



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 : Sciences de l'environnement

Par : Arfa Yasmina

Thème

Traitement des eaux usées par procédé de lagunage aéré.

Cas de la station de Ouargla

Soutenu publiquement le : 24/05/2015

Devant le jury :

M. Ben Samoun Youcef	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. Hadj Seyd Aek	Maître Conférence B	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. Messaitfa Amar	Professeur	Univ. Ouargla	Co- Encadreur
M. Kemassi Abdullah	Maître Conférence B	Univ. Ghardaïa	Examineur
M^{me} Moulai Kerroumia	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M^{me} Bouameur Kheira	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Invitée

Année universitaire 2014/2015

D é d i c a c e s

A tous ceux qui me sont chers, que j'aime et qui m'aiment je dédie ce modeste travail :

A mon défunt père qui m'a inculqué le sens du sérieux, de l'abnégation, de la patience et de la bonté. Que Dieu bénisse son âme ;

A ma très chère mère qui m'a toujours entouré de compassion et d'affection et m'a soutenu dans les circonstances difficiles. Que Dieu la protège et la récompense pour tous ces bienfaits ;

A mon frère qui a toujours été à mes côtés, à sa femme et ses enfants qui me sont chers. ;

A toutes les personnes que je porte dans le cœur et qui se reconnaîtront car elles en font autant...

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes sincères remerciements à l'égard de mes encadreurs ; Professeur Amar Messaitfa de l'université Kasdi Merbah Ouargla, Docteur Abdelkader Hadj Seyd de l'université de Ghardaia, qui n'ont ménagé aucun effort pour la bonne réussite de ce travail.

Ce travail a été réalisé dans sa totalité à la Station d'épuration des eaux usées de Said Otba Ouargla notamment au laboratoire ; j'adresse mes sincères remerciements à la Direction ONA Ouargla ; A Monsieur le Directeur, le Chef de la STEP, son personnel et spécialement l'équipe du laboratoire, pour leur accueil et aide précieuse durant les trois mois de suivi et d'évaluation qui ont permis la réalisation de ce travail ainsi qu'à tous mes collègues et mes amis(es) ceux et celles qui m'ont accordé de leur temps précieux.

J'exprime toute ma gratitude aux membres du jury, de la commission de suivi de ce travail, notamment, Monsieur Ben Samoun Youcef président, Monsieur Kemassi Abdullah, et Mme Moulai Kerroumia ; examinateurs, Mme Bouameur Kheira ; invitée, qui ont su apprécier ce dernier. La pertinence de leurs critiques et suggestions m'ont permis d'être à la hauteur de ce travail.

Je réserve une pensée particulière à tous mes enseignants qui ont su nous donner une formation didactique et appréciable durant tout notre cursus.

Je ne terminerai pas sans avoir exprimé, des remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

RESUME

La présente étude a évalué les performances épuratoires du système d'épuration par lagunage aéré mis en place depuis 6 ans par un suivi de la qualité physicochimique et biologique pendant 3 mois, ce qui a montré un bon rendement concernant la DBO5 et la DCO, mais un faible taux de minéralisation ce qui indique une faible activité bactérienne qui peut être due à une insuffisance des conditions d'aération en particulier. De ce fait, il est fortement recommandé d'améliorer ces conditions pour un maximum de profit.

Mots clés : Pollution, Eau usée, Lagunage aéré, DBO₅, DCO, Ouargla

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مدى نجاعة نظام تنقية المياه عن طريق الأحواض المهواة والذي يتم اعتماده بمحطة التصفية لمدينة ورقلة منذ ست سنوات، حيث أظهرت نتائج متابعة النوعية الفيزيوكيميائية والبيولوجية للمياه المصفاة بالمحطة على مدى 3 أشهر نجاعة مناسبة في خفض نسبة الاحتياج الكيميائي والبيولوجي للأكسجين بشكل ملحوظ، أما فيما يتعلق بتقليل التلوث العضوي فإن النتائج كانت ضئيلة جدا مما يدل على ضعف النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة والذي قد يرجع بالأخص إلى ضعف التزود بالأكسجين ولذا فإنه من الضروري جدا توفير شروط ملائمة أكثر للاستفادة القصوى من نشاط الكائنات الدقيقة في تحليل التلوث العضوي والتخلص منه وهو ما يعطي مردودية أكبر لعمل المحطة،

الكلمات الدلالية: التلوث، المياه المستعملة، محطة، تطهير، الأحواض المهواة، ورقلة.

ABSTRACT

The present study deals with the evaluation of purifying performances in the purification system by aired lagoon implemented since 6 years using a survey of the physico-chemical and biologic quality during 3 months, It showed a good performance concerning the DBO5 and the DCO, but a weak rate of mineralization which indicates the weak bacterial activity, that might be due, especially to an insufficiency of the airing conditions. In fact, it is strongly recommended to ameliorate these conditions to maximize the profit.

Key-words: Pollution, worn- Water, aired Lagoon , DBO₅, DCO, Ouargla,

LISTE DES TABLEAUX

N°		Page
1	Composition type des effluents urbains	7
2	Température moyenne mensuelle (°C), période (1975-2013) station Ouargla	23
3	Précipitations moy /mois (mm), période (1975-2013) station Ouargla	24
4	Coefficient pluviométrique de la station de Ouargla période (1975 – 2013)	26
5	Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s), période (1975 – 2011)	27
6	moyenne mensuelle d’insolation en h/j, de la période (1975-2013)	27
7	Evaporation moyenne mensuelle en (mm) Période (1975-2011)	28
8	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE	29
9	Bilan hydrique établi selon la méthode de THORNTHWAITE pour les données de la station d’Ouargla (1975-2013)	31
10	Les données de bases de la STEP (Catalogue STEP Ouargla.2015)	35
11	Principales caractéristiques des lagunes	42
12	Volume d'échantillon d'après la DCO. (Protocole de laboratoire de la STEP Ouargla)	52

LISTE DES FIGURES

N°		Page
1	Filière d'épuration des eaux usées par un lit bactérien	9
2	Epuration des eaux usées par boues activées	10
3	Schéma d'un filtre planté à écoulement horizontal utilisé pour l'épuration des eaux usées	12
4	Schéma d'un filtre planté à écoulement vertical utilisé pour l'épuration des eaux usées.	13
5	Schéma du procédé d'infiltration-percolation utilisé pour l'épuration des eaux usées	14
6	Filière d'épuration des eaux usées par lagunage naturel	15
7	Carte de situation géographique de cuvette de Ouargla	18
8	Relief géologique de la région de Ouargla Superposition de la carte géologique	20
9	Image satellitaire, cuvette de Ouargla	20
10	Températures moyennes mensuelles (C°), Station d'Ouargla (1975-2013)	24
11	Répartition annuelle des pluies, Station d'Ouargla (1975-2013)	25
12	Vitesse du vent en (m/s), Station d'Ouargla (1975-2011)	27
13	Durée moyenne mensuelle d'insolation en heures, Station d'Ouargla (1975-2013)	28
14	Evaporation moyenne mensuelle en (mm) Station d'Ouargla (1975-2011)	29
15	Bilan d'eau selon la méthode de THORNTHWAITE (1975 – 2013)	31

16	Evolution amont-aval des concentrations en DBO_5 des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	61
17	Evolution amont-aval des concentrations en DCO des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	62
18	Evolution amont-aval des concentrations en O_2 des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	62
19	Evolution amont-aval des concentrations en NH_4^+ des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	64
20	Evolution amont-aval des concentrations en PO_4^{3-} des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	65
21	Evolution amont-aval des concentrations en MES dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	66
22	Représentation d'un décanteur rectangulaire	67
23	Evolution amont-aval des concentrations en NO_3^- dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	68
24	Evolution amont-aval des concentrations en NO_2^- dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes compagnes d'étude	69

LISTE DES PHOTOS

N°		Page
1	Disques biologiques	10
2	Biodisques en PVC	10
3	STEP de Ouargla (photo aérienne de google earth)	34
4	Bassin de dégazage avec les cinq conduites de collecte	37
5	Dégurilleur	38
6	Dégurilleur	38
7	Dégurilleur	38
8	Déssableur	39
9	Aficheur De Débit	40
10	Répartiteur	41
11	Répartiteur (vue intérieur)	41
12	Lagune d'aération	43
13	Aérateur	43
14	Canales de transport des eaux usées	43
15	Lit de séchage	44
16	Procédé de prélèvement de l'eau usée	45
17	Echantillonneur moyen	46
18	Echantillons d'eau de 24 heures	46

19	Balance de précision, Déssicateur	47
20	Filtration sous pompe à vide mesure MES	47
21	Réactif pour DCO en cuve prédosé	50
22	Spectrophotomètre DR 2800	51
23	Réacteur DCO	51
24	Incubateur pour mesure de DBO ₅	53
25	Réactif pour Nitrites	54
26	Réactif Nitrate	55
27	Réactif N-NH ₄	56
28	Réactif Phosphate	58

ABREVIATIONS

BG : Bonnard & Gardel Ingénieurs-conseils

BH : Bilan hydrique

DA : Déficit agricole

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

ETP_C : Evapotranspiration Corrège

ETP_R : Evapotranspiration réel

Exc : Excédent.

MES: Matières en Suspensions

RFU : Réserve facilement utilisable

S.D : Sans Date

STEP: Station d'épuration.

TP : Température moyenne

P : Précipitation

Table de Matières

TABLE DE MATIERES

Introduction	1
CHAPITRE I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. NOTIONS DE BASE	3
1.1. pollution	3
1.2. pollution de l'eau	3
1.2.1. Définition	3
1.2.2. Caractéristiques	3
1.2.2.1. Diminution de la teneur en oxygène dissous	3
1.2.2.2. Présence des substances	3
1.2.2.3. Prolifération des algues	4
1.2.2.4. Modification physique du milieu récepteur	4
1.2.2.5. Présence de bactéries ou virus dangereux.....	4
1.3. Eaux usées	4
1.3.1. Définition	4
1.3.2. Types et composition	4
1.3.2.1. Eaux usées domestiques	4
1.3.2.2. Eaux usées industrielles	5
1.3.2.3. Eaux de pluie et de ruissellement	5
1.4. Eaux usées urbaines	6
1.4.1. Définition et composition	6
2. TRAITEMENT DES EAUX USÉES.....	7
2.1. Traitement biologique.....	8
2.1.1. Techniques intensives	8
2.1.1.1. Lits bactériens (ou lits à ruissellement)	8
2.1.1.2. Disques biologiques ou biodisques	9
2.1.1.3. Le procédé d'épuration par boue activée	10
2.1.1.4. Le procédé d'épuration par filtration biologique accélérée	11
2.1.2. Techniques extensives	11
2.1.2.1. Techniques extensives à culture fixée.....	12
a. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal	12
b. Filtres plantés à écoulement vertical	13
c. Infiltration-percolation	13
2.1.2.2. Les techniques extensives à culture libre	14
a. Lagunage naturel	14
b. Lagunage à macrophytes	15
c. Lagunage aéré	15
CHAPITRE II MATÉRIELS ET MÉTHODES	
1. PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE	
1.1. Cadre géographique	17

1.2. Géomorphologie	19
1.3. Hydrogéologie.....	21
1.3.1. Les nappes du Complexe Terminal.....	21
1.3.2 La nappe du Continental Intercalaire (Albien)	22
1.3.3 La nappe phréatique	22
1.4. Le Climat	23
1.4 .1. Données climatologiques	23
1.4 .1.1.Température	23
1.4.1.2. Précipitations	24
1.4.1.3. Vitesse du vent	27
1.4.1.4. Durée d'insolation	27
1.4.1.5. L'évaporation.....	28
1.4.2. L'indice d'aridité de DEMARTONNE	29
1.4.3. Bilan hydrique établie selon la méthode de Thornthwaite	30
1.4.3.1. Calcul de l'ETP	31
1.4.3.2. Interprétation du Bilan hydrique selon la méthode de THORNTHWAITE	32
2.PRÉSENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE SAID OTBA OUARGLA ...	33
2.1.Localisation de la station.....	34
2.2 Dimensionnement de la station.....	34
2.3. Ptétraitement.....	36
2.3.1. Dégazage	36
2.3.2. Dégrillage	37
2.3.3. Dessablage	39
2.3.4. Le by-pass	40
2.3.5. Mesure de débit et comptage des eaux brutes	40
2.3.6. L'Ouvrage de répartition	41
2.4 .Traitement biologique par lagunage aéré	42
2.5. Traitement des boues	44
3. Echantillonnage	45
4. Analyses physicochimiques	47
4.1 Matières en suspension (M.E.S)	47
4.2 Température de l'eau.....	48
4.3 pH de l'eau	48
4.4 Conductivité électrique	49
4.5. Salinité de l'eau	49
4.6. Oxygène dissous	49
5.Mesure des paramètres de la pollution.....	49
5.1. Demande chimique en Oxygène DCO	49
5.2 La demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	51
5.3.L' Azote.....	54
5.4. Le Nitrite (N-NO ₂)	55
5.5. Les nitrates (N-NO ₃)	56

5.6. L'ammonium (N-NH ₄).....	57
5.7. Les Phosphore	57
5.8. Phosphore total PT	58
5.9. Phosphate ortho (P-PO ₄)	59
CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION	
1. Paramètres physicochimique	61
2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅).....	62
3. Demande chimique en Oxygène (DCO)	63
4. Azote organique ou ammoniacale (NH ₄ ⁺)	65
5. L'Orthophosphate (PO ₄ ³⁻)	66
6. Matières en suspension (MES)	67
7. Nitrate (NO ₃ ⁻)	69
Conclusion.....	72

Introduction

Introduction

L'eau le constituant miracle, source et signe de vie, l'élément le plus recherché, considéré souvent rare malgré son abondance dans le globe terrestre ainsi que dans toute cellule vivante, elle est indispensable pour toute forme de vie en rentrant dans toutes les réactions biochimiques et biologiques des organismes vivants. Elle occupe une partie major de la surface terrestre et une proportion importante des corps vivants.

Bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face à son raréfaction. La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics. (Devaux, 1999 ; Ecosse, 2001).

L'homme a utilisé, depuis son existence, l'eau pour son bien être. Toute forme de civilisation a été créée autour des sources d'eaux et aux bords des lacs et des rivières pour assurer une alimentation permanente en eaux potable surtout ; ce critère est devenu de nos jours, pour les collectivités urbaines, un signe de civilisation et de développement. En effet, il est considéré parmi les droits de l'homme les plus défendus. Actuellement, l'hygiène corporelle, est une pratique quotidienne, le développement constant sur terre, fait augmenter de plus en plus la consommation de l'eau. Cependant, cette large et importante utilisation, peut avoir des conséquences dramatiques, lorsque la qualité l'eau devienne mauvaise, du fait de son utilisation excessive et irrationnelle, elle en tue plus de personnes que les guerres dans le monde, car la pollution induite par l'action anthropique, peut avoir de graves complications.

Le problème de la pollution des eaux prend l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de la biosphère par la civilisation contemporaine, il s'aggrave de plus en plus et constitue, le souci humain majeur et quelque soit l'emploi fait de l'eau, il demeure essentiel que sa bonne qualité soit préservée. (Arfa., 2003).

L'usage quotidien de l'eau génère une eau polluée, dite usée de qualité fortement dégradée au point qu'elle constitue un véritable danger sur l'écosystème entier du fait qu'elle est composée d'un mélange de tous produits toxiques de nature, ou devenu, après usage et dégradation.

La richesse organique en matière et en microorganismes en même temps, fait de l'eau usée une source de contamination par excellence et un vecteur de transmission d'un nombre alarmant de microbes pathogènes.

En réalité l'eau usée peut être considérée comme un véritable réservoir à polluants. (Baumont et al., 2004).

De ce fait, le rejet direct des eaux usées, constitue un véritable risque sur l'écosystème entier et particulièrement sur les sources naturelles d'eau potable, surtout lorsqu'il s'agit d'une eau souterraine qui alimente les collectivités urbaines ; Il est donc indispensable de traiter l'eau avant de la rejeter ou réutiliser, pour minimiser au maximum ce danger qui menace de plus en plus les habitants de notre planète, en transformant l'eau d'une source de vie à un vecteur de mortalité.

Face aux pénuries d'eau, dues principalement à la baisse régulière du volume des précipitations dans la dernière décennie, et afin de préserver les ressources en eau, et la protection de l'environnement et la santé publique, l'Algérie a adopté un programme riche en terme de traitement des eaux usées par la mise en service vers la fin de l'année 2010 de 194 stations d'épuration. (Ministère des Ressources en Eaux., 2006).

La ville de Ouargla qui est habitée par plus de 200 000 habitants, produit une quantité importante d'eau usées, dont la composition est trop riche et variée provenant essentiellement des ménages, des petites industries et activités commerciales (ateliers, stations de lavage, abattoir, restaurants, boulangeries ...).

L'alimentation en eau potable des collectivités urbaines de Ouargla, est assurée par les eaux souterraines qui proviennent de la richesse des nappes. La topographie de la région et la nature des sols, contribuent largement à l'augmentation du risque de contamination par les eaux usées si elles ne sont pas bien collectées et traitées avant d'être rejetées dans la nature. Le phénomène de la remontée de l'eau et le rejet anarchique des eaux usées, favorisent la pollution et menace l'eau souterraine d'où la nécessité d'assainissement et de traitement, par création de stations d'épuration. (Bonard et Gardel, 2004). La station de Said Otba Ouargla, objet de notre étude fut créée dans ce cadre.

La présente étude expérimentale, a pour objet d'évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Ouargla, après six ans de sa mise en service, en mettant l'accent sur la fiabilité du procédé épuratoire par lagunage aéré vis-à-vis de la nature et du volume des rejets de cette région urbaine qui s'étend davantage.

Cette évaluation a été réalisée dans sa totalité dans la station d'épuration des eaux usées de Said Otba – Ouargla. Un suivi durant la période allant de janvier à mars 2015 a été effectuée, en accompagnant l'échantillonnage et les analyses faites au laboratoire de la station. Les résultats obtenus entre l'amont et l'aval de la station d'épuration, concernant les paramètres de pollutions (DBO_5 , DCO , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) et physicochimiques (pH, Température, Conductivité électrique, Salinité), ont fait l'objet du présent travail.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. NOTIONS DE BASE:

1.1. Pollution :

Le terme pollution, signifie la dégradation des milieux naturels, suite à l'action humaine ou plus précisément, c'est la modification physico-chimique ou biologique d'un écosystème par l'introduction d'un élément extérieur qui crée des nuisances, voir un danger pour le monde des vivants. En effet, c'est la conséquence de l'introduction de matières, en quantité suffisamment importante pour perturber son fonctionnement habituel à court, moyen ou long terme. La plus part du temps elle est due à l'activité de l'homme. (Moletta, S.D)

1.2. Pollution de l'eau:

1.2.1. Définition:

On se basant sur la notion générale de la pollution, on peut définir la pollution de l'eau comme étant la dégradation de sa qualité physicochimique et biologique, suite à l'introduction généralement par l'action humaine d'éléments étrangers, susceptibles de menacer les formes de vie dans l'eau ou sur l'écosystème terrestre et qui rendent son utilisation dangereuse. (Moletta, S.D)

1.2.2. Caractéristiques:

Selon une classification établie par l'agence de l'eau Loire-Bretagne (AEL-B) publiée dans son cahier pédagogique N° 2 de l'année 2014, la pollution de l'eau se caractérise principalement par les cinq caractéristiques suivantes:

1.2.2.1. Diminution de la teneur en oxygène dissous:

En raison de l'augmentation de la teneur en matière organique qui va être dégradée par les microorganismes présents naturellement dans l'eau, ce qui consomme de plus en plus l'oxygène de l'eau.

1.2.2.2. Présence des substances:

Provenant des différentes sources qui induisent, par effet aigue ou chronique (à long ou à court terme), la mort des organismes vivants dans l'eau.

1.2.2.3. Prolifération des algues :

Suite à l'enrichissement du milieu, aux éléments nutritifs (matière organique) apportés par la pollution qui entraînent par leur croissance exagérée, un déficit d'oxygène qui mène à l'asphyxie des organismes vivants et l'eutrophisation du milieu aquatique.

1.2.2.4. Modification physique du milieu récepteur:

Cela par augmentation de la turbidité, changement de température, salinité et pH ...etc, ce qui influe négativement sur l'équilibre naturel.

1.2.2.5. Présence de bactéries ou virus dangereux:

Provenant des différentes sources de pollution tels que : les foyers domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agro-alimentaires ... etc.

1.3. Eaux usées :

1.3.1. Définition :

Rammade (2004), définit les eaux usées, comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

1.3.2. Types et composition :

L'une des conséquences de l'utilisation des eaux, est la génération d'eaux usées dont la composition dépend de leur origine ou autrement dit, de leur nature. On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales (Martin-Lagarette, 2004).

1.3.2.1. Eaux usées domestiques :

Issues de l'utilisation de l'eau potable (dans la majorité des cas) par les particuliers, pour satisfaire tous les usages ménagers, essentiellement porteuses de pollution organique et se répartissant en eaux ménagères ou grises (salles de bains et cuisines), généralement chargées en détergents, graisses, solvant et en débris organiques ; et en eaux vannes (rejets des toilettes) caractérisées par une importante charge en diverses matières organiques azotées et des contaminants divers (germes fécaux et pathogènes, médicaments, etc). (Baumont et al., 2004).

Selon Baumont et al (2004), la composition des eaux usées d'origine domestique, peut être extrêmement variable et dépend des trois facteurs suivants :

- la composition originelle de l'eau potable, qui est dépendante de la nature et la source de cette eau, de la qualité du traitement de l'eau potable, des normes sanitaires du pays concernés, de la nature des canalisations, etc ;
- les diverses utilisations qui peuvent apporter, un nombre quasi infini de polluants : (produits d'entretien, lessives, solvants, peintures, colle, etc) ;
- les utilisateurs eux-mêmes qui vont rejeter de la matière organique dans le réseau d'assainissement.

Il est à noter aussi que les métaux, sont présents dans de nombreux produits à usage domestique, susceptibles d'être rejetés dans le réseau de l'assainissement tel que : les médicaments, les produits cosmétiques, les peintures, les produits de nettoyage et même de quelques ustensiles de cuisine. (Lester., 1987).

1.3.2.2. Eaux usées industrielles :

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent aussi contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures...

Les rejets industriels proviennent de trois voies d'assainissement :

- Par rejet direct dans le réseau domestique ;
- Rejets dans le réseau domestique après avoir subi un prétraitement ;
- Entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel. (Baumont et al., 2004)

1.3.2.3. Eaux de pluie et de ruissellement:

Elles peuvent également constituer une cause de pollution importante, pouvant se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, huiles de vidange, carburant, résidus de pneus, métaux lourds, pesticides...). (Desjardins, 1997)

1.4. Eaux usées urbaines:

C'est une partie très importante des eaux usées, constituée et issue essentiellement de l'action anthropique, en combinaison avec les eaux de pluies et de ruissèlement, ce qui forme une eau fortement chargée en éléments polluants qui constitue un véritable danger sur l'environnement et la santé humaine, du fait qu'elles vont finir par être rejetées dans la nature. (Iberinsa., 2001)

1.4.1. Définition et composition:

Selon Iberinsa (2001) les eaux usées urbaines, sont en grande partie les eaux distribuées par le système d'approvisionnement en eau polluées par les activités anthropiques. Elles comprennent également les eaux de ruissèlement, ces dernières étant constituées par l'ensemble des eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voix publiques et des parcs de stationnement, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours.

Elles comprennent donc, toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopiques, de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques de véhicules. Plomb venant du plomb tétra éthyle, contenu dans l'essence, retombées diverses de l'atmosphère, provenant notamment des cheminées domestiques et des cheminées d'usines (Desjardins, 1997)

La composition des effluents urbains type, est représentée ci dessous (tableau 1). Ils présentent des variations en fonction du pourcentage et de la nature des industries qui y sont raccordées. (Moletta., S.D).

Tableau1: Composition type des effluents urbains (Moletta S.D ; L'eau, sa pollution, et son traitement)

Paramètres	Echelle de variation
pH	7,5 - 8,5
MES	150 - 500 (mg/l)
DBO ₅	100 - 400 (mg/l)
DCO	300 - 1000 (mg/l)
Azote (Kjeldhal)	30 - 100 (mg/l)
Phosphore	10 - 25 (mg/l)

2. TRAITEMENT DES EAUX USEES :

Les eaux usées urbaines collectées par le réseau d'assainissement d'une agglomération, contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population et des activités commerciales et industrielles. Elles doivent subir plusieurs phases de traitement, dont le but est de diminuer suffisamment la quantité des substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne le dégrade pas. Le "nettoyage" des eaux usées obéit donc, à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement.

C'est ainsi que la mission de l'assainisseur, ne se limite pas uniquement à la mise en place d'un réseau de collecteurs qui déplace les eaux polluées avec leurs nuisances vers l'extérieur de l'agglomération, mais il a également la noble tâche, de protéger le milieu récepteur qui peut être l'écosystème que soit aquatique : mer, lacs, rivières... etc, ou terrestre en cas de rejet directe dans une dépression, 'sebkhat' ou n'importe quelle milieux terrestre, et de préserver la qualité de l'environnement. La station d'épuration (STEP), permet de traiter les eaux polluées de manière à réduire considérablement leur degré d'altération pour qu'elles puissent être réutilisées ou rejetées dans le milieu récepteur sans impacts.

Plusieurs techniques existent pour traiter les eaux usées avant de les rejeter à nouveau dans la nature. On peut les regrouper sous deux catégories principales (Aba Aaki, 2012) :

2.1. Traitement Biologique :

Le traitement biologique des eaux usées, est un procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. C'est un processus qui existe spontanément dans la nature (ex : les eaux superficielles suffisamment aérées). Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires. (Dhouaddi, 2008).

