/02/2017	547	22				95.9	
01/03/2017	330	20.5				93.7	
03/03/2017	577	20.2	180	2	3.20	96.4	98.8
05/03/2017	533	48.4				90.9	
07/03/2017	510	53.6	120	4	4.25	89.4	96.6
11/03/2017	1275	52.6	960	8	1.32	95.8	99.1
13/03/2017	518	38	260	2	1.99	92.6	99.2
14/03/2017	355	39.3				88.9	
17/03/2017	428	69.2	160	10	2.675	83.8	93.7
21/03/2017	534	51.1	200	6	2.67	90.4	97
24/03/2017	551	179				67.5	
25/03/2017	332	32.3	140	4	2.371	90.27	97.1
27/03/2017	85	68.7	120	4	0.70	19.1	96.6
28/03/2017	445	16.8	200	4	2.225	96.2	98
01/04/2017	325	55.1	200	12	1.625	83.04	94
03/04/2017	426	40				90.6	
06/04/2017	588	42.4	340	22	1.729	92.7	93.5
08/04/2017	537	35.7	320	6	1.678	93.3	98.1
10/04/2017	170	206					
12/04/2017	234	47.7	180	8	1.3	79.6	95.5

V.4.5.1 La Demande Chimique en Oxygène DCO :

La figure N° VI.5 récapitule les résultats de **DCO** effectuées pour les eaux brutes et les eaux traitées.

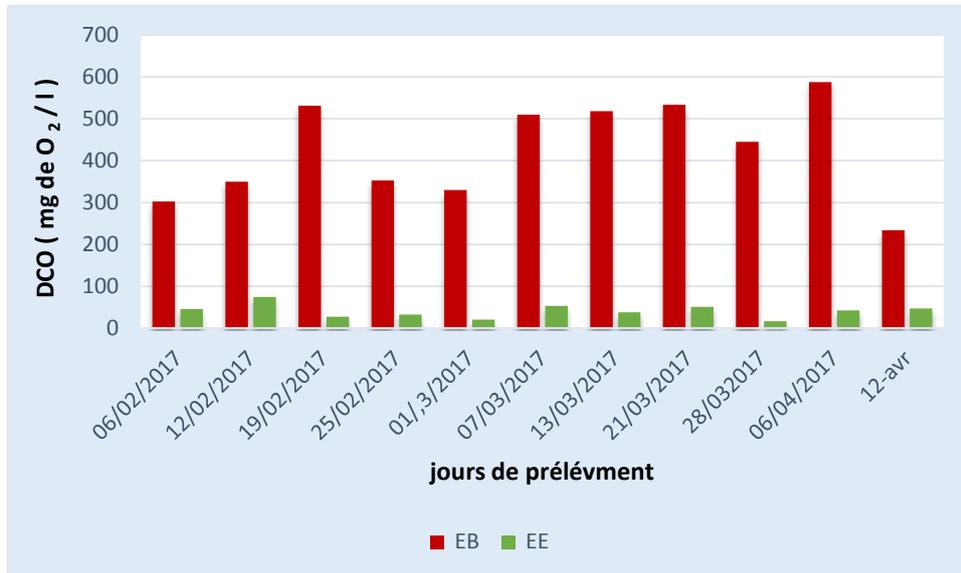


Figure N° VI.5 : La variation de demande chimique en oxygène.

L'évolution de la **DCO** en fonction du temps montre des valeurs de **DCO** des eaux brutes variant entre **154** et **515 mg d'O₂/l** et celles des eaux traitées entre **21** et **112 mg d'O₂/l**.

A la sortie de la **STEP**, la demande chimique en oxygène est réduite à des valeurs conformes à la norme algérienne qui est de **120 mg d'O₂/l**. **En comparant par rapport aux objectifs de la station (50 mg/l)**, nous remarquons que cet valeur a été dépassé 10 fois.

On constate que les teneurs de **DCO** ont une tendance de devenir importante dans les prélèvements du **24-03** et du **10-04**, cette élévation peut justifier par le déversement des eaux industrielles avec un débit très important et une teneur en **DCO** assez élevée qui dépasse la capacité d'élimination de la station. Par comparaison entre les valeurs des eaux brutes et celles des eaux traitées, nous notons un bon rendement qui est de l'ordre de **86.50 %**, ceci dénote l'efficacité du traitement secondaire de la station dans l'élimination de cette pollution organique..

V.4.5.2 La Demande Biochimique en Oxygène DBO_5 :

Les résultats du DBO_5 effectués pour les eaux brutes et les eaux traitées sont représentés dans la figure ci-dessous :

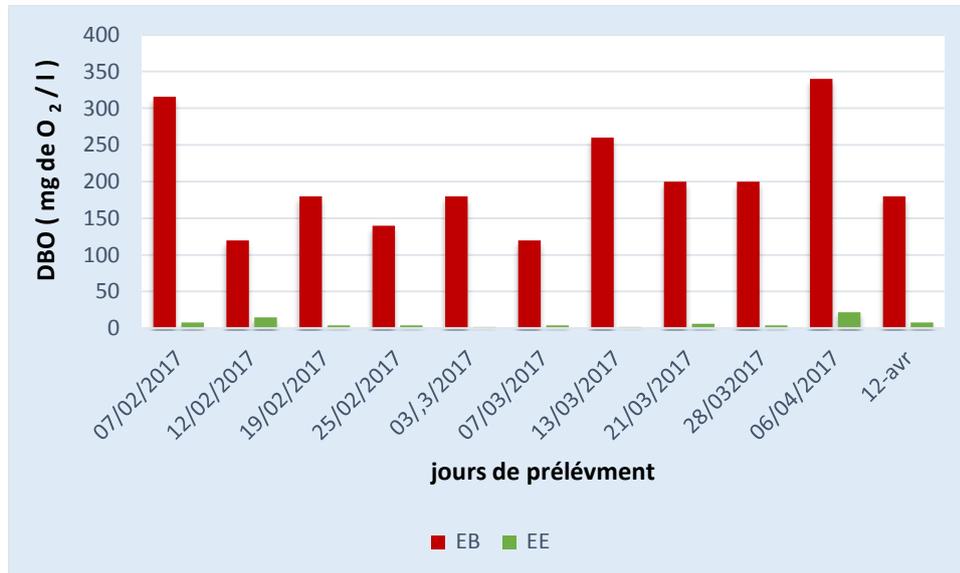


Figure N°VI.6 : La variation de la DBO_5 .

Les valeurs notées présentent des teneurs en DBO_5 variant entre **320** et **140 mg/l** des eaux brutes à l'entrée de la STEP. À la sortie de cette dernière les valeurs enregistrées en DBO_5 varient entre **2** et **32 mg/l** et sont conformes à la norme algérienne qui est de **30 mg/l**, **En comparant par rapport aux objectifs de la station (15 mg/l)**, nous remarquons que cet valeur a été dépassé 1 fois.

Le dépassement a été enregistré le 06 avril, il est justifié par la charge polluante importante dans les eaux brutes qui dépasse les performances de la STEP.

L'élimination de cette pollution organique est bonne, ce qui signifie une moyenne de rendement de **95.94%** qui peut varier en fonction de certains facteurs : saison, nature de rejet,....etc.

V.4.6 Les formes azotées :

Dans la mesure de l'azote, on distingue l'azote ammoniacal et l'azote organique qui ensemble représentent l'azote sous forme réduite dit azote Kjeldhal et l'azote total qui comprend aussi les formes oxydées, nitrites et nitrates d'après Chellé et al, [18]. Le tableau N°VI.3 comprend les résultats obtenus pour les formes azotées.

Tableau N°IV.3: Les résultats des formes azotées

Parameter Date	NT Mg/l		N-org Mg/l		NTK Mg/l		N- NH4+ Mg/l		N- NO3- Mg/l		N-NO2- Mg/l	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
07/02/2017	51.4	15.4	32.77	5.12	49.77	12.94	17	7.82	1.11	1.72	0.51	0.73
09/02/2017	25.4	15.1	4.04	8.8	18.34	14.49	14.3	5.69	0.419	0.554	0.18	0.76
12/01/2017	20	10	13	10.44	24.6	16.95	11.6	6.51	0	0	0	0.25
15/02/2017	23.5	20.5	9.84	7.55	23.34	20.35	13.5	12.8	0	0	0.15	0.15
19/02/2017	26.2	16.2	25.31	15.31	63.8	19.8	19.1	13.8	0.55	0.692	0.33	0.13
22/02/2017	40.4	15.5	17.86	2.19	39.76	14.79	21.9	12.6	0.51	0.58	0.13	0.14
25/02/2017	65.7	24	50.58	9.75	64.48	23.55	13.9	13.8	0.875	0.398	0.36	0.09
03/03/2017	46	24.9	29.10	12.92	45	23.82	15.9	10.9	0.70	0.96	0.30	0.12
07/03/2017	58.6	20.9	33.55	0.42	57.85	20.22	24.30	19.8	0.55	0.41	0.21	0.27
11/03/2017	73.6	25.7	42.33	8.40	69.33	25.20	27	16.8	3.61	0.42	0.66	0.09
13/03/2017	39	18.1	16.76	2.92	37.96	13.82	21.2	10.9	0.81	4.15	0.24	0.13
17/03/2017	45	19.6	24.50	0.80	44.00	19.40	19.5	21.6	0.81	0.13	0.20	0.07
21/03/2017	36	22.4	13.25	3.41	35.05	18.61	21.8	15.2	0.73	2.73	0.22	1.06
25/03/2017	32.5	22.6	16.08	0.58	28.78	21.88	12.7	21.3	3.03	0.67	0.69	0.05
27/03/2017	0	0	0	0	0.00	-0.08	14.3	16.9	0	0	0	0.08
28/03/2017	34.5	19.7	12.8	2.88	33.78	16.28	21.60	13.40	0.42	2.77	0.30	0.65
01/04/2014	37.9	17.7	12.74	0.20	36.84	2.18	24.1	1.98	0.49	15.00	0.56	0.52
06/04/2017	42.4	20.5	22.58	4.74	40.98	15.64	18.4	10.9	1.02	4.65	0.40	0.21
09/04/2017	46.2	14.1	22.94	-1.66	45.34	9.24	22.4	10.9	0.60	4.65	0.26	0.21
12/04/2017	31	20.8	13.88	6.36	30.88	20.26	17	13.9	0	0	0.12	0.54

