



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par: - REZZAG AICHA
- GEURBOUZ FATIMA

Thème

**Eaux usées épurées par lagunage naturel de la vallée
du M'Zab: Gestion et impacts sur l'environnement
(STEP d'El-Atteuf)**

Soutenu publiquement le : 04/10/2017

Devant le jury :

M^r KHELLAF Khoudir	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M^{elle} BEN HADID Hadjira	Doctorante	Univ. Ouargla	Encadreur
M. BEN SEMAOUN Youcef	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M^{me} HADDAD Soumia	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M^r BOUNEB Chouayb	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2016/2017



Remerciements



Nous remercions tout d'abord le **Dieu** qui nous a donné le courage et la patience dans toute notre vie et pour terminer ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude et reconnaissance à notre encadreur **M^{elle}. BEN HEDID H** d'avoir accepté de diriger ce travail, pour son attention sur notre travail, pour ses conseils avisés. Pour ces aides afin de corriger ce travail, ainsi pour ces orientations très bénéfiques.

Nous adressons de chaleureux remerciements à notre Co-encadreur **M. BEN SEMAOUN Y.** pour ses aides précieuses et ses conseils, pour nous avoir fait confiance. Qu'il nous accorde, ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie.

Nous nous traduiront également nos vifs remerciements aux messieurs les membres de jury :

- Monsieur **KHELLAF KHOUDIR**, Maître assistant A, à l'université de Ghardaia, pour avoir accepté de présider ce jury.
- Madame **HADDAD SOUMIA.**, Maître assistant A, d'avoir accepté d'examiner ce travail
- Monsieur **BOUNAB CHOUAYB.**, Maître assistant A, à l'université d'Ouargla, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie pour leur contribution à ma formation de graduation et poste graduation, et tous ce qui nous aident.

Nous adressons notre remerciement infini aux messieurs qui m'ont aidé **REZZEG Belkher. ZAHOUANI ALI** et les agents de la Conservation des Forêts pour la réalisation de ce mémoire,.

Nous exprimons notre haute considération à tous les collègues du laboratoire algérien des eaux pour leur aide.

Nous exprimons notre haute considération à messieurs **KACI Mahfoud** et **ALLAL Bachir** et tous les agents de la STEP pour leur aide.

Nous adressons un très grand merci à monsieur **SBAAA** (laboratoire LTP SUD), et M^{elle} **ZAHOUANI A** avec monsieur **MESSITPHA** (laboratoire de biologie à notre université).

Notre reconnaissance va également à tous qui nous aident de près et de loin pour la réalisation de ce mémoire.



Dédicaces



J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A l'esprit de mon bon père, que dieu ait pitié de lui.

A tous, mes chères sœur & mes frères.

A mon mari RABAH pour leur aide et encouragement,

A mes petites Amiranourlyakine et Imadedine.

A tous ma grande Famille Rezzag, Zahouani et Abdelali.

A ma très chère bénome Fatima.

A mes très chères amies, Nacira, Rachida, khenata, Fatiha, Dalila, Souhila et Nadia pour leurs aides et encouragements.

A Tous ceux que j'aime et je respecte.



Aicha





Dédicaces



J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon chère père, pour leur encouragement et soutien.

A tous, mes chères sœur & mes frères.

A tous, mes chères oncles & tantes.

A tous ma grande Famille GUERBOUZ.

A mas très chère bénomme AICHA.

A mes très chères amies ,Afaf, Nacira, Ahlem, Atika, Zohra, Amel,

Hadjer et Meriem pour leurs aides et encouragements.

A tous, mes chères collègues de laboratoires algérienne des eaux

GHARDAIA.

A Tous ceux que j'aime et je respecte.



Fatima



Table des matières :

<i>Introduction générale</i>	01
------------------------------------	----

CHAPITRE I TRAITEMENT DES EAUX USEES

I. 1. Définition des eaux usées	04
I. 2. Types des eaux usées	04
I. 3. Systèmes de collecte des eaux usées	05
I. 4. Caractéristiques des eaux usées	05
I. 5. Techniques de traitement des eaux usées	09

CHAPITRE II REUTILISATION DES EAUX USEES

II.1. Introduction	16
II.2. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	16
II.3. Réutilisation des eaux usées en Algérie	16
II.5. Usages des eaux usées épurées	17
II.5. Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées.....	18
II.6. Règlementation	20

CHAPITRE III PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.1. Choix de la zone d'étude	23
III.2. Présentation de la zone d'étude.....	23
III.2.1. Localisation géographique	23
III.2.2. La Démographie et la production des eaux usées dans la vallée du M'Zab.....	24
III.2.3. Etude climatique	25
III.2.3.1. Précipitation.....	25
III.2.3.2. Température	26
III.2.3.3. Humidité relative de l'air	26
III.2.3.4. Vent	27
III.2.3.5. Evaporation	27
III.2.3.6. Synthèse climatique.....	28
III.2.4. Agriculture	30
III.2.5. Aspect hydrologique	31
III.2.6. Aspect hydrogéologique	32
III.3. Etude du site expérimentale.....	33

CHAPITRE IV METHODE D'ETUDE

IV.1. Approche méthodologique.....	40
IV.1.1. Etude des eaux	40
IV.1.3. Etude du sol.....	42
IV.2. Méthodes d'analyses	42

IV.2.1 Etude des eaux	42
IV.2.1.1 Analyses physico-chimiques	43
IV.2.1.2 Analyses des paramètres de pollution.....	44
IV.2.1.3. Analyses bactériologiques	45
IV.2.2 les analyses	49

CHAPITRE V
RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1. Etudes hydrique.....	51
V.1.1 paramètres physico-chimique.....	51
V.1.1.1. Température	51
V.1.1.2. Potentiel d 'hydrogène	52
V.1.1.3. Conductivité électrique	53
V.1.1.4. Salinité	53
V.1.1. 5. Oxygène dissous.....	54
V.1.1.6. . Matière en suspension.....	55
V.1.2 Paramètres de pollutions	56
V.1.2.1. DBO ₅	56
V.1.2.2. DCO.....	57
V.1.2.3. Azote total	59
V.1.2.4. Azote ammoniacal	60
V.1.2.5. Nitrites	61
V.1.2.6. Nitrates.....	62
V.1.2.7. Phosphore total	63
V.1.3. Résultats d'analyses bactériologiques.....	64
V.2. Etude du sol.....	65
V.2.1. pH des sols	66
V.2.2. CEs des sols.....	66
V.2.3. TH des sols	67
V.3. Résultats des enquêtes.....	68
V.3.1. Espèces végétales.....	68
V. 3.2. culture expérimentale de l'olivier dans la STEP.....	69
V. 3.3. Oiseaux	69
V. 3.1. Conclusion général.....	71

Références bibliographie

Annexe

Liste des abréviations :

A.D.E : Algérienne des Eaux

ANRH : Agence Nationale Des Ressources Hydriques.

CE : Conductivité Electrique

CE_s : Conductivité Electrique des sols

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

D.P.A.T : Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire

FAO : Food and Agricultural Organization

L.A.C : Laboratoire d'Analyses et de Contrôle

LTP SUD : Laboratoire

MES : les matières en suspension ;

MO : Matière Organique

Nt : Azote Totale

O.N.M : Office National de Météorologie

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel hydrique

STEP : Station d'épuration

U.S.E.P.A : United States Environmental Protection Agency

Liste des figures:

Figure	TITRE	Page
Figure	Les mecanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel	11
Figure 2	Schéma récapulatif de principales voix de traitements des eaux usées et des boues,	14
Figure 3	Position géographique de la région de Ghardaïa	24
Figure 4	Evolution de la production d'eaux usées dans la vallée du M'Zab.	25
Figure 5	Graphique des cumuls pluviométriques annuels de la période (1970-2014).	26
Figure 6	Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).	27
Figure 7	Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région du Ghardaïa (2006-2015)	29
Figure 8	Etage bioclimatique de la région Ghardaïa selon le Climagramme d'EMBERGER	30
Figure 9	les limites de la vallée de l'oued M'Zab	31
Figure 10	Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional	32
Figure11	Situation géographique de la STEP	33
Figure12	Vue aérienne de la STEP d'EL-ATTEUF	35
Figure 13	schéma explicative de la STEP d'EL-ATTEUF	35
Figure 14	Approche méthodologique	40
Figure 15	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	46
Figure 16	.Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux	47
Figure 17	Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs	48
Figure 18	Variations des températures dans les eaux usées de la STEP	52
Figure 19	Variations des pH dans les eaux usées de la STEP	52
Figure 20	Variations des conductivités électriques dans les eaux usées de la STEP	53
Figure 21	Variations de la salinité dans les eaux usées de la STEP	54
Figure 22	Variations des O ₂ dans les eaux usées de la STEP	55
Figure 23	Variations des MES dans les eaux usées de la STEP	56
Figure 24	Variations des DBO ₅ dans les eaux usées de la STEP	57
Figure 25	Variations des DCO dans les eaux usées de la STEP	58
Figure 26	Variation de rapport DCO/DBO ₅	59
Figure 27	Variations des NT dans les eaux usées de la STEP	60

Figure 28	Variations des NH_4^+ dans les eaux usées de la STEP	62
Figure 29	Variations des NO_2^- dans les eaux usées de la STEP	62
Figure 30	Variations des NO_3^- dans les eaux usées de la STEP	63
Figure 31	Variations des P- PO_4^{3-} dans les eaux usées de la STEP	64
Figure 32	Variation des valeurs du pH des sol	66
Figure 33	Variation des valeurs du CE des sol	67
Figure 34	Variation des valeurs du TH des sol	67

Liste des tableaux :

Tableau	Titre	PAGE
Tableau I	L'évolution de la production des eaux usées dans la vallée du M'Zab	24
Tableau II	Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014)	26
Tableau III	Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014)	27
Tableau IV	Evaporation de la station de Ghardaïa (1990-2014)	28
Tableau V	Les données de bases de la STEP	34
Tableau VI	Résultats des analyses des eaux usées brutes et épurées	Annex08
Tableau VII	Rendements de DBO5, DCO et MES de la STEP	Annexe09
Tableau VIII	Classification des eaux d'irrigation selon leurs conductivités électriques (DURAND, 1983).	Annexe10
Tableau IX	Résultats des analyses bactériologiques des eaux épurées	64
Tableau X	Résultats des analyses physico-chimiques des sols	65
Tableau XI	Liste non exhaustive des espèces d'oiseaux inventoriées au niveau lagunage et de milieu récepteur	70

Liste des photos :

photo	titre	page
Photo 01	Le dessableur et le dégrilleur	36
Photo 02	Répartiteurs principaux vers les bassins primaires et secondaires, Janvier 2017	37
Photo 03	lagunes primaires et secondaires, Janvier 2017	38
Photo 04	rejet final vers oued M'Zab, Janvier 2017	39
Photo05	Echantillonnage de sol	42
Photo 06	Conductimètre	43
Photo 07	Spectrophotomètre	44
Photo 08	Réacteur	44
Photo 09	DBO-mètre	44
Photos 10	Végétation installée au sein du milieu récepteur	68
Photos 11	Végétation installée au sein du milieu récepteur	68
Photo 12	Les especes vegetales dominant dans le milieu recepteur	68
Photo 13	culture expérimental	69
photo 14	couche d'huile dans le bassin de lagune	69
Photos 15	quelques espèces observées au sein du milieu récepteur.	70

Introduction

قال الله تعالى:

(وجعلنا من الماء كل شيء حيا)

صدق الله العظيم

La population Algérienne est soumise à une expansion démographique considérable, menant à une augmentation continue des quantités des eaux utilisées et des eaux usées produites.

L'Algérie rejette chaque année 600 millions de m³ d'eaux usées qui sont non seulement perdues mais qui accentuent la dégradation de l'environnement déjà bien fragile (BOUHANNA.2013).

En revanche, à l'instar d'un grand nombre de pays du bassin méditerranéen, elle accuse un déficit hydrique très inquiétant, et se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, qui sont en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. Cette disponibilité décroît de 1500 m³ en 1962 à 500 m³ en 2009, et ne sera plus que de 430 m³ en 2020 (OUANOUDI et al., 2009).

Dans le même contexte, le pays s'est efforcé dès le début de ce siècle de trouver des moyens sûrs et respectant l'environnement pour éradiquer ces menaces. De ce fait, une politique d'assainissement a été adoptée en vue de protéger l'environnement et préserver la santé publique. Cette politique est basée sur la collecte, l'épuration puis l'élimination de ces eaux usées. (NADER,2013)

Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libèrent un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elles constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées (PAPAIACOVOU, 2001).

La dégradation de la qualité des sols à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (BELAID, 2011).

La réutilisation des eaux usées traitées se présente comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement future des services d'eau potable et d'assainissement. Elle présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau (BOUTIN et al. 2009).

BAZZAI M et XANTHOULIS D (2005), ont montré que les eaux usées épurées peuvent avoir des impacts défavorables, tels que la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface, qui restent parmi les inconvénients potentiels les plus importants. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes (CHENINI et *al.*, 2005)

Le Sahara algérien dispose de potentialités souterraines en eau conventionnelles vulnérables et non renouvelables. La réutilisation des eaux usées épurées peut s'intégrer dans des programmes de gestion raisonnée.

La station d'épuration de la ville de Ghardaïa est destinée pour traiter les eaux usées domestiques produites par la population de la vallée du M'Zab par un type de traitement du lagunage naturel. Cette station est située à l'aval de la digue d'EL-Atteuf donc de l'ensemble des agglomérations de la vallée. Cette station d'épuration a été conçue pour atteindre les objectifs suivants :

- Supprimer les nuisances en zone urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur et la nappe phréatique.
- Rendre possible la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation

Il apparaît que l'intérêt de notre travail de recherche a pour objectif d'étudier la performance de la station d'épuration et d'apprécier les effets du rejet des eaux usées épurées sur le milieu récepteur.

L'approche méthodologique adoptée consiste de faire une étude physico-chimique de eaux usées brute et épurée par le lagunage naturel et leur impact sur l'environnement une enquête sur le milieu récepteur, des mesures physico-chimiques du sol et bactériologiques des eaux épurées. Pour cela plusieurs questions se posent :

- Est-ce que ce procédé d'épuration est efficace dans cette région notamment au niveau des charges polluantes ou il nécessite un traitement complémentaire ?
- le procédé de lagunage naturel est-il convenable avec les conditions climatiques de la région de Ghardaïa?
- La qualité d'eaux épurées au niveau de la station, est-elle conforme aux normes de rejet et apte pour une utilisation agricole ? Si oui :
- Quelle est la classification de ces eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ?
- Quelles sont les cultures irriguées avec ces eaux, et quel est le système d'irrigation le plus convenable avec ces eaux ?

Afin d'atteindre nos objectifs, cette recherche s'articule autour de trois grandes parties, dont la première, constitue une synthèse bibliographique, s'intéressant à la qualité des eaux et leurs normes d'utilisations, ensuite une présentation de la région d'étude,. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la méthodologie d'étude et les différentes méthodes d'analyses des échantillons utilisés dans cette étude, la troisième partie traite les résultats obtenus à l'issue de cette recherche, complétée par une conclusion générale avec quelques recommandations.

Chapitre

I TRAITEMENT DES EAUX USEES

“ Comment préserver,
aujourd’hui mais pour demain
l’habitabilité de la Terre ?

D.Bourg

1. Définition des eaux usées

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Les eaux usées sont généralement chargées de détritiques divers, de matières minérales dissoutes et de produits organiques en suspension (BOUZIANI, 2000).

2. Types des eaux usées

Il existe différents types d'eaux usées, en fonction de leur origine et la qualité des substances polluantes ; on distingue quatre catégories des eaux usées : les eaux usées domestiques, industrielles, pluviales et agricoles (MTAHRI, 2012).

2.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques regroupent les eaux noires et les eaux grises.

Elles constituent généralement l'essentiel de la pollution et se composent (MAMADOU, 2005)

- ✓ des eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension, des substances alimentaires (glucides, lipides, protéines), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle ;
- ✓ des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle;
- ✓ des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes

2.2. Eaux usées industrielles

L'eau résiduaire industrielle désigne l'eau qui provient des activités industrielles, ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées et phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte (NEGAIS, 2015).

2.3. Eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable, car elle apporte les engrais et les pesticides. Les eaux agricoles conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphorées des nappes superficielles et des cours d'eau ou des retenues (METAHRI, 2012).

2.4. Eaux pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout au début de pluie, par deux mécanismes (FRANK, 2002)

- ✓ les lessivages des sols et des surfaces imperméabilisées ;
- ✓ la remise en suspension des dépôts des collecteurs.

3. Systèmes de collecte des eaux usées

3.1. Système collectif

Dans ce système les eaux usées sont collectées par deux types de réseaux : unitaire ou séparatif (DEGREMENT, 2005) :

3.1.1. Système unitaire

C'est un système qui reçoit dans un seul collecteur des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables.

3.1.2. Système séparatif

Comportant deux réseaux de canalisations différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées, mais rejetées directement.

3.2. Système autonome

Tout le monde ne peut être raccordé à un réseau de collecte des eaux usées aboutissant à une station d'épuration. En effet, l'habitat est souvent dispersé et la densité de population faible, ce qui rend aberrante la réalisation d'un réseau d'assainissement

De ce fait presque tous les résidents de maisons rurales dépendent d'un système à fosse septique sur place pour traiter leurs eaux usées domestiques (GHADDA N., 2011).

Il s'agit d'une cuve en béton reçoit l'ensemble des eaux usées de l'habitation (eaux vannes et eaux ménagères, à l'exclusion de toute eau pluviale), les solides se déposent et les matériaux flottants remontent à la surface. Le liquide en partie épuré s'écoule d'un exutoire à travers lesquelles les eaux usées peuvent couler et s'infiltrer dans le sol où elles seront oxydées en aérobie. La matière qui surnage et les solides qui se sont déposés subissent une décomposition anaérobie (THORZ, 2002).

4. Caractéristiques des eaux usées

4.1. Caractéristiques physico-chimique

4.1.1. Température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique (DERWICH et al., 2010). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau, particulièrement les microorganismes (MAKHOUKH et al. , 2011).

4.1.2. Potentiel hydrogène

Le Potentiel hydrogène (pH) est un paramètre caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. C'est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau (RODIER, 2005). Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux (DERWICH *et al.*, 2010).

4.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (C.E.) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique (DeVILLERS *et al.* 2005). Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Elle est directement liée à la somme des ions en solution (RODIER *et al.*, 2009).

4.1.4. Matières en suspension

Les matières en suspension (M.E.S.) sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques. Les M.E.S. comprennent les matières décantables et les colloïdes. Elles sont la cause essentielle de la turbidité de l'eau, et permettent une bonne évaluation du degré de la pollution d'une eau (MAMADOU, 2010).

4.1.5. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes (FRANK, 2002). Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau, permettant à une lumière incidente d'être déviée ou absorbée par des particules (2)

4.1.6. Caractéristiques organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités... etc.) (RODIER *et al.*, 2005).

a. Couleur

La coloration d'une eau est très souvent synonyme de la présence du composé dissout et corrélativement la présence du soluté induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (THOMAS, 1995).

b. Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (RODIER *et al.*, 2005).

4.1.7. Demande biologique en oxygène

La demande biologique en oxygène (D.B.O.) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour qu'ils décomposent les déchets biologiques en dioxyde de carbone, en eau et en minéraux (RAVEN et *al.*, 2009). Elle permet d'évaluer corrélativement les matières biodégradables présentes dans les eaux (BLIEFERT et PERRAUD, 2003).

4.1.8. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène (D.C.O.) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectuée à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présents dans l'eau (FRANK, 2002). Elle permet une estimation de la concentration en matière organique, sa mesure ne fait pas la différence entre la matière organique biodégradable et non biodégradable (BLIEFERT et PERRAUD, 2003).

4.2. Eléments nutritifs

4.2.1. Ammonium

Il est présent sous deux formes en solution, des formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et se traduit habituellement par un processus de dégradation incomplète de la matière organique (FRANK, 2002). Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0,1 mg/l dans les eaux naturelles. Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains (DERWICH et *al.*, 2010).

4.2.2. Nitrites

Les nitrites (NO_2^-) constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates (MERABET, 2010). En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux (RODIER et *al.*, 2009).

4.2.3. Nitrates

Les nitrates (NO_3^-) constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (DERWICH et *al.*, 2010). Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates (MERABETE, 2010).

4.2.4. Phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique (phospholipides et phosphoprotéines), et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (RODIER et *al.*, 2009).

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage des minéraux), mais à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, détergents, industrie chimique...) (AÏT BOUGHROUS, 2007).

4.3. Caractéristiques microbiologiques des eaux

Les micro-organismes peuvent être classés en quatre grands groupes, par ordre croissant de tailles : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (BAUMONT *et al.*, 2004).

4.3.1. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte (FABY et BRISSAUD, 1997).

4.3.2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm (ASANO, 1998). Certaines d'entre elles peuvent être rencontrées sous forme de spores dans les conditions défavorables (VANDERMEERSCH, 2006).

4.3.3. Protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires eucaryotes, ils se retrouvent dans les sols et les milieux aquatiques. Certains sont parasites des animaux et les humains. Ils forment des kystes sous des conditions environnementales défavorables la plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites et se développent aux dépends de leurs hôtes (BAUMONT *et al.*, 2004).

4.3.4. Helminthes

Ce sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Tous comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Ce sont, pour la plupart, des vers intestinaux, souvent rejetés avec les matières fécales, sous forme des œufs très résistants (FABY et BRISSAUD, 1997).

4.4. Micro-polluants

Les micro-polluants organiques et non organiques résultent d'une pollution multiple et complexe (Baumont *et al.*, 2005). Les métaux lourds sont des micro-polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les micro-polluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Parmi ces composés chimiques toxiques, on peut citer les hydrocarbures, les phénols et les pesticides (BELGIORNO *et al.*, 2007).

5. Techniques de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées constitue un ensemble de procédés qui permettent de réduire les quantités de charges polluantes engendrées par les déchets solides, les produits liquides et les gaz contenues dans les eaux usées (BOUZIANI, 2000).

Par le terme d'épuration des eaux usées, on étend toutes les techniques, qui contribuent à diminuer la teneur en composés indésirables contenus dans les eaux usées par des procédés biologiques, chimiques et/ou mécaniques (BLIEFERT et PERRAUD, 2003).

5.1. Etapes de traitement

5.1.1. Prétraitement

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. Il s'agit principalement des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) (DEGREMONT, 1978).

5.1.2. Traitements primaires (physico-chimiques)

Après le traitement mécanique des eaux usées, les procédés de traitement physico-chimiques, faites appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation (DEGREMONT, 2005).

5.1.3. Traitements secondaires (Biologiques)

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobie nécessitant un apport d'oxygène.

Parmi les traitements biologiques on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs (BENZAOUÏ et ELBOUS, 2009).

5.1.3.1. Différents procédés d'épuration biologiques

a. Procédés 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 sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. On a Les lits bactériens, les boues activées (BAUDOT et PERERA, 1991).

b. Procédés 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 (DEGREMONT, 2005).

b.1. Lagunage

Lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries. Les bassins de lagunage sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. (LIBES, 2011). C'est le plus répandu et le plus classique surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable (AMIR, 2005).

Ce système d'épuration présente de nombreux avantages en comparaison avec d'autres procédés. Il ne consomme pas d'énergie et ne demande pas de produits chimiques, ne nécessite que peu d'entretien, il est simple, écologique, rustique, fiable, et peu onéreux du avec des résultats hautement satisfaisants en matières de décontamination. Ses nombreux avantages pourraient presque faire oublier les quelques contraintes de cette technique dont la principale est la superficie nécessaire pour leur installation (U.N.E.S.C.O., 2008).

b.1.1. Différents types de lagunage

Il existe plusieurs types de lagunage: le lagunage naturel, le lagunage à microphytes, le lagunage à macrophytes et le lagunage aéré.

b.1.1.1. Lagunage naturel

C'est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de longue période de rétention. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu (BENHEDID et HARROUZ, 2013).

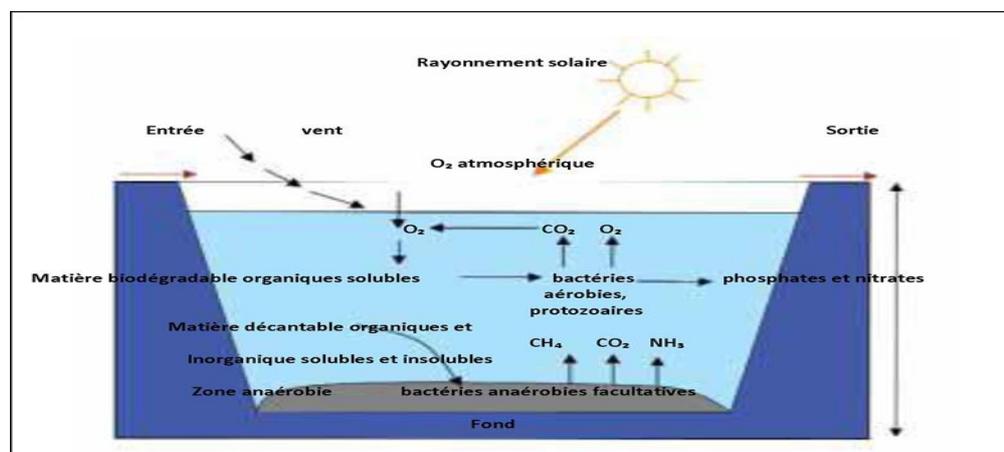


Figure1. Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (d'après Agences de l'Eau, CTGREF).

Plusieurs procédés sont regroupés sous le terme lagunage naturel, dont voici les principaux :

a. Lagunage à microphytes (présence d'algues)

Le principe consiste à faire passer les eaux usées à travers des lagunes non plantées, qui sont réservées au développement du plancton. Le métabolisme algal s'accompagne d'une forte production d'oxygène qui est utilisé par les bactéries aérobies pour la minéralisation des composés organiques. Les algues utilisent le gaz carbonique libérés pour la photosynthèse.(C. EU, 1991 ; U.N.E.S.C.O., 2008).

b. Lagunage à macrophytes

On compte sur une station de 2 à 5 bassins déposés en série (avec un optimum pour 3 bassins), profond de 1 à 1,7 m où les effluents à traiter séjournent au total de 50 à 80 jours.

Le premier bassin (de décantation) et le plus profond, et le volume globale de l'ensemble doit être très important : soit de 60 à 80 fois plus que la quantité d'effluent reçu, ce qui permet une dilution considérable et d'assurer, le cas échéant, de fortes variations de charge à assainir.

Dans une formule complémentaire (en milieu tropical notamment) on peut cultiver des macrophytes (roseaux, massettes ou lentilles d'eau par exemple) dans le bassin terminal afin d'optimiser l'épuration, d'augmenter l'oxygénation et d'éliminer au maximum les matières en suspensions.