2.1.1. Techniques intensives:

Ces techniques visent, la maîtrise des mécanismes épuratoires. Elles les isolent et les modélisent, de manière à permettre un contrôle des opérations, en exploitant les propriétés de bactéries aérobies, soit libres dans des bassins munis d'aérateurs, soit fixées sur des supports. Elles sont particulièrement utilisées dans le traitement des effluents des agglomérations de plus de 2000 équivalents-habitants (EH). Elles se combinent à des procédés physico-chimiques qui utilisent notamment, des techniques de décantation, filtration, flottation, coagulation et floculation. (Dossier Inter-Environnement Wallonie IEW, 2007).

2.1.1.1. Lits bactériens (ou lits à ruissellement):

Le principe de ce procédé, consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui servent de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs (Figure1). L'aération est pratiquée, soit par tirage naturel, soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent à contre courant, à travers le film biologique jusqu'au micro-organisme assimilateurs. Le film biologique, comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration, s'évacuent dans les fluides liquides et gaz. (Lesavre. , S.D).

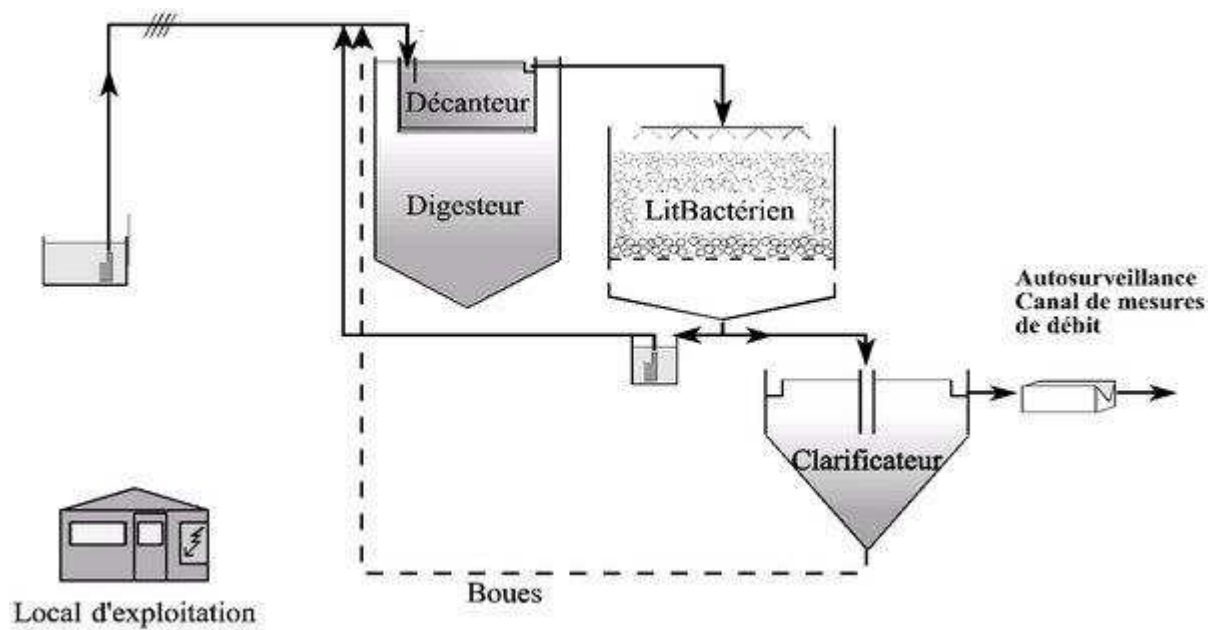


Figure 1 : Filière d'épuration des eaux usées par un lit bactérien (Aba Aaki, 2012).

2.1.1.2. Disques biologiques ou biodisques

C'est un procédé de traitement biologique à cultures fixées. Le réacteur biologique est constitué de plusieurs disques minces en plastique montés sur un axe horizontal sur lesquels, sont fixés naturellement, les micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique et forment un biofilm, d'une épaisseur d'environ 1 à 4 mm. Environ 40% de la surface des disques est immergée.

Le mouvement rotatif des disques autour de l'axe, expose alternativement la biomasse à l'atmosphère et aux eaux usées permettant ainsi l'aération et le mélange des eaux usées. Les forces de cisaillement créées par le mouvement de rotation limitant l'épaisseur du biofilm et entraînant un détachement de la biomasse excédentaire, qui est ensuite séparée de l'effluent au moyen d'un décanteur secondaire. (Ferchichi et al, 1994).

Une étude comparative sur l'élimination de la pollution dissoute, carbonée et azotée d'eau usée urbaine a été effectuée simultanément sur deux pilotes : Un lit bactérien (Photo 1) et un réacteur à biodisque (Photo 2). Les résultats montrent, une intensification des réactions d'épuration sur lit bactérien où un temps de séjour inférieur à 15 minutes, permet une élimination de plus de 65% de la DCO soluble, 90% de la DBO₅ soluble et 80% de l'azote ammoniacal, des valeurs analogues de rendement sur les biodisques, nécessitent un temps de séjour supérieur à 3 heures (Aba Aaki, 2012)



Photo 1: Disques biologiques. (Dhaouadi, 2008) **Photo 2 :** Biodisques en PVC.

2.1.1.3. Procédé d'épuration par boue activée :

Ce procédé est basé sur la dégradation des éléments polluants par les micro-organismes (bactéries, protozoaires, métazoaires) il fut mis au point à Manchester en 1914 par ARDEN et LOCKETT (Guettier, 1994).

Il consiste l'étape de traitement secondaire dans les stations d'épuration qui a pour but, d'éliminer la charge carbonée par une épuration biologique de l'eau usée. Mettant en œuvre un réacteur aérobie à biomasse en suspension, il reproduit industriellement, l'effet auto réparateur des rivières, selon le mécanisme simplifié suivant :

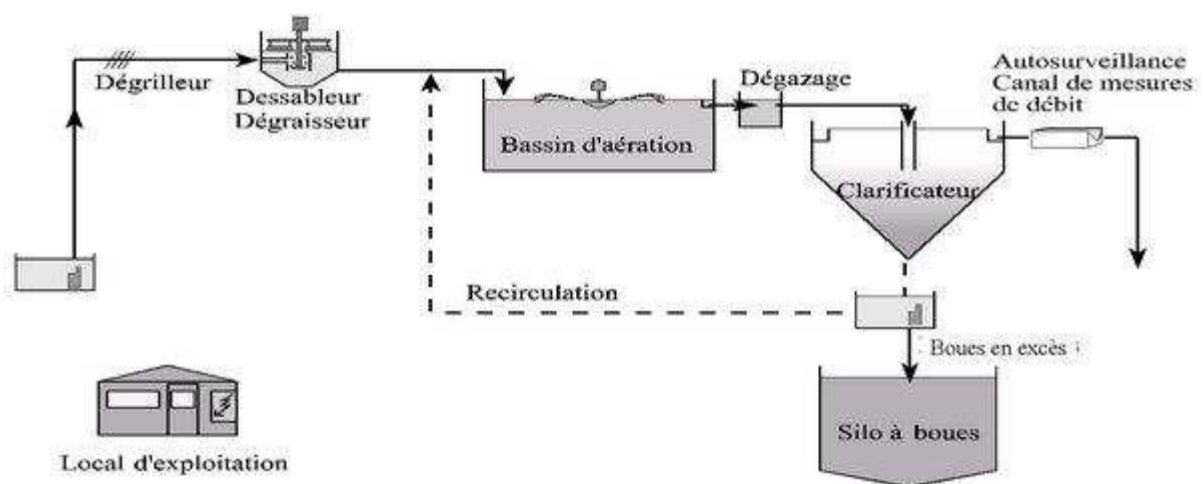
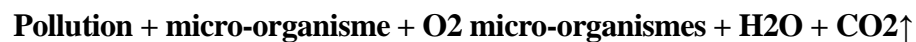


Figure 2 : Epuration des eaux usées par boues activées. (Aba Aaki, 2012).

2.1.1.4. Procédé d'épuration par filtration biologique accélérée

La biofiltration, est une technique biologique ayant fait l'objet de nombreuses applications industrielles pour la dépollution des gaz ou de l'eau, elle a des rendements de l'ordre de 80 à 95% de DBO₅ et de 10 à 20 mg/l en MES. Cette technique, consiste à forcer le passage de l'effluent à traiter, au travers d'un matériau granulaire sur lequel sont fixés les micro-organismes épurateurs.

Les biofiltres, permettent d'augmenter l'activité d'une culture bactérienne grâce à une plus grande surface d'échange avec le substrat et le dioxygène. Les micro-organismes, sont fixés sur des supports granulaires de taille inférieure à 4 ou 5 mm, avec une surface spécifique développée. (Devinny et al, 1999).

2.1.2. Techniques extensives :

Elles correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels, la concentration en organismes épurateurs est faible. On peut distinguer les techniques à cultures libres (lagunage) et les techniques à cultures fixes (épuration par le sol), elle mettent en jeu des phénomènes d'autoépuration naturelle complexes dépendants des conditions climatiques et dont les équilibres ne sont pas toujours aisément maîtrisables ça requiert, des surfaces d'emprise importantes et des caractéristiques de terrains réunissant un certain nombre de critères de faisabilité, en générale ces techniques nécessitent peu d'équipements électromécaniques, elles sont connues pour leur rusticité et capacité d'adaptation aux variations de charges organiques et hydrauliques. Toutefois, les moyens d'intervention sur le processus, restent limitées sauf sur le lagunage aéré. (Degrement., 2005).

Il s'agit de techniques qui se basent sur une reconstitution des écosystèmes artificiels simplifiés. C'est une intervention de l'ensemble des processus de dégradation présents naturellement dans un écosystème. C'est une reproduction du principe de l'autoépuration, mais dans des écosystèmes artificiels optimisés, de façon à protéger l'écosystème naturel. L'appellation « extensive » provient du fait que ces techniques, nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. Les charges appliquées par unité de surface, sont par conséquent très faibles. La surface minimale requise est de 3 à 5 m² /EH. L'extensif, offre des techniques d'épuration qui sont des solutions tout à fait adaptées aux collectivités rurales (moins de 2000 EH) et aux zones d'habitats dispersés. (Dossier Inter-Environnement Wallonie IEW, 2007)

Elles peuvent être classées en deux grandes catégories:

2.1.2. 1. Techniques extensives à culture fixe :

Elles regroupent les filières suivantes:

a. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal :

Ce procédé épuratoire (Figure 3), consiste à infiltrer des eaux usées prétraitées dans un milieu granulaire insaturé, sur lequel est fixée la biomasse épuratoire. En effet, c'est un grand canal large et peu profond, garni d'un revêtement imperméable (argile ou géotextile qui empêche l'infiltration dans le sous sol), rempli de sable et de gravier petit, rond et de tailles égales comprises entre 3 et 32 mm de diamètre, sur lequel une végétation aquatique est plantée, la variété la plus utilisée est le roseau *Phragmites Australis*, en raison de sa vitesse de croissance de développement racinaire et de sa résistance aux conditions de saturation du sol, la plantation peut se faire à l'aide de graines, de jeunes pousses ou de rhizomes avec une densité de l'ordre de 4 par m². Comme l'eau usée coule horizontalement à travers le lit, le matériau filtrant, filtre les particules et les micro-organismes, dégradent la matière organique. Pour éviter le colmatage et assurer un traitement efficace, un traitement primaire est essentiel. La distribution égale de l'écoulement, est assurée par une zone d'admission. (Tilley et al., 2008).

Dans ce genre de filtre, le massif filtrant est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur, situé à une extrémité du bassin, il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers de substrat. La plupart du temps, l'alimentation s'effectue en continu car la charge organique apportée est faible. Le matériau filtrant, nécessite un remplacement, tous les 8 à 15 ans. (Baudot et Perera, 1991)

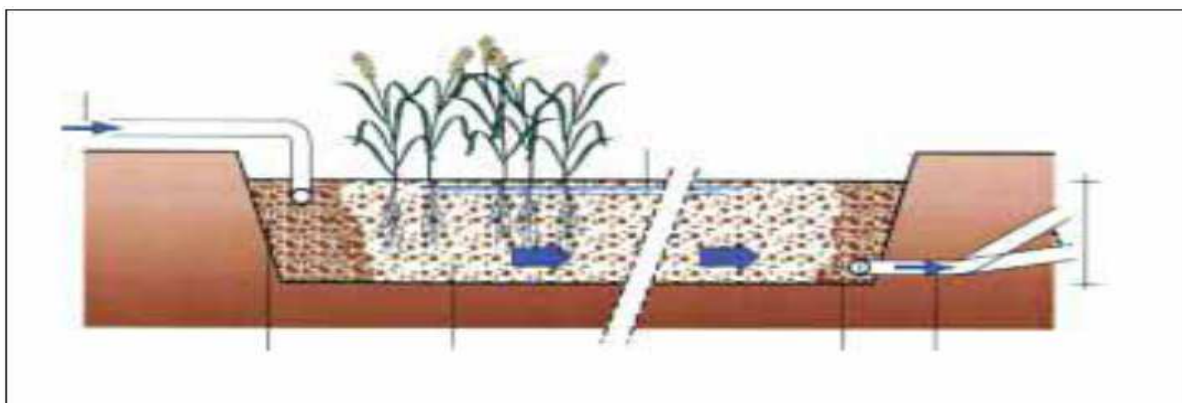


Figure 3: Schéma d'un filtre planté à écoulement horizontal utilisé pour l'épuration des eaux usées. (Aba Aaki, 2012).

b. Filtres plantés à écoulement vertical

C'est une filière à exploitation et entretien simple et qui est, de bon rendement sur la matière organique et traite partiellement l'azote. Le procédé est recommandé pour une population de 50 à 1000 équivalents habitants, globalement 10 m²/eqh.