V.4.6.1 L'azote organique :

L'histogramme ci-dessous est représentées la variation de l'azote organique des eaux avant et après le traitement

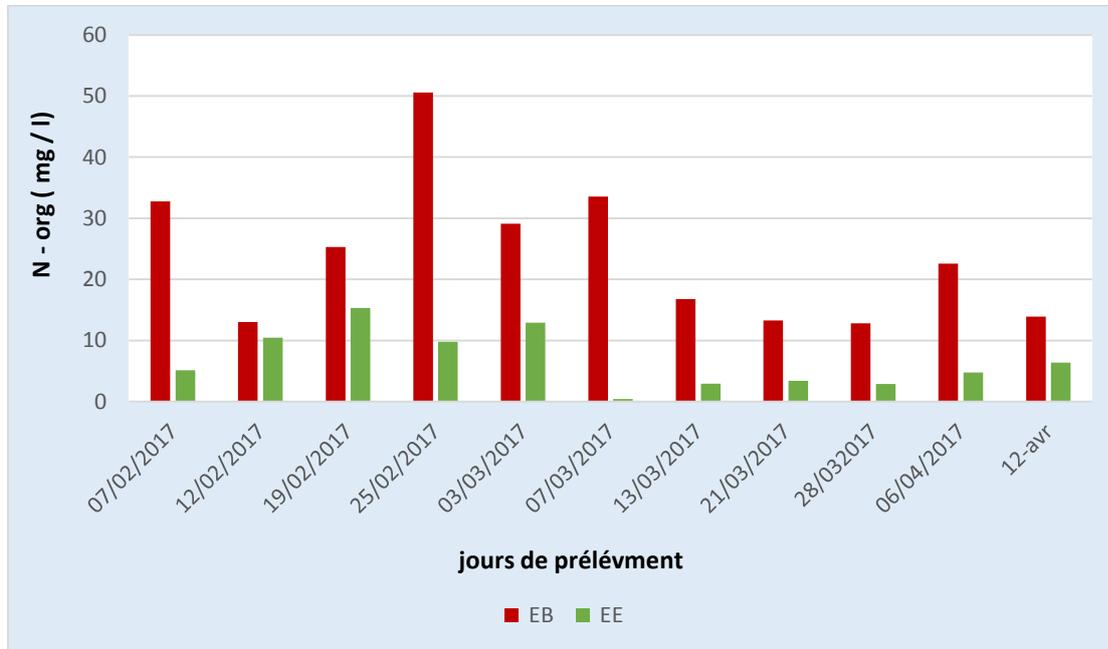


Figure N°VI.7 : Variation de l'azote organique.

D'après les résultats obtenus on note que les teneurs en azote organique varient en fonction du temps. Les valeurs pour les eaux brutes sont comprises entre **4.04** et **50.58 mg/l** et la concentration est réduite à des valeurs comprises entre **0.20** et **15.31 mg/l** pour les eaux épurées.

L'azote organique est rapidement transformé en ammoniac (NH_3) ou en sels d'ammonium (NH_4^+) selon un processus bactériologique appelé ammonification réduisant ainsi sa présence dans les eaux usées brutes selon la réaction suivante :



En comparaison des teneurs des eaux brutes et des eaux traitées obtenues, on note un taux d'élimination très variable, le rendement d'élimination biologique de l'azote organique

dépend de plusieurs paramètres y compris les concentrations dans les eaux brutes et aussi le temps de séjour. La moyenne du rendement d'éliminations de l'azote organique est élevée, Il est de 73.8 %.

V.4.6.2. L'azote ammoniacal :

L'évolution de l'azote ammoniacal en fonction du temps est représentée sur l'histogramme ci dessous :

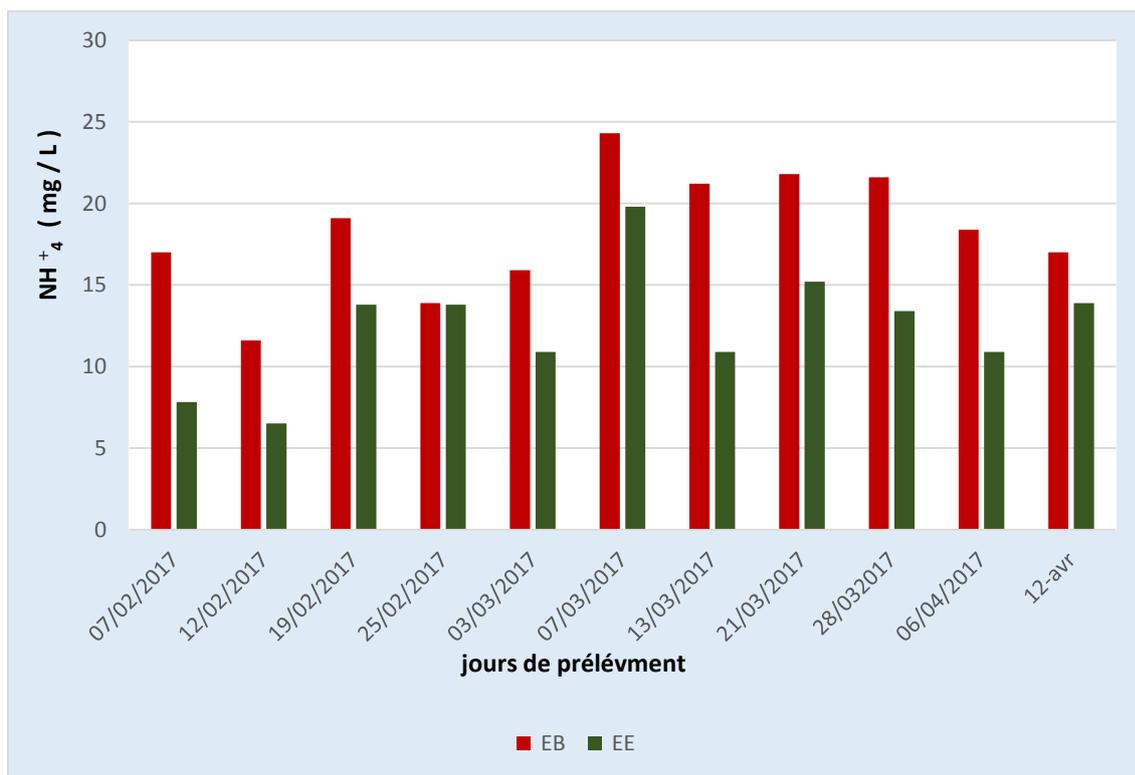


Figure N°VI. 8 : Variation de l'azote ammoniacal.

Au niveau de la station d'épuration, on note que les teneurs des eaux brutes en azote ammoniacal NH_4^+ varient entre 17 et 24.30 mg/l.

La baisse des teneurs en azote ammoniacal des eaux de l'entrée vers la sortie au niveau de la station d'épuration peut être expliquée par le processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en NH_4^+ . Cette baisse est due à la réaction chimique dite nitrification autotrophique qui fait appel à des bactéries nitrifiantes (ex : Nitrosomonas ; Nitrobacter) en présence d'oxygène dissous.

Après le traitement biologique (nitrification) les teneurs en NH_4^+ des eaux sont comprises entre **1.98** et **21.3 mg/l**. Par comparaison des résultats, on remarque un faible rendement d'élimination des NH_4^+ qui peut atteindre **91.78 %** avec une moyenne de **30.6%**.

V.4.6.3. Azote Kjeldhal :

La figure N°VI.9 montre la variation de l'azote Kjeldhal en fonction du temps.

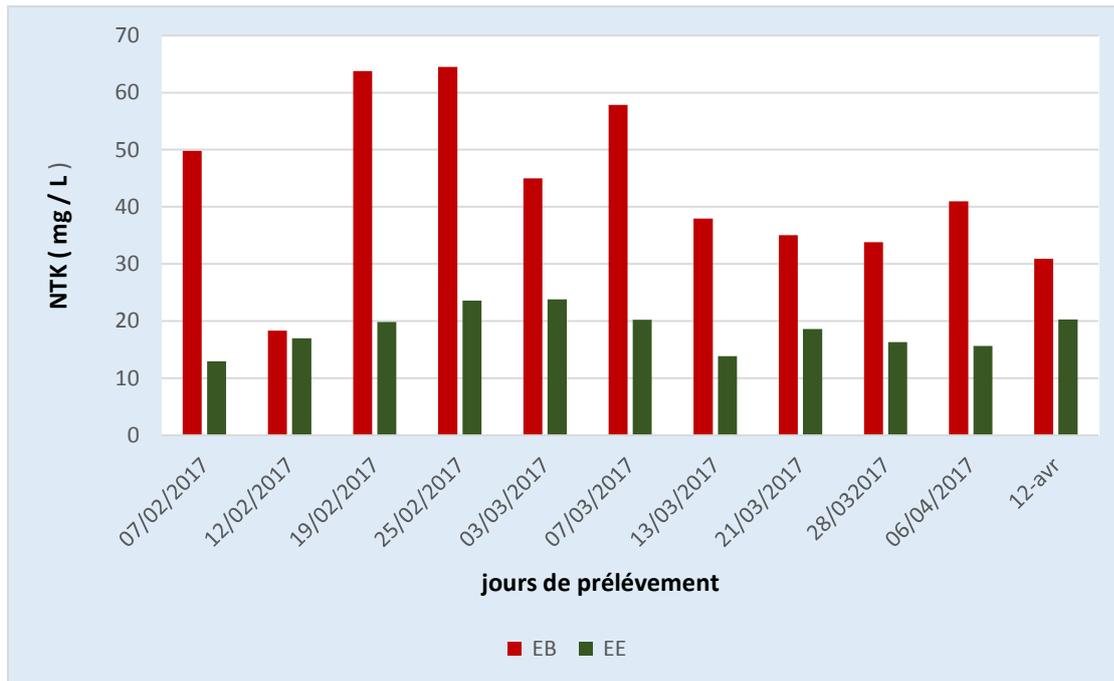


Figure N°VI.9 : Variation de l'azote Kjeldhal.

A l'entrée de la STEP, on constate que la teneur en azote Kjeldhal varie entre **18.34** et **69.33 mg/l** cependant à la sortie de STEP ainsi que dans le canal de rejet, les valeurs enregistrées oscillent entre **2.18** et **25.20 mg/l**.