Les lagunes à macrophytes différent de celles microphytes par une plus faible profondeur d'eau et doivent être collectées régulièrement (fort taux de croissance des lentilles ou des jacinthes d'eau par exemple) (SAGGI, 2013).

b.1.1.2. Lagunage aéré

Selon BOUHANNA(2013), Composé de plusieurs bassins, dont les premiers sont équipés d'un dispositif d'aération artificiel. L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. L'adaptabilité de cette filière aux conditions climatiques doit être étudiée plus en détail. Le temps de séjour dans les bassins varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus.

b.1.2. Facteurs influençant les performances du lagunage**b.1.2.1. Température**

La température est un facteur très important, elle agit directement sur la vitesse des réactions biologiques. L'activité biologique du milieu est d'autant plus importante que la température augmente (BOUKHETALA et IDDOU, 2010).

b.1.2.2. Vent

Le vent cause des turbulences qui assurent un brassage de la masse d'eau et favorise l'oxygénation des eaux des bassins (BENHEDID et HARROUZ, 2013).

b.1.2.3. Evaporation

Elle augmente la charge à la surface et diminue la qualité des effluents à traiter (BARIKA et SENOUSSE, 2005).

b.1.2.4. Forme, profondeur et volume des bassins

Selon Labadi et Moukar, (2010):

- La forme des bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents et éviter aussi les zones mortes;
- La profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse;
- Le volume des bassins permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée.

b.1.2.5. Temps de séjour

Le temps de séjour désigne le temps nécessaire que doivent séjourner les eaux usées dans chaque bassin pour permettre leur épuration. Il varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus. Les fortes évapotranspirations rencontrées pendant les saisons chaudes peuvent augmenter considérablement le temps de séjour et, par voie de conséquence, le rendement. Le gel d'une tranche d'eau supérieure en hiver, au contraire, réduit le temps de séjour (BAUDOT et PERERA, 1991).

5.1.4. Traitements tertiaires

Ils ont pour but de compléter plus ou moins l'épuration, selon les normes de qualité applicables aux eaux épurées ou selon les utilisations de ces eaux; absent ou peu nombreux dans le cas des rejets en rivière, ils deviennent en revanche multiples, s'il s'agit d'affiner l'eau en vue d'une réutilisation (BENKARIMA et DJAFOUR, 2013).

5.1.5. Boues

Le fonctionnement épuratoire se traduit par l'accumulation des éléments polluants et/ou leurs produits de transformation séparés de la phase liquide par décantation ou au cours de tout traitement d'eau, quelle qu'en soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées boues (DEGREMONT, 2005).

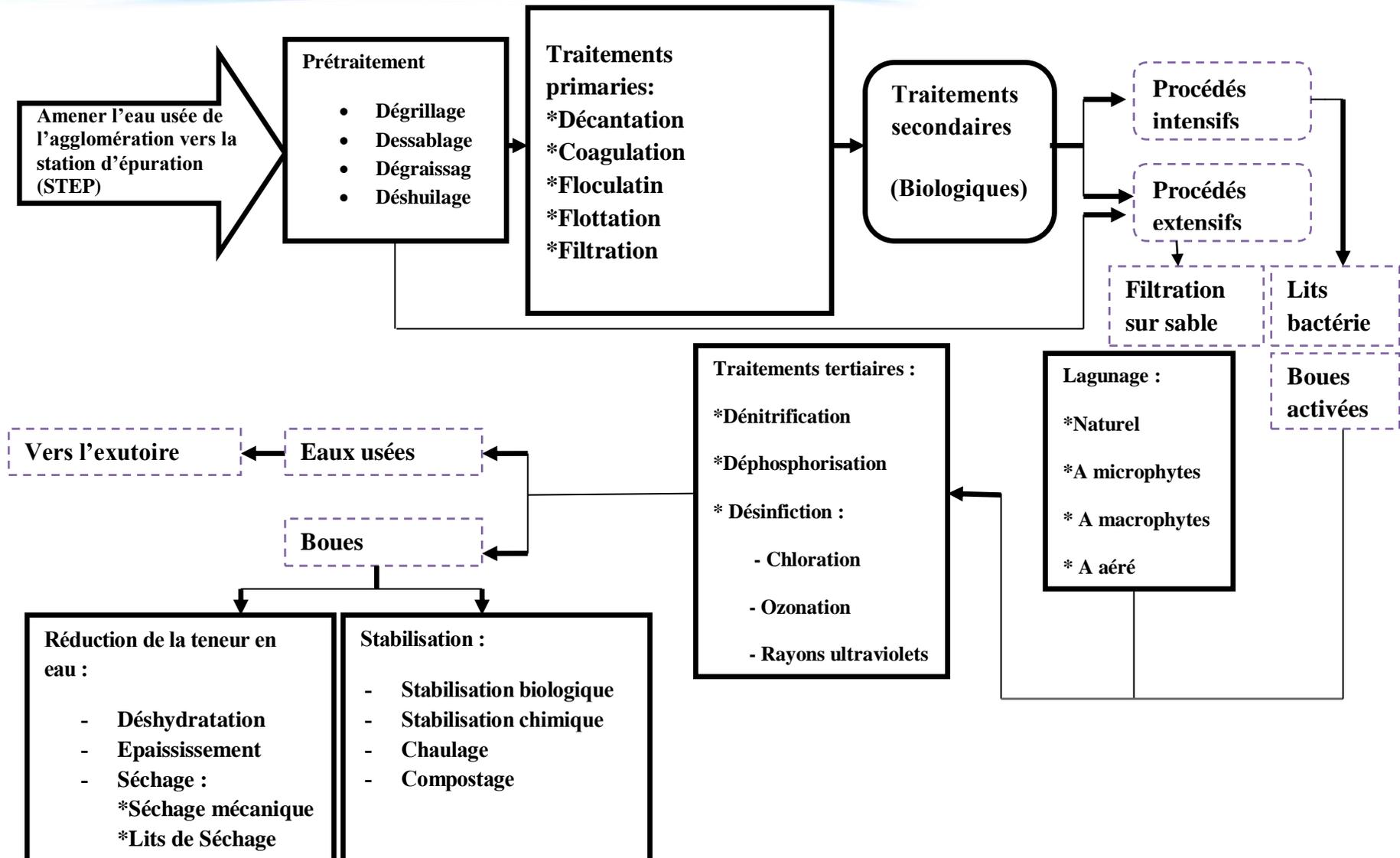


Figure 2. Schéma récapitulatif de principales voies de traitements des eaux usées et des boues (Bouhanna, 2013).

6. Normes de rejets des effluents

Une norme de rejets est les quantités maximales de matières polluantes qui pourront être rejetés dans un milieu récepteur donné, appelées normes de rejets, répondant à des lois nationales et internationales (FRANK, 2002).

Le décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006, du Journal Officiel de la République Algérienne, fixe les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Annexe 1).

7. Impacts de rejet des eaux usées épurées sur les milieux naturels

7.1. Impacts positifs

Le rejet des eaux usées épurées peut avoir des impacts positifs que nous citons, entre autres :

- ✓ l'alimentation des zones humides;
- ✓ le soutien d'étiage des cours d'eau (BRL, 2011).
- ✓ la création de zones humides surtout en régions arides et semi-arides.

7.2. Impacts négatifs

Les rejets des eaux usées même épurées dans certains milieux sensibles peuvent causer des problèmes environnementaux graves, parmi lesquels, nous citons :

- ✓ l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques causée par l'excès de l'azote et du phosphore;
- ✓ l'augmentation de la turbidité des eaux réceptrices (ADLER, 2005) ;
- ✓ la contamination des zones destinées à la baignade par des microorganismes pathogènes ou par des substances chimiques (IFREMER, 2002) ;
- ✓ la pollution des sols par l'accumulation des éléments traces métalliques à long terme ;
- ✓ la salinisation ou la sodisation des sols si l'eau usée épurée rejetée est salée ou présente un pouvoir alcalinisant élevé ;
- ✓ la génération des certaines nuisances si les sols récepteurs présentent un pouvoir faible à épurer les matières organiques.

Chapitre

II REUTILISATION DES EAUX USEES

"جائزة نوبل للسلام هو رسالة قوية

السلام الدائم ليس انجازا واحدا،

ولكنه بيئة والتزام"

محمد البرادعي

1. Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées se présente comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau (BOUTIN et al. 2009).

Les applications de la réutilisation des eaux usées traitées sont nombreuses, qu'il s'agisse d'irrigation agricole, utilisations urbaines (nettoyage, espaces verts), industrielles (refroidissement, protection contre les incendies), d'usages récréatifs, d'entretien d'habitats naturels et de zones humides, ou de recharge de nappe (RINGOT, 2010).

2. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

La réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).

3. Réutilisation des eaux usées en Algérie

Selon l'O.N.A (2017), le nombre des stations d'épuration en exploitation par l'ONA est de 139 STEP dont 66 à boues activées et 77 par lagunage avec 03 filtres plantés. La réutilisation des eaux usées épurées a des fins agricoles, concerne 18 stations d'épuration sur les 139 actuellement.

60 % des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet (BOUHANNA, 2013).

4. Usages des eaux usées épurées

4.1. En agriculture

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains.

Selon ABBOU, S (2010), l'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables dans les eaux usées et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation des eaux usées épurées en agriculture. D'une façon générale. Une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare : de 16 à 62 kg d'azote, de 2 à 69 kg de potassium, de 4 à 24 kg de phosphore, de 18 à 208 kg de calcium, de 9 à 100 kg de magnésium et de 27 à 182 kg de sodium.

Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques) ; sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée, sauf en Algérie. En Algérie l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état « embryonnaire » et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale. Aussi l'installation des stations d'épuration en aval des réseaux existants constitue non seulement une des solutions pour la protection de nos ressources en eau, du milieu naturel et par conséquent de l'environnement, mais peut également constituer un apport non négligeable pouvant satisfaire les besoins agricoles (ONA, 2014)

4.2. En Aquaculture

L'élevage de poissons et la culture de plantes aquatiques dans des bassins fertilisés par des eaux usées, et des excréta sont des pratiques courantes, en particulier en Asie. En Inde, plus de 130 réseaux de viviers fertilisés par des eaux-vannes couvrant une superficie d'environ 12000 ha. Le rendement annuel moyen est de plus de 1000 kg/ha, assurant de 10 à 20% de la consommation de poisson de l'agglomération de Calcutta (OMS, 1989).

4.3. Usages urbains

Les usages urbains et périurbains des eaux usées ayant subi un traitement se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations. Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts (MILLER, 1990).

Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines de celles en vigueur pour l'eau potable (O.M.S, 2006).

5. Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées

5.1. Avantages environnementaux

La F.A.O considère que du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus sûre et la plus réaliste (F.A.O, 2003).

De même, pour l'O.M.S qui juge que du point de vue de la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées est souvent la meilleure méthode d'évacuation (O.M.S, 1989).

Également, selon la F.A.O, lorsque l'eau usée est utilisée correctement à des fins agricoles, plutôt que toute autre utilisation, l'environnement peut être amélioré. Voici quelques avantages environnementaux:

- ✓ la suppression de rejet en eaux de surface, prévient l'éventualité de situations esthétiques désagréables, de conditions anaérobies dans les cours d'eau et l'eutrophisation des lacs et réservoirs ;
- ✓ la sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources par l'agriculture. Cette surexploitation pose le problème de l'épuisement et de l'intrusion du biseau salin ;
- ✓ la possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion (F.A.O, 2003).

5.2. Impacts négatifs et risques de la réutilisation des eaux usées épurées

En plus des problèmes environnementaux, les eaux usées épurées réutilisées peuvent engendrer des problèmes sanitaires à la population exposée du fait de la présence des risques de transmission des microorganismes pathogènes ou des éléments chimiques toxiques aux agriculteurs ou aux ouvriers utilisant cette eau

Cette transmission peut se produire, soit par : contact des utilisateurs avec cette eau usée épurée, inhalation des aérosols générés par cette eau (cas d'arrosage par aspersion) ou par consommation des produits irrigués par cette eau usée épurée (NADER, 2013).

5.2.1. Risques environnementaux

5.2.1.1. Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

a. Effets sur le sol

La réutilisation des eaux usées est justifiée dans beaucoup de cas, par le fait qu'elles contiennent divers éléments nutritifs pour le sol, notamment les composés à base de nitrates, de phosphore et de potassium. L'utilisation des eaux usées épurées sur sol entraîne des variations importantes de la composition chimique du sol, notamment la salinité, la fertilité (N, P, K) et en certains éléments traces (Cu, Pb, Zn), l'acidité ainsi que les caractéristiques physiques des sols notamment la stabilité structurale. En plus la contamination des sols irrigués par les eaux usées épurées est constatée par nombreuses recherches. Les modifications observées après plusieurs apports conjugués d'eaux usées traitées sur le sol sont en relation directe avec leurs compositions chimiques. Le sujet d'impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur les sols est entamé par nombreuses recherches nationales et internationales (BAHRI et HOUMANE, 1987 ; ZEKRI et al., 1997 ; CKOUKR-ALLAH et GHAI, 2001 ; CHENINI et al., 2002 ; OUANOUI et al., 2009 ; BLAID, 2010 ; CONDOM et al., 2012 ; OUAFAE et al., 2012).

b. Effets sur les cultures

Nombreuses études sont réalisées sur l'effet de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les cultures (OUNAIES et al., 1992 ; CHENINI et al., 2002 ; OUANOUI et al., 2009 ; MOUHANNI et al., 2011 ; TAMRABET, 2011 ; Anses, 2012 ; OUAFAE et al., 2012), tous ces travaux se concordent sur l'impact positive de l'irrigation par les eaux usées épurées sur l'augmentation des rendements des cultures.

Les lignes directrices interdisent actuellement l'irrigation avec les eaux usées de légumes qui sont augmentés au niveau du sol ou avec une courte tige, et qui sont consommés

crus, même lorsque les eaux usées sont traitées. Les cultures céréalières, les cultures fourragères et les arbres fruitiers nécessitent un traitement secondaire, les cultures industrielles nécessitent un traitement primaire (PEASEY et *al.*, 2000).

c. Effets sur les eaux souterraines : L'eau usée est possible (salinisation, alcalinisation et pollution causée par les nitrates, la dégradation de la qualité des eaux souterraines par des constituants de s phosphates ou les micropolluants).

5.2.2 Risques sanitaires

Le lien entre eaux usées et risques sanitaires est essentiel. Il porte sur les contaminations que peuvent engendrer, soit le contact direct avec des eaux usées, soit l'ingestion de produits alimentaires ayant été en contact avec des eaux usées; ces risques de contamination sont d'ordre microbiologique ou chimique

Du point de vue microbiologie, des maladies peuvent être causées par les bactéries pathogènes, les virus, les protozoaires ou par les helminthes contenus dans les eaux usées épurées (O.M.S, 1989).

D'autre part, l'irrigation à partir des eaux usées épurées, peut apporter des éléments toxiques à la plante, tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, le sélénium et l'étain (BELAID, 2010).

Ces substances toxiques peuvent, à travers les produits irrigués avec des eaux usées, entrer dans la chaîne alimentaire. Cependant, le risque est extrêmement petit lors d'un usage des eaux usées domestiques (BENABDALLAH et NABEURT, 2003).

6. Réglementation

Comme pour tout projet hydraulique, les projets de réutilisation des eaux usées épurées doivent répondre à des contraintes de transfert, de stockage et de qualité des eaux (notamment en matière de bactériologie, de salinité et de métaux lourds), donc pour garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures (BAHRI et HOUMANE, 1987).

6.1. Réglementation algérienne

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) (Annexe01) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007

et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) (Annexe 03 .) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées. Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public-privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation. (O.N.A, 2014).

- Loi 05-12 relative à l'eau : fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale (O.N.A, 2010).
- Décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Les principaux axes de ce décret sont les modalités de Concession d'utilisation des eaux usées épurées, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter...), Les contrôles sanitaires, Le Cahier des charges-type relatif à la réutilisation des eaux usées épurées (J.O.R.A, 2012).

6.2. Normes internationales

A l'échelle internationale, la réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue, de nombreuses associations scientifiques ont mis des recommandations et normes pour une réutilisation de ces eaux sans danger. Parmi ces recommandations nous avons les recommandations O.M.S, Californienne et U.S.E.P.A. (Annexe.04 et 05)

6.3. Normes de réutilisation OMS et Californiennes

Il existe deux grands groupes de normes : les recommandations de l'O.M.S., 1989 et la réglementation californienne titre 22, (1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique des eaux usées utilisées doit, selon l'OMS, rester au-dessous de 1000 coliformes fécaux (CF)/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/l. Le Titre 22 californien fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence totale de germes-tests : moins de 2,2 coliformes totaux (CT)/100 ml (ABBOU S., 2010).

Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à la consommation. L'Afrique du Sud exige une qualité d'eau potable pour cette application, l'Etat d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique (F.A.O, 2003).

Selon TAMRABET (2011), certains pays comme l’Australie, l’Italie, le Canada, Israël et certains pays du Golfe Arabe adoptent dans les grandes lignes l’approche californienne dans leur réglementation de réutilisation des eaux usées. Dans d’autres pays où la réglementation et les directives nationales de réutilisation des eaux usées n’existent pas, ils font, souvent, référence aux recommandations de l’OMS.

L’OMS a publié en (2006), selon BELAID (2010), de nouvelles lignes directrices sur l’utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L’approche innove surtout parce qu’elle encourage l’adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire.

6.4. Recommandation U.S.E.P.A

L’U.S.E.P.A (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l’USAID (United States Agency of International Développement), ses propres recommandations sur la réutilisation des eaux usées épurées, intitulées “Guidelines for Water Reuse”. Contrairement à l’O.M.S, ces recommandations ne sont pas basées sur des études épidémiologiques ni sur une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Ces normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes. Les normes de l’USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant

Chapitre
III MATERIELS
D'ETUDE

“L'eau doit être traitée
comme un bien commun
public mondial.
Elle n'est pas un bien
économique.”

Petrella

1. Choix de la zone d'étude

Notre étude est réalisée à Oued M'Zab, zone caractérisée par une forte activité urbaine, agricole. Elle a été choisie à cause de la détérioration de l'environnement hydro-édaphique, par la mauvaise gestion des eaux usées. Pour résoudre ce problème, les autorités locales ont mis en place un projet d'assainissement et de traitement des eaux usées par lagunage naturel en aval de l'Oued M'Zab.

De ce fait il est nécessaire d'étudier la performance et d'apprécier les effets du rejet des eaux usées épurées sur le milieu récepteur.

Toutefois, Il est essentiel de bien connaître la zone d'étude afin de déterminer et cerner les principaux facteurs influençant le traitement des eaux usées, et de ce fait, la qualité des eaux usées épurées. Ainsi, nous nous intéresserons à l'environnement du site : situation géographique, conditions climatiques et structures sociales locales ainsi qu'aux caractéristiques des eaux usées à traiter. D'autant plus que, c'est en fonction de ces derniers, que se fait le choix même de l'implantation du lagunage naturel.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Localisation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrional, à une distance de 600 km d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 86,105 km², entre une longitude de 2° 30' et 5° Est et une latitude de 33° et 31° 15' Nord (Fig.3). Cette wilaya est constituée de 13 communes, regroupées dans 09 Daïra, regroupant (D.P.A.T., 2017).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée administrativement par (D.P.S.B., 2012) :

- Au Nord, par la Wilaya de Laghouat ;
- Au Nord Est, par la Wilaya de Djelfa ;
- A l'Est, par la Wilaya de Ouargla ;
- Au Sud, par la Wilaya de Tamanrasset ;
- Au Sud-Ouest, par la Wilaya d'Adrar ;
- A l'Ouest, par la Wilaya d'El-Bayadh.

Le M'Zab occupe une région de hautes terres (dorsales) dolomitiques, découpées en un réseau de vallées, d'où le nom de Chebkat du M'Zab. Ces vallées ont été mises en valeur par les Mozabites, sept oasis (héptapoles) ont été créées, dont cinq sur le tracé de l'oued M'Zab et proches les unes des autres : Ghardaïa, Mélika, Béni-Isguen, Bounoura et El-Atteuf. Les deux autres palmeraies, plus excentriques, sont situées au Nord. Il s'agit de Berriane et Guerrara (DADDIBOUHOUN, 1997)

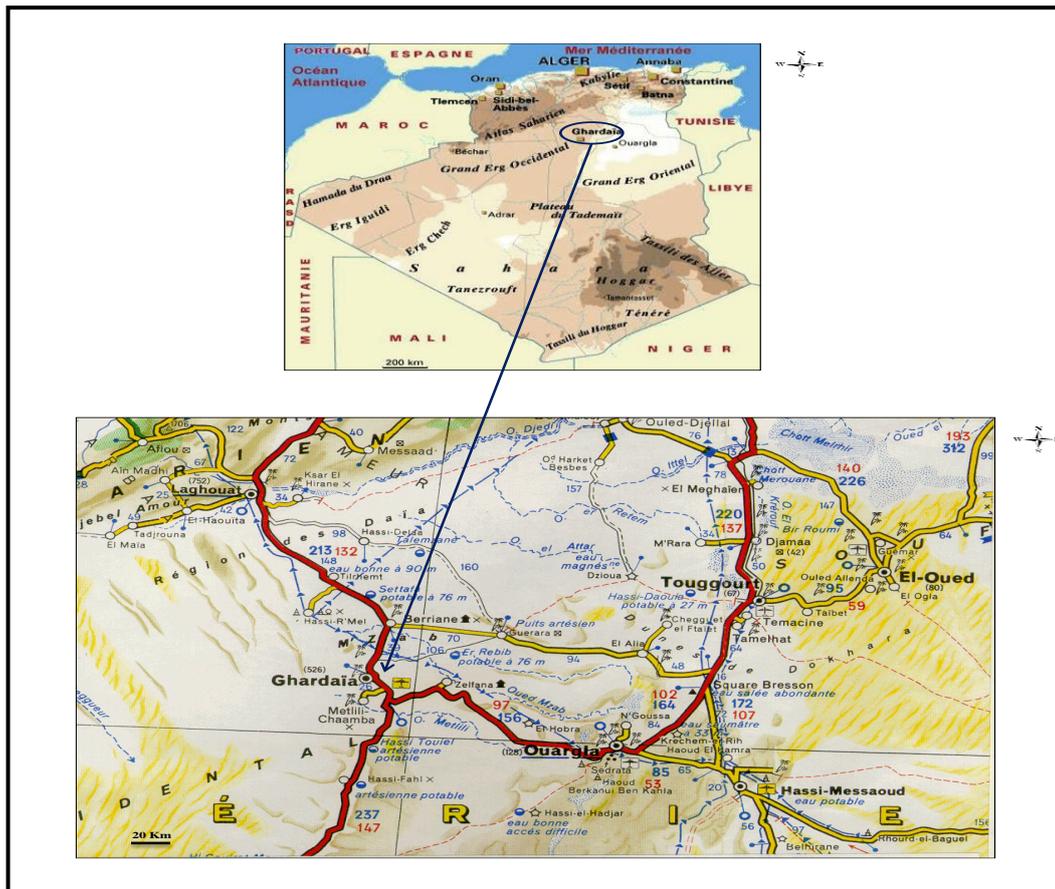


Figure 3 : Position géographique de la région de Ghardaïa (BONNARD et GARDEL, 2000)

2.2. La Démographie et la production des eaux usées dans la vallée du M'Zab

181 263 habitants résident dans la vallée du M'Zab, dont 114 003 à Ghardaïa en 2012. La densité de population est de 372 habitants/km pour la ville de Ghardaïa. L'évolution de la production d'eaux usées est présentée dans le tableau (Tabl. I) et le graphe (Fig. 4) suivants :

Tableau I.

l'évolution de la ; production des eaux usées dans la vallée du M'Zab (Bonnard et Gardel, 2000).

Eaux usées	Unité	1996	2000	2010	2020	2030
Taux de branchement	%	85%	85%	90%	95%	100%
EH raccordés	U	108 163	120 870	172 530	240 920	331 700
Débits moyens	m3/j	15 143	16 922	24 154	33 729	46 438

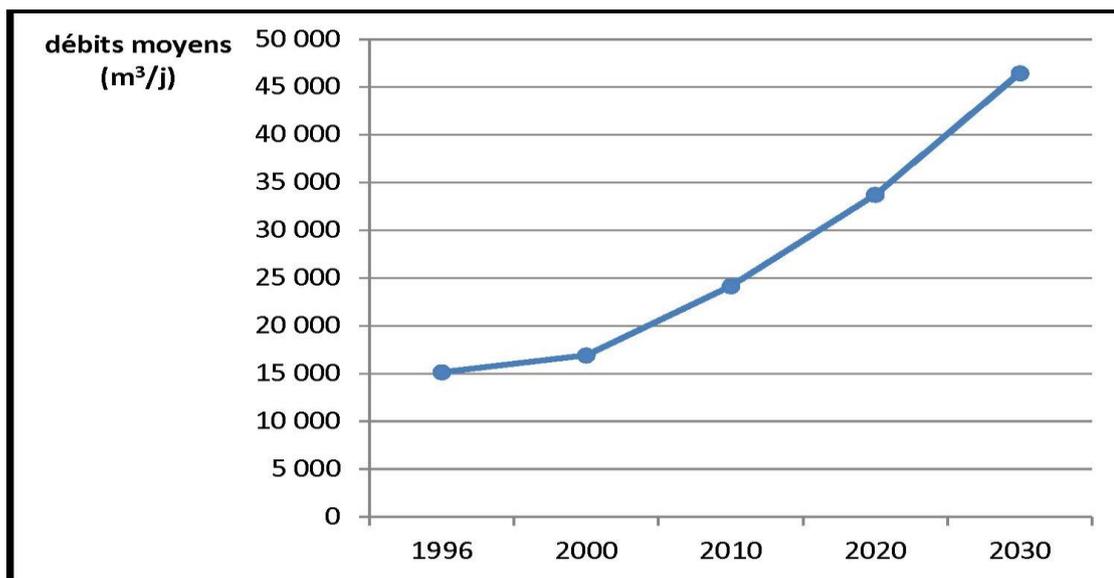


Figure 4. Evolution de la production d'eaux usées dans la vallée du M'Zab.

2.3. Etude climatique

L'étude climatique a pour but de déterminer les différents paramètres climatiques qui conditionnent l'écoulement superficiel et souterrain. Les paramètres étudiés sont : Les précipitations, la température, le vent, l'humidité et l'évaporation. La région de Ghardaïa se situe dans le Sahara septentrional ce qui lui confère un climat saharien, caractérisé par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (ANRH, 2011).

Les données climatologiques disponibles au niveau de la station météorologique de Ghardaïa permettent de donner un aperçu général des conditions climatiques de la région étudiée.

2.3.1. Précipitation (P)

Les précipitations constituent un facteur essentiel pour définir le climat régnant dans la région et pour l'analyse des ressources en eau. La faiblesse et l'irrégularité des précipitations sont les principaux facteurs du climat saharien. La figure (Fig. 05), indique une pluviométrie qui varie d'un an à l'autre depuis 05 et 160 mm d'eau.