Le principe des filtres verticaux (Figure 4), consiste à admettre les eaux usées, sans traitement préalable, sur un massif de gravier planté de roseaux (*Phragmites Australis*). Les bactéries épuratrices, sont fixées sur les grains de sable, les rhizomes des roseaux et la couche de boue de surface où elles se développent et dégradent la pollution.

Ce système est généralement composé de deux étages : le premier retient les particules solides et débute le traitement, le second affine l'épuration. Le dispositif est alimenté de façon séquentielle, grâce à la présence d'un réservoir de chasse, placé en tête, permettant d'assurer une alimentation homogène sur l'ensemble de la surface du filtre. (Baudot et Perera, 1991).

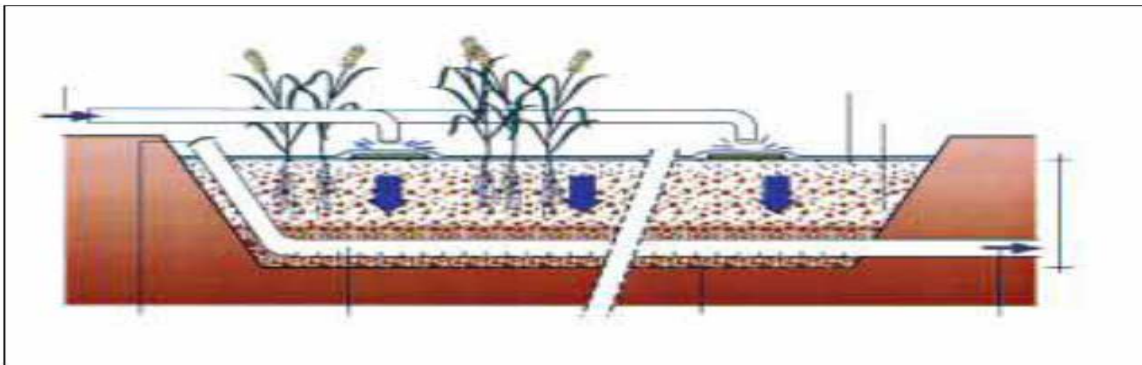


Figure 4: Schéma d'un filtre planté à écoulement vertical utilisé pour l'épuration des eaux usées.

(Aba Aaki, 2012).

c. Infiltration-percolation:

L'infiltration-percolation (Figure5) est une ancienne technique qui est apparue aux Etats Unies après la deuxième guerre mondiale, elle s'avère très efficace. D'après les expérimentations durant toutes ces années, malgré qu'elle reste non conventionnelle comme technique d'épuration des eaux résiduaires, le principe de cette technique, consiste à infiltrer, après décantation, l'effluent à épurer à travers un massif de sable. Ce dernier constitue un réacteur aérobie à biomasse fixée, le sable sert de support à une filtration biologique. Ce procédé est adapté à des contextes géographiques spécifiques tels que : les Zones sans exutoire, les franges littorales, les plaines alluviales. (Bechac et al, 1987).

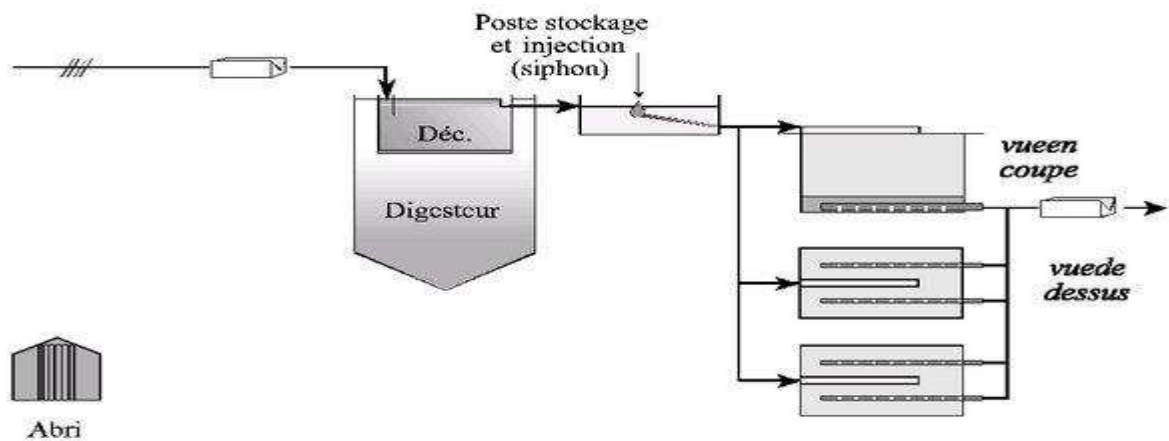


Figure 5: Schéma du procédé d'infiltration-percolation utilisé pour l'épuration des eaux usées. (Aba Aaki, 2012).

2.1.2. 2. Techniques extensives à culture libre:

Le terme culture libre, veut dire non fixée sur des supports comme dans le cas des filtres. Elles regroupent les filières suivantes :

a. Lagunage naturel:

Le lagunage naturel, est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins (Figure 6), pendant un temps suffisamment long, pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de profondeur faible qui n'excède pas 1,2 m. Il convient de prévoir au minimum trois bassins en série pour assurer trois stades de dépollution. Le principe général consiste à recréer, dans ces bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux qui se développent naturellement dans les bassins telles que les algues, sont les producteurs d'oxygène et de la matière consommable à partir du phénomène de la photosynthèse. En effet, cette technique d'assainissement des eaux usées, est basée sur un système ouvert de (bassins successifs) qui consiste le marais reconstitué et permet d'épurer complètement les matières organiques. Les micro-organismes qui sont à la base de la dépollution, se développent en suspension dans ce système. Le procédé, permet d'obtenir des rendements d'élimination de la pollution de l'ordre de 70 à 80% et un très bon abattement de la pollution bactériologique. (Baudot et Perera, 1991)

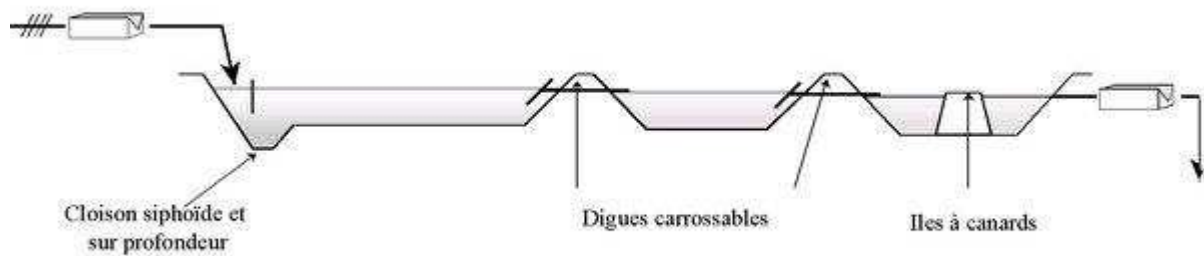


Figure 6: Filière d'épuration des eaux usées par lagunage naturel. (Aba Aaki, 2012).

b. Lagunage à macrophytes :

Dans la lagune vit des algues macroscopiques ce que veut dire qu'elles sont visibles à l'œil nu, vivent aussi, dans le bassin, des plants aquatiques. Les algues ont toujours le même rôle. Les plantes aquatiques, puisent également les sels minéraux indispensables à leur croissance et permettent aussi le développement de micro-organismes qui se nourrissent des plantes elles-mêmes, et des éléments dissous dans l'eau. Parmi ces plantes: iris, roseaux, joncs, phragmites, lentilles d'eau, jacinthe d'eau. L'épuration des eaux usées domestiques par lagunage à macrophytes, aboutit à des rendements satisfaisants où on obtient un abattement de 87% de la DCO et une réduction de 95% des MEST, l'abattement de la charge bactérienne exprimée par les bactéries témoins de la contamination fécale, peut atteindre jusqu'à 2 Ulog «102 germes » pour un temps de séjour de 7 jours et un abattement de 100 % des œufs d'helminthes. (Aba Aaki, 2012).

c. Lagunage aéré :

C'est une technique d'épuration biologique des eaux usées par culture libre, avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou insufflation d'air, la consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée. La décantation, est assurée principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspension, s'agglomèrent lentement sous forme de boue, ces dernières doivent être régulièrement extraites. (Baudot et Perera, 1991, Aba Aaki, 2012).

Il existe deux formes de lagunage aéré ; le lagunage aéré strictement aérobie et le lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif, ces deux types sont décrits, selon un rapport de l'Agence de l'Eau RHIN-MEUSE (AERM) concernant les procédés d'épuration des petites collectivités publié en 2007 comme suivants :

*** Lagunage aéré strictement aérobie :**

Nécessite une aération suffisante pour maintenir le bassin en aérobose, (Cas peu utilisé car il consomme beaucoup d'énergie).

*** Lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif:**

Dans ce procédé, Il y a formation de dépôt qui évolue en milieu anaérobie.

Le lagunage aéré, se différencie des boues activées par l'absence d'un maintien d'une concentration fixée de micro-organisme, cela conduit à prévoir des temps de séjour plus longs.

Ce procédé, a un bon comportement vis-à-vis des effluents dilués ou si les débits ne sont pas bien écrêtés. Les étapes de lagunage aéré sont:

*** Prétraitements :**

Dégrillage, Dessablage, Dégraissage.

*** Lagunes :**

Lagune d'aération, lagune de décantation et lagune de finition, cette dernière a pour rôle d'extraire de l'azote et du phosphore.

L'étanchéité des bassins est assurée par des géomembranes, pour limiter les risques d'infiltration des eaux usées vers les nappes, les rendements épuratoires, sont de 90% pour la DBO₅, 80 % en DCO, 85% de MES et de 50 à 60 % pour l'azote et le phosphore, on note également que l'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou insufflation d'air, la consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée.

La décantation, est assurée principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspension s'agglomèrent lentement sous forme de boue, ces dernières doivent être régulièrement extraites.

CHAPITRE II

Matériels et Méthodes

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

1. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE :

1.1 Cadre géographique :

La wilaya de Ouargla est située au sud est de l'Algérie à une distance de 800 km de la capitale (Figure7), au fond d'une cuvette très large et basse de la vallée du Oued M'ya (Rouvillois et Brigole, 1975), sur une superficie de 163233 Km², dont les limites administratives sont :

- Au Nord Est : La wilaya d'El Oued
- Au Nord Ouest : La wilaya de Djelfa
- Au Sud Est : La wilaya d'Illizi
- Au Sud Ouest : La wilaya de Tamanrasset
- A L'Est : La wilaya d'El Oued et la frontières Algero -Tunisienne
- A l'Ouest : La wilaya de Ghardaia

Les coordonnées géographiques :

- Altitude moyenne : 134m
- Latitude 31°, 58` Nord
- Longitude 5°,20 Est

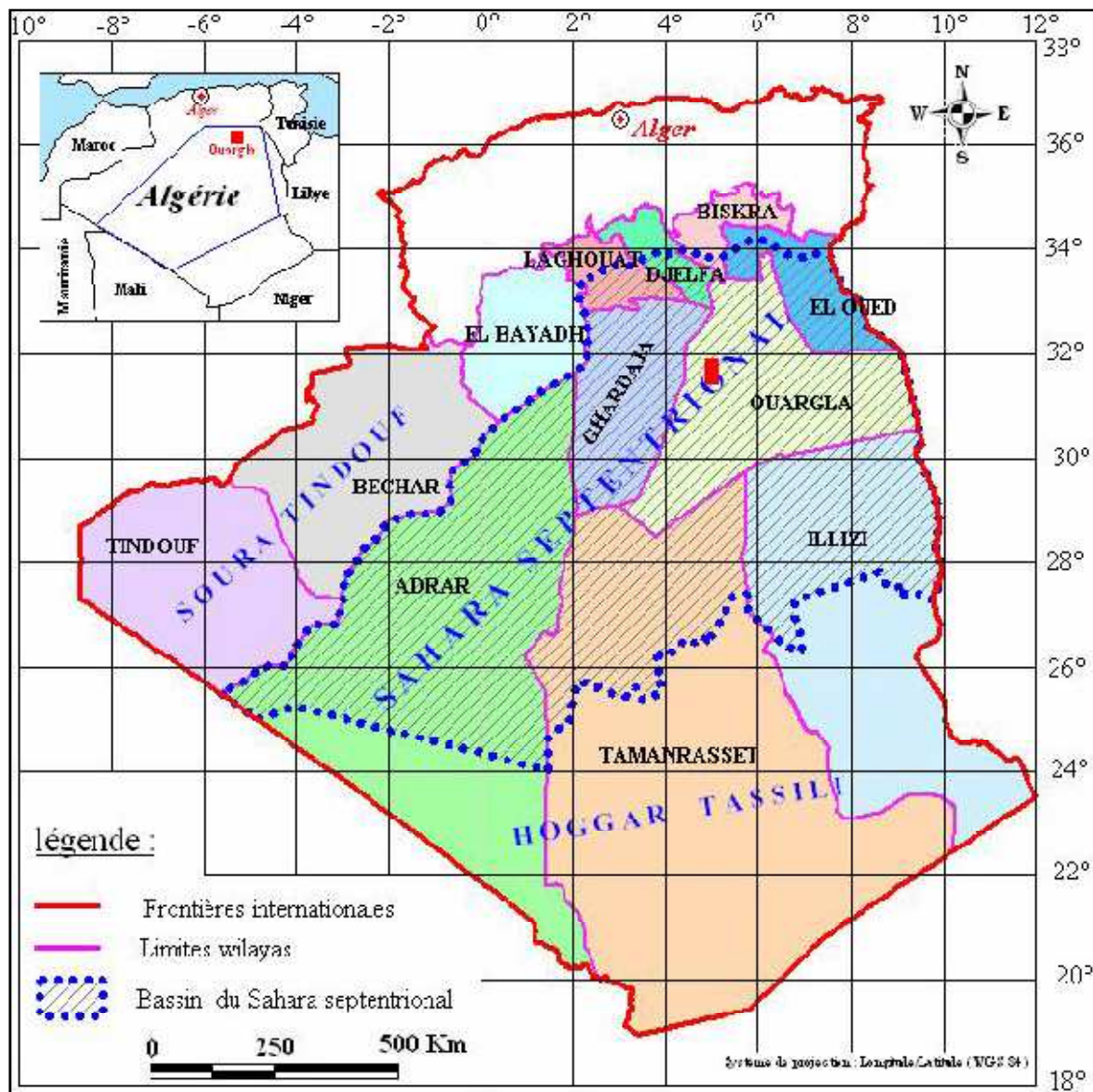


Figure 7: Carte de situation géographique de la cuvette de Ouargla (Bellaoueur, 2008).