Les teneurs de NTK montrent un rendement d'élimination variable qui peut atteindre **56.1 %**. La variabilité des rendements dus aux concentrations de l'azote organique et ammoniacal qui ne sont pas stables. En effet l'azote Kjeldhal comporte l'azote présent sous les formes organiques et ammoniacales, à l'exclusion des formes nitreuses et nitriques.

On observe que les valeurs obtenues après traitement sont conformes à la norme algérienne qui est de **30 mg/l**.

La concentration moyenne des rejets est de **17,34 mg/l**, elle est inférieure à la norme algérienne qui est de **30 mg/l**.

V.4.6.4. Azote nitreux :

La figure N°VI.10 montre la variation de l'azote nitreux en fonction du temps.

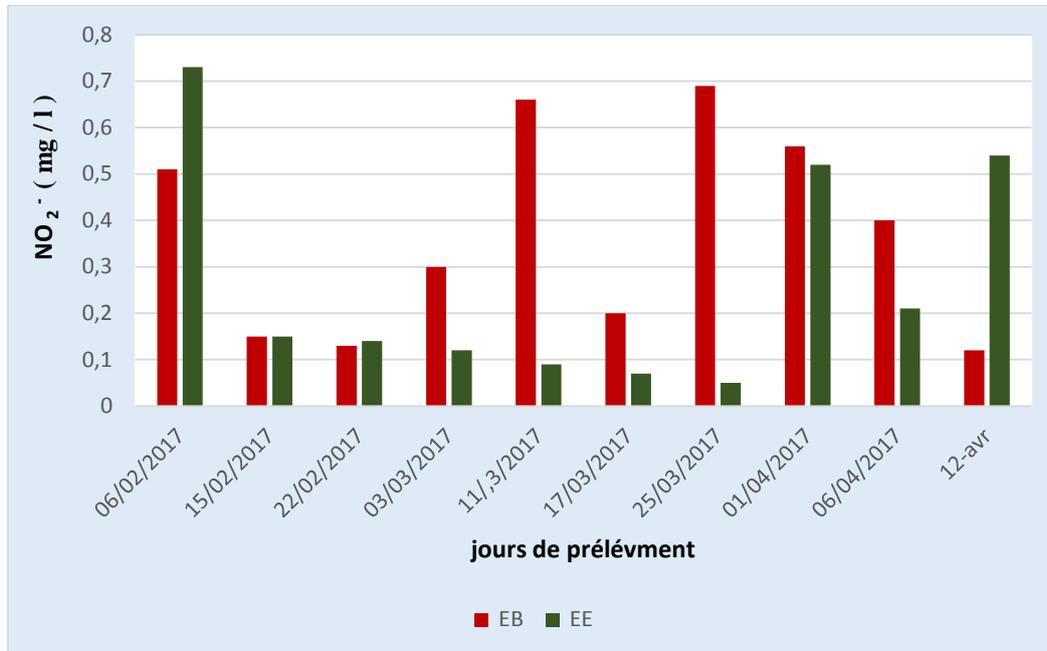


Figure N°VI.10 : Variation de l'azote nitreux.

Etant donné que le processus de nitrification est relatif à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrates et que les nitrites résultent de la 1^{ère} étape de ce processus, les nitrates proviennent aussi par la réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Les résultats obtenus en azote nitreux oscillent entre **0.12** et **0.69 mg/l** pour les eaux brutes et varient entre **0.05** et **1.06 mg/l** pour les eaux traitées. avec l'observation d'augmentation des teneurs dans les prélèvements du **07 / 02**, **21 / 03** et le **12 / 04**.

V.4.6.5. Azote nitrique :

La figure N°VI.11 montre la variation de l'azote nitrique en fonction du temps.

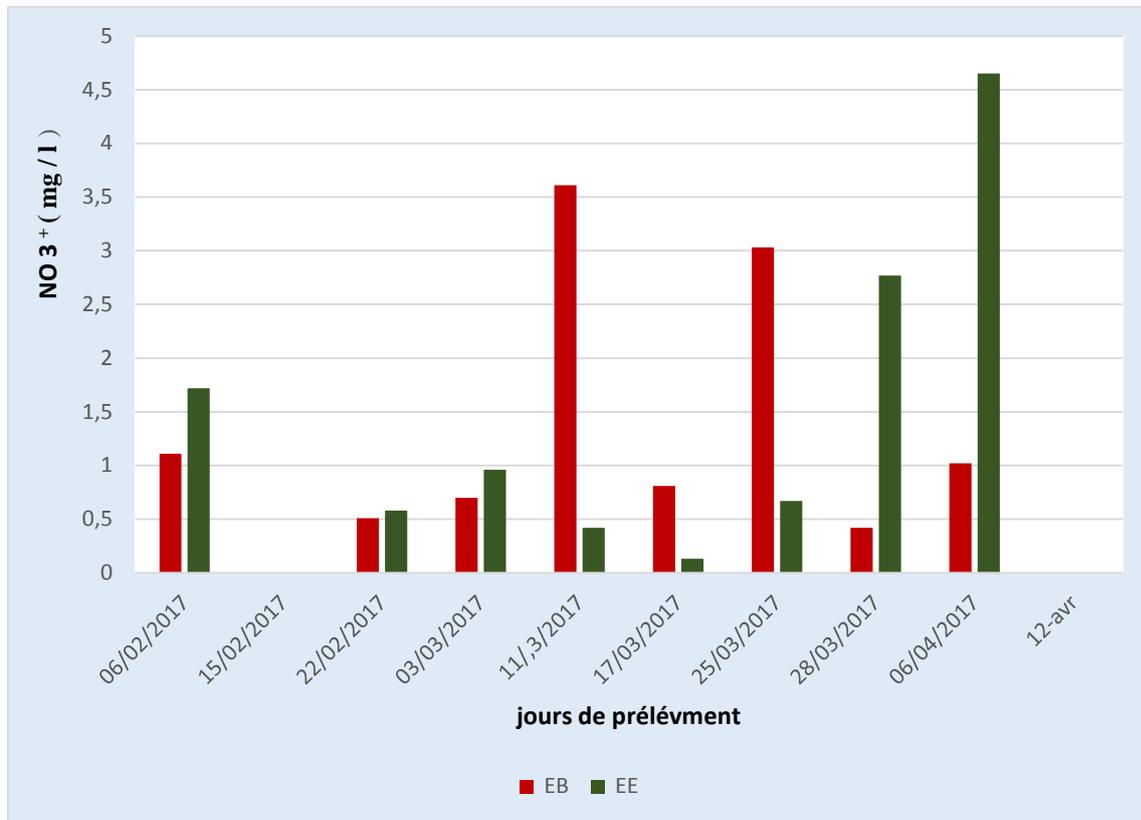


Figure N° VI.11 : Variation de l'azote nitrique.

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine de l'azote nitrique par un processus d'oxydation biologique. D'après les résultats obtenus).

Les teneurs en azote nitrique des eaux brutes sont comprises entre **0.42** de **3.61 mg/l** comparées à celles obtenues pour les eaux traitées qui varient entre **0.41** et **15.00 mg/l**.

Cette concentration a été enregistrée le 01 avril est due à un processus de nitrification, car cette date correspond à une eau brute avec une teneur de NH_4^+ à l'entrée de la STEP relativement élevée (24,1 mg/l) et la teneur la plus faible de cet élément dans l'eau épurée (1,98 mg/l).

V.4.6.6. Azote total :

La figure N°VI.12 montre la variation de l'azote total en fonction du temps.

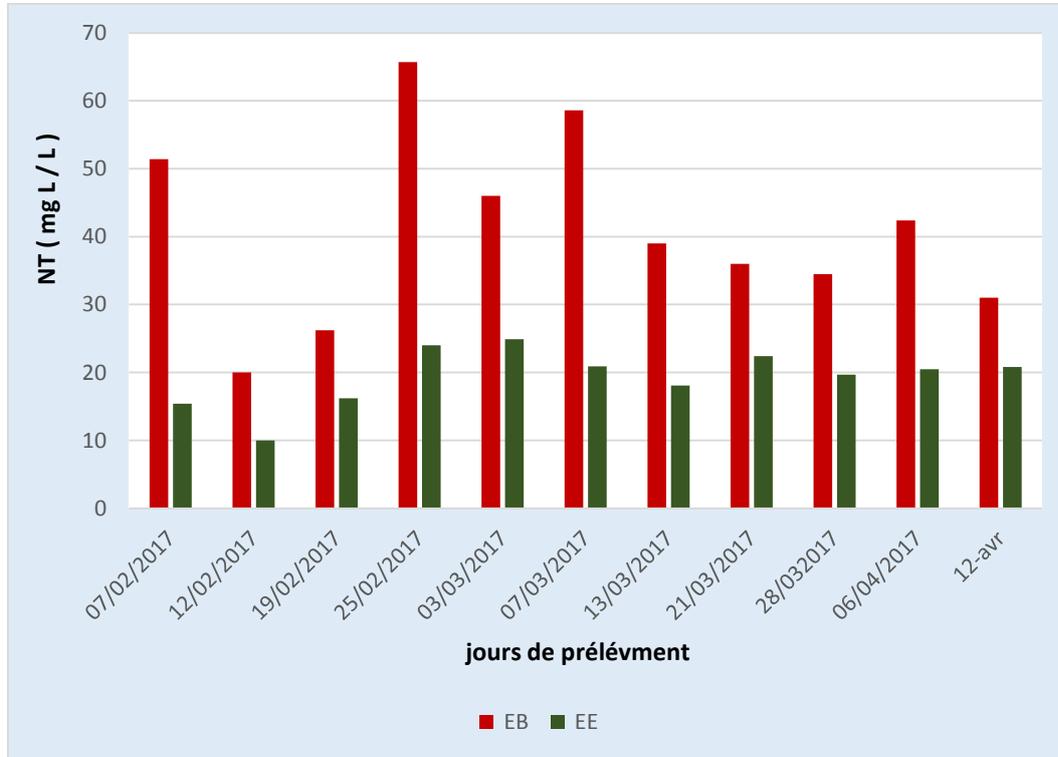


Figure N°VI.12 : Variation des azotes totaux.