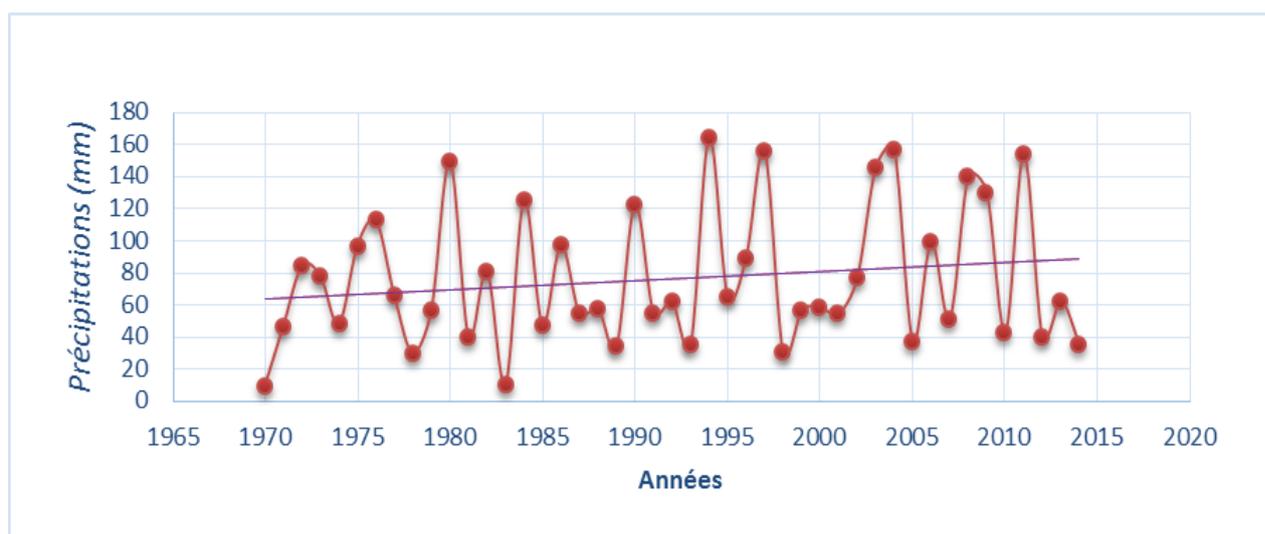


Figure 5. Graphique des cumuls pluviométriques annuels de la période (1970-2014).

2.3.2. Température (T°)

La température est un paramètre très important dans la caractérisation du régime climatique d'une région donnée. Elle est également liée aux phénomènes de condensation et d'évaporation, c'est un facteur déterminant dans l'établissement du bilan hydrologique. Elle varie selon la latitude et l'altitude.

Le tableau ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles de la Station Ghardaïa (Tab.II) ; la période chaude s'étend du mois de mai à octobre, pendant lesquels les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle. La période froide commence du mois de novembre jusqu'au mois d'Avril. La valeur moyenne annuelle enregistrée pour la période considérée est 22,3°C.

Tableau II. Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014)
(ONM, 2015)

T moy (°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
Ghardaïa	28,8	22,9	16,2	11,7	10,7	13,1	16,8	20,6	25,9	31,0	34,4	33,9	22,3

2.3.3. Humidité relative de l'air

L'humidité relative représente le rapport de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la même température. Les données recueillies de la station de Ghardaïa donnent une moyenne annuelle de l'ordre de 39,2%. Les moyennes mensuelles varient de 46,6% à 58,1% en hiver et de 22,9 à 26,2% en été (Fig. 6) (OULEDBELKHIR, 2017).

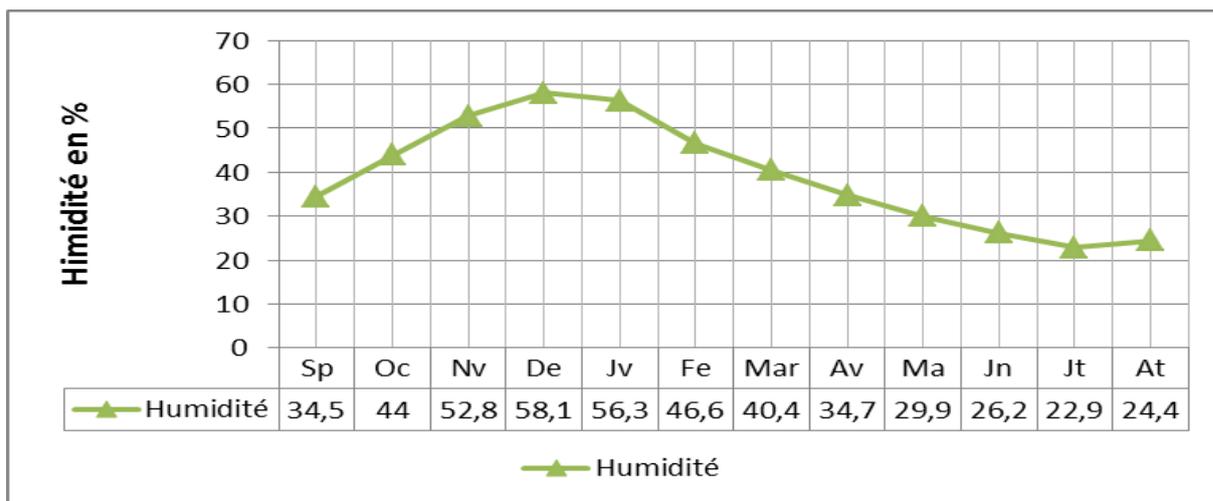


Figure 6. Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

2.3.4. Vent

Le vent est un agent climatique influant directement sur le climat d'une région. Sa vitesse régit l'évaporation à la surface du sol et de la végétation.

La région de Ghardaïa est traversée par des vents de direction générale Nord-Ouest. Les vitesses moyennes mensuelles des vents à la station ONM Ghardaïa, sont illustrées dans le tableau suivant (Tab.III). Montrent une répartition assez régulière comprise entre 3,3 et 4,8 m/s sur toute l'année, ce qui les classe dans la catégorie des vents modérés. Les vitesses les plus élevées s'observent en printemps avec des pics en mois d'avril de 4,8 m/s. En période sèche le sirocco prédomine, il s'agit d'un vent sec et chaud qui souffle du continent vers la méditerranée desséchant ainsi l'atmosphère (ONM, 2015).

Tableau III. Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

Temps	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
la vitesse moyenne	3.6	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	4.4	4.8	4.5	4.2	3.6	3.3	3.8

2.3.5. Evaporation

C'est le processus physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Elle est un paramètre essentiel, car il représente une partie de la fonction de « sortie » dans le bilan hydrologique d'une région donnée. Cependant il est difficile à mesurer, car il dépend de plusieurs

facteurs qui sont variables dans l'espace et dans le temps, tels que la température, les précipitations, la vitesse des vents, l'humidité de l'air, l'état du sol et la végétation (SAOUD, 2014).

Les résultats disponibles pour l'estimation de l'évaporation à la station du Ghardaïa sont mentionnés dans le tableau ci-dessous (Tab.IV).

On constate généralement des valeurs élevées (225 - 310) pendant les périodes chaudes (juin, juillet et août). Les valeurs les moins élevées sont enregistrées au cours du mois de janvier. L'évaporation annuelle à la station de Ghardaïa est de l'ordre de 2178,2 mm.

Tableau IV. Evaporation de la station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

Temps	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
Evaporation (mm)	225	143	96	59	76	102	143	188	250	310	309	276	2178

2.3.6. Synthèse climatique

Pour caractériser le climat de Ghardaïa, nous avons utilisé le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et le climagramme d'EMBERGER

2.3.6.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- ❖ En abscisse par les mois de l'année.
- ❖ En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de $P=2T$.
- ❖ L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Fig. 07).

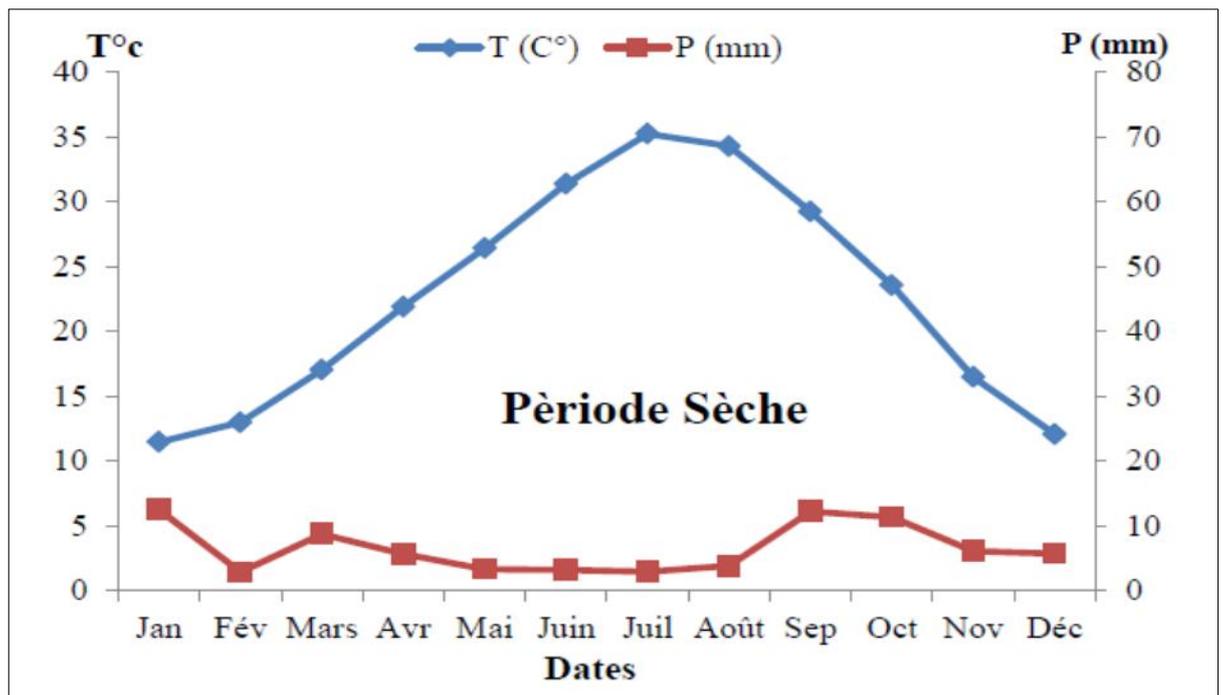


Figure 7. Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région du Ghardaïa (2006-2015)

2.3.6.2. Climagramme d'EMBERGER

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen, dont la formule est (CLAUDIN et *al.*, 1979 in SLIMANI, 2006) : $Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$.

De fait, que M et m, les températures maxima et minima exprimées en Kalven (K°), STEWART (1969 in SLIMANI, 2006) a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire :

$$Q_3 = 3,43P / M - m$$

- ✓ P : Pluviosité moyenne annuelle en mm ;(77.647 mm).
- ✓ M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C ; (41.52°C., Juillet).
- ✓ m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en °C. (6.45°C., Janvier)

D'après la (Fig8), Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien à hiver doux

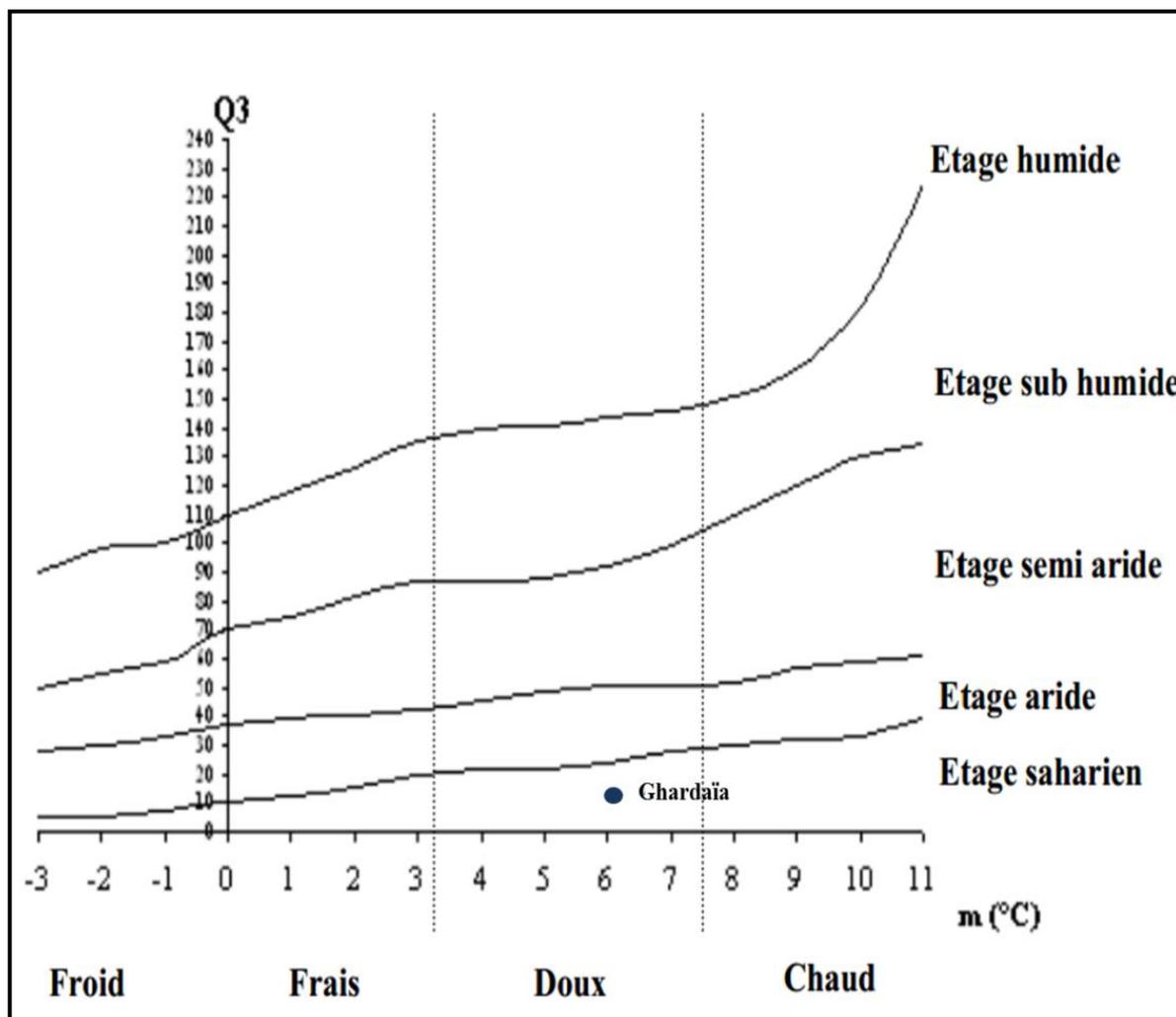


Figure 8. Etage bioclimatique de la région Ghardaïa selon le Climagramme d'EMBERGER

2.4. Agriculture

Dans la Wilaya de Ghardaïa, le secteur agricole est limité, il est à vocation phoénicienne. Sur les 8 466 012 hectares couverts par la superficie de la Wilaya 1 370 911 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 32 745 hectares. En raison de faibles précipitations la SAU exploitée se limite aux seules superficies bénéficiant d'une ressource hydrique (forages, puits), le reste est constitué de pacages et parcours avec 1337 994 hectares et de terres improductives des exploitations agricoles avec 172 hectares. Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation : Oasien de l'ancienne palmeraie et la mise en valeur. Le patrimoine phoénicienne de la Wilaya compte 1 224 810 palmiers dont 1 014 295 palmiers productifs pour une production annuelle moyenne de 50 000 tonnes dont 21 000 tonnes de type DegletNour. Avec l'extension des surfaces, le secteur de l'agriculture offre de grandes perspectives de développement (DSA, 2012).

2.5. Aspect hydrologique

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : Oued M'Zab, Oued Sebseb, Oued Metlili, Oued N'sa et Oued Zegrir. L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (A.N.R.H., 2011).

Ce bassin draine en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région (DUBIEF, 1963).

2.5.1. Vallée du M'Zab

La vallée du M'Zab est considérée comme l'une des grands oasis du Sahara algérien. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa, regroupant trois chefs lieu de communes ; Ghardaïa chef-lieu de la wilaya occupant l'amont et le centre de la vallée, Bounoura et Atteuf occupant la partie aval de la vallée (Achour, 2014).

Elle est alignée approximativement NW-SE, en partant de Bouchen, zone de confluence de l'oued El Haimeur (Laaidira) avec l'oued de Touzouz, jusqu'à El Atteuf sur une longueur de 23,50 km. La largeur de la vallée varie entre 2,35 et 1,50 km en amont et diminue au fur et à mesure vers l'aval pour atteindre 0,55 km tout au sud de la ville d'El Atteuf. Les altitudes quant à elles sont relativement faibles, elles diminuent progressivement de l'amont vers l'aval, 514 à 508 mètre à Bouchen, 505 à 485 mètre au niveau de la ville de Ghardaïa, 455 à 450 mètre au niveau d'El Atteuf, et 435 mètre à Ahbas point le plus bas de l'oasis d'El Atteuf (Achour, 2014).

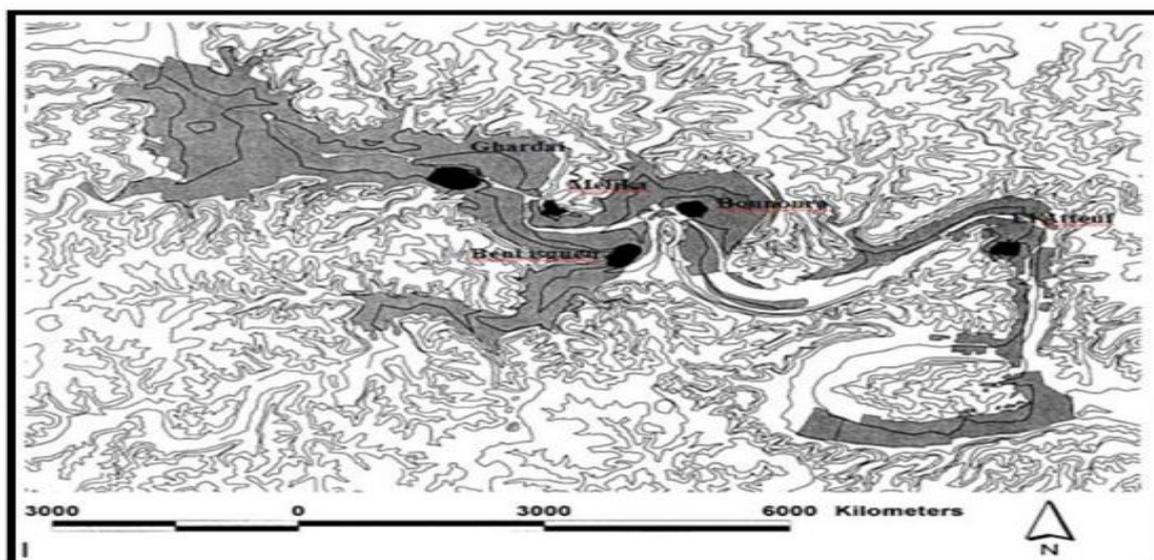


Figure 9. Les limites de la vallée de l'oued M'Zab (ANRH)

2.6. Aspect hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'Infero flux (phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne (ANRH, 2010).

2.6.1. Nappes phréatiques

Elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés à la pluviométrie. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30 m. Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmeraies des vallées. La qualité chimique des eaux de la nappe de l'oued M'Zab et oued Metlili, est bonne à la consommation à l'amont, mauvaise et impropre à la consommation à l'aval suite à leur contamination par les eaux urbaines.

2.6.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

Elle représente la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grés et d'argiles sableuses d'âge Albien. Selon la région, elle est captée à une profondeur allant de 80 à 1000 m. Suivant l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage dans les zones de Zelfana, Guerrara, HassiFhel et Hassi Gara, exploitée par pompage à des profondeurs variant de 0,5 m à 140 m dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El Menia (fig.10).



Figure 10. Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) (ANRH, 2010).

2. Etude du site expérimentale

2.1. Situation géographique

La station d'épuration de la ville de Ghardaïa de Kef Doukhane est située dans la commune d'EL ATEUF qui constitue l'aval de la vallée du M'Zab. D'une superficie d'environ 79 ha, la STEP est située à 600 km au sud de la capitale Alger et à 12 km à l'est du chef lieu de la commune de Ghardaïa (fig.11).

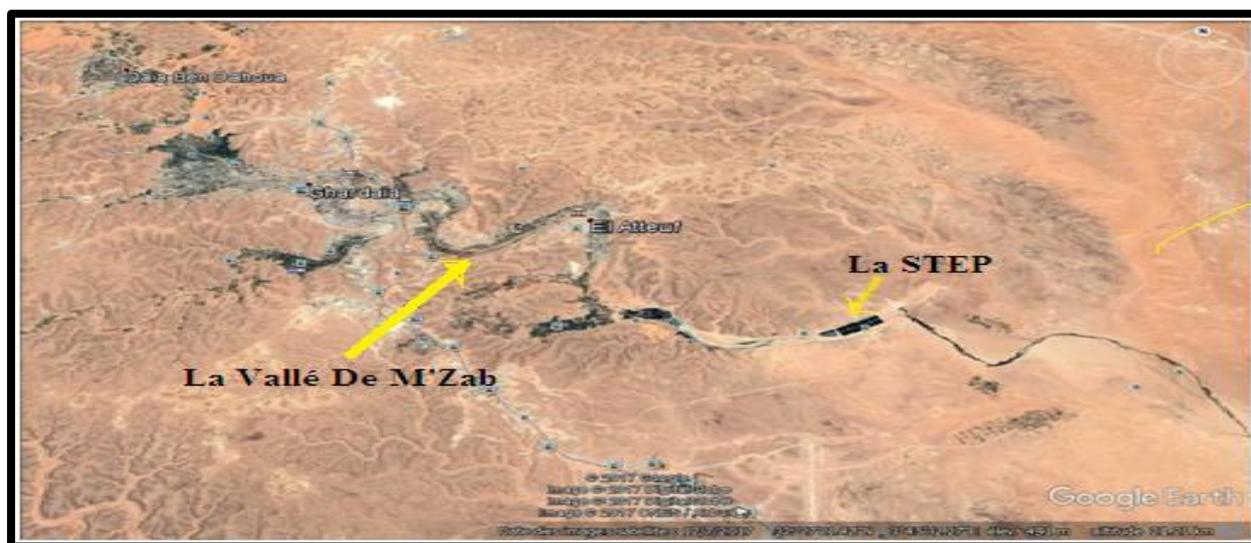


Figure 11. Situation géographique de la STEP (Google Earth 2017).

2.2. Caractéristiques

La station d'épuration de Ghardaïa est construite pendant la période 2008-2012 par les entreprises Bonnard & Gardel (Suisse) : avant-projet détaillé, AMENHYD SPA : entreprise de réalisation et AQUATECH-AXOR (Canada) : bureau d'étude de contrôle et suivi ; Elle a été mise en service en novembre 2012 et traite les eaux usées, par le procédé du lagunage naturel avec prétraitement, traitement primaire et traitement secondaire pour la filière eau, et déshydratation dans les lits de séchages pour la filière boues.

Aujourd'hui, la station a une capacité de traitement de 25 000 m³/j, correspondant à 168 323 éq/hab. et 46 400 m³/j, correspondant à 331 700 éq/hab. à l'horizon de 2030 et elle traite des eaux usées d'origine urbaines. Le milieu récepteur des eaux usées épurées est l'oued M'Zab. Pour les eaux usées de la zone industrielle, elles ne sont pas traitées par la STEP.

Actuellement la station est gérée par la DREW (Direction de Ressources en Eau de la wilaya), les communes raccordées à la STEP sont : Ghardaïa ; Bounoura ; El-Atteuf, par un réseau d'assainissement de type unitaire.

2.3. Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa

Capacité : 331 700 éq/hab.

Surface totale : 79 ha

Nombre de lit de séchage : 10 lits

Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux (**Fig 12**)

Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³ /j.

Le tableau suivant (tabl. V) représente les données de bases de la STEP de Ghardaïa à capacité nominale :

Tableau V. Les données de bases de la STEP (STEP 2017).

Capacité nominale		2030
Premier niveau		
Nombre de lagunes		08 lagunes
Volume total des lagunes		174 028,50m ³
Volume par lagune		21 753,56m ³
Surface totale		4,97ha
Surface par unité de lagune		0,62ha
Profondeur des lagunes		3,6m
Temps de séjour		3 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...		3 ans
Charge organique résiduelle		5800 kg DBO ₅ /j
Abattement DBO ₅ minimal		50%
Deuxième niveau		
Nombre de lagunes		08 lagunes
Volume total des lagunes		464 000m ³
Volume par lagune		58 000 m ³
Surface totale		30,4ha
Surface par unité de lagune		3,8ha
Profondeur des lagunes		1,6 m
Temps de séjour		10 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...		3 ans
Charge organique résiduelle		2 320 kg DBO ₅ /j
Abattement DBO ₅ minimal		60%



Figure 12. Vue aérienne de la STEP d'EL-ATTEUF (STEP 2017).