Topographiquement, la wilaya de Ouargla, présente un terrain plat, légèrement dénivélé du sud vers le nord et de l'ouest vers l'est.

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla ». Notre zone d'étude est située dans cette dépression et elle est mise sous son influence, sur une superficie qui peut s'étendre jusqu'à 140 000 hectares. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beïda et Sidi Khoulied.

Elle est limitée par :

- Au Nord : la Sebkhet Safioune ;
- A l'Est : les ergs Touil et Arifdji ;
- Au Sud : les dunes de Sedrata ;
- A l'Ouest : le versant est de la dorsale du M'Zab.

La distance du Sud au Nord, est de 70 km, celle de l'Est à l'Ouest, de 20 km.

1.2. Géomorphologie :

Selon Bonard et Gardel (BG) dans leur rapport pour le compte de l' ONA(Office Nationale de l'Assainissement Ouargla) mission II établie en 2004 intitulé étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation (mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique), la géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants: (Figure 8 et 9)

- **La hamada :** (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire ; formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne ;
- **Les formations sableuses:** composées de dunes et de cordons d'erg, c'est le **Grand Erg Oriental** qui constitue une véritable mer de sable, où les dunes pouvant atteindre une hauteur d'environ 200 m, il s'étend sur environ les 2/3 du territoire de la région ;
- **Les étendues alluviales :** correspondant au lit de l'oued M'ya.
- **Les sebkhas:** marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. La plus grande est la Sebkhet Safioune à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la région.

La cuvette de Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest.

Les alluvions des oueds N'Sa et Z'Gag, ferment la vallée au nord de la Sebkhet Safioune, empêchant un écoulement vers l'aval. Cette fermeture s'est rompue dans sa partie Est et les eaux du lac, ont pu s'échapper vers le Nord-Est, en direction de Touggourt et du Chott Melrhir.

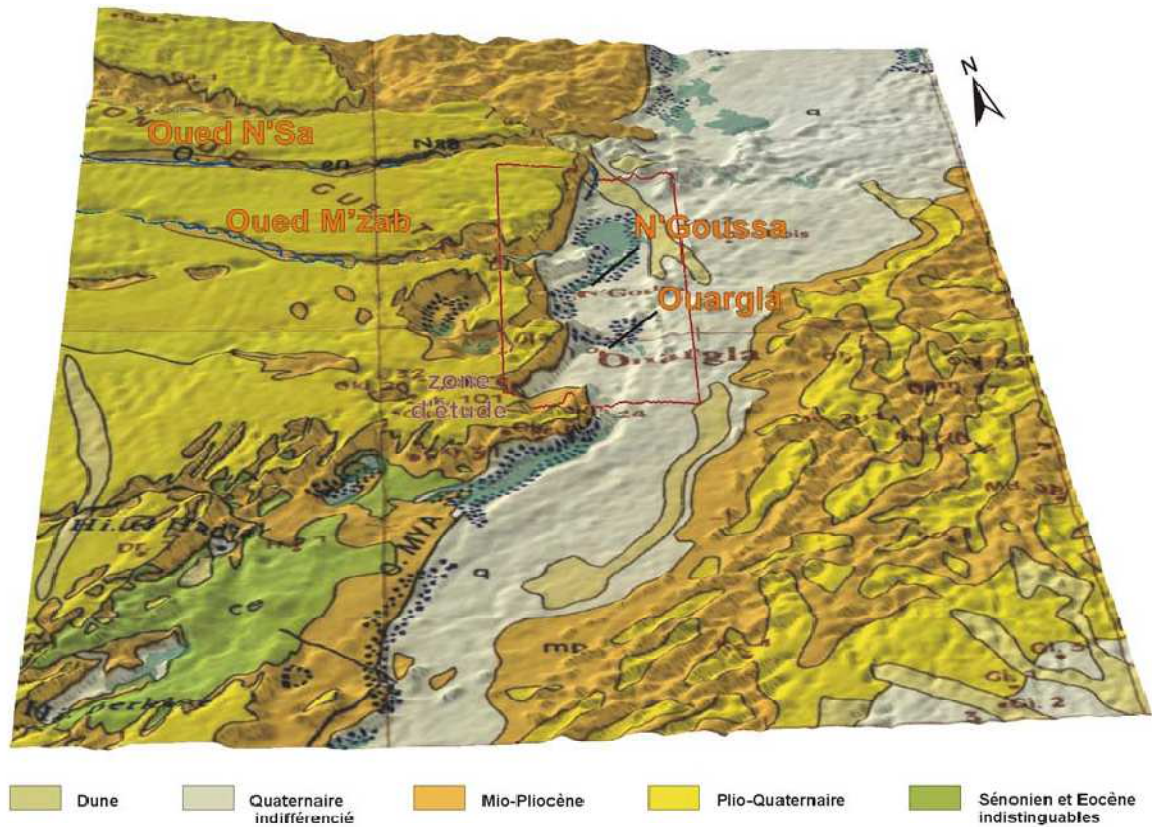


Figure 8 : Relief géologique de la région de Ouargla Superposition de la carte géologique.
(Bonard et Gardel 'BG', 2004).

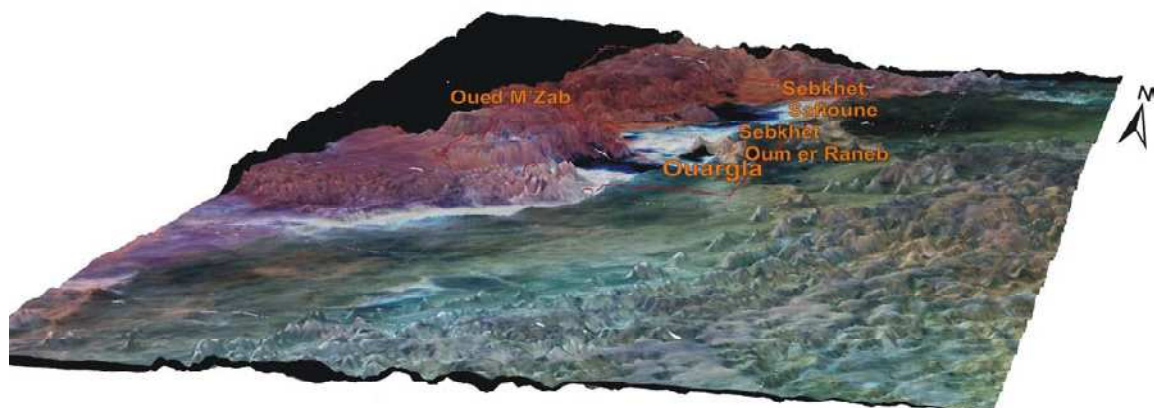


Figure 9: Image satellitaire, cuvette de Ouargla bandes 4, 2, 1 sur MNT
(Bonard et Gardel 'BG', 2004).

*Les hauteurs de cette image sont fortement exagérées.

Actuellement, les plus grandes crues de l'oued Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont de Ouargla. Celles de l'oued M'Zab atteignent la Sebkhet Safioune, deux fois par siècle, alors que celles de l'oued N'Sa, semblent plus fréquentes. (Lors de deux passages en février et en novembre 2002 sur l'oued N'Sa, il a été constaté un écoulement superficiel récent, quoique faible dans la partie aval de son cours, dans la région de Hassi Khefif).

Les travaux des archéologues, confirment que la dépression de l'oued Mya n'a été drainée par des cours d'eau qu'à une période très ancienne du Quaternaire et que les sebkhas n'étaient pas fonctionnelles à l'époque néolithique car certains gisements reposent sur elles. Les sebkhas sont apparues au cours d'une période humide antérieure, vraisemblablement le dernier grand pluvial contemporain de la glaciation de Würm.

1.3. Hydrogéologie :

La cuvette de Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables, favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines, recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques. (Bonard et Gardel., 2004)

Bénéficiant de cette structure, les eaux souterraines, constituent plusieurs ensembles superposés : la puissante nappe artésienne du Continental intercalaire gréseux, la nappe artésienne des calcaires marins du Sénonien et de l'Eocène, les nappes artésiennes du Continental terminal sableux (Mio-Pliocène), regroupées avec la précédente sous le nom de Complexe Terminal, enfin des nappes phréatiques largement étalées dans les formations continentales superficielles. (Bonard et Gardel., 2004)

1.3.1. Les nappes du Complexe Terminal :

Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En fait, il est possible de distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois corps sont représentés par les calcaires et dolomies du Sénonien et de l'Eocène Inférieur, par les sables, grès et graviers du Pontien et par les sables du Mio-Pliocène. La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. (Bonard et Gardel., 2004).

1.3.2. La nappe du Continental Intercalaire (Albien) :

La formation du Continental Intercalaire, est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1'150 m et 1'350 m de profondeur. (Bonard et Gardel., 2004)

Elle constitue un très important réservoir, son eau jaillit à la surface à une température de 57°C avec une faible teneur en sel (2g/l), son sens d'écoulement est du sud vers le nord (Rouvillois et Brigole, 1975).

1.3.3. La nappe phréatique :

Bonard et Gardel (2004) décrivent la nappe phréatique de Ouargla comme suit :

La nappe phréatique est épaisse de 1 à 8 m. Elle repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes. Le niveau de cette nappe est réglé par un équilibre entre les entrées et les sorties. Les entrées, sont principalement constituées par les eaux pour l'irrigation et l'AEP (provenant des nappes artésiennes profondes), des rares crues des oueds M'Zab et N'Sa et des arrivées d'eau provenant des flancs de la vallée. Les sorties, sont essentiellement dues à l'évapotranspiration de la végétation, à l'évaporation des eaux de la nappe remontant par capillarité (lorsque la nappe phréatique est peu profonde) et par l'écoulement vers les points bas constitués par le Chott et les sebkhas.

Lorsque les entrées sont supérieures aux sorties, la nappe monte et remplit dans un premier temps les pores des terrains sus-jacents (entre 10 et 40 % du volume). L'ascension capillaire est ainsi facilitée et l'évaporation augmente, ce qui tend à stabiliser son niveau.

Dans un deuxième temps, principalement lorsque l'évaporation est faible en hiver, la nappe peut affleurer dans les points bas et former des surfaces d'eau libre, dans les chotts et les sebkhas où elle s'accumule. Lorsque la température augmente, l'eau s'évapore, laissant des évaporites (gypse, sel, etc.) sur place.

1.4. Le Climat :

Le climat de la région de Ouargla est du type hyper - aride, marqué notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Les précipitations ne dépassent pas les 7 mm, enregistrées au mois de Janvier et Mars, aussi, par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région. Les vents sont de direction SW-NE. (ONM : Office National de la Météorologie, Station de Ouargla ; données 1975 – 2013).

Le bilan hydrique établi d'après la méthode de THORNTHWAITE (En exploitant les données météorologique de la station de Ouargla de la période allant du 1975 au 2013), montre que RFU (Réserve Facilement Utilisable en eau) est égale à 0 avec un excédent nul. Donc, le stock ne se recharge pas par la précipitation puisque d'après le diagramme de Gaussen, les années sont déficitaires, ce qui implique que les plantes s'alimentent des nappes.

1.4 .1.Données climatologiques :

Ces données climatologiques sont recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) et correspondent à la station météorologique de Ouargla durant la période allant du 1975 à 2013.