L'azote global c'est la somme de toutes les forme d'azote dans l'eau, d'après les résultats de l'histogramme obtenu, on constate des teneurs variables de *NT* qui varient entre **20** et **73,6 mg/l**. A la sortie de la station d'épuration, on constate que la concentration atteint des valeurs comprises entre **10** et **25.70 mg/l**. Par comparaisons des résultats, On peut constater des rendements d'élimination très variable qui varie de **12.76** à **70.03%** avec un rendement moyen de **53.08 %**.

Les concentrations de l'eau épurée restent supérieures à l'objectif de la STEP (10 mg/l) à l'exception du **12/02** (10 mg/l) .

La teneur moyenne de l'azote total qui est de 20 ,72 mg/l, reste supérieure à l'objectif de la STEP qui est de 10 mg/l.

V.4.7. Le phosphore total :

Les valeurs du phosphore total pour les eaux brutes et traitées sont indiquées dans le tableau N°IV.4 et la figure N°VI.13 montre la variation du phosphore total en fonction du temps.

Tableau N° IV.4 : Les valeurs du phosphore total :

PT (mg/l)	07/02	09/02	12/02	15/02	19/02	22/02	25/02	03/03	07/03	11/03
EB	6.4	2.5	3.68	2.52	3.7	5.07	4.45	4.80	4.80	20.30
EE	0.101	0.119	0.315	0.162	0.09	0.11	0.253	0.23	0.59	0.53
PT (mg/l)	13/03	17/03	21/03	27/03	28/03	01/04	06/4	09/04	12/04	
EB	5.52	5.44	5.70	2.48	3.72	3.69	4.12	4.14	3.01	
EE	0.29	1.12	0.62	0.96	0.76	0.78	0.97	1.07	1.47	

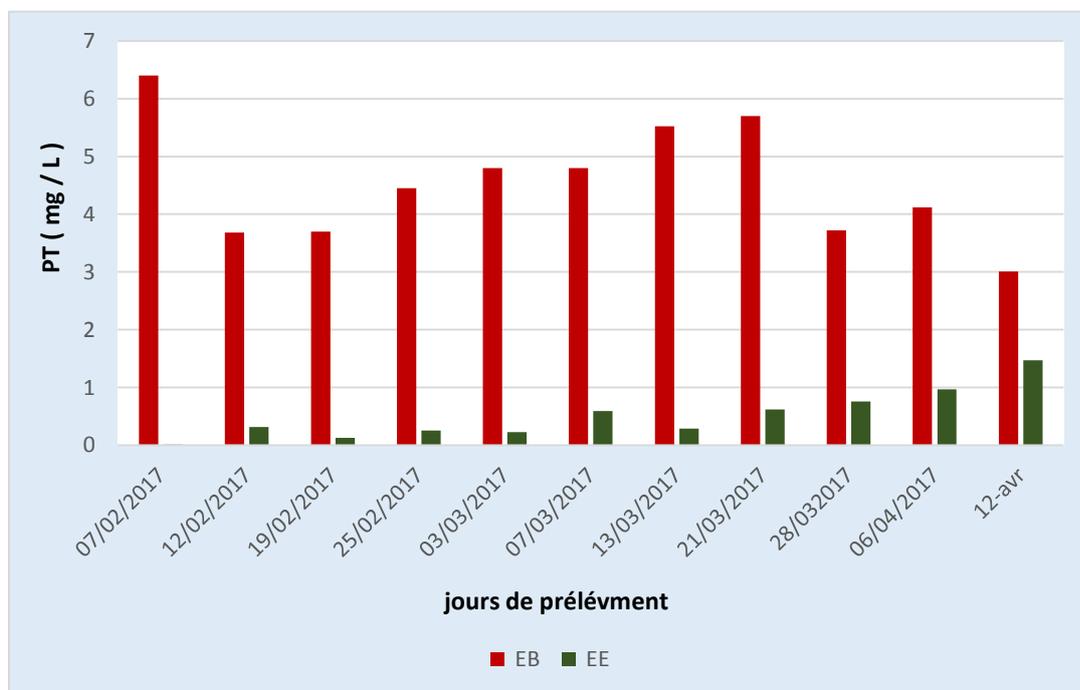


Figure N° VI.13 : Variation du phosphate total.

A l'entrée de la station d'épuration, les résultats obtenus montrent que les quantités de phosphore présent dans l'eau varient de **2.48** à **20.3 mg/l**. Cependant, à la sortie du STEP, ces concentrations sont réduites à des valeurs inférieures à **1.5 mg/l**. La diminution des teneurs en phosphore de l'entrée de la station vers la sortie est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration. Notons que ces valeurs répondent à la norme de rejet requise par la station qui est de **3 mg/l**.

V.5. VOLET BOUES :

Nous avons déterminé les matières en suspension, l'indice de boue et les matières volatiles sèches et le **V30** pour les boues et les valeurs sont données dans le tableau N° IV.5.

Tableau N° IV.5: Les résultats d'analyses des boues.

Date D'analyse	Bassin d'aération 1					Bassin d'aération2				
	Décantation 30 min (ml/l)	V ₃₀ avec Dilution	Facteur de Dilution	ME S (g/l)	IB (ml/g)	Décantation 30 min (ml/l)	V ₃₀ avec dilution	Facteur de Dilution	MES (g/l)	IB (ml/g)
22/02/2017	980	240	¼	5.2	184.56	980	250	¼	5.3	188.67
01/03/2017	990	300	¼	8.3	144.56	980	300	¼	9.7	123.7
05/03/2017	980	220	¼	8.5	103.52	990	320	¼	8.7	147.12
08/03/2017	980	250	¼	9.2	108.68	985	280	¼	9.6	116.66
12/03/2017	980	280	¼	8.7	128.72	985	300	¼	8.7	137.92
15/03/2017	980	270	¼	8.7	124.12	985	310	¼	7.3	169.86
19/03/2017	980	280	¼	8.1	138.26	980	275	¼	8.6	127.9
21/03/2017	970	250	¼	7.1	140.84	965	265	¼	8.2	129.26
29/03/2017	980	190	¼	7.1	107.04	970	200	¼	6.7	149.4
30/03/2017	980	190	¼	6.7	113.42	960	210	¼	6.4	131.24
02/04/2017	890	260	¼	6.9	150.72	910	250	1/4	7.7	129.86

05/04/2017	900	230	¼	6.7	137.3	910	220	¼	8.8	100
09/04/2017	980	200	¼	9.2	86.94	970	220	¼	10.6	83
12/04/2017	990	240	¼	6.7	143.28	970	240	¼	10	96

V.5.1. Matières en suspension (MES) dans le bassin d'aération :

La figure N° VI.14 montre l'évolution des MES en fonction du temps.

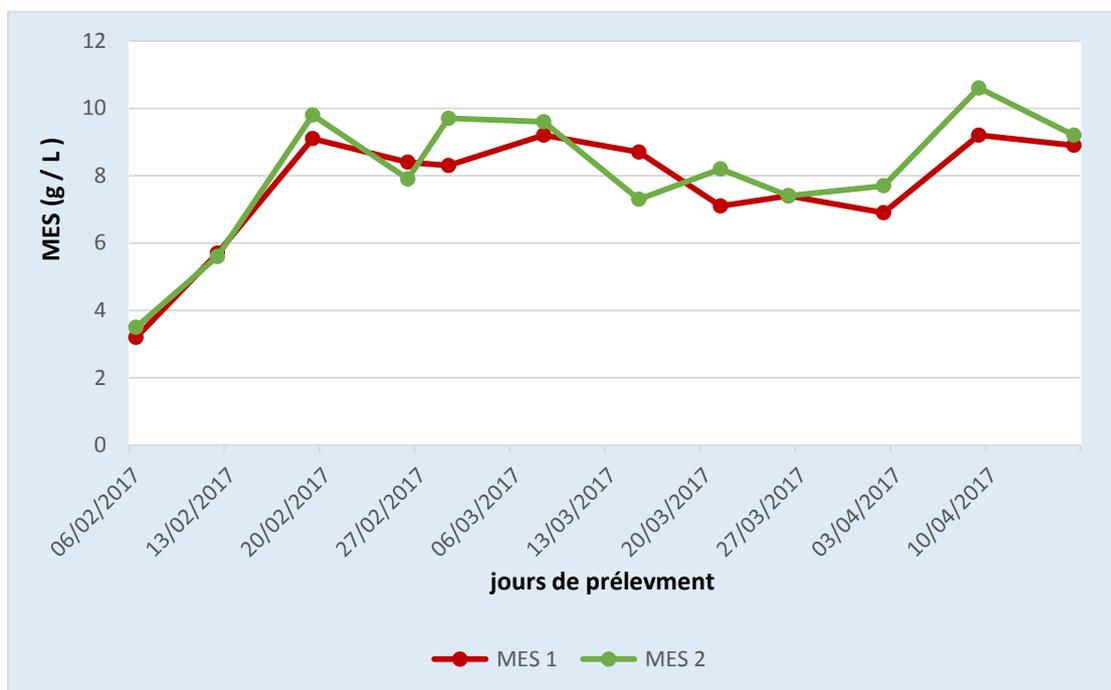


Figure N° VI.14 : Variation de MS des boues dans le bassin d'aération.

Les teneurs des MES dans les bassins d'aération oscillent entre 5.2 et 9.2 g/l pour le premier bassin par contre pour le deuxième bassin, les valeurs sont variables entre 5.3 et 10.6 g/l. D'après les résultats obtenus on peut constater une charge très élevée des MES dans les deux bassins. Les valeurs trouvées sont supérieures au seuil fixé par le manuel d'exploitation de la STEP qui varie entre 3.5 et 4 g/l. Pour résoudre ce dysfonctionnement, il faut augmenter le taux d'extraction des boues jusqu'à ce qu'à obtention d'une concentration de MES conforme au manuel d'exploitation.