2.4. Etapes de traitement des eaux usées

L'ensemble des eaux usées de la vallée sont acheminées gravitairement (pente : 0,2%) depuis la fin du collecteur projeté au niveau de la digue d'El Atteuf jusqu'à l'entrée de la station grâce à deux collecteurs en parallèle de diamètre 1000 mm. Les étapes par les quelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes : prétraitements, traitement primaire anaérobie et traitement secondaire (Fig 13)

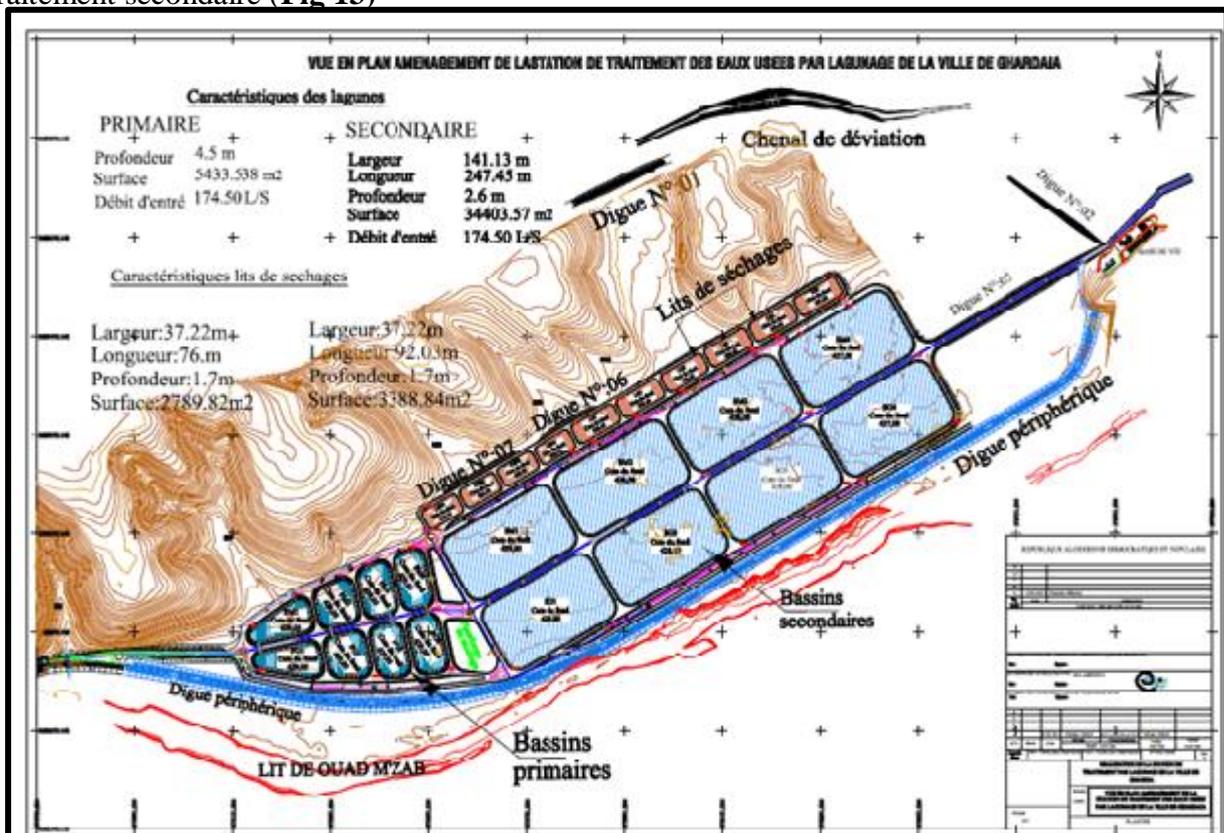


Figure 13. schéma explicative de la STEP d'EL-ATTEUF .

2.4.1. Prétraitement

Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières très hétérogènes et souvent volumineuses. A l'arrivée dans la station d'épuration, les eaux "brutes" doivent subir, avant leur traitement proprement dit, des traitements préalables de dégrossissage, appelés "pré traitements" et destinés à extraire des effluents la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

Le prétraitement comporte : dégrillage et dessablage

a. Dégrillage/dessablage

◆ Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. En cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques. Un système de batardeaux calés au dessus de la cote plan d'eau maximal équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by passer complètement l'ensemble du prétraitement.

◆ Au niveau de la jonction avec le collecteur principal des eaux usées de l'ensemble des collecteurs des différents bassins de collecte sont prévus des dispositifs de dessablage : de ce fait, les particules non retenues à ce niveau et qui se retrouvent directement dans les lagunes sont en quantité négligeable et sont évacuées lors des opérations de curage,

◆ La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage.

- Le dessableur et le dégrilleur sont localisés à l'intérieur du répartiteur principal du traitement primaire (**photo01**).



Photo 01. Le dessableur et le dégrilleur

b. Ouvrage de répartition

◆ Répartiteurs principaux

La répartition des débits vers les huit lagunes primaires secondaires s'opère au niveau du répartiteur principal (**photo02**).

-Disposé en tête de chacun des deux niveaux d'épuration, cet ouvrage se compose des éléments suivants, d'amont en aval :

à l'aval immédiat des canaux de dégrillage (pour le répartiteur primaire), une cloison siphonide participe à la tranquillisation des flux,

l'élargissement de la section de l'ouvrage permet de ralentir le cheminement des eaux usées avant leur passage sur un seuil frontal décomposé en huit seuils de largeur 1 m, les eaux usées se déversent dans deux chambres d'où partent les deux conduites de diamètre 1000 mm de liaison avec les répartiteurs secondaires.



Photo 02. Répartiteurs principaux vers les bassins primaires et secondaires, Janvier 2017

◆ Répartiteurs secondaires

Ils sont destinés à répartir les eaux usées vers les lagunes d'un même étage de traitement (primaire ou secondaire), implantées sur une même plage.

2.4.2. Traitement primaire

Le traitement primaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux usées au sein des lagunes primaires dites « anaérobies », constituées de 8 bassins d'une superficie de l'ordre de 0,62

ha et d'une profondeur d'eau de 3,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5 m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien.

2.4.3. Traitement secondaire

Le circuit hydraulique du traitement secondaire est similaire à celui du traitement primaire avec les éléments suivant :

- Deux conduites de diamètre 1000 mm, qui collectent les eaux ayant subit le traitement primaire, arrive sur répartiteur principale du traitement secondaire.
- Les eaux sont ensuite réparties vers les huit lagunes secondaires.

-Le traitement secondaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux au sein des lagunes secondaires constituées de huit bassins d'une superficie de l'ordre de 3,8 ha et d'une profondeur d'eau de 1,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5 m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien.



Photo 03.lagunes primaires et secondaires, Janvier 2017.

2.4.4.Lits de séchage

Les lits de séchage sont implantés à une cote supérieure à celle des lagunes afin de pouvoir évacuer les lixiviats drainés vers les lagunes de manière gravitaire.

2.4.5. Évacuations des eaux traitées

Après le traitement dans les bassins secondaires, et à travers les ouvrages de sortie des lagunes, les eaux traitées sont évacuées gravitairement vers le rejet final par deux collecteurs du diamètre de 1000 mm. Les eaux épurées sont rejetées directement en aval de l'Oued M'Zab (**photo04**).

Les eaux épurées de la STEP seront destinées à irriguer un périmètre situé sur la rive gauche de l'Oued M'Zab limitrophe de l'ancien périmètre des jeunes de KEF EL DOUKHANE. Ce périmètre présente les avantages suivants : *Situé à l'aval de la station

* Disponibilité des terres agricoles d'environ 500 ha,

* Présence d'anciens périmètres en exploitation (DSA, 2013).



Photo 04.: rejet final vers oued M'Zab, Janvier 2017.

Chapitre IV

METHODE D'ETUDE



“Nous n’avons pas hérité
la terre de nos ancêtres
nous l’avons empruntée
à nos enfants.”
Proverbe indien

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité des eaux usées avant et après l'épuration par le lagunage naturel et leur impact sur l'environnement par une enquête sur le milieu récepteur, des mesures physico-chimiques des eaux brutes, épurées et du sol et bactériologiques des eaux (Fig. 14).

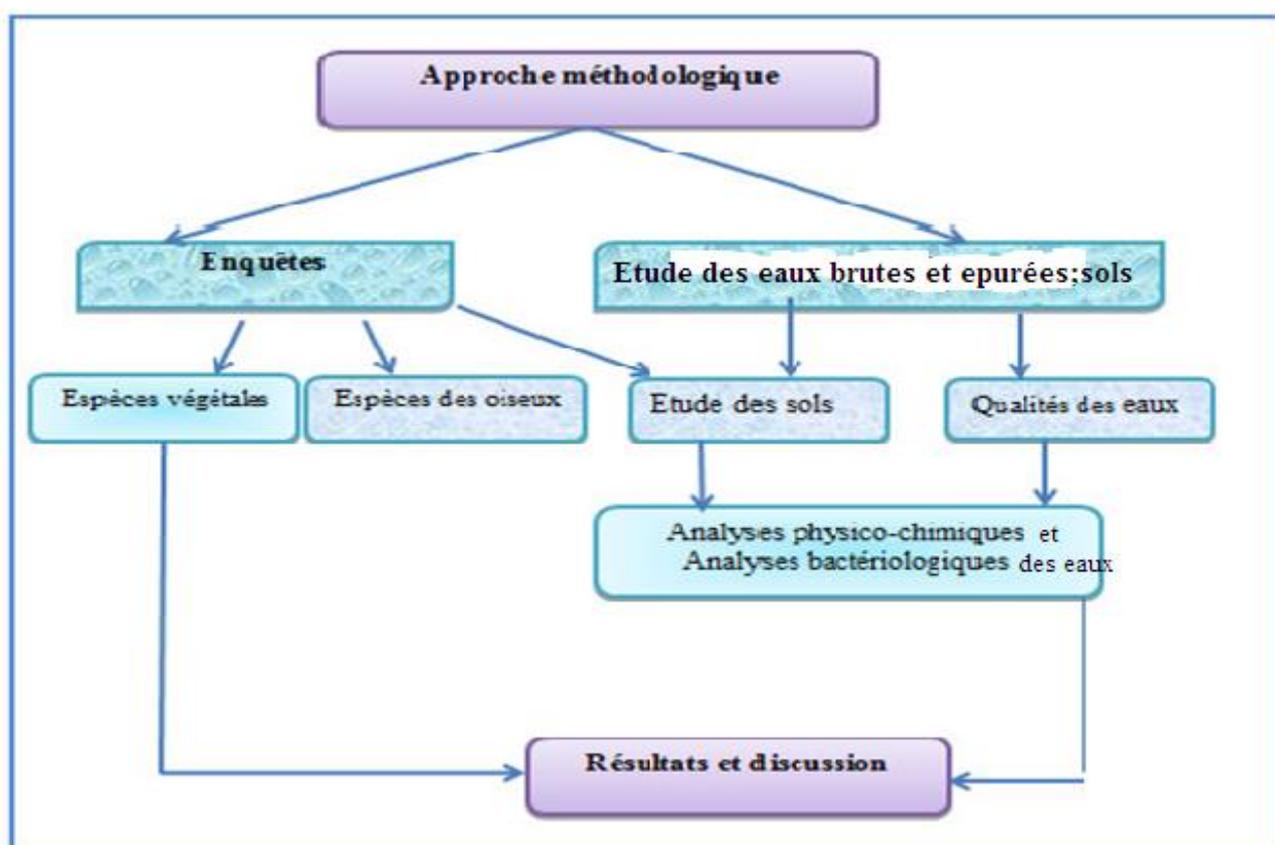


Figure 14. Approche méthodologique

1.1. Etude des eaux

1.1.1. Etude hydro-chimiques

L'étude des eaux comprend la détermination des paramètres physico-chimiques des eaux usées.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (RODIER, 2005).

Les prélèvements sont réalisés au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP), et à la sortie (rejet finale) au matin pendant un période de 04 mois (de janvier à avril). La mesure des paramètres physico-chimiques a été réalisée au laboratoire de la station d'épuration

(STEP). Les paramètres étudiés sont: T°, pH, CE, Sal, DBO₅, DCO, O₂ dissous, MES, NT, NH₄⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³.

1.1.2. Etude bactériologique

L'analyse micro biologique des eaux s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement.

L'analyse micro biologique des eaux usées est encore peu pratiquée et se limite le plus couramment à la recherche des micro-organismes pathogènes ou indicateurs d'un risque sanitaire. Pour la détermination de la qualité générale des eaux et donc des eaux usées l'analyse micro biologique est indispensables complémentaire de l'analyse physico-chimique. Elle apporte en effet une dimension supplémentaire par l'intégration des organismes pour la possibilité de réutilisation des eaux épurées dans le domaine agricole (BAOUIA et HABBAZ, 2006).

En fonction de la nature des eaux à analyser et de celle des microorganismes recherchées, les normes des conditions à respecter (volumes de l'échantillon, agent neutralisant, qualité de matériels d'échantillonnage...). l'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contaminer ni modifier l'échantillon, des précautions doivent être prises à trois niveaux: le matériel de prélèvement; le mode de prélèvement; le transport et la conservation des échantillons (FRANK, 2002).

Les prélèvements sont effectués au matin et les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'A.D.E. Afin de disposer d'une méthode simple et sensible, seuls les germes témoins de contamination fécale sont recherchés: les coliformes totaux, les coliformes fécaux E.COLI, les streptocoques fécaux et les clostridium sulfite-réducteurs.

1.2. Etude du sol

Les prélèvements sont réalisés par une tarière au niveau de deux points (pré de rejet finale) à une distance de 5 m et autre point à distance de 500m, avec deux profondeurs 20cm et 50cm (photo.5).



Photo 05. Echantillonnage de sol

La mesure de paramètres physico- chimique ont été réalisées au laboratoire de l'Algérienne des eaux (A.D.E) Ghardaia .laboratoire (L.T.P. SUD).

1.3. Enquêtes

Les enquêtes ont été réalisées parallèlement à la prélèvement d'échantillonnage des eaux et le sol sur des espèces végétales et des oiseaux qui vivent dans le milieu récepteur. Elles ont pour but de repérer les causes probables d'une éventuelle pollution par la rejetées des eaux usées dans l'environnement. Notre plan d'enquête s'articule sur les paramètres suivants :

1.3.1. Oiseaux

Notre statistiques fait ou mois de janvier 2017 à l'aide de la conservation des forêts du Ghardaia

1.3.2. Plantes

*Valorisation des plantes pré de rejet final

*Identification des espèces végétales.

2. Méthodes d'analyses

2.1. Etude des eaux

2.1.1. Analyses physico-chimiques

2.1.1.1. CE, Sal, T° : La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est ds/cm.

Pour sa mesure, nous avons en recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre de poche (photo. 6).



Photo 6: Conductimètre

2.1.1.2. pH : Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau. Pour sa mesure est effectuée à l'aide du pH-mètre de poche.

2.1.1.3. Oxygène dissous : La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple par les algues. Actuellement la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différents normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du l'oxymètre de poche Oxi340i

2.1.1.4. MES : L'eau est filtrée et le pois des matières retenus est déterminé par différence de pesée Expression des résultats .Le calcule de la teneur en MES est donné par l'expression suivante:

$$\text{MES} = 1000(M1 - M0) / V$$

MES: la teneur en MES en (mg)

M1: la masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150c°

M_0 : la masse en (mg) de la capsule vide, (les masses sont pesées à l'aide d'une balance de précision électronique (KERN, ABT)

V: volume de la prise d'essai

2.1.2. Analyses des paramètres des pollutions :

2.1.2.1.DCO :Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenus dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$). La teneur en DCO est donnée en mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre (photo.7; 8)



Photo 7. Spectrophotomètre Photo 8. Réacteur

2.1.2.2. DBO_5 : L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation.

On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (05) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour le DBO_5 Volume de la prise d'essai: $(DBO_5) = DCO \text{ (mg/l)} \times 0.80$ pour les eaux urbaines. $DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{lecture} \times \text{facteur}$ (photo. 9)



Photo 9. DBO-mètre

2.1.2. 3. Détermination de NT, N-NH⁺₄, N-NO⁻₂, N- NO⁻₃, PO⁻₄³

Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre (STEP ElAtteuf2017)

2.1.3. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques sont effectuées à l'aide des méthodes suivantes :

2.1.3.1. Recherche des coliformes totaux et fécaux : la méthode utilisée est la méthode de détermination du nombre le plus probable (N.P.P.) par inoculation de tubes en milieux liquides (fermentation en tubes multiples)(fig. 15). Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3), contenant un milieu de culture non véritablement sélectif, mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz, repiquer les tubes « positifs » sur un milieu liquide, contenant des sels biliaires ou des agents de surface, incubés à 44 °C pour les dénombrements de coliformes fécaux, respectivement (RODIER et *al.*, 2005).

2.1.3.3. Recherche des streptocoques totaux et fécaux : nous avons utilisé la même méthode que la précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (fig. 16)(RODIER et *al.*, 2005).

2.1.3.4. Recherche des spores de Clostridium sulfito-réducteurs : on a effectué la méthode par incorporation en gélose. Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer. La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporé. Incuber à 37°C, faire une lecture après 24 heures; une deuxième après 48 heures (fig.17) (RODIER et *al.*, 2009).

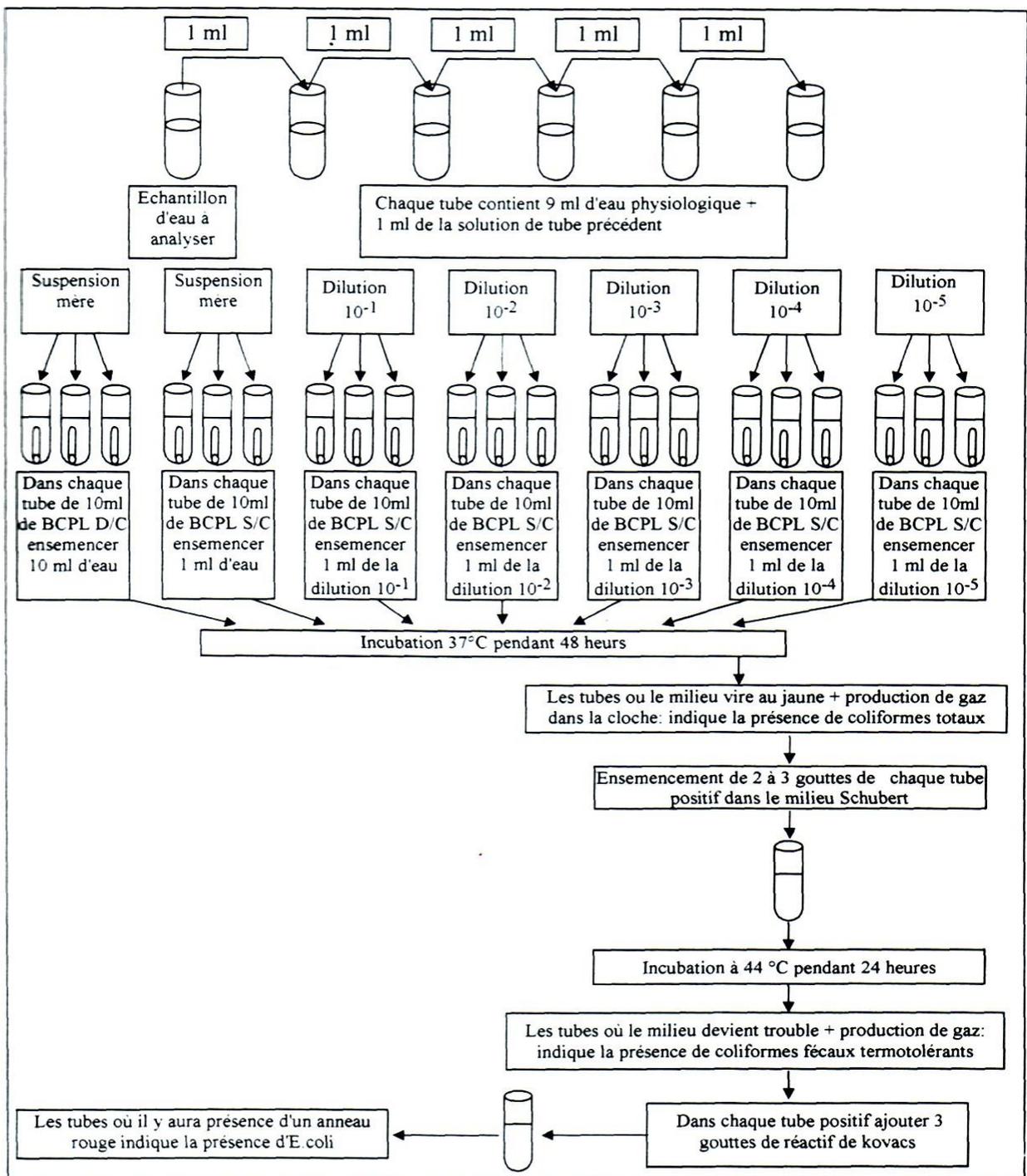


Figure 15. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (AOUARIB et DJERBAOUI, 2008).

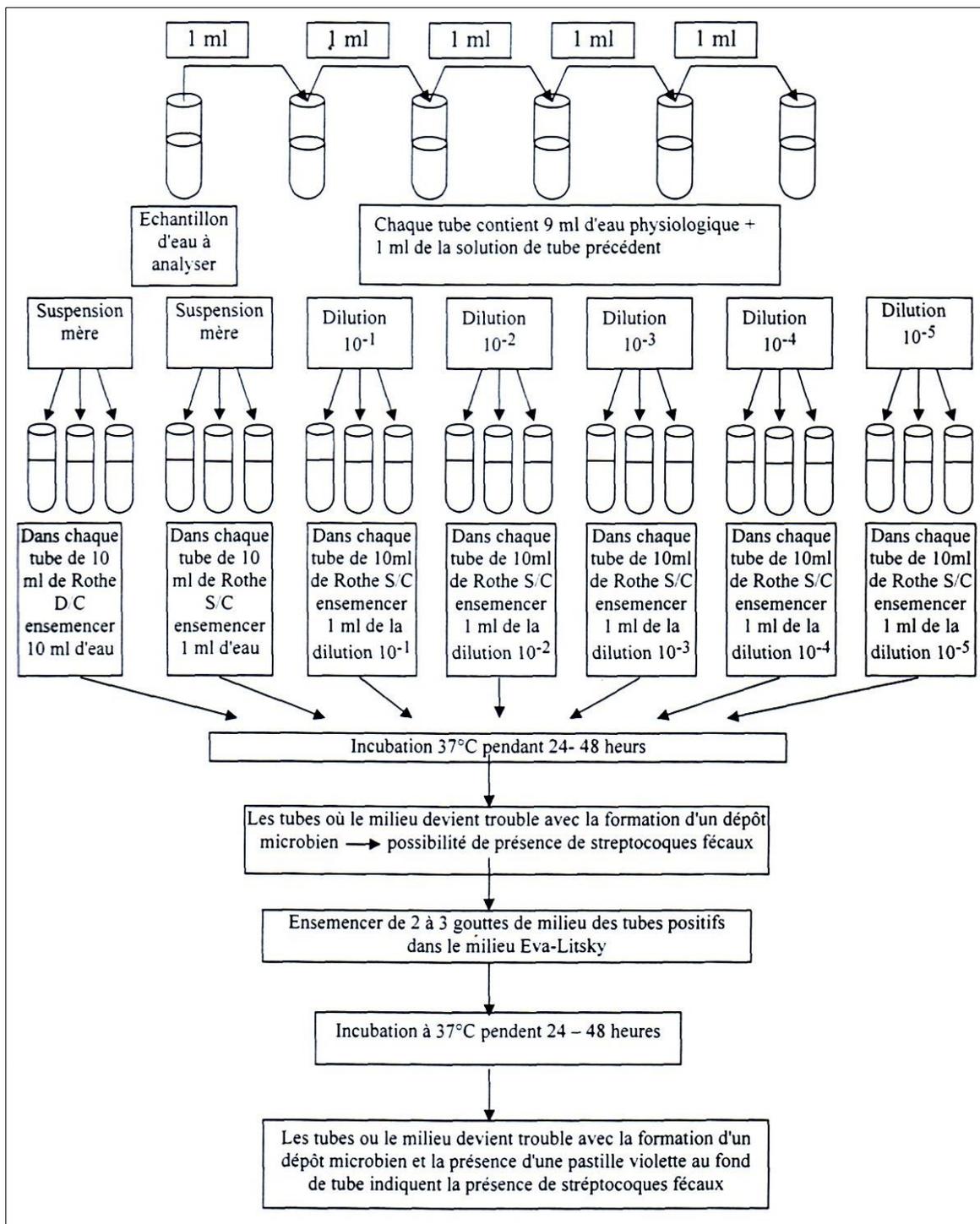


Figure 16. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux

(AOUARIB et DJERBAOUI, 2008).

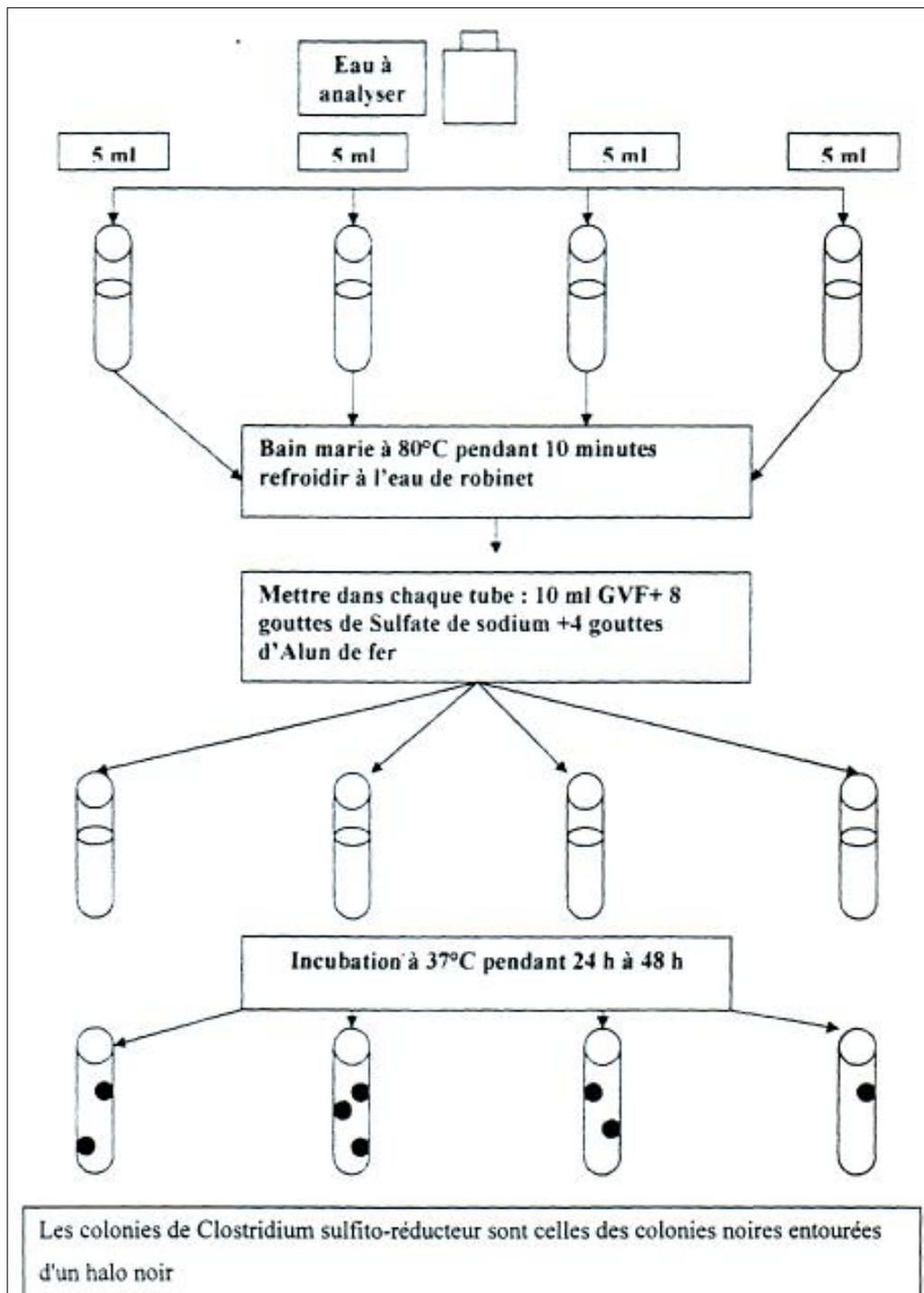


Figure 17. Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs (BAOUIA et HABBAZ, 2006).