1.4.1.1.Température :

Les températures moyennes mensuelles (°C) de la période (1975-2013), (Tableau 2, Figure 10) montrent que le climat de la région de Ouargla est de type aride saharien, caractérisé par des températures très élevées en été, les mois les plus chauds sont juillet et août avec des valeurs de 33.89 et 33.41°C. Les mois les plus froids sont : décembre et janvier avec des températures de 11.50 et 10.52°C. La valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 22.05°C.

Tableau 2: Température moyenne mensuelle (°C), période (1975 – 2013).

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T.(°C)	29,08	22,79	15,82	11,50	10,52	12,93	16,69	20,85	25,89	31,18	33,89	33,41

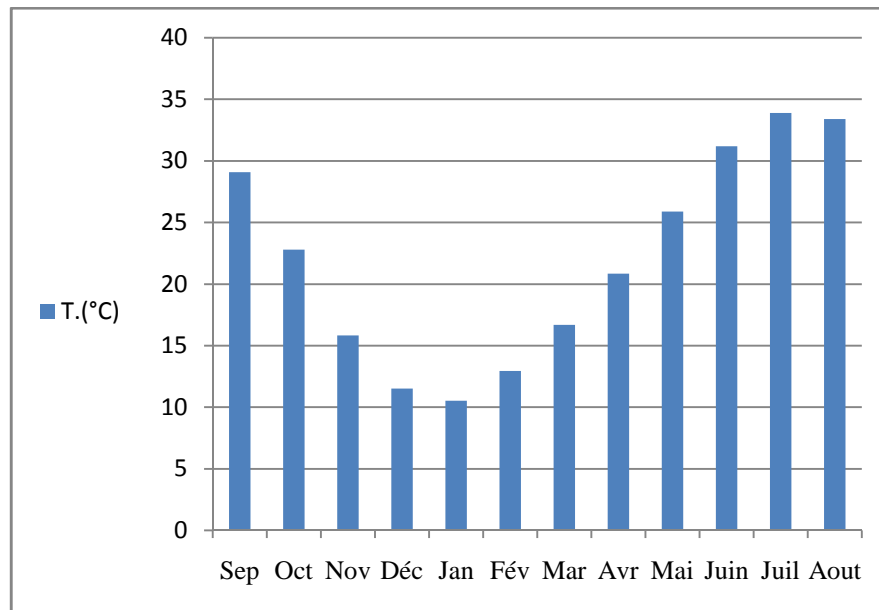


Figure10 : Températures moyennes mensuelles (°C), Station météorologique de Ouargla (1975-2013).

1.4.1.2. Précipitations :

Les précipitations moyennes annuelles (Tableau3, Figure 11), sont de l'ordre de 39.65 mm, janvier est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 7.00 mm, juin et juillet sont les mois les plus secs avec une moyenne de 0,17 mm.

Tableau 3: Précipitations moyennes mensuelles (mm), période (1975 – 2013).

MOIS	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P. (mm)	5,47	6,10	7,87	5,81	16,93	4,91	9,29	6,90	4,92	1,47	0,96	2,74

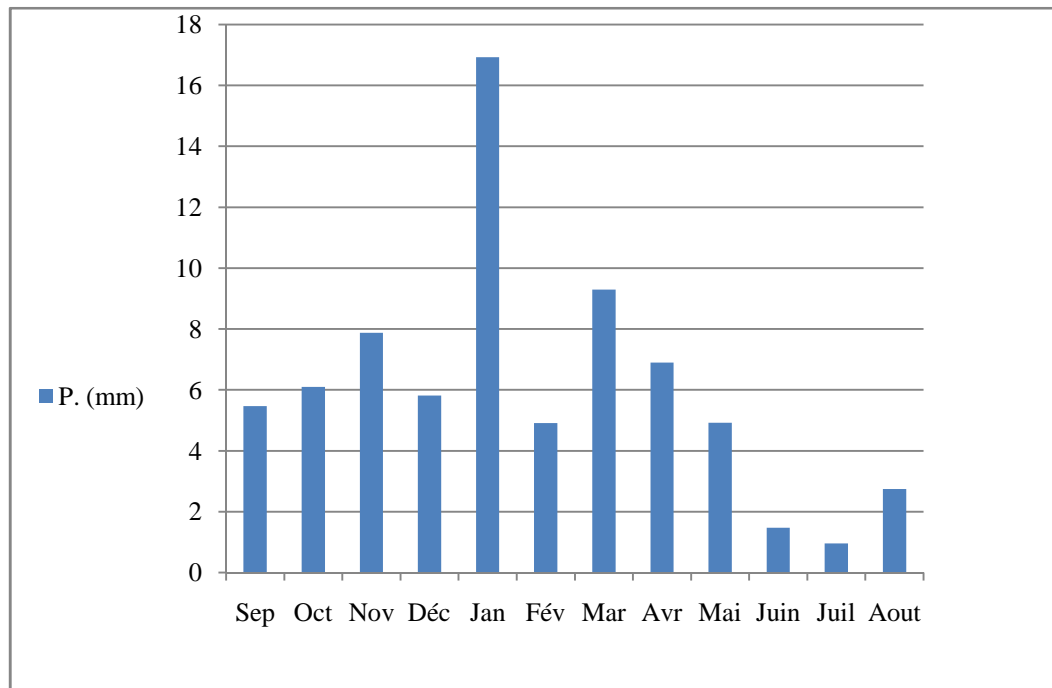


Figure 11: Répartition annuelle des pluies, Station météorologique de Ouargla (1975 – 2013).

D'après l'histogramme, la moyenne mensuelle maximale de précipitation est enregistrée en mois de Janvier avec une valeur moyenne de l'ordre de 16.93 mm, et une valeur minimale de l'ordre de 0.96 mm en mois de Juillet. On note que l'année la plus pluvieuse est l'année hydrologique 2004 avec un cumul de précipitation de 161.8 mm et l'année la plus sèche est l'année 1989 avec une précipitation de 11.5 mm. La pluviométrie dans notre région d'étude est caractérisée par une grande irrégularité avec de grand écart.

❖ Coefficient pluviométrique:

C'est un paramètre très important dans la détermination des années excédentaires et les années déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée.

$$H = \frac{P}{\bar{P}}$$

- ❖ **H** : Coefficient Pluviométrique
- ❖ **P** : Pluviométrie d'une année (mm)
- ❖ **\bar{P}** : Pluviométrie moyenne (mm)

Tableau 4 : Coefficient pluviométrique de la station météorologique de Ouargla
période (1975 – 2013).

Années	Coefficient pluviométrique	Type de l'année	Années	Coefficient pluviométrique	Type de l'année
1975	1.58	E	1994	0.65	D
1976	1.43	E	1995	0.82	D
1977	0.60	D	1996	1.18	E
1978	0.60	D	1997	0.86	D
1979	0.69	E	1998	0.62	D
1980	2.04	E	1999	1.58	E
1981	0.58	D	2000	0.78	D
1982	0.97	D	2001	1.89	E
1983	0.42	D	2002	1.29	E
1984	0.41	D	2003	0.92	D
1985	0.45	D	2004	2.16	E
1986	1.06	E	2005	0.34	D
1987	0.56	D	2006	1.04	E
1988	0.73	D	2007	1.18	E
1989	0.15	D	2008	0.81	D
1990	1.98	E	2009	2.08	E
1991	0.57	D	2010	0.37	D
1992	1.77	E	2011	1.07	E
1993	0.74	D	2012	0.43	D
2013	0.55	D			

D : Déficitaire, **E** : Excédentaire

Selon le tableau 4, on distingue:

- ❖ les années excédentaires sont: 1975, 1976, 1979, 1980, 1986, 1990, 1992, 1996, 1999, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007, 2009, 2011.
- ❖ les années déficitaires sont: 1977, 1978, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1991, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 2000, 2003, 2005, 2008, 2010, 2012, 2013.

1.4.1.3. Vitesse du vent :

Dans la région de Ouargla, les vents soufflent du Nord-est et du Sud. Les vents les plus fréquents en hiver, sont les vents d'Ouest tandis qu'au printemps, les vents du Nord-est et de l'Ouest dominant, en été ils soufflent du Nord-est et en automne du Nord-est et Sud-ouest (Touahri, 2013).

Les vitesses du vent (Tableau 5, Figure12), sont assez importantes sur toute la période estivale avec un la valeur maximum enregistré est au mois de mai avec une vitesse de 4.15 m/s et le minimum en décembre (2.59 m/s).

Tableau 5: Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s), période (1975 – 2011).

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
V (m/s)	2.97	2.76	2.67	2.59	2.68	2.83	3.52	4.09	4.15	3.77	3.34	3.10

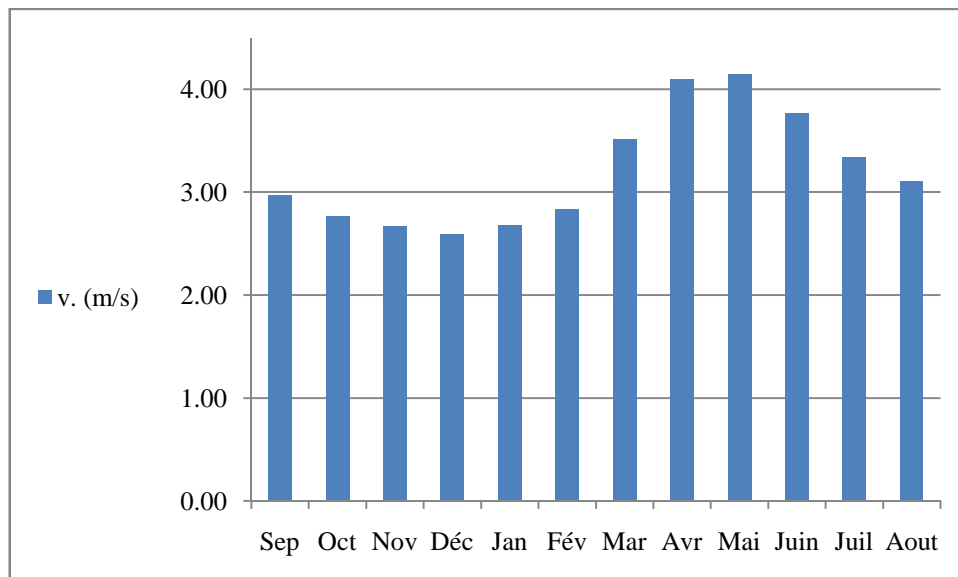


Figure 12: Vitesse du vent en (m/s), Station météorologique de Ouargla (1975-2011).

1.4.1.4. Durée d'insolation :

La région reçoit une quantité d'ensoleillement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet (Tableau6 ,figure13) avec une durée de 356.71 heures et le minimum au mois de janvier avec une durée de 228.39 heures.

Tableau 6: Durée moyenne mensuelle d'insolation en h/j, de la période (1975-2013).

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
I. (h)	279,69	263,62	240,96	236,77	228,39	234,38	269,26	284,94	315,72	321,42	356,71	336,49

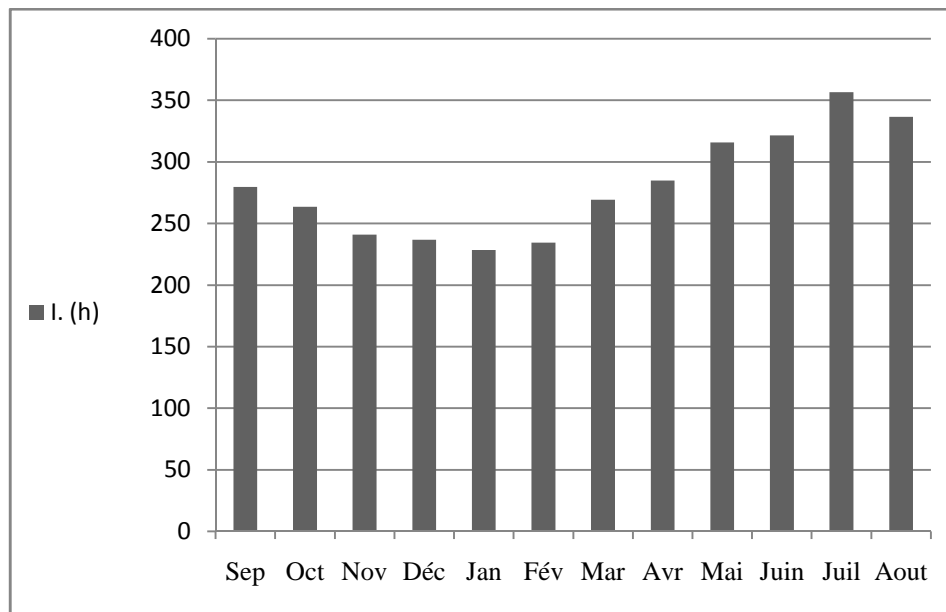


Figure 13: Durée moyenne mensuelle d'insolation en heures, Station météorologique de Ouargla (1975-2013).

1.4.1.5. L'évaporation :

L'évaporation, est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse et l'agitation de l'air. Ce terme, représente la restitution de l'eau de la surface terrestre sous forme de vapeur, à l'atmosphère sous des conditions climatiques et physiographiques. La quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère, dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement, ...etc.