V.5.2 La décantation :

Les valeurs du V30 ont été déterminés et les valeurs représentés dans le graphique suivant :

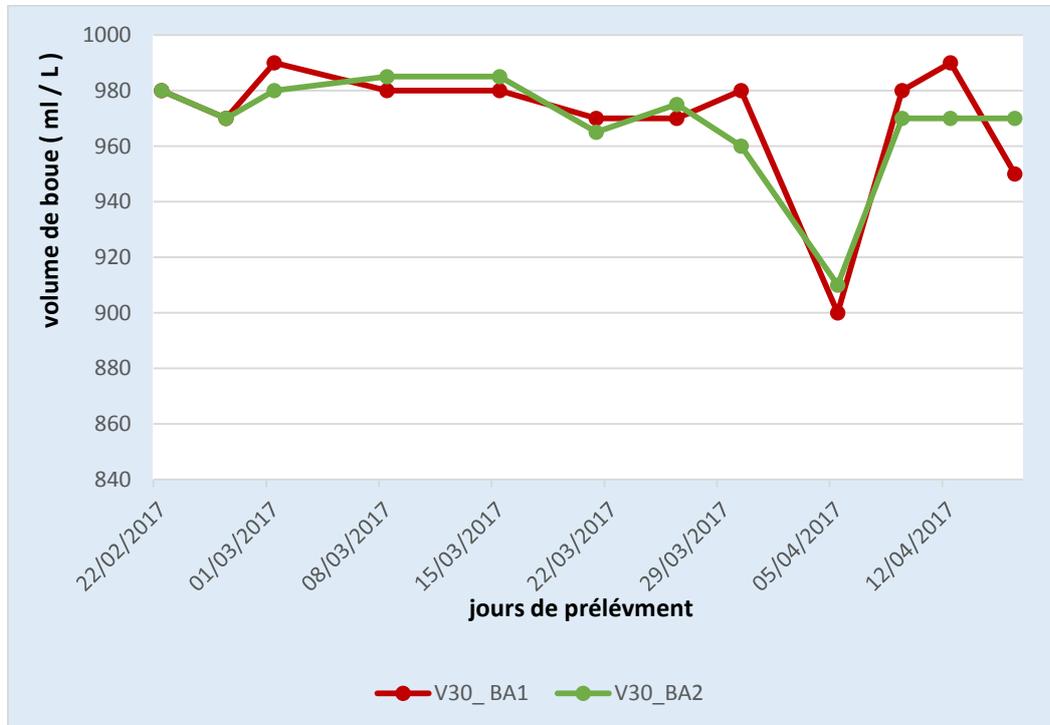


Figure N° VI.15. Variation de V30 pour les deux bassins.

On constate d'après les résultats obtenus, que les volumes des boues dans le bassin d'aération BA1 sont entre **980** et **990 ml/l** et varient entre **910** et **990 ml/l** dans le bassin d'aération BA2. On constate une quantité très importante de boues, d'où il est nécessaire d'extraire les boues.

V.5.3. L'indice de boues :

Les valeurs de l'indice de boues ont été déterminés et les valeurs représentés dans le graphique N° VI.16.

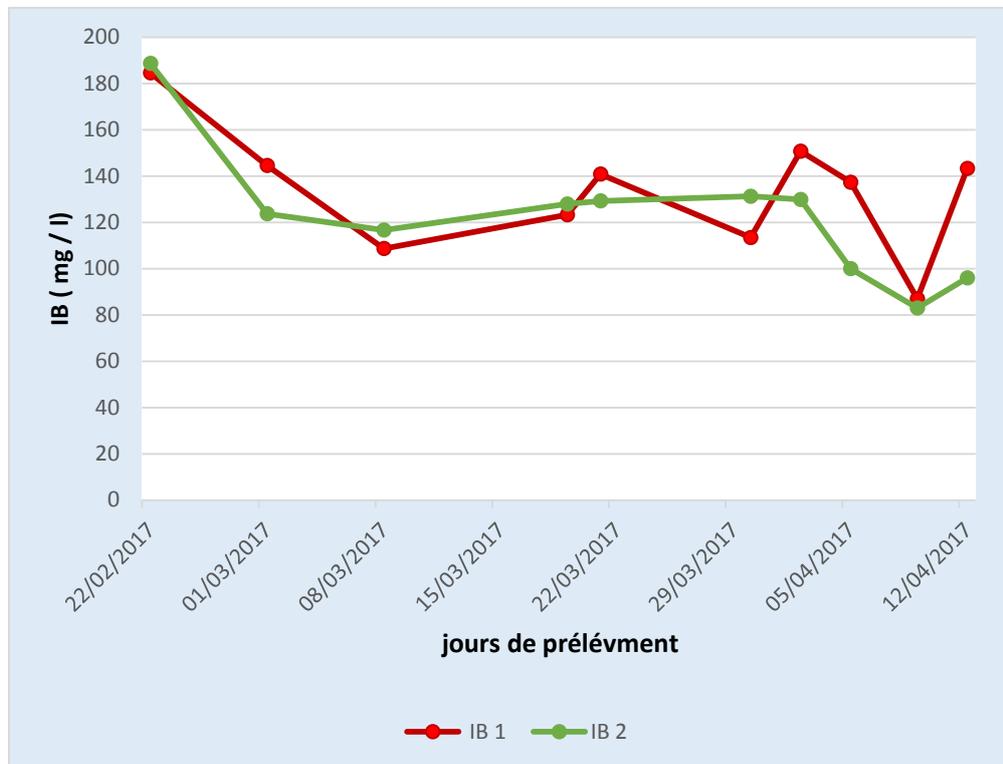


Figure N° VI.16 : La variation de l'indice de boues pour les deux bassins.

L'indice de boues représente le rapport de V_{30} (ml/l) dilué et de la matière sèche de la boue en (g/l) multiplié par le facteur de dilution qui nous renseigne sur la décantabilité de la boue dans le clarificateur à partir de la boue du bassin d'aération. Toutes les valeurs obtenues varient à 120 ml/g et 200 ml/g pour les deux bassins d'aération et sachant que si l'indice de boue :

- $IB < 120 \text{ ml/g}$: très bonne décantation.
- $120 < IB < 200 \text{ ml/g}$: bonne décantation mais avec un risque accru de Multiplication de bactéries filamenteuses si l'indice va au-delà de 150 ml/g .
- $IB > 200 \text{ ml/g}$: fortes difficultés des boues à décanter. Les boues sont Filamenteuses.

Ce qui nous amène à conclure qu'on a une bonne décantation de boues.

Pour le premier bassin d'aération sur les 14 jours étudiés, 04 valeurs sont inférieures à 120 ml/g et les autres se situent entre 120 et 200 ml/g

Le même constat pour le deuxième bassin d'aération avec trois valeurs inférieurs à 120 ml/g. Ce qui fait que les boues de la STEP se situent entre un très bonne et une bonne décantation.

V.7 Détermination de la qualité des eaux de Réghaia :

Pour déterminer la qualité des eaux du lac de Réghaia, nous avons essayé de classer les résultats des analyses par rapport à la grille de la qualité, tableau N°IV.6, proposée par l'ANRH (agence nationale des ressources hydriques) [11].

Tableau N°IV.6: Grille de la qualité des eaux par paramètres (ANRH)

	Classes de qualité	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise	échantillon
Matière minérale	Calcium (mg / l)	< 100	100 – 200	200 - 300	> 300	/
	Magnésium (mg / l)	< 30	30 – 100	100 - 150	> 150	/
	Sodium (mg / l)	< 100	100 – 200	200 - 500	> 500	/
	Chlorures (mg / l)	< 150	150 – 300	300 - 500	> 500	/
	Sulfates	< 200	200 – 300	300 - 400	> 400	
Matière organique et. Oxydables	Oxygène dissous (mg / l)	> 07	07 – 05	05 - 03	≤ 03	3.75
	DCO (mg / l)	< 20	20 – 40	40 - 50	> 50	942.6
	MO (mg / l)	< 05	05 – 10	10 – 15	> 15	356.56
Matière Azoté et phosphatées	Ammonium (mg / l)	0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 03	> 03	17.50
	Nitrites (mg / l)	0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 03	> 03	0.117
	Nitrates (mg / l)	10	10 – 20	20 - 40	> 40	0.316
	Phosphates (mg / l)	0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 03	> 03	1.42
	Azote Kjeldahl (mg / l)	02	02 – 03	03 - 10	> 10	/

V.8.Légende de la qualité des eaux :

- **Classe I** : eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière.
- **Classe II** : eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement.
- **Classe III** : eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé

V.9 Interprétation des résultats :

- La demande chimique en oxygène (DCO) est importante. Le rapport DCO/DBO₅ renseigne sur la biodégradabilité de la matière organique, l'augmentation du rapport traduit l'augmentation de la proportion des matières organiques non biodégradables [X].

L'écart entre DCO et DBO₅ nous permet d'apprécier des polluants qui ne sont pas biodégradables en raison de leur structure ou à cause d'un effet inhibiteur.

- Si $DCO/DBO_5 < 2$: indique une eau d'égout souvent ménagère et facilement décomposable.
- Si $DCO/DBO_5 > 2$: indique une eau d'égout industrielle difficilement décomposable.

Dans le lac de Réghaia, les résultats obtenus montrent que :

- Le rapport de $DCO/DBO_5 = 14.83$ qui est largement supérieurs à 2 ce qui montre que le lac de Réghaia est riche en matière organique non biodégradable.
- La valeur de DCO est très élevée (942.6 mg O₂/ l) nettement supérieur à 50 mg O₂/ l qui fait que l'eau de lac très mauvaise qualité
- Même constat pour la MO qui a été estimée à partir de la DBO₅ et de la DCO (356.56 mg/l) très élevée par rapport de la valeur maximal (15 mg/l) qui rend la qualité des eaux du lac de très mauvaise qualité.
- La teneur de l'ion ammonium dans le lac (17.5 mg/l) fait que la qualité de l'eau du lac est très mauvaise.

- La concentration de l'oxygène dissout est très faible (3.75 mg/l) , ainsi que le phosphate (1.42 mg/l) et les nitrites (0.117 mg/l) font classer la qualité de l'eau du lac dans la classe «mauvaise »
- Les nitrates sont présents à une très faible concentration (0.316 mg /l) .

L'état catastrophique du lac de Reghaia est dû à l'existence des canalisations qui déversent directement des eaux usées dans le lac. En effet, de nombreux effluents industriels alimentent directement ce lac, ce qui fait que l'autoépuration ne suffit plus pour rétablir un bon état écologique et sanitaire des eaux de surface du lac de Réghaia.

Conclusion

Les résultats de nos analyses ont largement confirmé le bon fonctionnement de la station au plan des mesures analyses physico-chimiques.