2.2. Etude du sol

2.2.1. Echantillonnage

- **Appareillages et matériels utilisés**

- Etuve : à thermostat de contrôle et ventilation forcée capable de maintenir une température de 40 ± 2 °C;
- Tamiseur ou broyeur : moulin, pilon, mortier, maillet à tête en bois ou autres matériaux tendres;
- Tamis à mailles de 2 mm conforme à l'ISO 565;
- Mélangeur mécanique • Agitateur mécanique. Balance analytique : précision à 0.1 g; .

- **Préparation d'Échantillon :**

L'échantillon prélevé sera conservé jusqu'à son arrivée au laboratoire dans des sachets bien étiqués et piqués. Les échantillons sont tamisés à l'aide d'un tamis normalisé de 4 mm. La partie supérieure à 4 mm, ce doit être concassée à l'aide d'un équipement de fragmentation, l'échantillon est mis à sécher (t° ambiante ou < 40 °C. en 24 heures ; Après mettes quantité de échantillon dans double quantité d'eau d'étille pour agite en agitateur mécanique pendant 24h ; Après en fait la filtration pour obtenir une quantité d'eau qui soumis à l'analyse

2.2.2. Analyses physico-chimiques

2.2.2.1. pH : Pour sa mesure est effectuée à l'aide du pH-mètre de poche.

2.2.2.2. CE : Pour la mesure de la CE, nous plongeons la sonde multi-paramètre du dans le milieu à analyser, remuera avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, nous rinceront

2.2.2.3. TH : Détermination de la dureté totale En pratique la dureté totale est défini par : $[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$ Méthode titrimétrie à l'EDTA Principe Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernière estraces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du Mg^{2+} , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (RODIER, 1996 ; 2005).

2.2.2.4. Ca^{++} : Identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous

forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calçons carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge

2.2.2.5. Mg^{++} : Méthode par calcule Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en $CaCO_3$ mg/l (RODIER, 2005). $[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$ $[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}]$.

2.2.2.6. Na^+ et K^+ : Les mesures à l'aide de spectrophotomètre a flamme. Une partie des ions soumis à la chaleur de la flamme passent dans un état excité. Le retour à l'état fondamental des électrons de la couche externe s'effectue avec émission caractéristique de l'ion en présence. La photométrie de flamme repose sur le fait que l'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de l'échantillon.

Chapitre V

RESULTATS ET DISCUSSIONS

" طالت يد البين في تفريق ألفتنا.....
فما لها قصرت في جمع ما افترقنا.....
كأننا الماء:

سهل حين تهرقه.... وجمعه معجز

من بعد ما انهمرا"

مثل عربي

Ce chapitre est consacré pour présenter les résultats des analyses hydro-chimiques et hydro-biologiques, afin de déterminer la qualité des eaux brutes et traitées qui transitent par la station d'épuration des eaux usées de la ville de Ghardaïa par rapport aux normes de rejets, et les normes de la réutilisation des eaux en irrigation. Ainsi que les résultats de l'étude du sol et d'enquête sur le milieu récepteur. Les résultats bruts des tableaux VI et VIII d'analyses sont présentés à l'annexe N°08 et 09.

1. Etudes hydrique

1.1 Parametres physico-chimique

1.1. 1. Température

La température doit être considérée avec attention dans l'étude des eaux résiduaires, C'est un facteur environnemental important dans les lagunes car elle a une grande importance quant à la composition des espèces d'algues.

La température minimale des eaux traitées a été enregistrée durant le mois de janvier, elle est de l'ordre de 13.37 °C, et la température maximale est environ 20.41°C marquée dans le mois d'avril.

On remarque que les valeurs de températures des eaux traitées sont moins élevées de 13.37 C°, à 20.41C° que les eaux brutes de 14.52 C°, à 21.59 C°, cette diminution est due à la stagnation des eaux traitées dans les bassins par contre les eaux brutes peuvent être devenues d'un usage d'eau chaude ainsi que le mouvement d'eaux usées dans les canalisations de réseau d'égout peut augmenter sa température.

D'après la figure ci-dessous (fig.18) on trouve généralement une augmentation de la température dans le temps, cette augmentation peut être expliquée par l'augmentation de la température de l'air au cours du changement des saisons, et en fonction des conditions climatiques de la zone d'implantation.

La température influe sur l'activité métabolique des organismes aquatiques, elle est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît, ça ce qui est remarquable pour l'activité algale qui s'accroît d'une façon rapide.

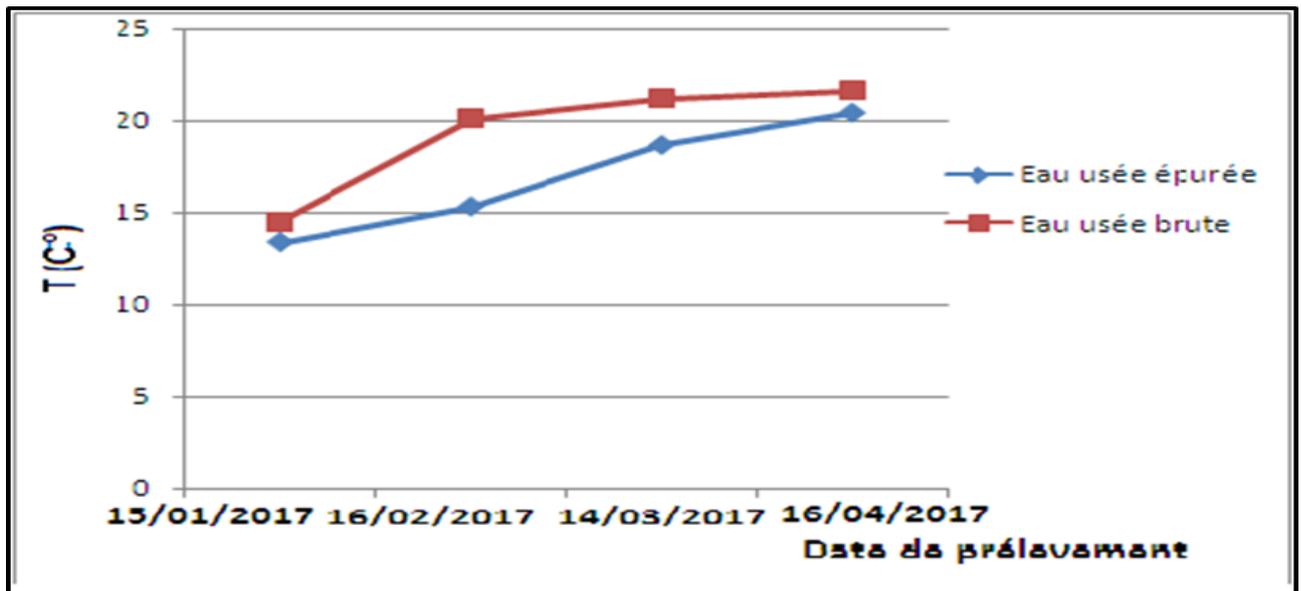


Figure 18 : .Variations des températures dans les eaux usées de la STEP

1.1. 2. Potentiel d 'hydrogène

Le pH, avec la température, est le paramètre environnemental qui influence fortement la croissance bactérienne. L'optimum de croissance des bactéries aquatiques se situe entre 6,05 et 8,5 (MONELLO, 2009).

Le pH des eaux usées brutes et épurées est généralement alcalin (fig.19). Les valeurs du pH des eaux brutes varient entre 7,73 et 8,47 avec une moyenne de 7,96 et celles des eaux traitées oscillent entre 8,02 et 8,44 avec une moyenne de 8,18. Ces valeurs du pH enregistrées sont conformes aux normes de rejet appliquées en Algérie $6,5 < \text{pH} < 8,5$ (ANNEXE 01)

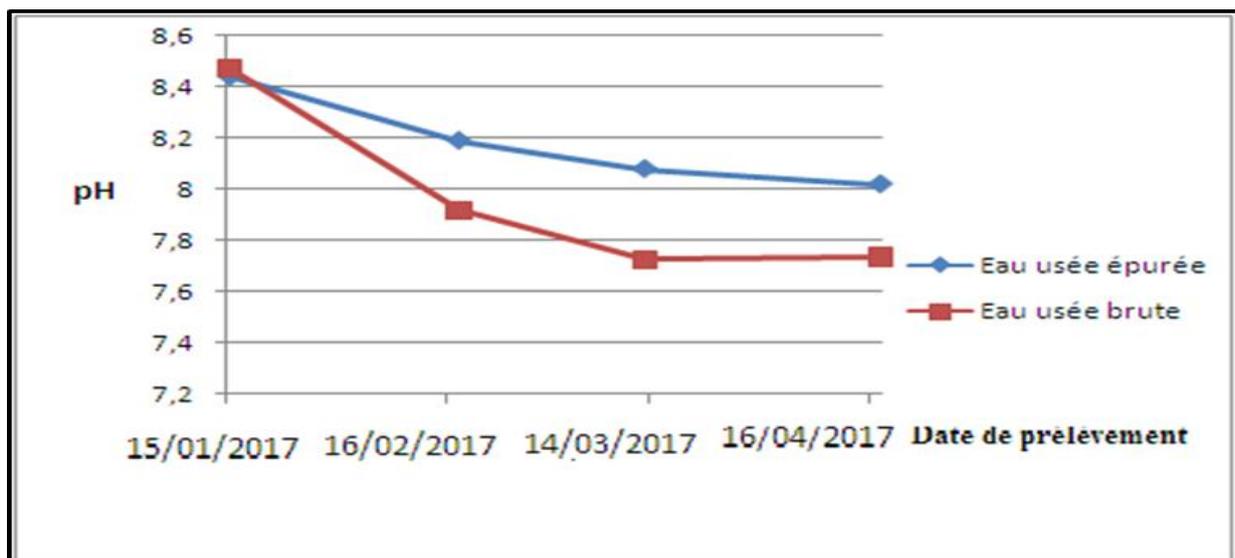


Figure 19 :.Variations des pH dans les eaux usées de la STEP

1.1 3. Conductivité électrique

La conductivité électrique des eaux brutes varie entre un minimum de 3.37dS/m et un maximum de 3.68dS/m avec une moyenne de 3.56dS/m, tandis que celle des eaux traitées balance entre un minimum de 2.68dS/m et un maximum de 3.19ds/m (Fig 20.).

Les résultats de la conductivité électrique des eaux usées brutes et épurées montre que ces derniers ne conforme pas aux normes de rejet appliquées en Algérie dans les mois MARS et AVRIL .

Les concentrations en sels solubles dans les eaux usées présentés par la conductivité électrique détectés à ce niveau sont assez inférieures à celles trouvés par ZAHOUANI B(2013).

D'après la classification citée par DURAND (1983) (Annexe n°10) qui est met en évidence la classification des eaux usées épurée selon leur Conductivité électrique ;Notre eaux dont une CE moyen 2960 $\mu\text{S}/\text{cm}$, classé ou niveaux de classe C4 ($2250 < \text{C.E.} < 5000 \mu\text{S}/\text{cm}$) Ces eaux inutilisables normalement, à l'exception des sols très perméables avec un bon drainage, et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

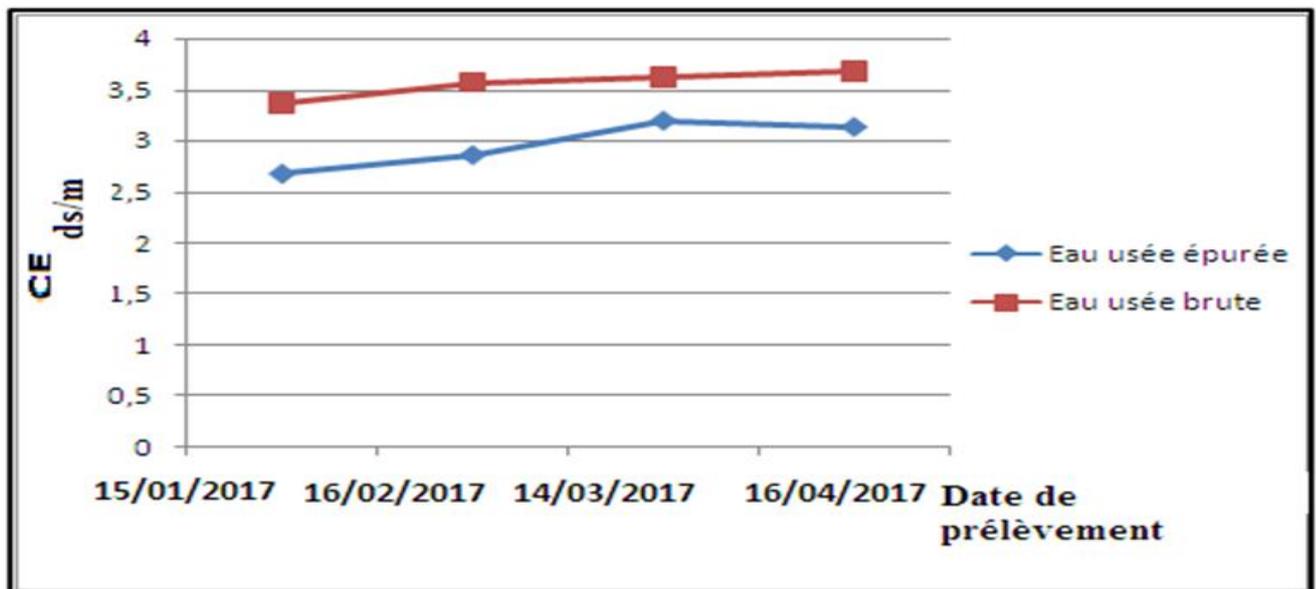


Figure 20 . Variations des conductivités électriques dans les eaux usées de la STEP

1.1 .4. Salinité

La salinité d'une eau désigne la quantité des sels dissous contenues dans cette eau, en d'habitude exprimée par la conductivité électrique (C.E.) en $\mu\text{mhos/cm}$ ou dS/m à 25 C° , D'après les figures (fig 21.) on a trouvé que la salinité est presque stables(les eaux brutes 2.15 g/l à 2.2 g/l et pour les eaux traitées 1.90g/l et 2.00 g/l ;cette stabilité due a leur homogénéités dans les grandes superficies des lagunes.(BENHEDID ET HARROUZ,2011)

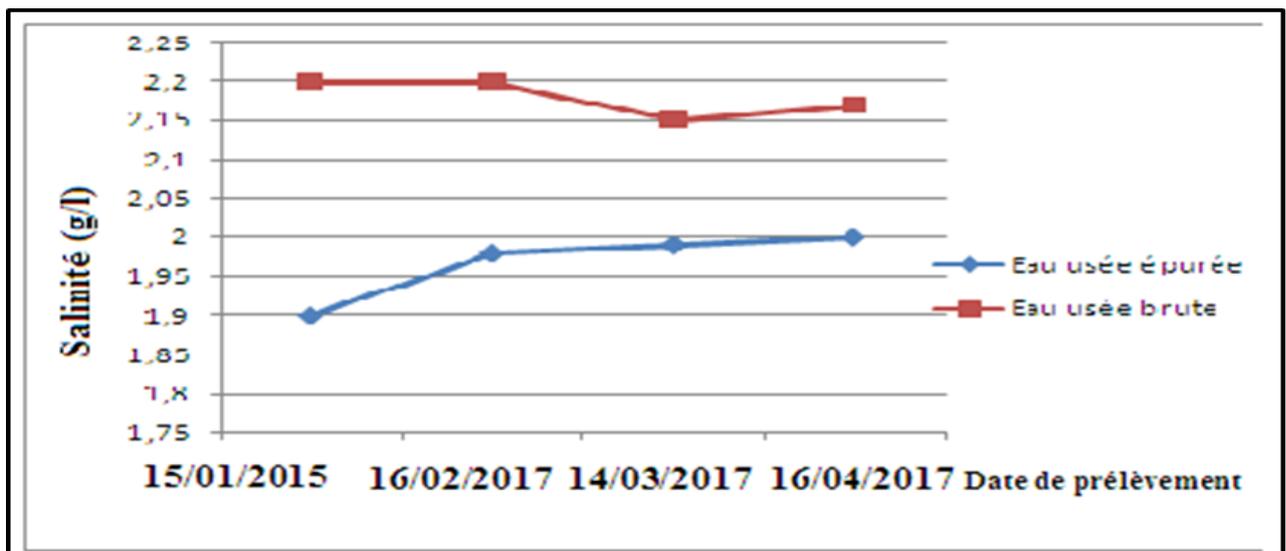


Figure 21 .Variations de la salinité dans les eaux usées de la STEP

1.1 .5. Oxygène dissous

La concentration en oxygène détermine la concentration en bactéries anaérobies et aérobies ce qui conditionne le traitement biologique de la matière organique (RODIER , 2005).

D'après les résultats obtenus (fig.22), on remarque que les teneurs en oxygène dissous des eaux brutes varient entre 1.30 mg/l à 2.19 mg/l et entre 2.31mg/l à 2.92 mg/l pour les eaux traitées. La concentration moyen en oxygène des eaux traitées atteint 2.69 mg/l

La faible concentration moyen en oxygène des eaux brutes (1.61mg/l), peuvent être expliqué par les canalisations fermées du réseau d'égout et ne sont pas au contacte à l'air.

L'augmentation des teneurs d'oxygène dissous, à la sortie de la station revient probablement à la permettant le développement des algues qui libèrent de l'oxygène par photosynthèse et l'exposition d'eau à l'air dans les bassins.

Ces résultats sont comparables celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par GAGUI R (2017) 7.14mg/l. Cette valeur dépasse la norme de rejet 5 mg/l établie par l'O.M.S

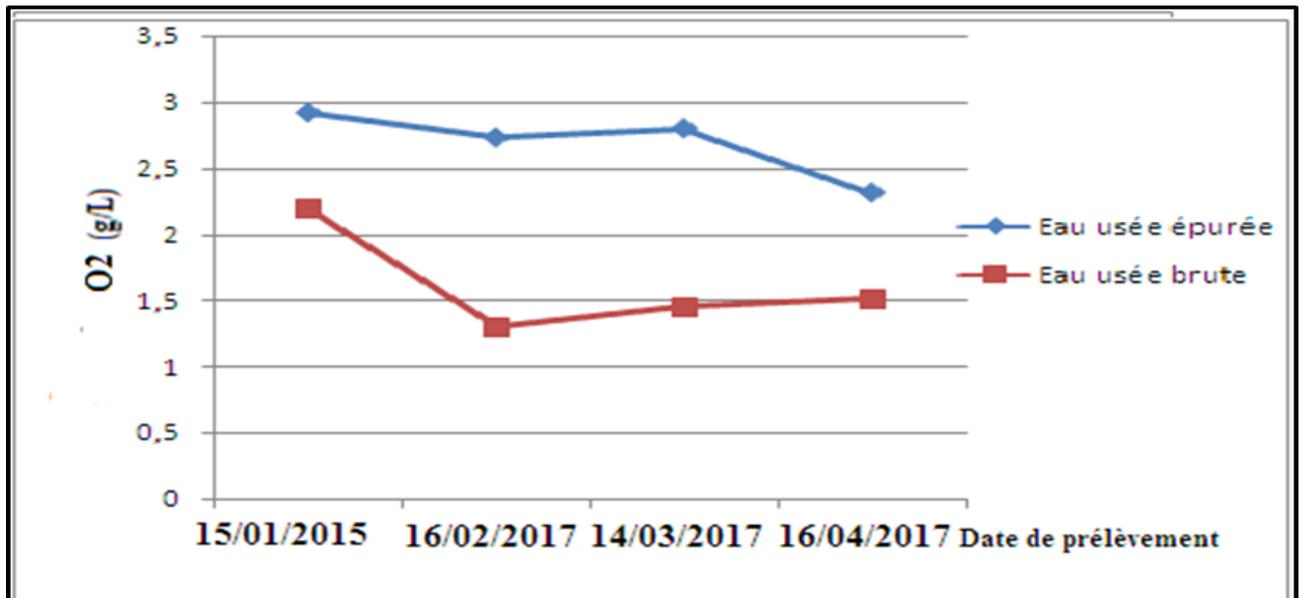


Figure 22 :. Variations des O₂ dans les eaux usées de la STEP

1.1.6. Matière en suspension

D'après les résultats obtenus, (fig.23) nous avons enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 92.66 mg/l pour les eaux brutes et 86.08 mg/l pour les eaux traitées. En comparant entre les moyennes obtenus des eaux brutes à celle des eaux traitées des MES, nous remarquons une élimination véniel de cette pollution organique.

Les valeurs des eaux traitées ne sont pas respectives aux normes de rejets recommandées par l'OMS et l'Algérie (30mg/l). Ces élévations sont causées par la présence des algues qui font partie de la matière en suspension colloïdale..

L'augmentation de MES entre janvier et avril a cause l'augmentation de débit

La variation des rendements moyennes des MES est en fonction de certains facteurs (la charge organiques des effluents, climat, saison... etc.).

. Le rendement moyen de la station égale à 7.10%. Ces concentrations qui inférieure à celle qui sont présentes par ZAHOUANI, 2013(45.88%) pour la même station d'épuration. A cause de la charge organique dans les bassins.

Ces résultats sont comparables celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par GAGUI R (2017) 81.95%.

L'augmentation de la charge des MES ne représente pas une pollution en soi, tant que le milieu récepteur est assez grand peut accepter cette charge de matière organique vivante. Pour cette raison, les stations de lagunage doivent éviter des rejets dans des milieux clos et/ou trop petits, sous risque d'entraîner des phénomènes d'eutrophisation BENHEDID et HARROUZ. (2011).

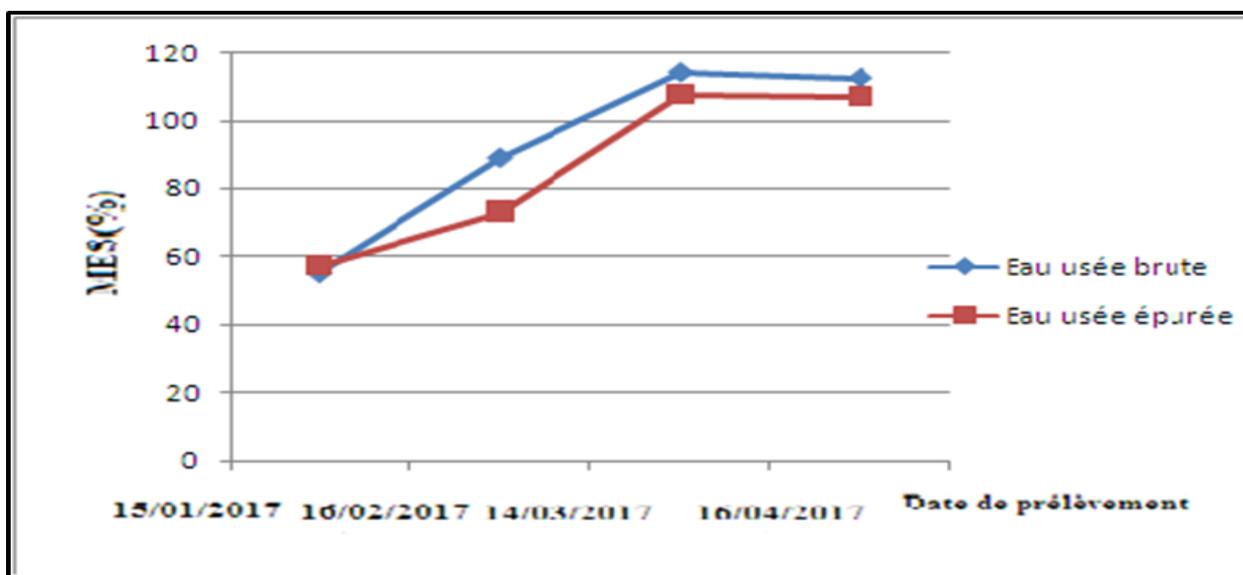


Figure 23 . Variations des MES dans les eaux usées de la STEP

1.2 Paramètres des pollutions

1.2.1. DBO₅

Représentant la quantité de matière organique biodégradable,

D'après les résultats obtenus, on remarque que la moyenne de DBO₅ des eaux brutes (141.83 mg/l) sont 3 fois supérieur à celles marqués dans les eaux épurée (53.88mg/l). Cette valeur ne répond pas aux normes de rejets recommandées par l'O.M.S (30 mg/l).

Nous notons une élimination de cette pollution organique, avec un rendement moyen de 62.01%. Ces valeurs sont inférieures à celles qui sont présentées par ZAHOUANI B, 2013 (88.9%) pour la même station d'épuration. Ces résultats sont comparables à celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par GAGUI R (2017) 85.71%

La figure ci-dessous N° (24) montre une diminution des valeurs de DBO_5 dans les eaux épurées par rapport aux eaux brutes, suite à la présence des algues et d'autres micro-organismes qui interviennent dans le processus de la dégradation ou la minéralisation de la matière

Nous remarquons une faible efficacité moyenne de DBO_5 à cause de l'insuffisance de l'aération dans les bassins et la présence des huiles à la surface des eaux dans les bassins ce qui diminue la pénétration de l'oxygène.