Mais dans l'ensemble, ce phénomène est déterminé aussi par un processus biologique qui est la transpiration ou l'évapotranspiration potentielle (E.T.R) qui correspond à la quantité d'eau pouvant être restituée par la transpiration des végétaux ; l'évaporation est donc, le cumul de ces deux phénomènes ; celui du sol et l'évapotranspiration réelle (E.T.R) et ça correspond à la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée.

Tableau 7 : Evaporation moyenne mensuelle en (mm) Période (1975-2011).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Eva (mm)	269.08	190.36	125.81	107.39	117.07	131.90	201.12	253.92	313.33	370.60	399.79	364.66

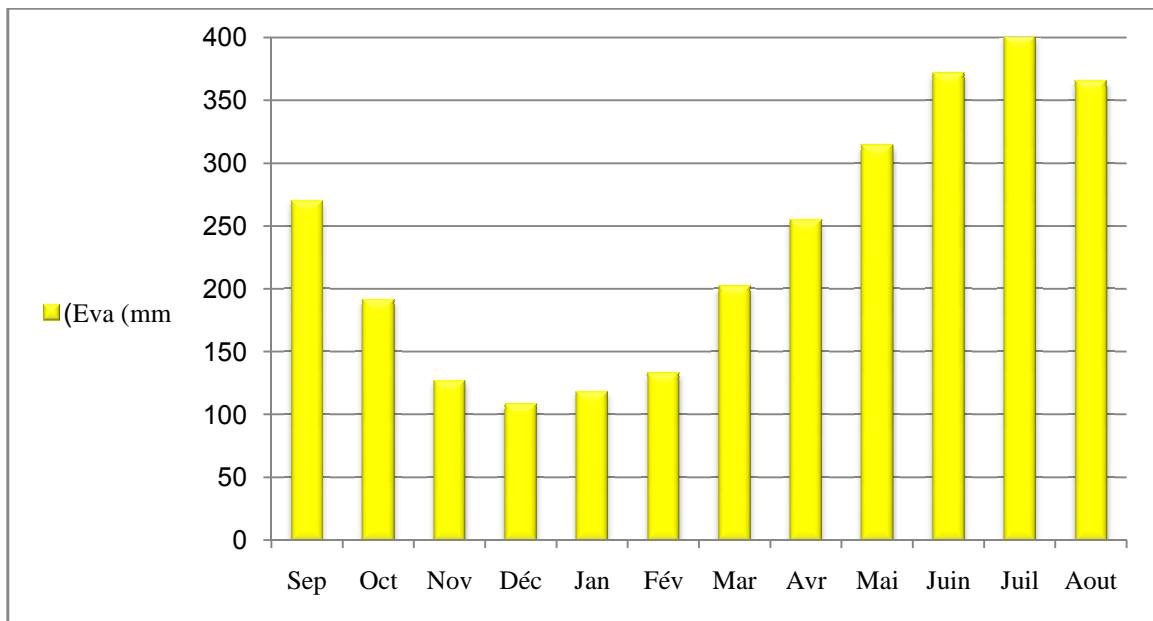


Figure 14 : Evaporation moyenne mensuelle en (mm) période (1975 – 2011).

Le climat de Ouargla, est caractérisé par une évaporation très élevée (Tableau7 ,figure 14) avec une valeur maximale de de 399.79 mm au mois de juillet, la plus faible est de l'ordre de 107,39 mm correspond au mois de Décembre. Elle est très variable suivant les années, les mois et aussi les semaines.

1.4.2. L'Indice d'aridité de E. De Martonne (Tableau 8) :

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné (Oliver., 2006).

Il existe plusieurs indices pour calculer l'aridité d'une région donnée (Robert et Thomas., 2012). On va se baser sur l'indice de l'aridité de **E. De Martonne** qui est exprimé selon **De Martone** (1926) par la formule suivante :

$$A = P / T+10$$

Avec A : Indice d'aridité annuelle

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm)

T : Températures moyennes annuelles en (°C)

De Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de cet indice, cette classification est donnée dans le tableau 8.

Tableau 8: Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de **E. De Martonne**.
(De Martone 1926).

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper-aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

Selon le tableau 8 le climat de la région de Ouargla est de type **Hyper-aride**.

1.4.3. Bilan hydrique établi selon la méthode de THORNTHWAITE :

Le bilan hydrique selon la méthode du THORNTHWAITE est basé sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU, on admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU), cette eau peut être reprise pour l'évaporation par intermédiaire des plantes la quantité d'eau stockée dans la RFU est vide et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sol et sous_ sols considérés, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm) On admet que la satisfaction de l'ETP a la priorité sur l'écoulement, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'écoulement, il faut avoir satisfait le pouvoir évaporant(ETP=ETR).par ailleurs, la complétion de la RFU, également prioritaire sur l'écoulement.

Le principe de calcul est le suivant:

$ETP = ETR$: pouvoir évaporant.

$P < ETP$ (été).

Evapore toute la pluie. On prend la RFU de l'eau jusqu'à ce qu'elle se vide, pour satisfaire le pouvoir évaporant.

$RFU=0$:

Donc $DA = ETP - ETR$, représente le déficit agricole, c'est-à-dire la quantité d'eau apportée aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de sécheresse.

1.4.3.1. Calcul de l'ETP :

L'ETP peut être évaluée à l'aide de la formule de THORNTHWAITE

*Formule de THORNTHWAITE :

THORNTHWAITE a proposé également une formule basée essentiellement sur les températures de l'air:

$$ETP = 16 * (10 t/I)^n * K$$

Avec:

$$I = \sum i \quad \text{et} \quad i = (T/5)^{1.514}$$

$$a = (1.6/100) I + 0.5$$

T: est la température moyenne mensuelle du mois considéré;

ETP : est l'évapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau);

K : est un coefficient d'ajustement mensuel.

Tableau 9: Bilan hydrique établi selon la méthode de THORNTHWAITE pour les données de la station d'Ouargla (1975-2013).

	TP	ETP _C	P	BH	RFU	ETP _R	DA	Exc
S	29,08	140,7	5,47	-135,2	0,0	5,5	135,2	0,0
O	22,79	73,5	6,10	-67,4	0,0	6,1	67,4	0,0
N	15,82	27,0	7,88	-19,1	0,0	7,9	19,1	0,0
D	11,50	11,8	5,81	-6,0	0,0	5,8	6,0	0,0
J	10,52	10,2	16,93	6,7	6,7	10,2	0,0	0,0
F	12,93	16,4	4,91	-11,5	0,0	11,6	4,8	0,0
M	16,69	36,8	9,29	-27,5	0,0	9,3	27,5	0,0
A	20,85	67,3	6,90	-60,4	0,0	6,9	60,4	0,0
M	25,89	124,8	4,92	-119,9	0,0	4,9	119,9	0,0
J	31,18	197,1	1,47	-195,7	0,0	1,5	195,7	0,0
J	33,89	245,0	0,96	-244,1	0,0	1,0	244,1	0,0
A	33,41	221,5	2,74	-218,7	0,0	2,7	218,7	0,0
Annuel	22,0	1172,1	73,4	-1098,7		73,4	1098,7	0,0

TP : température moyenne ; ETP_C : évapotranspiration Corrège ; P : précipitation ; BH : bilan hydrique ; RFU : réserve facilement utilisable ; ETP_R : évapotranspiration réel ; DA : déficit agricole ; Exc : excédent.

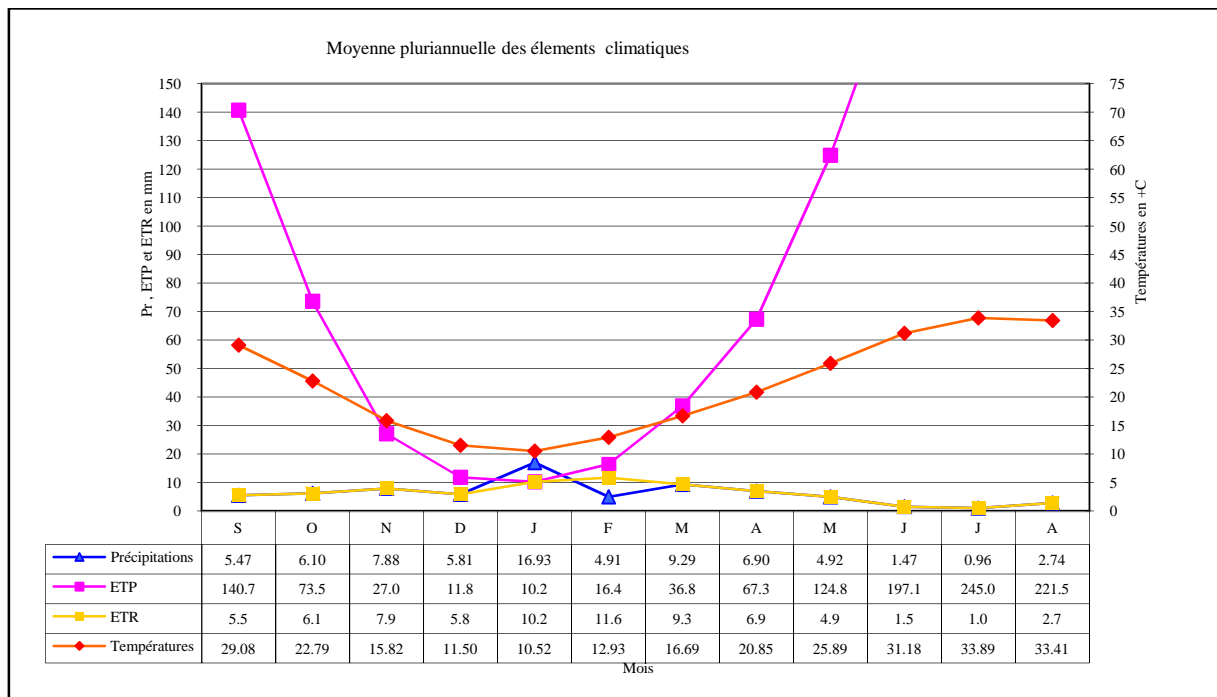


Figure 15: Bilan d'eau selon la méthode de THORNTHWAITE (1975 – 2013).

1.4.3.2. Interprétation du Bilan hydrique selon la méthode de THORNTHWAITE :

D'après le tableau N°9 :

L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet avec 245 mm, et la valeur minimale

- au mois de Janvier avec 10.2 mm.
- L'ETR annuelle est de l'ordre de 73.4 mm, avec une valeur maximale au mois de Février 11.6 mm et valeur minimale au mois de Juillet avec 1 mm.
- L'excédent est nul durant toute l'année et le déficit agricole annuel est 1098,7 mm.

Le bilan hydrique établi d'après la méthode de THORNTHWAITE montre que RFU est égale à 0 avec un excédent nul. Donc, le stock ne se recharge pas par la précipitation puisque les années sont déficitaires, ce qui conduit que les plantes s'alimentent des nappes.

2. PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION

2.1 Localisation:

La station d'épuration des eaux usées (Photo 3) est située à Said Otba au Nord-Est de la cuvette de Ouargla. Ces coordonnées géographiques sont :

- Latitude : 31°59'46" Nord;
- Longitude : 5°21'55" Est.

Construite en 2006 par l'ONA de Ouargla, en collaboration avec la société DYWIDAG et mise en marche en 2009, elle traite les eaux usées des effluents de l'agglomération de Ouargla (commune de Ouargla, Aïn Beïda et Rouissat) dans un horizon de dimensionnement prévu vers l'année 2015 (cette année), une extension est à prévoir pour l'année 2030, mais il est à noter qu'aucune extension n'est prévue pour cette année et la station fonctionne jusqu'à maintenant à demi capacité car elle vise les objectifs suivants :

- La suppression des nuisances et des risques sur la santé humaine au niveau des zones urbaines;
- La protection du milieu récepteur;
- La réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation (ultérieurement; les eaux traitées ne sont pas encore réutilisées).

La station fonctionne sur la base de procès du traitement biologique naturel ou encor dit extensif par lagunage aéré composé essentiellement d'ouvrage à ciel ouvert sur une surface de 80 ha, avec une capacité de traitement de 37.000 m³/j. Elle est conçue pour couvrir Un débit moyen 57.000m³/j en 2015 et 74.927m³/j en 2030, avec une possibilité d'extension par l'emploi de quatre (04) bassins supplémentaires (02 pour le premier étage, 01 pour le second étage et 01 pour le troisième). La station comporte également une administration, une salle de contrôle, un laboratoire et une salle d'exposition.



Photo 3: STEP de Ouargla (Photo aérienne de google earth).

2.2. Dimensionnement de la station :

- Capacité:400000 eq/habi
- Surface totale:80 ha
- Nombre de lit de séchage: 11 lits
- Nombre de bassins: 08 bassins devisés en 03 niveaux

Tableau10: Données de bases de la STEP (Catalogue STEP Ouargla.2015).