Selon les résultats obtenus au cours de cette étude, nous constatons que :

- Le traitement biologique par boues activées présente une efficacité très importante car elle présente une bonne élimination de MES, DBO₅, DCO, avec des rendements respectifs 91.57%, 95.94%, 86.5%. Les résultats des analyses physico-chimiques sur les eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.
- Un rendement d'élimination de l'azote totale de 53,08% , mais sa teneur moyenne 20,72 mg/l reste supérieure à l'objectif de la STEP qui est de 10 mg/l.
- Concernant l'azote Kjeldhal le taux d'élimination moyen est de 56,1% avec une concentration moyenne des rejets de 17,34 mg/l inférieure à la norme algérienne qui est de 30 mg/l
- Le phosphore total reste inférieur à la norme qui est de 3 mg/l.
- Charge élevée des MES dans les deux bassins, supérieure à la valeur de consigne pour le bon fonctionnement de la STEP
- La mesure de l'indice de boues est inférieure à 200 ml/g ce qui dénote une bonne décantation des boues et dans certains cas une très bonne décantation.

Concernant les analyses du lac nous avons constaté :

- Que la matière organique du lac est non biodégradable, que les teneurs de la DCO et de la matière organique de l'ion ammonium sont très élevés, qui rendent l'eau du lac très mauvaise.
- Que l'oxygène dissout, nitrite et phosphate sont relativement médiocre faisant classer l'eau du lac comme mauvaise.
- Que le nitrate est le seul composé analysé présent en faible concentration.

L'état catastrophique du lac de Reghaia est dû à l'existence des canalisations qui déversent directement des eaux usées dans le lac. En effet, de nombreux effluents

Conclusion

industriels alimentent directement ce lac ce qui fait que l'autoépuration ne suffit plus pour rétablir un bon état écologique et sanitaire des eaux de surface du lac de Réghaia.

Recommandations :

- L'application stricte du décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. Afin que les industriels minimise les rejets en polluants en traitant en partie leurs rejets liquides avant de les rejeter dans le réseau d'assainissement.
- Une estimation quantitative et qualitative des rejets industriels sont nécessaires pour le choix de futures décisions à prendre pour la protection de la zone humide.
- Le choix pourrait se faire par la réalisation de prétraitement et agrandissement de la STEP de Reghaia afin de traiter le surplus d'effluents à traiter.
- Si des aménagements futures ne pourront pas traiter tous les effluents (urbains et industriels), il serait intéressant d'installer une nouvelle STEP traitant des rejets liquides industriels en amont des deux oueds (oued El Biar et oued Réghaia) qui sont les principaux effluents du lac, pour minimiser la charge polluante qui deverse dans la zone humide.
- Dans le cas d'un choix d'une nouvelle STEP traitant les rejets liquides industriels, la réalisation un réseau d'assainissement séparatif pour les eaux urbaines et industrielles serait indispensable afin de protéger la STEP existante et minimiser l'impact des rejets liquides sur ce lac unique dans l'algérois.
- Afin d'éviter l'eutrophisation du lac, la sensibilisation des agricultures sur l'utilisation rationnelle des engrais et sur l'importance de la zone humide de Réghaia au plan national et international est primordial

Recommandations :

- L'application stricte du décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. Afin que les industriels minimise les rejets en polluants en traitant en partie leurs rejets liquides avant de les rejeter dans le réseau d'assainissement.
- Une estimation quantitative et qualitative des rejets industriels sont nécessaires pour le choix de futures décisions à prendre pour la protection de la zone humide.
- Le choix pourrait se faire par la réalisation de prétraitement et agrandissement de la STEP de Reghaia afin de traiter le surplus d'effluents à traiter.
- Si des aménagements futures ne pourront pas traiter tous les effluents (urbains et industriels), il serait intéressant d'installer une nouvelle STEP traitant des rejets liquides industriels en amont des deux oueds (oued El Biar et oued Réghaia) qui sont les principaux effluents du lac, pour minimiser la charge polluante qui deverse dans la zone humide.
- Dans le cas d'un choix d'une nouvelle STEP traitant les rejets liquides industriels, la réalisation d'un réseau d'égout séparatif pour les eaux urbaines et industrielles serait indispensable afin de protéger la STEP existante et minimiser l'impact des rejets liquides sur ce lac unique dans l'algérois.
- Afin d'éviter l'eutrophisation de lac, l'information des agricultures de l'importance de l'utilisation rationnelle des engrais et de l'importance de la zone humide de Réghaia au plan national et international.

Références Bibliographiques

- [1] : **Dugniolle H, (1980).** L'assainissement des eaux résiduaires domestique, CSTC –revue n° 3-septembre.
- [2] : **Glanic R et Benneton j-p, (1989).** Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome – TSM – L'eau – 84 année – N 11.
- [3] : **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004).** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- [4] : **Vaillant J.R. (1974).** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413p.
- [5] : **Bontoux J., (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.
- [6] : **Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.
- [7] : **Gomella C., Guerree H., (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.
- [8] : **Rodier J, (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Dunod, Paris.
- [9] : **Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Laplanche A ; Moles J, Montiel A ; RIOU G ; Simon P, (2006).** Règlementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1^{ère} édition. ASTEE (association scientifique et technique pour 'l'environnement).
- [10] : **Grosclaude G., (1999).** L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.
- [11] : **RAKREK Z, (2013).** La station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Master Hydraulique, Université de Tlemcen,.
- [12] : **Joly B., Reynaud A., (2003).** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 356p.
- [13] : **Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin J.-P., Champsaud H., Rodil., (1996).** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris. 1983p.

[14] : **N.Ghetas, (2007)**. Epuration des eaux usées : cas de la ville de Touggourt, thes, Ing, Eco, U.de Ouargla.

[15] : **A. Rodrigez-Gracia, (2004)**,. Etude de la congélation comme technique de traitement des eaux: applications spécifiques, Thèse de doctorat, L'institut National Des Sciences Appliquées de Toulouse, L'université de Toulouse, France,

[16] : **Thevenot, (2005)**,. Master SGE Module Eau (34U3), Centre d'Enseignement et de la recherche Eau Ville Environnement, Université de paris, France.

[17] : **J. Lesavre**, Rapport, Agence de l'eau Seine-Normandie.

[18] : **Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermeij L. (2005)**. L'épuration des eaux pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages.

[19] : **Aoulmi Sofiane, (2007)**,. Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.

[20] : **Amir S., (2005)**. Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Th. Doc., Ins. Nati. Poly de Toulouse. 341p.

[21] : **F.A.O., (2003)**. Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.

[22] **Degrement., (2005)**. Mémento technique de l'eau. Tome1. Ed 10^{eme}. 466p.

[23] : **Jarde E., (2002)**. Composition organique de boues résiduelles de station d'épuration lorraines : caractérisation moléculaires et effets de la biodégradation. Th. Doc. Univ. Henri Poincaré. Nancy I en sciences de l'Univers. 286p.

[24] : **Bernard Pironin**. Traitement des eaux.

[25] : **Boeglin (J.C.)**. L'épuration biologique des eaux résiduelles industrielles. Cours : effectués en Maîtrise de Biochimie (Faculté des Sciences de Metz), en Formation continue (IPI « Environnement Industriel de Colmar »).

- [26] : **Edeline (F.), (1988).** L'épuration biologique des eaux résiduaires. Technique et Documentation CEBEDOC.
- [27] : **D.Zerouali, (2000).**Traitement des eaux résiduaires. Centre inter- entreprises de formation industrielle. Séminaire.
- [28] : **Tyrrell SA, Rippey SR, Watkins WD.** Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone. Water Research 1995.
- [29] : **Bongiovanni, J.-M,(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
- [30]: **Asano T, (1998).**, Waste water reclamation and reuse. Water quality management library,
- [31] : **Faby J.A ; Brissaud F.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 1997, 76 Bpages.
- [32] : **Lazarova V,(1998).**(CIRSEE –Lyonnaise des eaux) et al., « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eaux, l'industrie, les nuisances », n°212,mai
- [33] : **(Ramsar, 1971).**
- [34] : **(BONNET,2005).** Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes, conservation des zones humides méditerranéennes. Medwet n°13, tour de valet.160p
- [35] : **(LUM, 1998).** Les zones humides sous pression. p54-59.
- [36] : **(SEYRIG, 2007).** Fiscalité et protection des zones humides.220p
- [37] : **(JOUBERT, 2006).** les zones humides : de l'inventaire a la préservation. Identification des méthodes et outils pertinents, unive. Rennes 1, mémoire master 2 gestion intégrée des bassins versants, 65p.
- [38] : **(BARNAUD, 2008).** Conserver les zones humides. Pourquoi ? Comment ? Édition quae-educagri édition. 430p

[39] : **(GRABA, 2005)**. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement programme d'aménagement côtier (PAC) "zone côtière Algéroise". Action pilote : site de lac de réghaia

[40] : **(Direction Générale des Foret, 2006)**.

[41] : **(THIBAULT, 2007)**. **(M. Bouazouni O. Boumédine H.K, Mouali A.,2006)**. Plan de gestion de la réserve naturelle du lac de reghaia (Algerie). 122p

[42] : **Institue nationale de la cartographie et de la télédétection, 2010**

[43] : **(Anonyme 1, 2012)**. Plan de gestion de la zone humide de Reghaia.

[44] : **(LEVEQUE, 2001)**. Ecosystème aquatique. Ed. HACHETTE.

[45] : **(Anonyme 2, 2003)**. Fiche descriptive sur les zones humides.