Il faut se rappeler que dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO_5 peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer la DBO_5 comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau (RODIER, 2005). Nous remarquons une diminution des valeurs pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes. La réduction de la demande chimique en oxygène peut être expliquée par la diminution de la matière organique complète par oxydation chimique des molécules oxydables contenues dans l'eau et l'augmentation de CE entre les mois de janvier et avril à cause de l'augmentation du débit des eaux usées

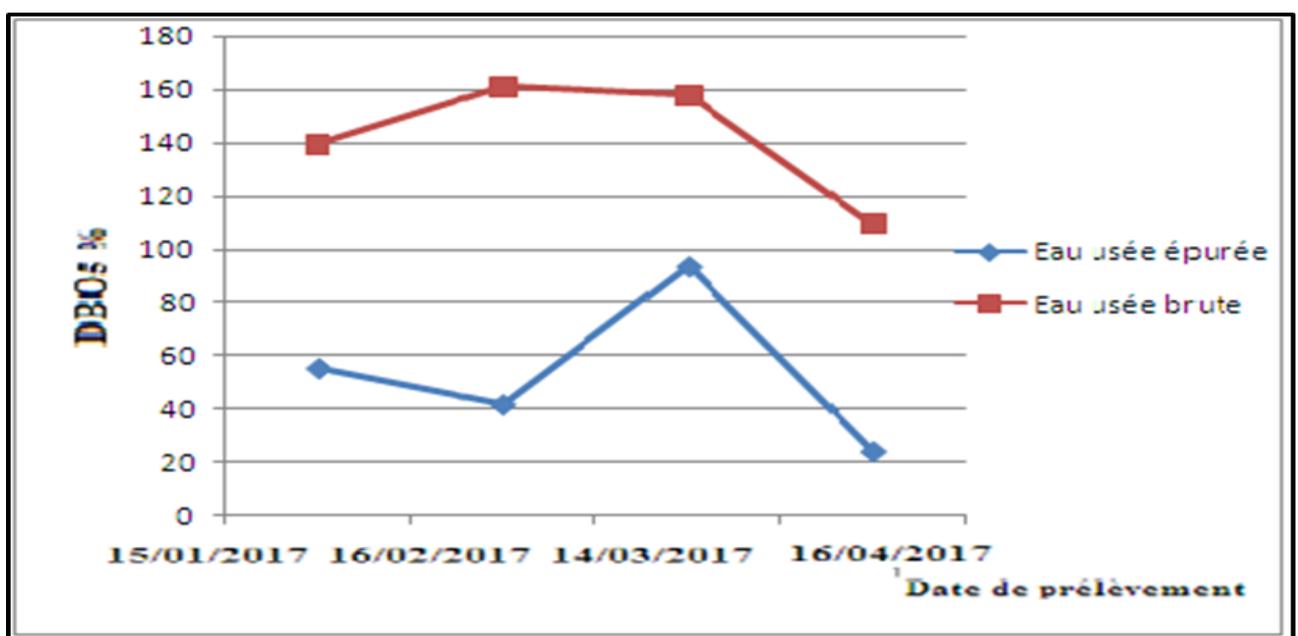


Figure 24 . Variations des DBO_5 dans les eaux usées de la STEP

1.2 .2.DCO

D'après les résultats obtenus, nous avons enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 215.25 mg/l pour les eaux brutes et 80.85 mg/l pour les eaux traitées. Ces valeurs sont fiables avec la recommandation Algérienne (120mg/l)

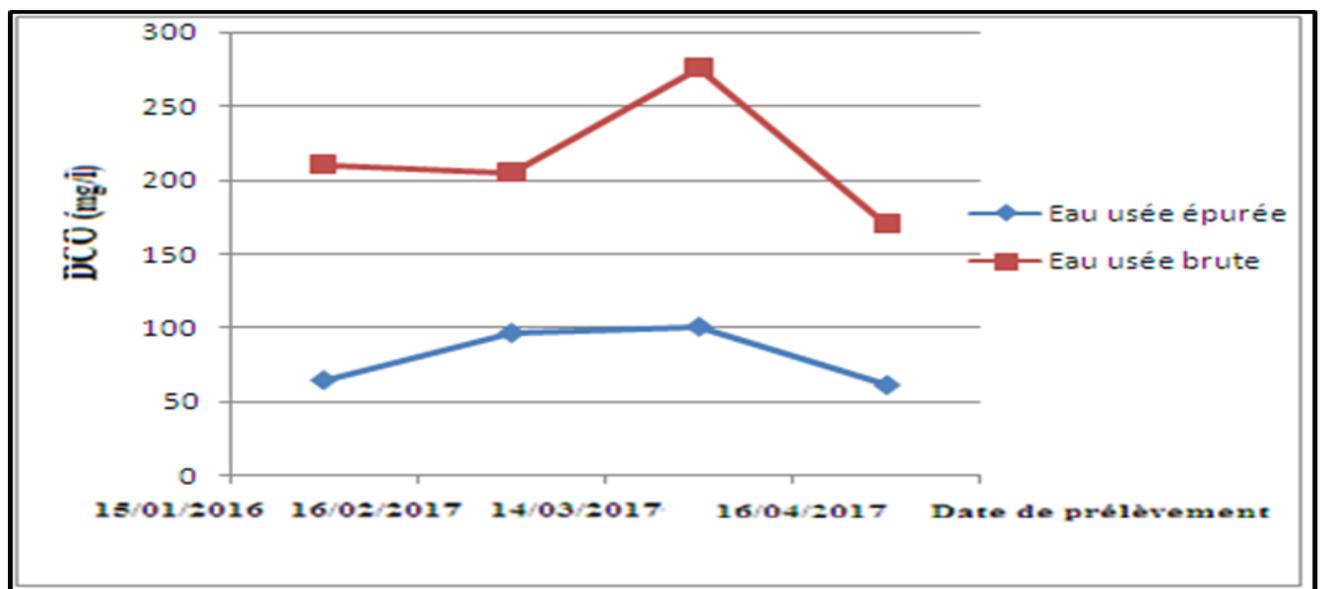
Les résultats de DCO obtenus pour les eaux traitées varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 61 mg/l à un maximum de 100mg/l, et avec une moyenne de 80 mg/l.

Ces valeurs sont inférieures à la norme nationale des eaux d'irrigation (90 mg/l), tandis que celles des eaux brutes oscillent entre 275 mg/l et 170 mg/l, avec une moyenne de 268,7 mg/l.

D'après la figure 25, qui représente l'évolution des teneurs du DCO en fonction du temps.

Nous remarquons une diminution des valeurs pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes. La réduction de la demande chimique en oxygène peut être expliquée par la diminution de la matière organique complète par oxydation chimique des molécules oxydables contenues dans l'eau.

Nous notons une réduction de la demande chimique en oxygène avec un rendement moyen de 62.43% qui est supérieur à celle présentées par ZAHOUANI B, 2013 (42.13%).



.Figure 25 : Variations des DCO dans les eaux usées de la STEP

- . Rapport DCO/DBO₅

Les eaux résiduaires urbaines contiennent dans sa majorité des composés organiques biodégradables, le rapport DCO/DBO₅ constitue une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables. Si l'indice de biodégradabilité c-à-dire DCO/DBO₅ < 3 les effluents de la station d'épuration sont considérés comme facilement biodégradables. (RODIER et al , 2009). Les résultats variant entre un minimum de 1.08 et un maximum de 2.53 avec un moyen de 1,5 (fig.26) qui signifie que la matière qui contient les eaux usées dans notre STEP est biodégradable

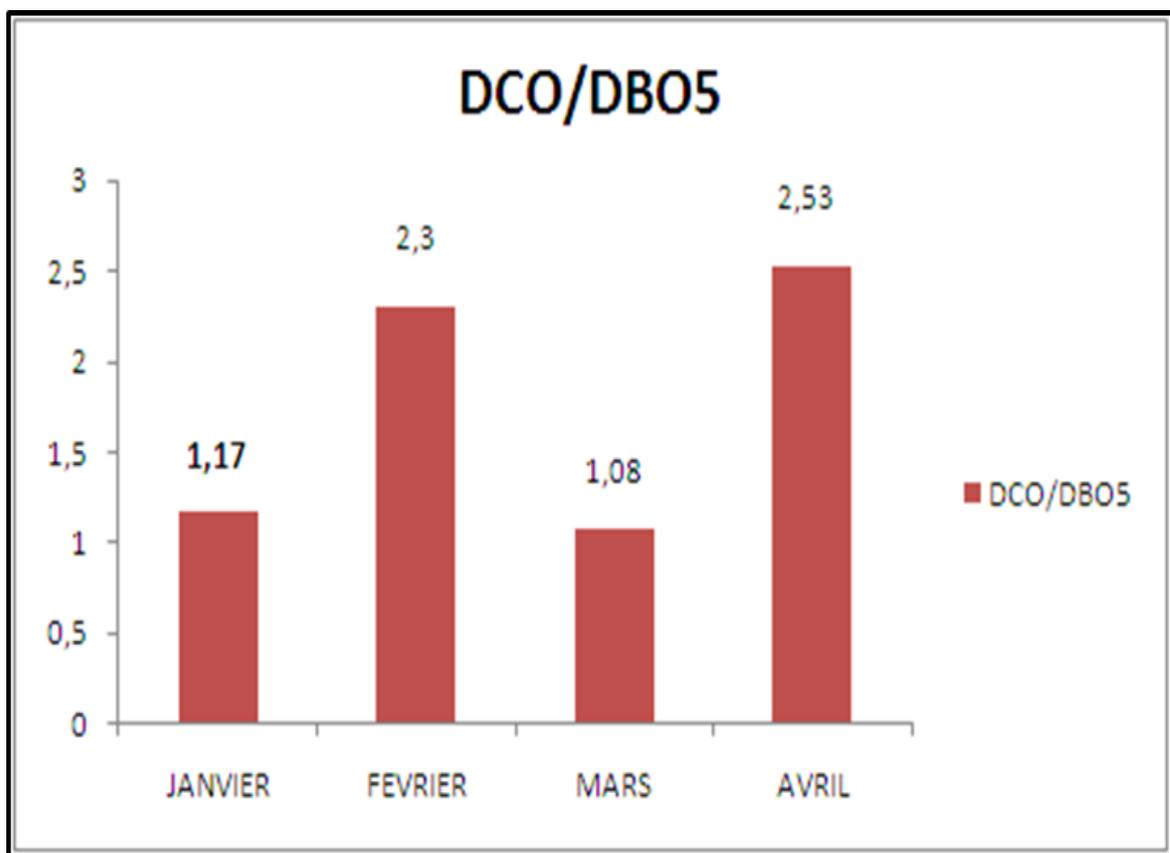


Figure 26 : Variations de Rapport DCO/DBO₅

1.2.3. Azote total

L'azote global c'est la somme de l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrites et les nitrates.

Les résultats obtenus des mesures effectuées sur les eaux brutes varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 2.77 mg/l, à un maximum de 14.75mg/l. La valeur moyenne enregistrée pour les eaux traitées est de l'ordre de 9.06 mg/l. Cette valeur répond aux normes de rejet selon l'OMS (50mg/l).

Les figures suivantes (N°27), montrent une augmentation entre les valeurs des eaux brutes et celles des eaux traitées, cette augmentation peut être expliquée par la processus de nitrification d'azote : La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes : • N organique à NH_4^+ : ammonification • NH_4^+ NO_2^- : nitratation par Nitrosomonas • NO_2^- NO_3^- : nitratation par Nitrobacter (CHELLE et al. 2005).

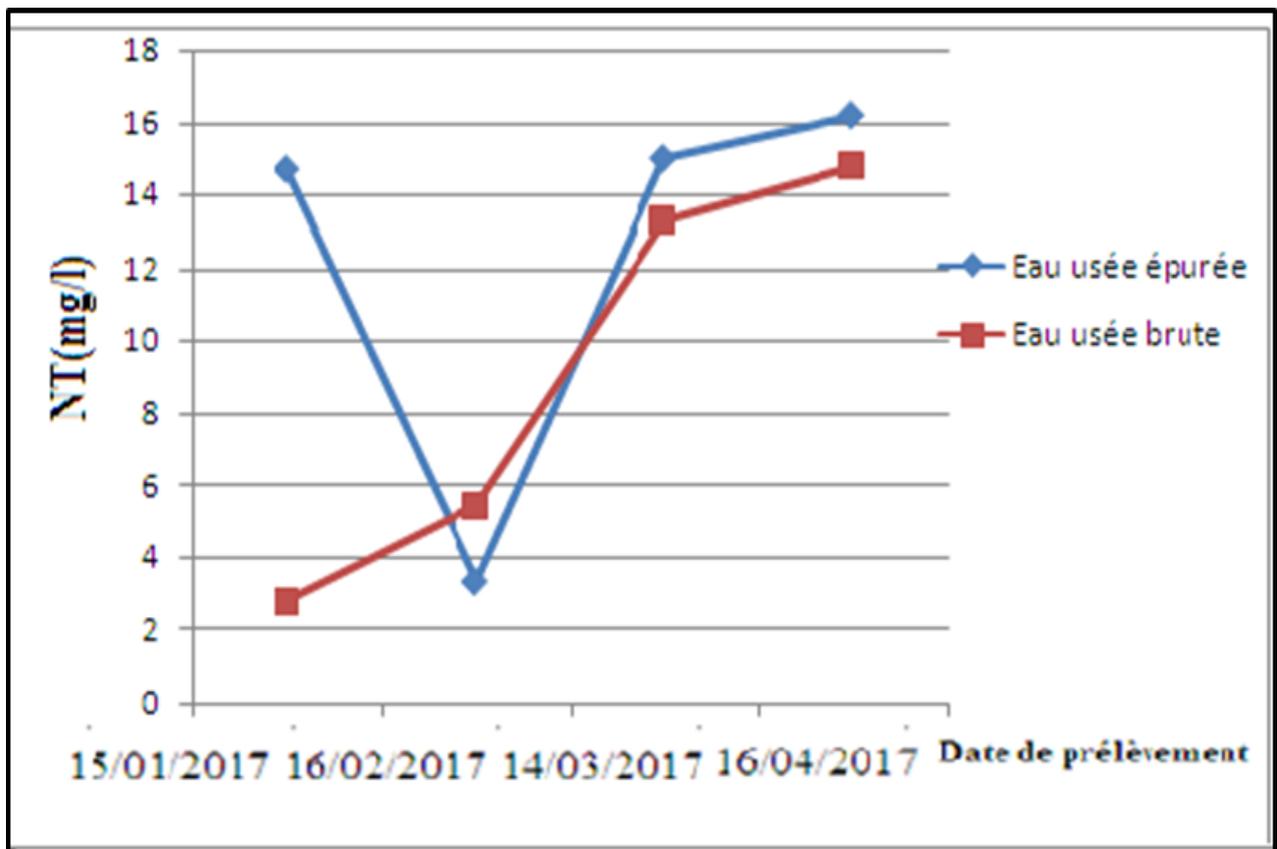


Figure 27 :. Variations des NT dans les eaux usées de la STEP

1.2.4. Azote ammoniacal

Selon les résultats obtenus, la valeur moyenne de l'azote ammoniacal pour les eaux brutes est de l'ordre de 29 mg/l, et pour les eaux traitées est 32.25 mg/l. Cette dernière est supérieure aux normes internationales des eaux d'irrigation selon FAO ($\text{NH}_4^+ < 0.2 \text{ mg/l}$).

D'après le graphe (fig. 28) en dessous qui est présent l'évolution des teneurs du N-NH_4^+ des eaux brutes et traitées en fonction du temps. Nous trouvons une variation des teneurs entre les eaux brutes et traitées cause de la transformation continue de la matière organique azotée en azote ammoniacal par un processus d'ammonification, aussi par la transformation de nitrates en ammonium dans des conditions anaérobies. La diminution du teneur en N-NH_4^+ est due à leur transformation en nitrite puis en nitrate. (CHELLE et al. 2005)

Immédiatement en aval des foyers de pollution. On trouve souvent des teneurs de l'ordre de 0.5 à 3 mg/L tandis que les teneurs en nitrites et en nitrates sont relativement faibles. Plus en aval, les teneurs en azote ammoniacal diminuent et celles des nitrites puis des nitrates augmentent (RODIER, 2005).

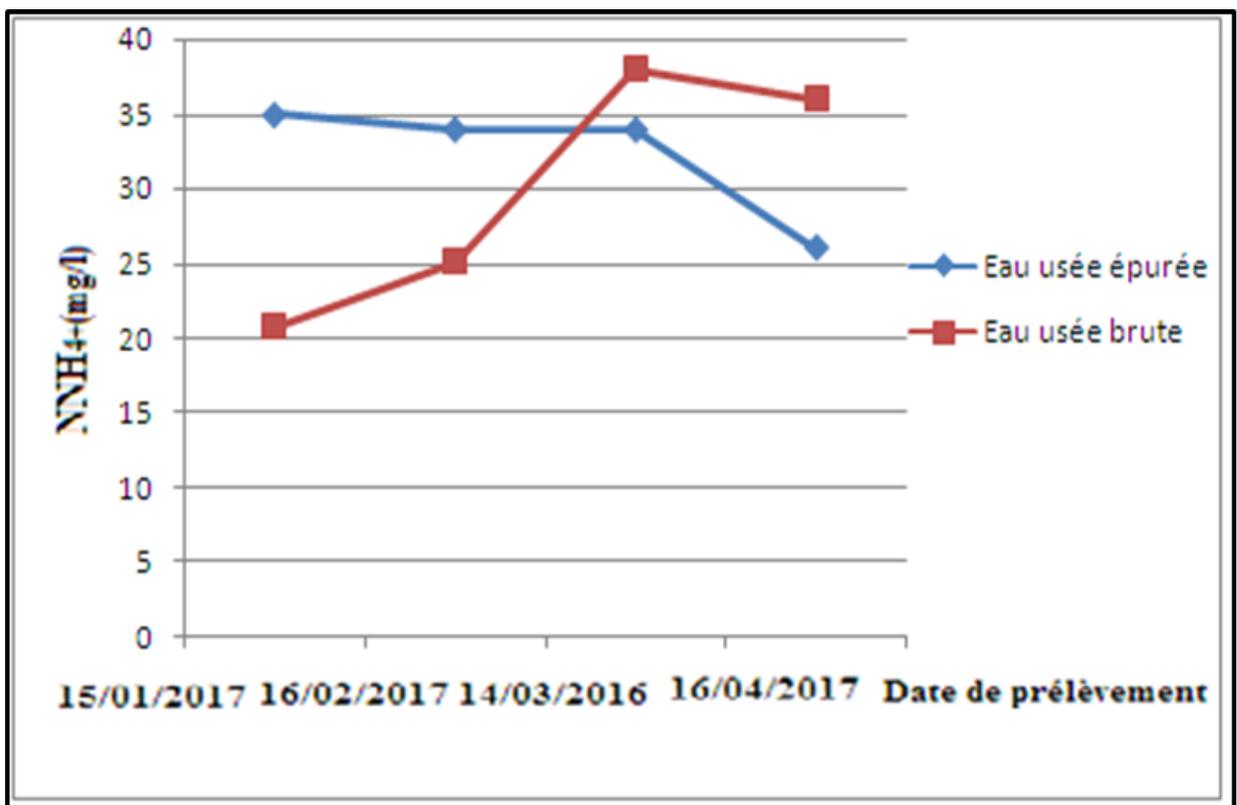


Figure 28 :. Variations des NH_4^+ dans les eaux usées de la STEP

1.2.5. Nitrites

Pour l'interprétation des résultats de nitrites, il est nécessaire de tenir en compte les teneurs de nitrates, d'azote ammoniacale et de matière organique. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (RODIER, 2005).

Les résultats des eaux traitées obtenues en nitrites sont très faibles avec une moyenne de 0.2 mg/l, qui répond aux normes internationales des eaux d'irrigation selon OMS ($\text{NO}_2^- < 0.1 \text{ mg/l}$).

En remarquant les figures ci-dessous (N° 29), nous trouvons la même allure de variation pour les deux graphes, avec une légère augmentation enregistrée dans le cas des eaux traitées. Cela a d'origine, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Les nitrites ne représentent qu'un stade intermédiaire entre l'ammoniaque et les nitrates dans le cycle de l'azote, et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité.

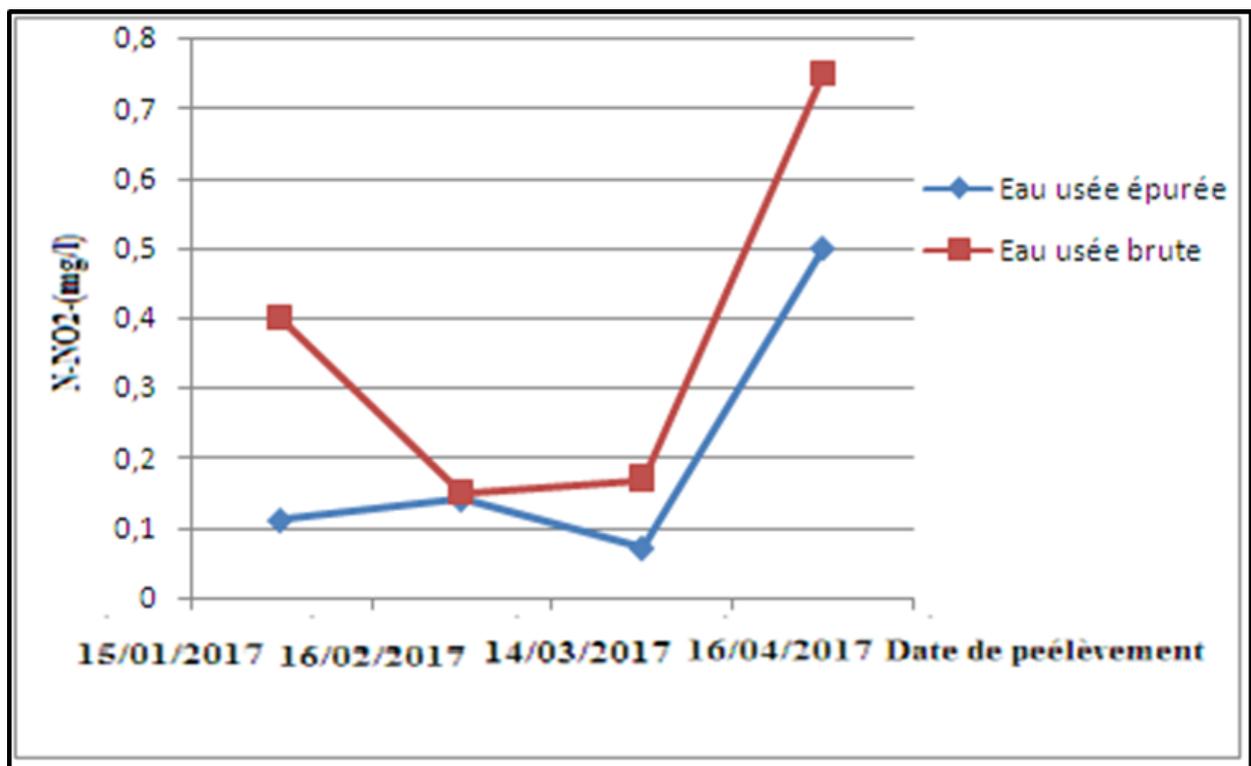


Figure 29 : Variations des NO_2^- dans les eaux usées de la STEP

1.2.6. Nitrates

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacale, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Les nitrates ont une source de toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites. MTAHRI. M (2012)

A partir des résultats obtenus, nous enregistrons des valeurs oscillent entre (0.15 et 0.4mg/l) avec un moyen de 0.48 mg/l pour les eaux brutes, et entre (0.27 et 0.8mg/l) avec un moyen de 0.55mg/l pour les eaux traitées. Ces valeurs sont compatibles aux normes internationales des eaux d'irrigation selon OMS ($\text{NO}_3^- < 50\text{mg/l}$).

La figure N°30 .montrent la variation des concentrations en nitrate, avec une légère augmentation et autre fois diminution. Ces résultats peuvent être expliqués par la prolifération des algues au niveau du bassin. Malgré que la croissance des phytoplanctons nécessitent les nutriments tels que l'azote et le phosphore, mais les résultats montrent la croissance des teneurs en nitrates ce qui confirme la présence d'une source de ces composés dans le milieu. Il apparaît qu'il existe un type d'algue qui peut fixer l'azote atmosphérique et croît par la suite les teneurs en composés azotés ou bien origine la transformation des nitrites en nitrates

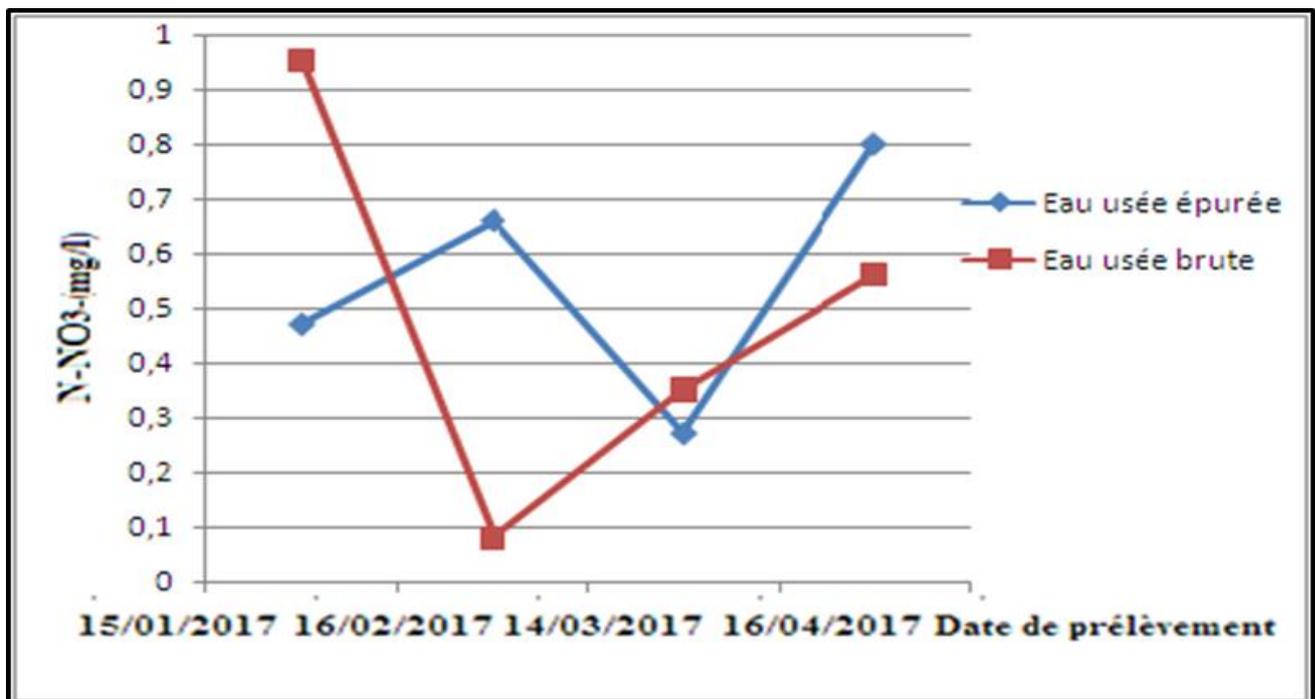


Figure 30 : Variations des NO_3^- dans les eaux usées de la STEP

1.2.7. Phosphore total

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : Phosphates, polyphosphate, phosphore organique...etc. L'ion orthophosphate (PO_4^{-3}) est la forme la plus abondante dans l'eau et provient en majeure partie de déjection animales et des produits de lessive. Il joue un rôle important dans la respiration des cellules vivantes ; dans le stockage et le transfert de l'énergie. A des concentrations élevées dans l'eau, il provoque l'eutrophisation. MTAHRI. M (2012). Selon RODIER et al. (2009), des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution.

Selon les résultats obtenus (fig31), la valeur moyenne de phosphore pour les eaux brutes est de l'ordre de 1.63 mg/l, et pour les eaux traitées est 0.71 mg/l. Cette dernière est conforme à normes fixées par l'OMS (0.94mg/l) pour les eaux d'irrigation.

D'après la figure ci-dessous, nous remarquons une diminution dans les valeurs de phosphore total des eaux traitées par rapport aux eaux brutes.

Le phosphore dans ces eaux, peut être à l'origine des déversements des eaux usées domestiques riches en détergents phosphatés qui apportent environ 3 g de phosphore par personne par jour BENHDID et HARROUZ(2011). La diminution de taux de P-PO_4^{-3} due à leur assimilation par les algues qui sont développés dans les bassins.

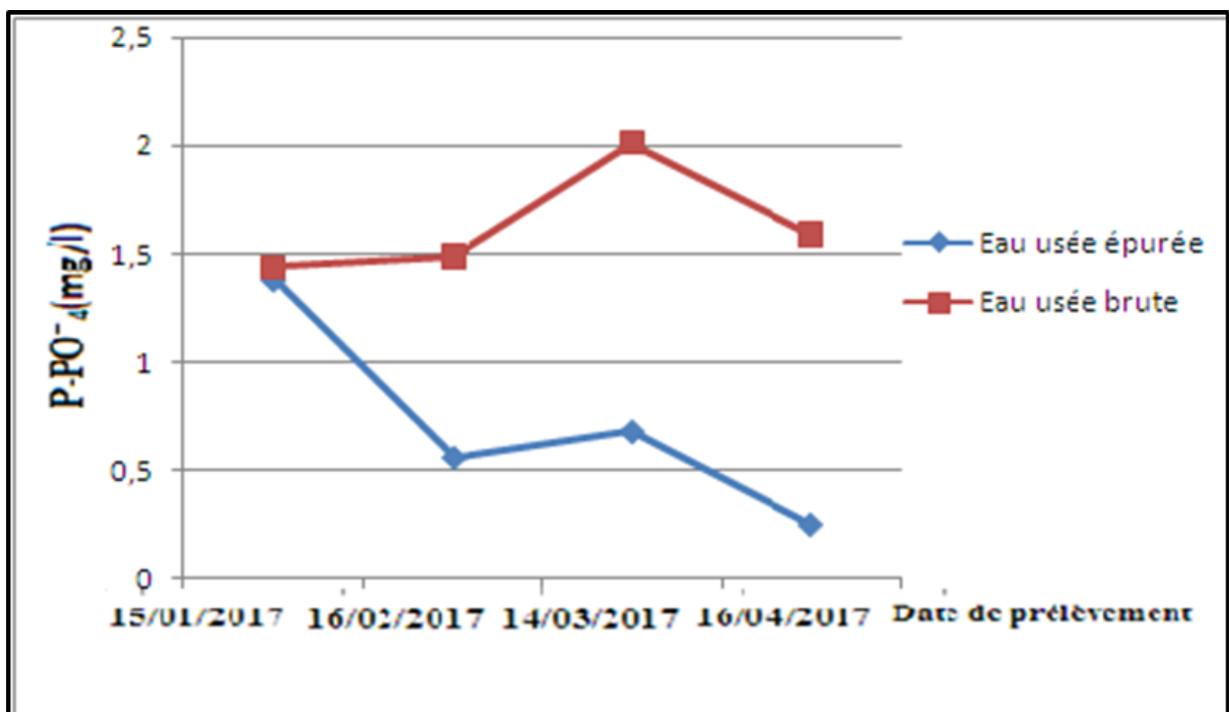


Figure 31 . Variations des P-PO_4^{-3} dans les eaux usées de la STEP

1.3. Résultats d'analyses bactériologiques

Tableau IX .Résultats des analyses bactériologiques

Le premier prélèvement: 16-01-2017				
	Colif.T (germes/100ml)	E.COLI(germes/100ml)	Strept.F(germes/100ml)	Clostr.(spores)
Eau brute	140.10 ⁵	110. 10 ⁵	140.10 ⁵	≥ 04
Eau traitée	110.10 ⁵	45.10 ⁵	110.10 ⁵	≥ 04
Rendement	21.42%	59.09%	21.42%	≥ 0%
Le deuxième prélèvement: 16-04-2017				
	Colif.T (germes/100ml)	E.COLI (germes/100ml)	Strept.F(germes/100ml)	
Eau brute	140.10 ⁵	110. 10 ⁵	140.10 ⁵	
Eau traitée	45.10 ⁵	30.10 ⁵	30.10 ⁵	
Rendement	59.09%	72.72%	78.57%	

Les principaux facteurs ayant une influence directe sur l'abattement de ces bactéries sont : le rayonnement solaire, le pH et la température de l'eau du bassin. D'autres facteurs tels que la charge en DBO₅, les concentrations en oxygène dissous semblent avoir respectivement des effets positifs et négatifs sur la survie des bactéries dans les bassins de lagunage, L'intensité et la durée du rayonnement solaire sont des facteurs qui plaident en faveur du bon fonctionnement des bassins de lagunage (BEN HADID ET HARROUZ 2011) D'après les résultats obtenus des analyses bactériologiques (tab N° IX) nous remarquons une différence entre les rendements de mois janvier et avril.

Selon les résultats obtenus, la valeur moyenne de coliforme pour les eaux épure est de l'ordre de 77.10⁵ mg/l, , E.COLI 37.10⁵ mg/l et pour streptocoque est 70.10⁵ mg/l. ces résultats n ont pas conforme à normes fixées par l'O.M.S pour les eaux d'irrigation a des espèces spécifiques .(annexe 13)

Le rendement est très faibles (coliforme 21.42%- sreptocoque 21.42% les spores supérieur ou égale à zéro dans le mois de Janvier a cause de la baisse du température et d'insoleiment , non remarquons une couche d'huile flottant sur la surface des bassin de lagunage inhibe la pénétration de l'oxygène de ce fait de milieu devienne anaérobie . Ces concentrations qui inferieur à celle qui sont présentes par ZAHOUANI, 2013(90%) pour la même station d'épuration. A cause de la charge organique dans les bassins .Tandis que dans le mois d'Avril ont remarquent une amélioration du rendement : (coliforme et E. COLI .streptocoque). A cause de disparition de la couche d'huile et d'augmentation de la température et d'insoleiment.

2. Etude du sol

les résultats obtenus Le tableau X (Annexe12) par notre étude en indiquant les valeurs des principaux paramètres situant la qualité des eaux dans la station d'épuration des eaux usées. L'examen de l'ensemble de ces résultats permet de distinguer les faits expliqués ci-dessous.

2.1. pH des sols

Les valeurs du pHs (fig32) de la première couche située près de rejet pour une profondeur entre 0 et 20 cm sont variées entre 6.33 et 7.71 avec un moyen de 6.47 et la deuxième couche (20-50cm) varient entre 6.52 et 7.71 avec un moyen 6.51. Une différence comparable a été constatée à tel que éloignés de rejet par une moyenne 7.59 pour le 1er couche et 7.25 pour la 2ème couche. Qui signifie l'acidité du sol du milieu récepteur.

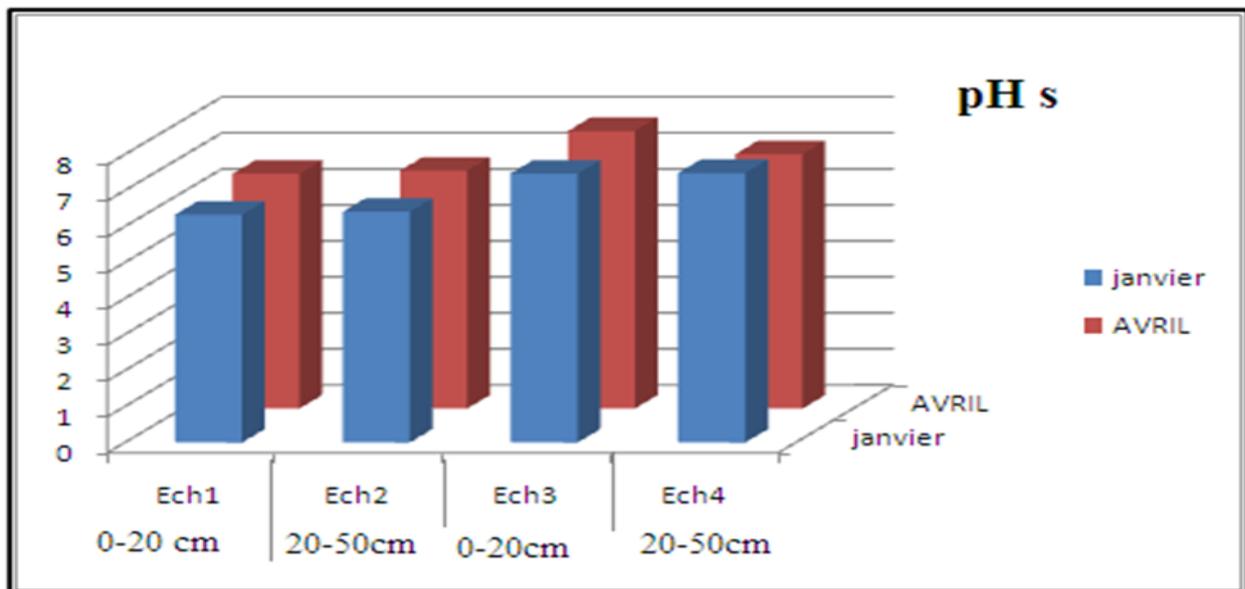


Figure. 32 : Variations des valeurs du pHs des sols .

2.2. CEs des sols

les résultats des mesures de la conductivité électrique exposés ci-dessous (Fig.33) montrent une grande différence entre les sols qui sont près et ceux qui sont éloignés de rejet final des eaux épurées, les valeurs de la conductivité électrique des sols près de rejet sont très élevées. Elles sont variées entre $1500 \mu\text{s/cm}$ et $2020 \mu\text{s/cm}$, avec une moyenne de $1760 \mu\text{s/cm}$ pour la 1^{ère} couche et entre $709 \mu\text{s/cm}$ et $853 \mu\text{s/cm}$ pour la 2^{ème}, avec un moyen de $781 \mu\text{s/cm}$.

D'autre part les valeurs de la conductivité électrique des sols éloignés de rejet sont moins élevées. Elles sont variées entre $609 \mu\text{s/cm}$ et $721 \mu\text{s/cm}$, avec une moyenne de $665 \mu\text{s/cm}$ pour la 1^{ère} couche et entre $709 \mu\text{s/cm}$ et $853 \mu\text{s/cm}$ pour la 2^{ème}, avec un moyen de $675 \mu\text{s/cm}$.

L'élévation de la conductivité électrique des sols près de rejet est due à l'accumulation des sels, l'évaporation des eaux et la dégradation des matières organiques et l'augmentation de débit d'eau épurée qui stagne.

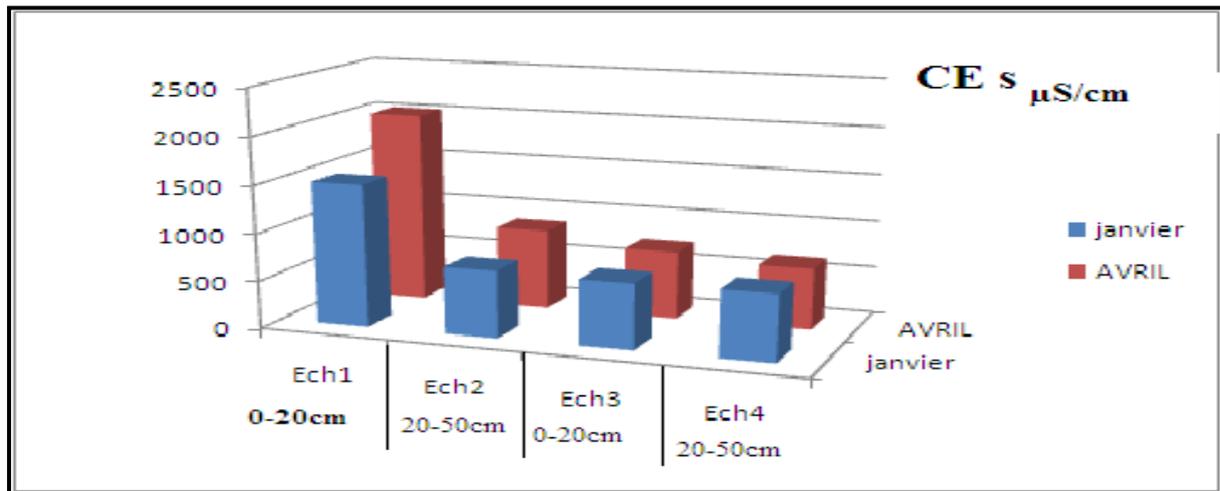


Figure 33 : Variations des valeurs de la CEs des sols .

2.3. TH des sols

les résultats des mesures de dureté total exposés ci-dessous(Fig.34) montrent une grand différence entre les sols qui prés et tel qui sont éloignées de rejet final des eaux épurées, et aussi selon le profondeur les valeurs de dureté total des sols prés de rejet et le plus proche la surface sont très élevées. Elles sont variées entre 800mg/l et 1050mg/l pour le 1^{er} couche qui est prés de rejet et entre 800mg/l et 400 mg/cml pour le 2 eme.

D'autre part les valeurs de la dureté total des sols a éloignées de rejet sont moine élevées. Elles sont variées entre 250mg/l et 500 mg/l pour le 1^{er} couche et entre250 mg/l et 510 mg/l pour le 2eme . L'élévation de la dureté total des sols prés de rejet est due au l'accumulation des sels, évaporation des eaux et la dégradation des matières organiques. et l'augmentation de débit des eaux épurées qui stagnent a la surface.

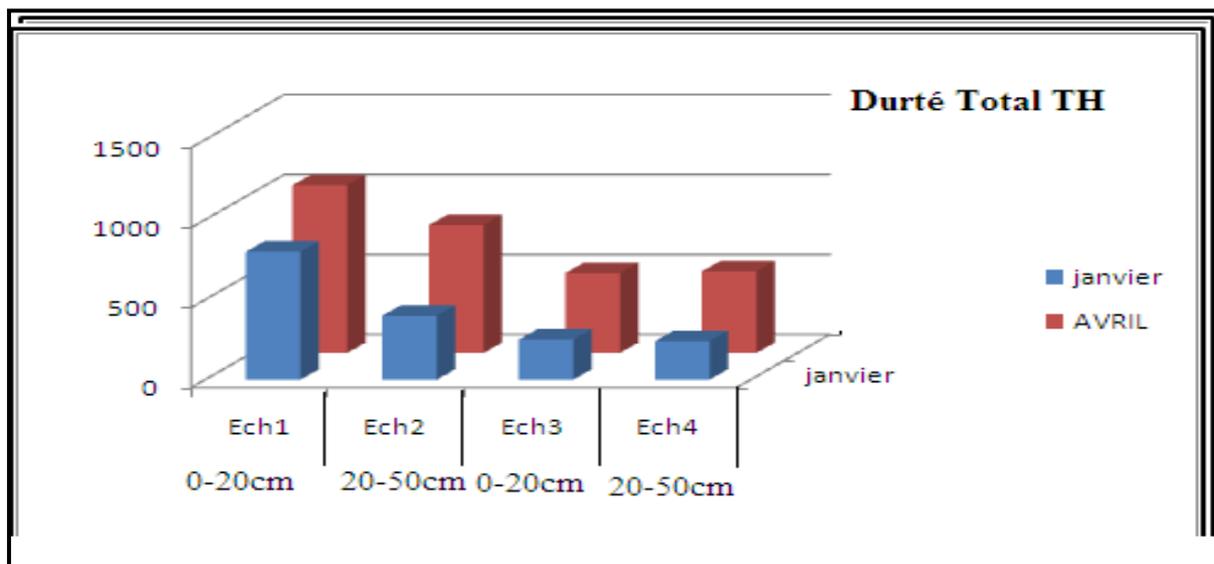


Figure 34 : Variations des valeurs du TH des sols

3. Résultats des enquêtes

Dans ce partie, nous avons procédé à la présentation des résultats de nos enquêtes réalisées sur les espèces végétales, et des espèces des oiseaux.

3.1. Espèces végétales

Une flore caractéristique : roseaux, tamaris et *Halocnemums*' est installée au voisinage du point de rejet (voir photos10-11).



Photos 10 et 11 : Végétation installée au sein du milieu récepteur La zone de végétation générée est occupant les deux côtés du canal de point de rejet final est composée de trois espèces dominants (photo .12) :

- la première espèce (*Halocnemumstrobilaceum*)
- la deuxième espèce (*Phragmites communis*)
- la troisième quelques individus de tamarix aphylla et des individus isolés d'*Halocnemum*.



Photo 12: les espèces végétales dominant dans le milieu récepteur

3.2-Culture expérimentale de l'olivier dans la STEP

Permis les cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées selon l'arrêté interministériel Algérienne du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.(annexe),on remarquant dans notre STEP un champ d'olivier présentée comme un culture expérimentale qui sont cultures depuis la mis en service de STEP **(05 ans)**.

D'prêt la photo n° au-dessous nous remarquant un véniel développement d'olivier a cause de la qualité des eaux usées qui sont charges en huiles et probablement en matières polluantes (Métaux lourd) .(phots 13 ;14).



Photo 13 : culture expérimental **photo 14** : couche d'huils

3.2. Oiseaux

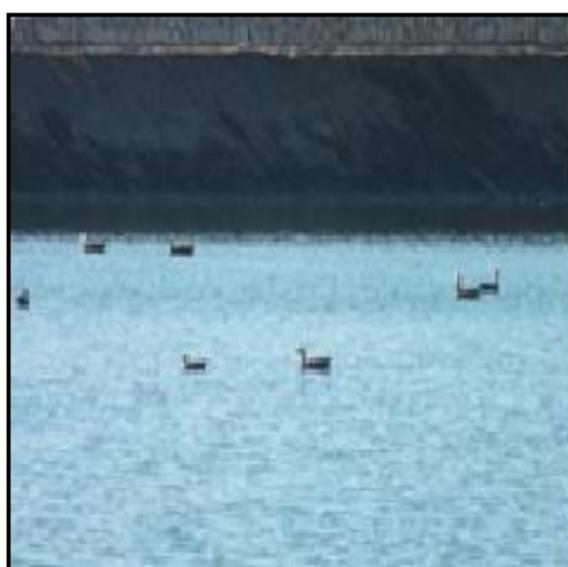
Ainsi que oiseaux migrateurs venant des autres lieux .comportant plusieurs espèces vient de s'installer au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur.(tab.XI)

Tableau XI : Liste non exhaustive des espèces d'oiseaux inventoriées au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur

Famille	Espèces	Nom Français
Anatidae	Aythya nyroca	Fuligule nyroca
	Tadorna ferruginea	Tadornette casarca
	Tadorna tadorna	Tadornette de belon
Rallidae	Gallinula chloropus	Poulet d'eau
Recurvirostridae	Himantopus himantopus	Echasse blanche
Podicipedidae	Tachybaptus ruficollis	Grèbe castagneux
Scolopacidae	Tringa spp.	Chevalier non identifié
Phénoptéridés	Flamant rose	Phaenicoptère rose

Source : Conservations des forêts Ghardaïa 2017

Aussi, les photos n° 15 nous présentent quelques espèces observées au sein du milieu récepteur et des bassins des lagunages



Photos 15 : quelques espèces observées au sein du milieu récepteur.

Conclusion

“ Ce n’est que lorsque
le puis s’assèche que
l’on découvre la valeur
de l’eau “

Proverbe chinois

Conclusion général

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et dans d'autres usages municipaux,

donc, constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffre énormément du déficit hydrique.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive, mais aussi de nombreux avantages sociaux et environnementaux. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de la valorisation des eaux usées.

Actuellement, la gestion des eaux usées de Ghardaia repose essentiellement sur : le développement de l'assainissement collectif par la remise à niveau et l'extension du réseau de collecte, l'épuration des eaux usées, puis l'élimination de ces eaux par rejet dans la nature.

Cette politique de gestion des eaux usées a amélioré profondément la salubrité de l'environnement urbain.

D'une part, la remise à niveau et l'extension du réseau d'assainissement collectif ont conduit à éradiquer les énormes mares d'eaux usées, stagnant pratiquement en permanence dans les quartiers populaires. D'autre part, l'épuration a engendré la suppression des nuisances générées suite au déversement des eaux usées sans traitement dans le milieu naturel.

La dite épuration garantie par la STEP de Kef Doukhane a généré des volumes considérables d'eaux usées épurées. Nous pouvons souligner que dès la mise en marche de l'installation d'épuration, environ de 9000 m³ d'effluents épurés sont rejetés chaque jour hors de cette STEP.

Le déversement de ces volumes d'eaux usées épurées au niveau de la nature, va constituer sans aucun doute une sérieuse menace sur l'environnement..

Nos investigations la gestion des STEP par un travail d'échantillonnage et d'analyses au laboratoire focalisé sur la valorisation d'épuration des eaux brutes et épurées et celle des sols pré et loin de rejet final

Et selon les résultats obtenus, nous distinguons la véniel différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et celles des eaux brutes, ceci dénote que le procédé de lagunage naturel est déficient pour l'épuration des eaux usées, dont l'abattement de la charge organique s'effectue avec des rendements 62.01% pour DBO₅ et 62.43% pour DCO, et de 7.10% des MES, ce problème réduction est causé par le de développement rapide des algues pendant la période estivale et l'accumulation des boues au niveau des bassins de lagunage.

Pour la pollution azotée on a constaté une faible élimination de l'ammonium, de nitrites et de nitrates, ainsi qu'au phosphore.

De point de vue bactériologique, par comparaison entre la quantité des germes dans les eaux brutes et les eaux traitées, nous notons un rendement moyen total d'abattement de 40.25% pour les coliformes totaux, de 65.90 % pour les E.coli et de 49.99% concernant les streptocoques fécaux. Ce taux de rendement ne supprime pas complètement les risques sanitaires de ces eaux épurées en cas d'une réutilisation agricole.

L'enquête effectuée nous a permis d'évaluée l'impact de rejet des eaux usées épurées sur la qualité des sols du point de vue salinisation a cause de leur classification qui sont très salés et l'accumulation des matières organiques en surface, ,

Aussi, il est utile de signaler que le rejet des eaux usées épurées a engendré des effets avantageux en point de vue environnemental, par la création d'une zone humide qui aggloméré oiseaux migrateurs venant des autres lieux .comportant plusieurs espèces vient de s'installer au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur; Ainsi pour l'apparitiondes plusieurs plants spontanément.

Nos résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station d'épuration de Ghardaïa dont le traitement se fait par lagunage naturel sont des eaux usées épurées d'une qualité médiocre et nécessitent un traitements complémentaires pour les utiliser dans le domaine agricole(l'irrigation) sans aucun risque,Il faut noter que cette utilisation doit être rendue optimale et pour qu'il en soit ainsi, les conditionssuivantes doivent être remplies :

- il faut adapter les systèmes d'irrigation à la qualité de l'eau employée ;
- Il faut optimiser l'apport d'eau et ajuster la fertilisation aux besoins des cultures.

On a proposé les eaux épurées pour irriguer les palmeraies de la vallée du M'Zab parce que lespalmiers dattiers représentent la culture principale dans cette zone d'étude, la palmeraie

est caractérisée par une grande résistance aux eaux de mauvaise qualité. Ainsi on peut utiliser ces eaux pour irriguer les cultures d'agrumes en intercalaire et oliviers comme des brises vents.

Toutefois, ces eaux ont entraîné aussi des effets négatifs et des nuisances au niveau des sites récepteurs. Pour cela, nous préconisons les recommandations suivantes pour les éliminer :

- D'approfondir les études sur les performances épuratoires du lagunage aéré sous un climat aride.
- Renforcer la STEP par les ouvrages de prétraitement.
- Equiper le poste de prétraitement par un système de déshuilage-dégraissage pour assurer un bon fonctionnement des bassins d'aération.
- Ajouter un traitement primaire (décantation et dessablage) pour fournir une bonne élimination des matières colloïdales et en suspension pour faciliter les traitements ultérieurs.
- Résoudre le problème de prolifération intensive des algues et des boues pour augmenter les rendements d'abattement des MES.

Au niveau des sites de réutilisation et en vue d'éliminer les impacts négatifs engendrés et les risques potentiels, la réutilisation doit être gérée conformément à la réglementation algérienne.

Références bibliographique



“ Où l’eau s’arrête,
le monde s’arrête aussi “
proverbe ouzbek

- * **ABBOU S, (2010)**. Réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Office National d'Assainissement.
- * **Achour M., (2014)**. Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de vallée de M'Zab Ghardaïa-Algérie mémoire de magister, université d'Oran. PP 4.
- * **ADLER, (2005)** ; Éléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement. ENTPE
- * **AÏT BOUGHROUS.,(2007)**.Biodiversité, écologie et qu'alité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc :le Tafilalet et la région de Marrakech
Diplôme Docteur Hydrobiologie souterraine MARRAKECH
- * **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.
- ***ANRH., (2005)**. Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya d'Ouargla. Ouargla
- ***A.N.R.H., (2010)**. Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. hyd. Ouargla, 10P.
- ***A.N.R.H., (2011)**. Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaia. Rapport de l'Agence Nationale. Ressources Hydrauliques.
- ASANO, (1998)**. Waste water Réclamation and Reuse, Water Quality Management Library Volume 10, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA, 1475p
- * **BANZAOUIN et ELBOUZ F. (2009)**. Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba.
- ***BARIKA A et SENOUSSE D., (2005)**. Dimensionnement d'une station d'épuration de la ville de Hassi Messaoud.Mém. Ing.Hydrolique Saharienne. Univ de Ouargla.36p.
- ***BAUDOT et PERERA, (1991)**. Guide proceds extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités.
- ***BAUMONT S., CAMARD J.P., LEFRANC A et FRANCONI A.,(2004)**. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS (Observatoire régional de santé d'Ile-de-France), France
- ***BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2005)**, Réutilisation des eaux usées épurées :risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de la santé Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 222p.

Références bibliographiques

***BELAID N., (2010)**, Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phyto-absorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, 188p BELGIORNO et al., (2007).

***BENABDALLAH S et NEUBERT S., (2003)**. La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie. Institut Allemand de Développement Bonn. Allemagne

***BENHDID, H et HARROUZ N., (2011)**. Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla). Mémoire D'Ingénieur. Ecosystème, Steppiques et Sharien. Université De Ouargla pp 89.

***BENKRIMA A, DJAFOUR A., (2014)**. Impact des eaux usées épurées sur la fertilité Phospho-Azotée des sols à Ouargla. Mémoire de Master, Université de Ouargla 146p.

***BLIEFERT et PERRAUD, (2003)**. Chimie de l'environnement "air, eau, sols, déchets". Ed. Boeck. Paris, 477p.

BOUHANA, A.,(2014). Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mémoire De Magister. Université OUARGLA

***BOUKHETALA Y ET IDDOU K., (2010)**. Etude de rendement épuration de la nouvelle station d'épuration par lagunage de la ville d'Ouargla. Mémoire D'Ing. Hydraulique urbaine. Université D'Ouargla.

***BOUTIN C., HEDUIT A., MICHEL H., (2009)**. Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUE) rapport finale. Ed. ONEMA-CEMAGREF. 100p.

***BONNARD ET GARDEL., (2000)**. Étude de protection contre les crues de la vallée de l'oued M'Zab. Avant-projet Détaillé des ouvrages de rétention amont, volume 2/4 annexes, Ghardaïa, 165p.

***BOUZIANI M., (2000)**. L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun Oran. pp117.

***C.EU ,Commission européenne avec la collaboration de l'Agence de l'Eau Française., (1991)**. Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab). Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. 44p.