Annexe 1: Le planning des analyses pour l'année en cours et l'année N+1 est disponible

Effluent considéré	Paramètres	Fréquence des analyses	Méthodes utilisées
Eau brute, eau traitée	Débit	365	Sonde ultrason, associée à un canal venturi pour l'eau brute (enregistrement en continu)
	Température	156	NA.751/1990
	pH	156	NA.751/1990
	Conductivité	156	NA.751/1990
	DBO ₅	104	Système OxiTop® Control
	DCO	156	TEST EN CUVE HACH LCK 114/314
	MES	156	NF T90-105-2 (centrifugation) ISO 11923 (filtration)
	N-NH ₄ ⁺	104	TEST EN CUVE HACH LCK 303/305
	N-NO ₃ ⁻	104	TEST EN CUVE HACH LCK 339
	N-NO ₂ ⁻	104	TEST EN CUVE HACH LCK 341-342
	NT	104	TEST EN CUVE HACH LCK 338/238
	PT	104	TEST EN CUVE HACH LCK 350/348
eau traitée	Analyse bactériologique (coliformes totaux et fécaux, , Entérocoque)	1 Fois/ 15 jours (selon le planning définis avec le labo central)	ISO 4831
Boues liquides (primaires, épaissies)	MS	Les jours ouvrés	NF EN 12880 sur échantillons ponctuels et moyens

biologiques...)	MVS	52	NF EN 12879 sur échantillons ponctuels et moyens
Boues déshydratées	MS	à chaque déshydratation	NF EN 12880 sur échantillon moyen journalier
	MVS	52	NF EN 12879 sur échantillon moyen journalier
	Éléments-traces métalliques	12 (selon tableau annexe 10)	Effectué au laboratoire central selon les méthodes normalisées

ANNEXE 2: Liste des Industriels MàJ 2009

N°	ETABLISSEMENT S	ACTIVITE	ADRESSE	DATE DE MISE EN SERVICE	LIEU DE REJET
1	FRUITAL COCA-COLA	Production de boissons gazeuses	ZI Rouiba RN n° 5		
2	SARL TANGO	Production de bière	ZI Rouiba RN n° 5 BP 51	2001	Réseau
3	PEPSI	Production de boissons gazeuses	ZI Rouiba RN n° 5	06/06/1995	Réseau
4	TAMEG SPA	Tannerie	ZI Rouiba RN n° 5	1998	Réseau
5	MOBSCO	Production de mobiliers scolaires	ZI Rouiba RN n° 5 BP 21	1962	Réseau
6	ENAD SHYMECA Produits d'entretien (Ex UNITE LAMES)	Production et commercialisation de produits d'entretien	ZI Rouiba RN n° 5 BP 06	1958 nationalisée en 1967	Réseau
8	NCA (Nouvelle Conserverie Algérienne)	Production de jus	ZI Rouiba RN n° 5	1966	Réseau
9	ANABIB UNITE ALTUMET (Ex UNITE GROS TUBES)	Production de tubes métalliques	ZI Rouiba RN n° 5		
10	ANABIB UNITE PAF	Sidérurgie	ZI Réghaia BP 16	X	Réseau
11	ANABIB UNITE PTS	Sidérurgie	ZI Réghaia RN n° 5 BP 13	X	Réseau
12	LU ALGERIE	Agro alimentaire	ZI Rouiba RN n° 5 BP 65/5	2007	Réseau
13	EPBR	Boissons	ZI Rouiba RN n°	1959	Réseau

			5		u
14	HENKEL ALGERIE	Production de détergent	ZI Rouiba RN n° 5	1962	Réseau
15	SOLI CADIC	Industrie de la communication	ZI Rouiba 32 A		
16	ENAD SHYMECA COSMETIQUE	Production de produits cosmétiques	ZI Rouiba BP n° 16	1958	Réseau
17	ENGOA	Travaux publics	ZI Rouiba		
18	EURAPHARMA	Dépôt de médicaments			
19	ANEP	Edition publicitaire	RN n° 5 ZI Rouiba		
20	SOCHETEX	Tissage et tricotage	ZI Rouiba RN n° 5	1970	Réseau
21	TANNERIE MITIDJA	Tannerie / Mégisserie	ZI Rouiba RN n° 5		
22	INFRATELE	Télécommunication	ZI Réghaia BP n° 28	01/07/2008	Réseau
23	ENAG	Edition et impression			
24	GTP	Travaux pétroliers	ZI Réghaia BP n° 09	1980	x
25	SONATRO	Travaux routiers			
26	LINDE GAS ALGERIE	Remplissage de bombonnes de gaz			
27	AIRELEC	Injection plastique	ZI Rouiba	1986	Réseau
28	BATICIM	Galvanisation	ZI Rouiba		
29	ERC (Ex ERWA)	Récupération et traitement de déchets ferreux	ZI Rouiba Voie B	1985	Réseau
30	IMC	Industrie médico-chirurgicale	ZI Rouiba Voie A BP 26	juin-91	Réseau
31	KANAGAZ	Approvisionnement et maintenance des véhicules et engins	ZI Réghaia BP 37	1988	Réseau
32	ENIP	Pétrochimie	ZI Rouiba		
33	NAFTAL	Ecrasement des bombonnes de gaz	ZI Rouiba		
34	INERGA	Menuiserie et Chaudronnerie	ZI Rouiba	X	Réseau
35	COTA	Contrôle technique de véhicules	ZI Rouiba	2003	Réseau
36	CAMMO	Production de mobilier métallique d'organisation	ZI Rouiba BP 18	Juillet 1960	Réseau
37	CUIRS PLEIN FLEURS	Tannerie	ZI Rouiba voie B	2005	Réseau
38	POVAL	Production de vannes	ZI Rouiba		
39	ZF ALGERIE	Montage de boîte à vitesse	ZI Rouiba RN n° 5 BP 143 A	01/01/2004	Citerne
40	LA COLOMBE	Biscuiterie	ZI Rouiba		

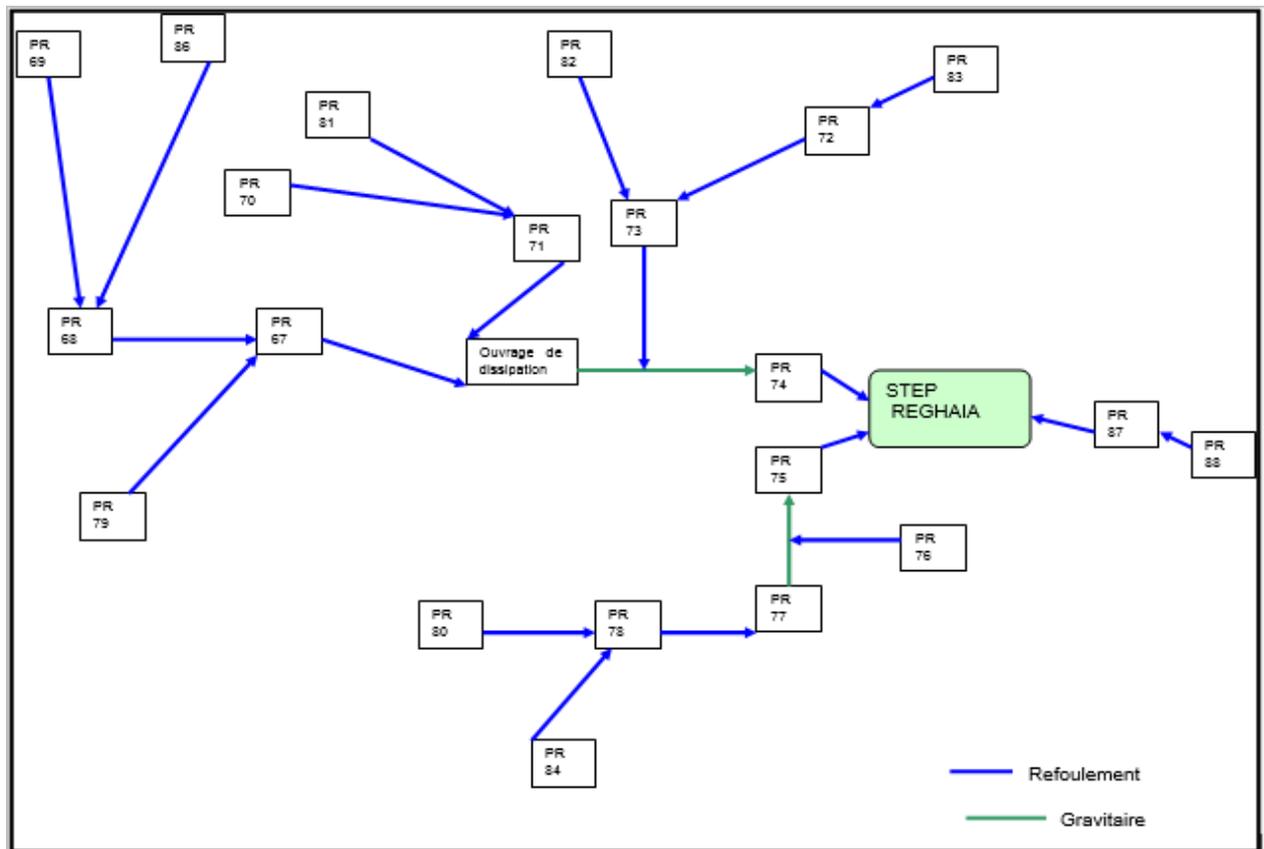
41	DOUDOU	Distribution en gros de produit alimentaire et d'articles de ménage	ZI Rouiba Lot 34	1986	Réseau
42	EEII	Montage d'armoire électrique	ZI Rouiba		
43	SAROUL	Importation de pièces de roulement	ZI Rouiba n° 23 Zone C	1999	Réseau
44	ROUIBA ECLAIRAGE	Produits d'éclairage	ZI Rouiba		
45	SNTA	Distribution de tabac	ZI Rouiba		
46	SAAC EL MOUMTAZA	Fabrication d'accumulateurs (batterie)	ZI Rouiba BP 127		
47	SOFACO	Confiserie	ZI Rouiba Zone B n° 30 BP 240	1975	Réseau
48	SNTR LOGITRANS	Transport de marchandise	ZI Rouiba		
49	HYDRO TECHNIQUE / UTS	Travaux hydrauliques	ZI Rouiba		
50	REELEC Ex ENEL	Base de vie	ZI Rouiba		
51	CMC	Fabrication de faïence	ZI Rouiba		
52	FAIENCERIE ALGERIENNE	Fabrication de faïence	ZI Rouiba		
53	DECOREX / NOVOPLAST	Fabrication de couches bébé et tapis synthétiques	ZI Rouiba Voie C n° 29	13/04/1982	Réseau
54	ARCODYM (Marque MIDEA)	Commercialisation d'appareils électroménagers	ZI Rouiba Zone B lot 100		
55	TECHNOACIER	Vente des aciers à usage mécanique	ZI Rouiba Voie H		
56	INJELEC	Construction d'appareillages électriques	ZI Rouiba Zone B Voie H BP 359		
57	UPC (Union Pharmaceutique de Constantine)	Commercialisation de produits pharmaceutiques	ZI Rouiba Haouch Sbaat Nord		
58	GESI	Département maintenance	ZI Rouiba		
59	EQUIPCO / SET DZ	Vente équipements de protection / Etudes et travaux	ZI Rouiba	X	Réseau
60	SAPTA	Préfabrication de poutres en béton et en métal	ZI Rouiba		
61	ENAB	Commercialisation du bois	ZI Rouiba	Septembre 1969	Réseau
62	MEDITRAM	Travaux maritimes	ZI Rouiba		
63	DISTRIM	Distribution de matières premières à usage industriel	ZI Réghaia		
64	HYDRO AMENAGEMENT(UNITE TRAVAUX)	Travaux hydrauliques	ZI Réghaia		
65	NISSAN	Centre de livraison	ZI Réghaia Voie F Lot U17	Juin 2008	Réseau