***CHELLE F., DELLALE M., DEWACHTER M., MAPAKOU F., VERMEY L.,(2005)**. L'épuration des eaux

Références bibliographiques

- ***CLAUDIN, J., HOUREOU, H. N., & POUGET, M. (1979)**.. Etude bioclimatique des steppes algériennes (avec carte 1/1 000 000). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord, Alger
- ***DADDI BOUHOUN M., (1997)**. Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Mém. Magister. I.N.A. El-Harrach. 180p.
- ***DEGREMONT., (2005)**. Mémento technique de l'eau. Tome 1. 10ème édition.
- ***DEGREMONT, (1978)**. Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier
- ***DERWICH E., BENAABIDATE L., ZIAN A., SADKI O., BELGHITY D., (2010)**caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued fes Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, MAROC
- ***DPAT, 2012. Annuaire statistique 2011 ; volume 1, rapport annuel, 91p.**
- ***DSA, 2013. Atlas agriculture, Rapport annuel, Ghardaïa, 14p)**
- ***Dubief J., (1963)**.Le climat de Sahara. Institut de recherches Sahariennes, tome II, fascicule I,Alger, 264p.
- * **Durand, J.H. (1983)**. Les sols irrigables. Etude pédologique. Presse Univ. France, 339p
- ***FABY J.A et BRISSAUD F. (1997)**,L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76p.
- ***FABY J.A et BRISSAUD F. (1998)**,L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 18p.
- ***FAO, (2003)**. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage. 65p.
- ***Frank R., (2002)**. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p.
- ***J.O.R .AJOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°41, (2012)**. Conventions et accords internationaux – lois et décrets arrêtés décisions avis communications et annonces. (Traduction française).
- ***GAGUI ,R ; (2017)**. Étude des processus biologique d'épuration des eaux usées appliquée à la région saharienne Mém. Mas. Génie de l'environnement Univ. de Ouargla
- ***GHADDA N., (2013)** Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de OUARGLA
- ***IFREMER., (2002)** . La surveillance des rejets urbains en Méditerranée. Guide méthodologique.
- ***KHATTABI H., (2002)**. Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydro biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de doctorat, 173p.

Références bibliographiques

- ***LABBADI K., MOUKAR M., (2010)**, Étude des performances de la station de traitement des eaux usées urbains par lagunage de la ville de Ouargla.. Eco. et Env. Eco. Steppique et Saharienne. Univ. de Ouargla. 112p.
- ***LAZAROVA V. ET BRISSAUD F. (2007)**. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
- ***LIBES Y., (2010)**. Les eaux usées et leur épuration
- ***MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A., VAN CLOUSTER M. (2011)**. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental), Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n° 09
- ***MAMADOU, (2010)**.. Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement. Univ. LAUSANNE. 102p.
- ***MERABETE, (2010)**. Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le shara septentrional (chotte Merrouane et Ain EL Beida) environnement et signes de dégradation .mem. MAGISTRE .écologie saharienne et environnement .Univ. de OUARGLA.
- ***METAHRI M. S., (2012)**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse De Doctorat, Université Mouloud Mammri, TiziOuzou, 148p. MILLER(, 1990).
- ***MONELLO D., (2009)**. Étude de performances épuratoires d'un lagunage à macrophytes. 54p.
- ***NADER A., (2013)**. Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux. Mémoire de Master, Université de Ouargla 169p
- ***NEGAIS H., (2015)**. La réutilisation des effluents urbains traités par lagunage dans la cuvette de Ouargla. Etats des lieux, enjeux et perspectives Mémoire de Magister, Université de Ouargla 171p
- ***OMS., (1989)**. L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandation à visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève
- ***OMS., (2006)**. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water.
- ***ONA., (2017)** Office nationale de l'assainissement. tableaux de bord exploitation du mois d «avril 2017
- ***ONA (2014)**. Office nationale de l'assainissement. 2014 Investir dans le développement durable : La réutilisation des eaux usées épurées..

Références bibliographiques

- ***O.N.M., (2015)**. Données météorologique de la wilaya de Ghardaïa (2000-2014). Office Nationale de Météorologie Station. Numérate de Ghardaïa
- ***OULEDBELKHIR C., (2017)**. Quantification de l'impact de l'activité humains sur le bilan hydrologique d'une nappe alluviale en zone aride (Cas de la vallé du M'zab Ghardaia, sud Algérien).Mémoire De Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie EL Harrach d'Alger.
- ***PEASEY A., BLUMENTHAL U., MARA D., RUIZ-PALACIOS G., (2000)**, A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective. WELL Study, <http://www.iboro.ac.uk/well/>.
- ***RAVEN et al., (2009)**., Environnement, 6 éd. De Boeck, Bruxelles,
- ***RINGOT B., (2010)**. Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux ; les moyens techniques de protection des usagers ou des usages groupe de travail ; Réutilisation des eaux usées traitées. Rapport d'activités. Initiative Co-associative AXE n°1. 42p.
- ***RODIER J., C, BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR, H. E T RODI, L., (2005)**. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Dunod, Paris. 1383p.
- ***RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., (2009)**. Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. DUNOD, Paris. 1579p
- ***SAOUD I., (2014)**. Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa). Mémoire. De Master, université. Ouargla pp 81
- ***SAGGAI M.M. ,(2004)**. Contribution a l'étude d'un système d'épuration plante macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla Mém. Mag univ. Ouargla.
- ***SLIMANI,(2006)** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementauxdans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines)Mémoire magister Protection des écosystème en zones arides .Université De Ouargla
- ***TAMRABET L., (2011)**. Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse Doctorat en sciences. Option Hydraulique. Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture. Département d'Hydraulique. Université Hadj Lakhdar –Batna. 147 p.
- ***THOMAS O., (1955)**. Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc,
- ***U.N.E.S.C.O (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture),, (2008)**. Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.
- ***VANDERMEERSCH S, (2006)**. Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire -Université Libre de Bruxelles.

Références bibliographiques

***ZAHOUANI B.,(2013).**Gestion des eaux usées épurées en zone aride : cas de la STEP d'EL Atteuf (Ghardaïa). Mém.Ing. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach – Alger.

Références électroniques

1-google earth 2017

2- <https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/Turbidite.pdf>%20/

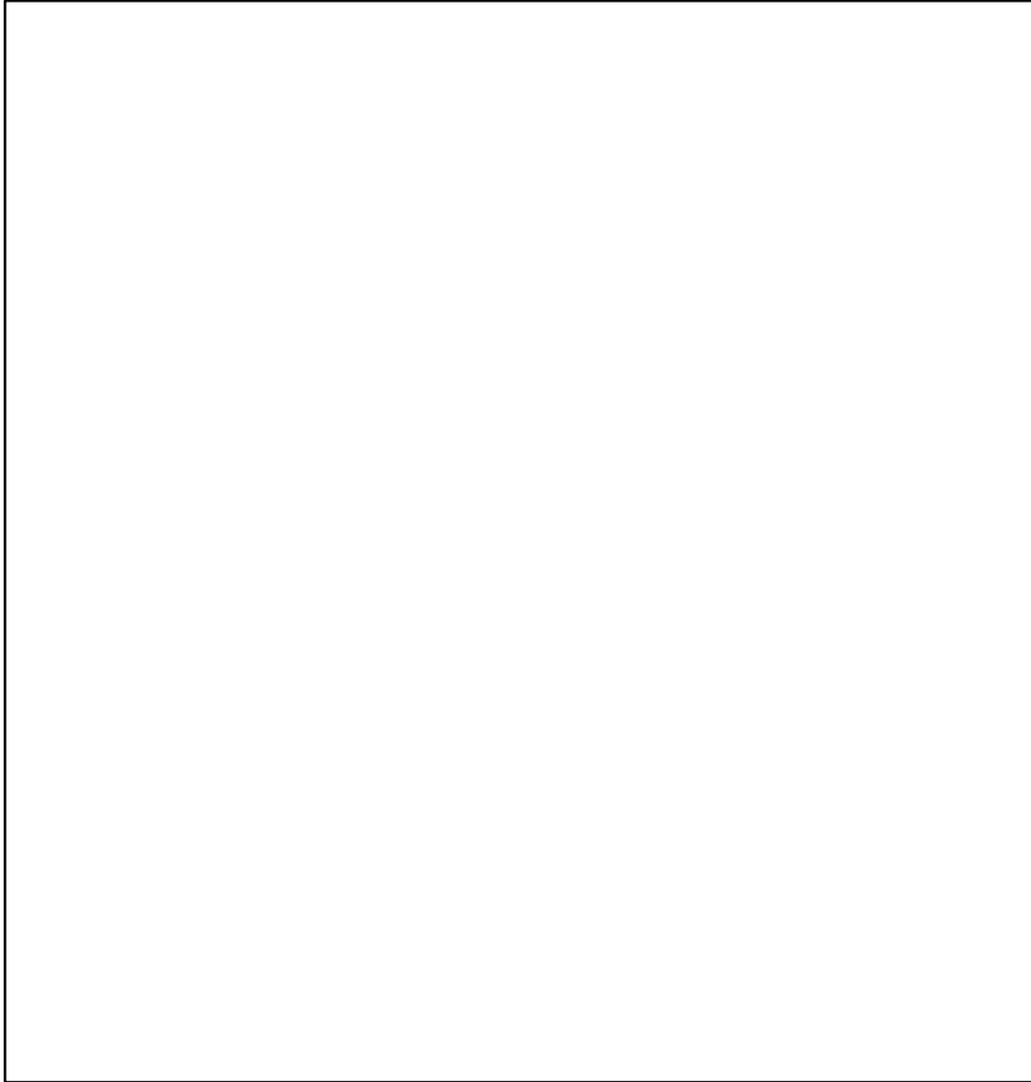
Annexes

“ Améliorer les conditions
de vie de l’individu,
de la famille, de la société
ne signifie rien si demain
leurs descendants sont
surinés dans leurs santé “

Pesson

ANNEXE 01

Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006,
définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (Algérie)



Source : Journal Officiel de la République
Algérienne Démocratique et Populaire, 2006

Annexe 2. Avantages et inconvénients des filières extensifs (THOMAZEAU, 1981)

Filière	Avantages	inconvénients
Lagunage Naturel	<ul style="list-style-type: none"> • bien adapté au réseau unitaire (charge hydraulique - dilution), faibles coûts d'exploitation, bonne intégration dans l'environnement, • bonne élimination des pathogènes, boues peu fermentescibles, • bonne élimination de l'azote (70%) et du phosphore (60%). 	<ul style="list-style-type: none"> • contraintes de nature du sol et d'étanchéité, • variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée, • difficultés d'extraction des boues, pas de réglage possible en exploitation, sensibilité aux effluents septiques et concentrés.
Lagunage Aéré	<p>Tolérant à la variation de charges hydrauliques et organiques importantes, Tolérant aux effluents très concentrés, Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées), Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables, Bonne intégration paysagère, Boues stabilisées.</p>	<p>Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres, Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé, Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération, Forte consommation énergétique.</p>

Annexe 03

Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.
(JOURNAL OFFICEL, 2012).

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave, sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et Atriplex.

Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.
---	--

- (1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

ANNEXE 04

Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation

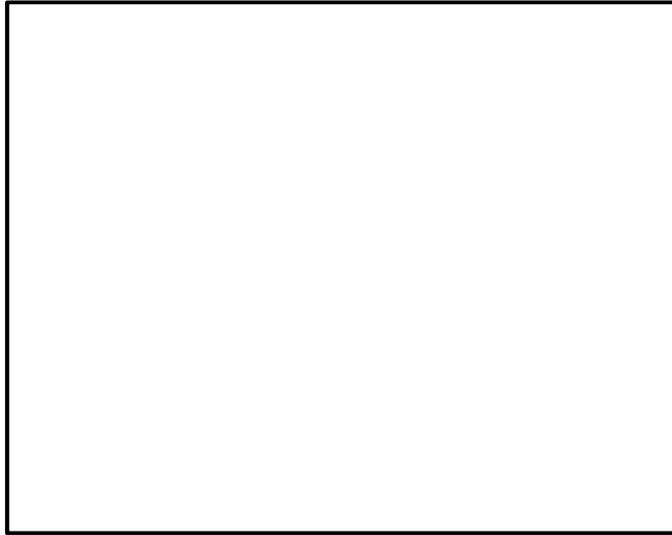
Source : FAO, 200

ANNEXE 05

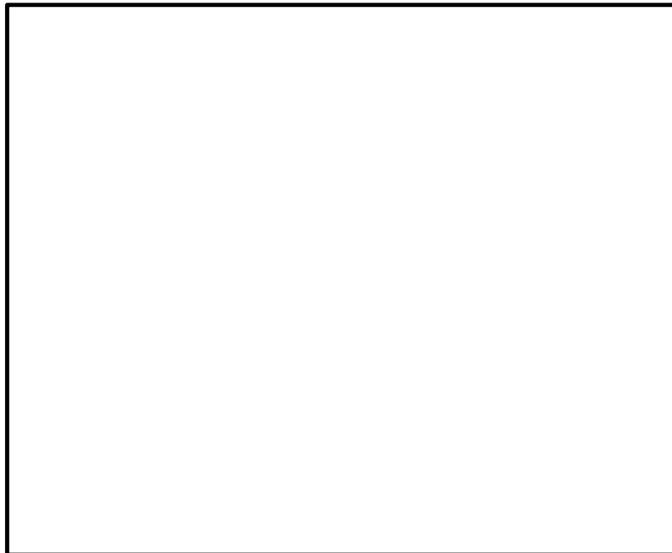
Recommandations de l'USEPA, 1992 et de la norme californienne destinées pour la réutilisation des eaux usées épurées

Source : NADER.2013

ANNEXE 06 : Echantillonnage des eaux



ANNEXE 07 Dosage Matière en suspension



ANNEXE 08

Tableau VI : Résultats des analyses des eaux usées brutes et épurées

	Date de prélèvement								Moyenne	
	15/01/2017		16/02/2017		14/03/2017		16/04/2017			
	EU B	EUE	EU B	EUE	EU B	EUE	EU B	EUE	EU B	EUE
T°C	14.52	13.37	20.08	15.30	21.15	18.65	21.59	20.41		
PH	8.47	8.44	7.92	8.19	7.73	8.08	7.74	8.02	7.96	8.18
CE ds/m	3.37	2.68	3.57	2.86	3.62	3.19	3.68	3.31	3.56	2.96
Salinité	2.2	1.9	2.2	1.98	2.15	1.99	2.17	2.00		
O₂ dissous	2.19	2.92	1.3	2.73	1.45	2.8	1.51	2.31	1.61	2.69
MES	55.33	57.33	89.00	73.00	114.00	107.33	112.33	107.00	92.66	86.08
DBO₅	139.33	55.53	161.00	42.00	157.67	93.67	109.33	24.33	141.83	53.88
DCO	210.00	64.90	205.00	96.40	275.50	100.50	170.5	61.60	215.25	80.85
N-NH₄⁺	20.80	35.00	25.10	34.00	38.00	34.00	36.00	26.00	29	32.25
N-NO₂⁻	0.40	0.11	0.15	0.14	0.17	0.07	0.75	0.50	0.36	0.2
N-NO₃⁻	0.95	0.47	0.08	0.66	0.35	0.27	0.56	0.80	0.48	0.55
P-PO₄⁻³	1.44	1.38	1.49	0.56	2.01	0.68	1.59	0.25	1.63	0.71
NT	2.77	14.70	5.43	3.32	13.30	15	14.75	16.19	9.06	12.30
Turbidité (F°)	14.52	13.37	20.08	15.30	21.15	18.65	21.41	20.41	19.33	16.93

ANNEXE 09

Tableau VII: Rendements de DBO5, DCO et MES de la STEP

Caractérist	15/01/2017	16/02/2017	14/03/2017	16/04/2017	Moyenne
DBO5	60.14	73.91	40.59	77.74	62.01
DCO (%)	69.10	52.97	63.52	63.87	62.43
MES (%)	3.610	17.97	5.85	4.74	7.10

ANNEXE 10 :

Tableau VIII Classification des eaux d'irrigation selon leurs conductivités électriques (DURAND, 1983).

Classe	CE 25C° (µmhos/cm/cm)	Salinité des eaux
C1	CE < 250	Eau non saline
C2	250 < CE < 750	Eau à salinité moyenne
C3	750 < CE < 2250	Eau à forte salinité
C4	2250 < CE < 5000	Eau à très forte salinité
C5	5000 < CE < 20 000	Eau à salinité excessive

ANNEXE 11

Tableau N° : Normes de rejet de l'OMS et celle de l'Algérie (**BENHDIDE ET HARROUZE, 2011**).

Caractéristiques	Normes de l'OMS	Normes Algériennes
T (C°)	25-30	30
PH	6,9- 9	5.5-8.5
DBO ₅ (mg/l)	30	40
DCO (mg/l)	90	120
MES (mg/l)	30	30
NTK (mg/l)	50	40
Phosphate (mg/l)	2	2
Huiles et graisses	20	20

ANNEXE 12

Tableau N°X : Résultats des analyses physico-chimiques des sols.

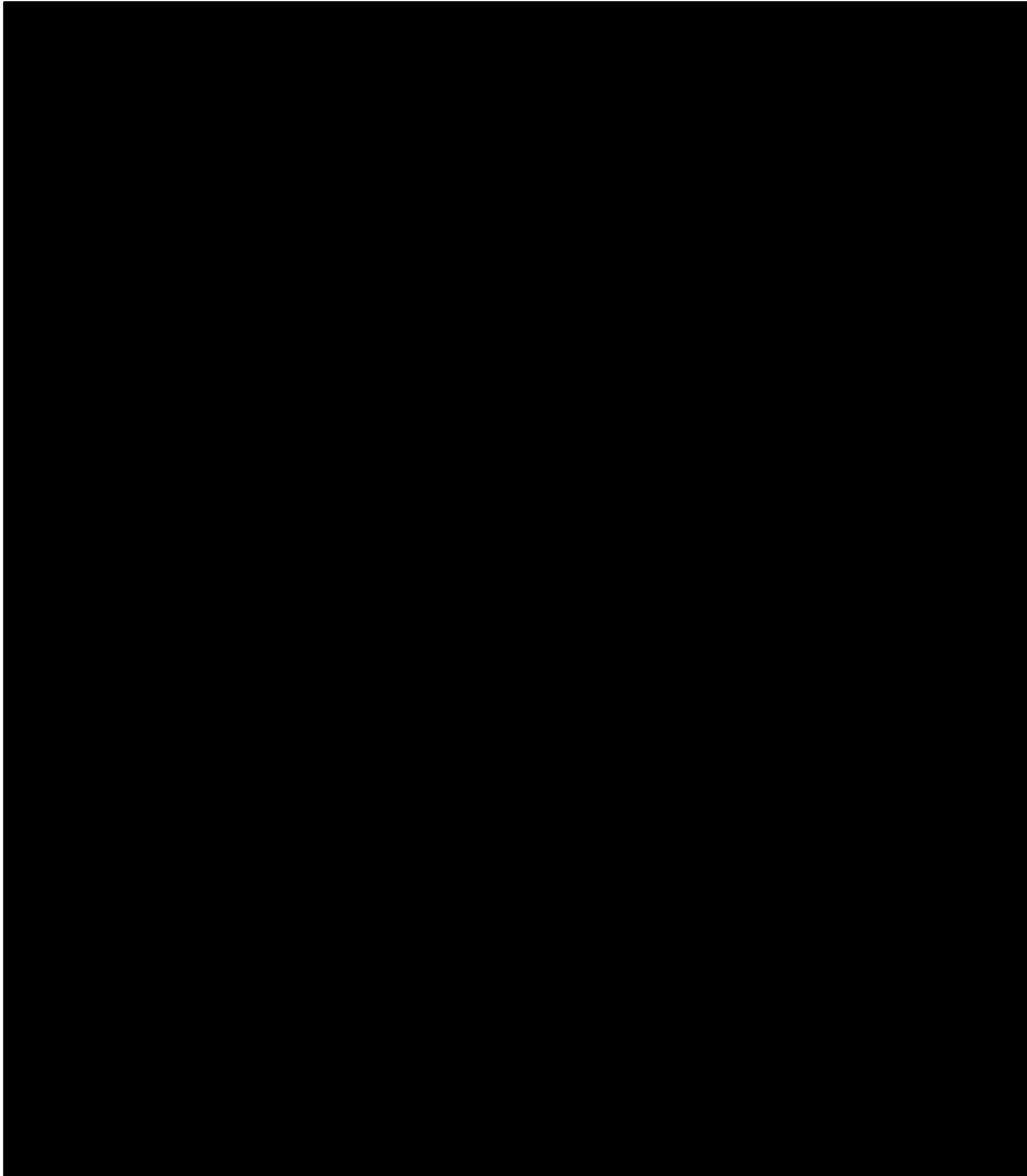
Date Paramètres	15-01-2017				16-04-2017			
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4
CE µs/cm	1500	709	690	700	2020	853	721	650
Salinite mg/l	0.5	0.1	0.1	0.8	0.9	0.2	0.1	0.1
TDSmg/l	1097	400	389	331	1104	469	393	340
T°C	17.8	18	18.2	18.7	22.3	22.4	22.8	22.3
pH	6.33	6.41	7.47	7.49	6.52	6.61	7.71	7.01
TH	800	400	250	240	1050	800	500	510
Ca ⁺²	176,35	96,192	64,128	64,128	244,8	163,2	122,4	130
Mg ⁺²	63,18	43,74	19,44	19,44	109,35	72,9	48,6	49
Na ⁺²	266,66	83,33	12,5	14,16	358,33	154,66	12,08	10,416
K ⁺	4.833	3.58	2.96	2.41	3.833	9.16	3.5	3.66

*Ech1=prélèvement à profonde de 0-20cm pré de rejet final *Ech1=prélèvement à profonde de 0-20cm (loin à 500m de rejet final)

*Ech1=prélèvement à profonde de 20-50cm pré de rejet final *Ech1=prélèvement à profonde de 20-50cm (loin à 500m de rejet final)

ANNEXE 12

**Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Algérie)
Paramètres physico-chimiques**



ANNEXE 13

**Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Algérie)
Paramètres microbiologique**

ملخص

مياه الصرف الصحي لسهل وادي ميزاب: تسييره وأثاره على البيئة

يتطرق بحثنا الى دراسة فيزيوكيميائية وبكتيريولوجية لمياه الصرف الصحي لسهل وادي ميزاب قبل وبعد التنقية بالطريقة البيولوجية (الأحواض الطبيعية), ودراسة أثارها على الوسط المستقبل عن طريق قيامنا بدراسة استقصائية على النباتات والطيور المتواجدة به ودراسة فيزيوكيميائية للتربة القريبة من المكب النهائي والبعيدة منه, ومقارنة النتائج بالمعايير المعمول بها.

النتائج التي تم الحصول علىها تظهر كفاءة متوسطة نسبيا من أجل إزالة التلوث العضوي, تتم مع مردود بنسبة 62.43% للطلب البيولوجي للأكسجين و 62.01% للطلب الكيميائي للأكسجين, و 7.10% من حجم المواد العالقة, ويرجع هذا المردود الضعيف إلى المشكلة الناجمة عن النمو السريع للطحالب. فيما يتعلق بالقضاء على البكتيريا, نلاحظ مردودا بنسبة 40.25% لمجموع القولونيات و 49.99% لمجموع العقديات و العقديات البرازية ودراساتنا على التربة كشفت مشاكل حموضة وملوحة التربة مع زيادة صلاحيتها الكلية. كما لا ننسى الأثر الإيجابي من وجهة النظر البيئية وذلك من خلال خلق مساحة انتقالية للطيور المهاجرة و المظهر التلقائي للنباتات.

تبين أبحاثنا أن هذه المياه تعتبر مياه رديئة الجودة للري, مما يعرض مخاطر ملوحة التربة. تتطلب العلاجات التكميلية وغيرها من التحسينات من أجل حماية النظام البيئي لدينا لخدمة التنمية المستدامة في وادي ميزاب.

الكلمات المفتاحية: التسيير، البحيرات الطبيعية، مياه الصرف الصحي، المياه النقية، البيئة، وادي ميزاب

Résumé

Eaux usées épurées de la vallée du M'Zab: gestion et impacts sur l'environnement

Notre travail s'intéresse à l'étude des eaux usées épurées de la vallée du M'Zab et leur impact sur l'environnement.

Notre approche méthodologique adoptée consiste à faire une étude de la qualité physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées avant et après l'épuration par le lagunage naturel par rapport les normes, ainsi que l'étude de leur impact sur l'environnement par une enquête sur le milieu récepteur et des mesures physico-chimiques du sol.

Les résultats obtenus montrent une efficacité relativement importante pour l'élimination de la charge organique s'effectue avec des rendements moyens, pour la DBO₅ (62.01%) et (62.43%) pour la DCO et moyen pour les MES (7.10%), ce problème de faible réduction est causé par le développement rapide des algues. Concernant l'élimination des bactéries nous notons un rendement moyen total d'abattement de 40.25% pour les coliformes totaux, de 65.90% pour les E.coli et de 49.99% et les streptocoques fécaux.

Ainsi nos études sur le sol pré et loin de rejet final découvrent des problèmes d'acidité et salinité du sol avec l'augmentation de leur dureté totale. Nous n'oublions pas l'effet positif en point de vu environnemental par la création d'un espace transitoire des oiseaux migrateurs et d'apparition des plants spontanément

Notre recherche montre que ces eaux sont considérées comme eaux de qualité médiocre pour l'irrigation, présentant des risques de salinisation des sols. Nécessitant des traitements complémentaires et d'autres aménagements dans une perspective de sauvegarde notre écosystème au service d'un développement durable dans la vallée du M'Zab.

Mots clés: gestion, lagunage naturel, eaux usées, eaux épurées, environnement, M'Zab

Summary

Purified wastewater from the M'Zab valley: management and impacts on the environment Our work focuses on the study of purified wastewater in the M'Zab valley and their impact on the environment. Our Methodologic approach consists in conducting a study of the physicochemical and bacteriological quality of wastewater before and after purification by natural lagooning in relation to the standards, as well as the study of their impact on the environment by a survey on the receiving medium and physicochemical measurements of the soil. The results obtained show a relatively average efficiency DBO (62.01%) and (62.43%) for COD and average for TSS (7.10%), this low-reduction problem is caused by rapid development of algae. With regard to the elimination of bacteria, we note a total average reduction in yield of 40.25% for total coliforms, 65.90% for E.coli and 49.99% and Faecal streptococci. So our studies on soil pre and far from final rejection discover problems of acidity and salinity of the soil with the increase in their total hardness. We do not forget the positive effect in environmental point of view by the creation of a transitional space of migratory birds and spontaneous appearance of plants Our research shows that these waters are considered as poor quality water for irrigation, presenting risks of soil salinization.

Requiring complementary treatments and other improvements in order to safeguard our ecosystem in the service of sustainable development in the M'Zab valley.