66	NEGOCE AUTO SERVICE (RENAULT)	Vente véhicules lourds	ZI Rouiba BP 38		
67	MITTAL ARCELOR	Vente de matériaux sidérurgiques	ZI Réghaia		
68	EBA (Entreprise de Bâtiment d'Alger)	Construction bâtiment	ZI Réghaia		
69	MIPAL	Fabrication quincaillerie et serrurerie	ZI Rouiba Voie H BP 274		
70	GTI	Dépôt d'articles scolaires	ZI Rouiba		
71	SGT ALGERIE	Fabrication de préformes PET	ZI Rouiba RN 05		
72	REMELEC	Commercialisation d'équipement électrique	ZI Rouiba Voie C BP 243		
73	CMTM	Entrepôt douane	ZI Rouiba Voie C		
74	CPA	Département logistique	ZI Rouiba		
75	CENTRE PTT	Télécommunication	ZI Rouiba		
76	BTK AFRICA	Vente semi remorques	ZI Rouiba		
77	GSIPH Aigle (Groupe SAFA)	Production de détergents	ZI Rouiba		
78	ALPHA- PET	Production de bouchons en plastique	ZI Réghaia		
79	SODIPEINT (Ex SNIC)	Stockage et vente de peinture	ZI Réghaia/	X	Réseau
80	TAIBA FOOD COMPAGNY (RAMY)	Production de boissons (jus)	ZI Rouiba		
81	GROUPE SAFA	Industrie des produits hygiéniques	ZI Rouiba		
82	NEDJMA	Téléphonie mobile	ZI Rouiba		
83	PRODIPHAL	Production pharmaceutique	ZI Rouiba Haouch Sbaat BP 288B	X	Puits
84	EMACAL (Entreprise de Matériaux de Construction Algérienne)	Matériaux de construction	ZI Réghaia BP 31/4	1998	Réseau
85	SAIDI PLAST	Transformation de plastique	ZI Réghaia		
86	SIROP OUAHIB	Production de jus	ZI Réghaia BP 25		
87	ETABLISSEMENTS SEMRI ET FRERE	Menuiserie	ZI Réghaia BP 15/2	01/01/1987	Réseau
88	PRINCOFLEX	Emballage en carton	ZI Réghaia Zone U n° 08		
89	RIADDEX	Importation de tous types de papier	ZI Réghaia		
90	PLAST EL QODS	Transformation de plastique	ZI Réghaia		
91	BOISSONS D'OR	Production de boissons	ZI Réghaia		

	(MOULOU DJI)				
92	SELECTAIR	Installation de Distributeur Automatique de Boissons	ZI Réghaia		
93	SCMR	Fournitures industrielles	ZI Réghaia	X	Réseau
94	STAEM (Société des Tabacs Algéro-Emirati)	Entrepôt de tabacs	ZI Réghaia Voie A lot 90	2003	Réseau
95	CAN HYGIENE	Production de couches bébé	ZI Rouiba Zone B		
96	SCA	Importation matériaux de construction et ameublement	ZI Rouiba Zone B		
97	IAGRO	Production de chips	ZI Rouiba Zone B		
98	STIC	Transformation du caoutchouc	ZI Rouiba Voie C n°5 BP 140 A	1995	Réseau
99	COSIDER ALREM	Maintenance	ZI Rouiba		
100	JOMETAL	Récupération du plomb de batteries autos	ZI Réghaia	Mars 2010	Réseau
101	SERVITEC	Packaging puces Djezzy	ZI Réghaia		
102	CITROEN (EURL SAIDA)	Livraison de véhicules	ZI Réghaia		
103	TECHRICH	Maintenance des engins industriels	ZI Réghaia		
104	GENERICLAB	Production pharmaceutique	ZI Rouiba Voie C BP 73	06/07/1992	Réseau
105	DARCO	Importation et distribution de produits alimentaires	ZI Rouiba		
106	MAGECO	Parc sous douanes (Magasinage de containers)	ZI Rouiba Voie C	Novembre 2007	X
107	UCT	Parc sous douanes (Magasinage de containers)	ZI Rouiba Haouch Sbaat		
108	SAHBY SIMEX	Importation de produits alimentaires	ZI Rouiba		
109	HB TECHNOLOGIES	Fabrication de cartes magnétiques	ZI Rouiba		
110	SLC (SMART LINK)	Installation du réseau Internet	ZI Rouiba		
111	FALAIT (TARTINO)	Production de fromages	ZI Rouiba		
112	SCET ENERGIE	Dépôt de vente de batteries autos	ZI Rouiba		
113	BILBAO	Importation de matériaux de construction Profilage et laminage à froid des métaux	ZI Rouiba Lot I n° 84		
114	CSVM Ex MODULA	Construction préfabriquée	ZI Rouiba Lot n°01N		

115	PEAUX ET CUIRS DE	Tannerie et mégisserie	ZI Rouiba Voie C		
	MEDITERRANEE				
116	HYGIENIX	Fabrication de couches bébé	ZI Rouiba		
117	EL HILLAL	Fabrication du papier	ZI Rouiba		
118	ACS (Algerian Container Service)	Parc sous douanes (Magasinage de containers)	ZI Rouiba		
119	GEROC	Centre à béton	ZI Rouiba		
120	DIGROPHARM	Distribution de produits pharmaceutiques	ZI Rouiba		
121	PROMASIDOR	Fabrication de produits alimentaires	ZI Rouiba		
122	COSIDER / ALSIM-UTPS		ZI Rouiba		
123	HYDRO AMENAGEMENT (DG; UNITE TRAVAUX)	Fabrication de buse	ZI Rouiba		
124	ALTERCO	Parc sous douanes (Magasinage de containers)	ZI Rouiba		
125	IMPRIMERIE DIWAN	Imprimerie	ZI Rouiba		
126	SAF (Société Afrique Forage)	Importation et vente de pneus	ZI Rouiba		
127	APMC (Aigle Paper Manufactory Compagny)	transformation du papier	ZI Rouiba		
128	ENROS	Production de béton	ZI Réghaia		
129	NASHCO	Parc sous douane	ZI Réghaia		
130	HILTI	Construction Equipement	ZI Réghaia Zone U		
131	TOYOTA ALGERIE	Contrôle et maintenance	ZI Réghaia BP 25/2	07/09/2009	Réseau
132	MGB ROYAL JUS	Production et vente de boissons gazeuses	ZI Réghaia Route de la gare		
133	NIZIERE	Torréfaction de café	ZI Réghaia Route de la gare		
134	LGPA LABO	Distribution de produits pharmaceutiques	ZI Réghaia Route de la gare		
135	STAL PLUS	Construction aluminium	ZI Rouiba		
136	LB INDUSTRIE	Dépôt de produits alimentaires	ZI Rouiba		
137	SIMPEX AFRIC	Transformation de viande	ZI Rouiba Voie H Lot n° 53		
138	ETABLISSEMENTS MARAIS	Maintenance des engins	ZI Rouiba		
139	ETABLISSEMENTS	Torréfaction et	ZI Réghaia Route		

	KAROUR LES CAFES SPHINX	conditionnement de café	Voie H		
140	CIEPTAL	Transport et location de véhicules	ZI Réghaia Route	09/07/2006	Réseau
141	KANAGAZ	Travaux d'électricité	ZI Réghaia Route de la gare		
142	DENYS	Fabrication de tuyaux en béton	ZI Réghaia Route de la gare	01/10/2009	Réseau
143	MCV ALGERIA	Vente de cars (Mercedes)	ZI Reghaia Route de la gare	2007	Réseau
144	AGRO DEEL	Montage de pompes	ZI Rouiba RN n° 5	07/09/1999	Réseau



Vue schématique des postes de relèvements alimentant la station de Réghaia.

Annexe 3: Appareillages Utilisés.

A photograph of a Lange sensION2 conductivity meter. The device is black with a red probe attached to its top. A digital display on the front shows a reading. It is placed on a white surface next to a yellow container.	A photograph of a Pioneer analytical balance. It is a white, boxy device with a glass weighing chamber on top. The brand name 'Pioneer' is visible on the front panel.
Conductivimètre Lange (sensION2)	Balance analytique (Pioneer)
A photograph of a spectrophotometer, model DR 3900. It is a black, rectangular device with a digital display on the front showing the number '25.6'. A sample compartment is visible on top.	A photograph of a HACH LANGE LT200 thermostat. It is a black, rectangular device with a digital display on the front. It is connected to power cables and sits on a white surface.
Spectrophotomètre	Thermostat HACH LANGE LT200
A photograph of a white laboratory support rack. It contains several small, clear plastic bottles with colored caps (red, blue, white) and some containing liquids of various colors (yellow, red, blue).	A photograph of a laboratory fume hood, model Esco. It is a large, white, rectangular structure with a glass front and a sink area below. The brand name 'Esco' is visible on the top left corner.
Support	La Hotte Esco



Cuve d'analyse Nitrate
1.0-60 mg/l NO₃



Cuve d'analyse Phosphate
1.5-15mg/l PO₄ 6.0-60 mg/l PO₄



Cuve d'analyse Azote total
5.0-40mg/l NO₂ 20-100 mg/l NT



Enceinte thermostatique (T = 20°C).



Cuves d'analyse DCO
150-1000 mg/l O₂ 15-150 mg/l O₂



Cuves d'analyse Nitrite
0.05-2.0 mg/l NO₂ 2.0-20 mg/l NO₂





Étuve $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$



Agitateur Magnétique



Centrifugeuse



Dispositif de Filtration sous vide