Premier étage d'aération	
Nombre de bassins	04 bassins d'aération
Volume total	3408000 m ³
Volume par unité de bassin	25200 m ³
Surface totale	9.6ha
Surface par unité de bassin	2.4ha
Profondeur des bassins	3.5m
Temps de séjour	04 jours
Nombre d'aérateur	12 aérateurs
Deuxième étage d'aération	
Nombre de bassins	02 bassins d'aération
Volume total	227200 m ³
Volume par unité de bassin	113600 m ³
Surface totale	8.2ha
Surface par unité de bassin	4.1ha
Profondeur des bassins	2.8m
Temps de séjour	03 jours
Nombre d'aérateur	07 aérateurs
Finition	
Nombre de bassins	02 bassins de finition
Volume total	148054m ³
Volume par unité de bassin	74027m ³
Surface totale	9.8ha
Surface par unité de bassin	4.9ha
Profondeur des bassins	1.5m
Temps de séjour	02 jours
Nombre d'aérateur	/

Cinq stations de pompage refoulent l'eau usée brute vers la station d'épuration à savoir :

- **Refolement n° 01 :**

Conduite d'amenée des eaux usées de diamètre nominal 600 mm de la station de pompage du nœud hydraulique de Chott.

- **Refoulement n° 02 :**

Conduite d'amenée des eaux usées de diamètre nominal 315 mm de la station de pompage de Sidi Khouiled.

- **Refoulement N° 03 :**

Conduite d'amenée des eaux usées de diamètre nominal 400 mm de la nouvelle station de pompage Caserne/Hôpital.

- **Refoulement N° 04 :**

Conduite d'amenée des eaux usées diamètre nominal 500mm de SP Douanes.

- **Refoulement N°05 :**

Conduite d'amenée des eaux usées de diamètre nominale 700mm de la station de pompage route de N'Goussa. (ONA Ouargla, 2009).

Ces conduites débouchent toutes dans le bassin de dégazage pour assurer une oxygénation naturelle des eaux brutes, ce qui permet d'évacuer les gaz formés dans les conduites de refoulement qui peuvent être considérés comme élément corrosif pour le béton et les équipements de l'installation. Le schéma de traitement appliqué au niveau de la station comporte les opérations suivantes :

2.3. Prétraitement :

Le prétraitement précède le traitement biologique, il est essentiel et important pour ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes volumineuses ou difficilement biodégradables, et aussi pour limiter la fréquence de curage des lagunes. La station est équipée d'une zone de prétraitement et un canal venturi de mesure de débit. Cette phase comprend les trois étapes suivantes :

2.3.1. Dégazage :

C'est la première phase du prétraitement, à l'arrivée de l'eau usées brute vers la station une collecte est faite dans le bassin de dégazage, placé en aval de l'entrée de la station (Photo4). Cette opération facilite l'élimination du CO₂ et des gaz polluants (CH₄, SO₂, H₂S) formés dans les conduites de refoulement.



Photo 4: Bassin de dégazage avec les cinq conduites de collecte. «Original»

2.3.2. Dégrillage :

Les matières les plus volumineuses sont retenues lors du passage des eaux usées à travers deux dégrilleurs automatiques (l'espace entre les barreaux est de 25 mm) disposés en parallèles. Un canal de secours, équipé d'une grille manuelle (l'espace entre les barreaux est de 40 mm) est disposé en parallèle pour assurer le by passe en cas de mise hors services des dégrilleurs automatiques (Photo 5, 6, 7). Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés vers une benne à déchets après compactage.



Photo 5, 6 : Dégurilleur. «Original»

Photo 7 : Dégurilleur



2.3.3. Dessablage :

L'objectif du dessablage, consiste à éliminer les matières lourdes par décantation et d'opérer un tri granulométrique. Il s'agit d'assurer une élimination par sédimentation des sables et des matériaux lourds pour éviter l'abrasion des équipements mécaniques et les dépôts dans les tuyauteries et le fond des bassins (colmatage, réduction des volumes utiles). Réalisé dans trois canaux rectangulaires de 2m de large et 23m de long placé en parallèles (Photo8). Chaque canal est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à son extrémité. Une pompe d'aspiration, permet de refouler l'eau vers un classificateur de sable où les particules sédimentées sont extraites au fond par une vis d'archimède et stockés dans une benne et l'eau franchi une cloison siphonide en direction des lagunes.

Entre le prétraitement et le traitement biologique, l'eau passe par deux ouvrages qui ont des fonctions importantes.



Photo 8: Le Désableur «Original»

2.3.4. Le by-pass:

Le by-pass, est un ouvrage hydraulique de protection situé entre le prétraitement et l'ouvrage de répartition, équipé d'un déversoir trop plein et une vanne. Il sert à limiter les débits pour éviter la surcharge hydraulique qui dépasse la capacité de traitement et dégrade son qualité, par ailleurs, il permet de préserver la faune bactérienne lors d'une pollution accidentelle, en détournant l'effluent vers le canal de décharge.

2.3.5. Mesure de débit et comptage des eaux brutes:

Les eaux brutes sont acheminées vers les lagunes aérées via un canal de mesure de type venturi, il est équipé d'une sonde ultrasonique réalisée en résine de fibre de verre armée, elle mesure la hauteur d'eau dans le canal (Photo9). La sonde est reliée à un transmetteur affichant la valeur instantanée du débit.

Ce transmetteur délivre un signai de 4 à 20 mA qui est transmis au système de supervision qui affichera également la valeur instantanée du débit et le cumul des volumes traités.



Photo 9: Afficheur de Débit «Original»

2.3.6. L'Ouvrage de répartition:

Les eaux prétraitées, arrivent par l'intermédiaire d'une tuyauterie vers un répartiteur à eau (Photo 10, 11) disposé en tête de la station et en aval des ouvrages de prétraitement à fin de répartir et canaliser les eaux usées vers les lagunes de premier étage. Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques de 1.5 m de largeur munis de batardeaux pour pouvoir mettre une lagune quelconque hors service en cas de nécessité. L'ouvrage autorise ainsi le remplissage préférentiel des quatre lagunes, l'ajustement individuel des vannes du même côté, implique une répartition égale des débits vers les bassins et permet, la régulation des débits et par conséquent, la maîtrise des temps de séjour.



Photo10:Répartiteur « Original »



Photo11 : Répartiteur (vue intérieur) «Original»

2.4. Traitement biologique par lagunage aéré :

Cette filière est constituée de huit (08) bassins en cascade à trois étages : le premier étage est de quatre lagunes d'aération (deux fonctionnelles), le deuxième étage est composé de deux lagunes d'aération (une fonctionnelle) et le troisième étage comprend deux lagunes de finition (une fonctionnelle). Les caractéristiques des différentes lagunes sont regroupées dans le tableau 11.

Tableau11: Principales caractéristiques des lagunes (Catalogue STEP Ouargla 2015).

Caractéristiques	1 ^{ere} étage	2 ^{eme} étage	3 ^{eme} étage
Volume d'un bassin (m ³)	85200	113600	74027
Surface d'un bassin (ha)	2,4	4,1	4,9
Profondeur d'un bassin (m)	3,5	2,8	1,5
Temps de séjours (jours)	04	03	02
Nombre d'aérateurs	12	07	/

Les lagunes d'aération assurent la dégradation (Photo12, 13) de la matière organique grâce à un apport artificiel d'oxygène, fourni par les aérateurs de surface qui fonctionnent à raison de 13h/j. Cette aération artificielle, favorise le développement des microorganismes qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. La lagune de finition, assure la séparation des phases, eaux épurées et boues et une amélioration des rendements dépuratif.



Photo12 : Lagune d'aération. «Original»



Photo 13 : Aérateur. «Original »

L'eau traitée au niveau de la station est transportée vers Sebket Sefiouna en vue d'une réutilisation ultérieure en irrigation.



Photo 14: Canal de transport des eaux usées. (à gauche)

2.5. Le traitement des boues :

Les lagunes doivent être régulièrement curées afin d'éviter les odeurs et la dégradation de la qualité de traitement par le dépôt des boues. En effet, le curage d'une lagune devient obligatoire quand le volume occupé par les boues se rapproche de 25% du volume totale de la lagune. La fréquence du curage programmé dans ce projet, est d'une fois tous les trois ans. (il est à noter qu'aucune opération de curage n'a été effectuée depuis la mise en service de la STEP en 2009). Les boues collectées, seront transportées vers onze (11) lits de séchage (Photo 15), ou l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage, favorise l'évacuation de l'eau extraite avec les boues. Cette eau sera évacuée en tête de la STEP, par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.



Photo 15 : Lits de séchage. (Au fond). «Original »

A l'issue de se séchage, les boues seront mises en décharge ou épandues sur des cultures pour lesquelles, elles constituent un amendement organique intéressant ; cependant il est à noter que la station depuis sa mise en fonctionnement n'a pas encore produit des boues et aucune procédure de curage de lagunes utilisées n'a été faite jusqu'à ce jour.

3. Echantillonnage :

L'eau est prélevée à l'aide d'une perche (Photo 16) dans des flacons propres en polyéthylène, non colorés d'un litre de volume, Toujours en prenant soin de bien d'homogénéiser l'échantillon avant analyse, en respectant ainsi les techniques décrites par (Rodier;2009), le choix de volume, est fait pour qu'il soit suffisant pour les analyses prévues. Dans chaque bassin un point de prélèvement est construit d'une façon qu'il facilite l'obtention d'un échantillon représentatif, homogène et convenable aux normes.

Des prélèvements journaliers, ont été effectués pour établir un suivi de la qualité physicochimique de l'eau dès son entrée à la station et durant tous les stades d'épuration, en finissant par sortir. Concernant les paramètres de pollution, on procède à l'évaluation par un échantillon moyen, prélevé et préservé dans l'échantillonneur automatique (Photo17, 18) (selon la méthodes exigées par la norme ISO 5667-10 pour le prélèvement des eaux résiduaires d'une station d'épuration) qui prélève 200 ml/h durant 24 heure, plusieurs fois par mois, pour l'entrée de l'eau et de même pour la sortie, en respectant le temps de séjour dans les lagunes. Pendant le procédé de traitement, ce dernier est mesuré en fonction du débit de l'eau. Pour notre période d'évaluation, il était entre 09 et 11 jours.



Photo16: Procédé de prélèvement de l'eau usée « Original »



Photo17: Echantillonneur moyen. « Original »



« Original »

Photo18: Echantillons d'eau de 24 heures. (Obtenu de l'échantillonneur moyen).

4. Analyses physicochimiques:

4.1. Matières en suspension (M.E.S) :

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre par un filtre de porosité donnée ou leur rassemblement, sous forme de culot, par centrifugation. La mesure des matières en suspension (MES), permet d'apprécier la quantité de solides en suspension d'une eau, qu'elle soit naturelle ou résiduaire. (Degrement, 2005).

Principe de mesure:

Le résidu obtenu par filtration de l'échantillon d'eau, est pesé, après passage à l'étuve à 105 °C, jusqu'au poids constant.

Appareillage:

- Balance électronique de précision (KERN. ABT).
- Filtre de porosité 0,45µm
- Etuve (MEMMERT. UNB).
- Dessiccateur. Pompe à vide.



Photo19: Balance de précision, Dessiccateur.

«Original»



Photo 20: Filtration sous pompe à vide.

Mesure MES. «Original»

Procédure:

Les filtres doivent être lavés avec de l'eau distillée, puis séchés dans une étuve pendant deux heures puis pesés. Ensuite on procède à filtrer un volume de 100 ml à travers les filtres préalablement préparés à l'aide d'une pompe à vide, on pèse à nouveau après avoir séché dans l'étuve à 105°C, pendant deux heures et laissé refroidir dans un dessiccateur.

Expression des résultats:

Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

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

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 105°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

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

4.2. Température de l'eau:

Les valeurs de plusieurs paramètres d'analyse, sont liées à la température de l'eau (notamment, la conductivité électrique); elle permet de corriger ces paramètres et de mettre en évidence les contrastes thermiques dans l'eau (Arfa2003).

Elle influe aussi sur l'activité des microorganismes qui dégradent la pollution et par conséquence, sur le procédé naturel d'épuration. Cette mesure, est faite en parallèle avec les autres mesures de paramètres physicochimiques, en utilisant le même appareillage (pH Mètre, Conductimètre ou Oxymètre), ils sont tous menus d'un dispositif de mesure et de conversion de température.

4.3. pH de l'eau:

C'est le potentiel hydrogène qui mesure la concentration en ions H⁺. C'est un paramètre qui caractérise un grand nombre d'équilibres physicochimiques et dépend de facteurs multiples. Tous les échanges physico-chimiques existants entre les êtres vivants, en milieu aquatique et leurs environnements, sont influencés par le pH de l'eau. Les mesures de ce paramètre ont été effectuées à l'aide d'un pH Mètre électronique portable de type (wtw340 i), Les résultats sont exprimés en unité de pH.(Degrement 2004, Rodier 2009).

4.4. Conductivité électrique:

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau, se trouvent sous forme d'ions chargés électroniquement, cette mesure permet donc, de préciser la quantité des sels dissous dans l'eau. (Degrement 2004).

La mesure est faite à l'aide d'un conductimètre portable (model wtw 340i), équipé d'un dispositif de conversion de température qui permet une lecture directe. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.5. Salinité de l'eau :

C'est la charge de l'eau en sels dissous qui est en rapport direct avec sa capacité à conduire le courant électrique (la conductivité), de ce fait elle est mesurée en même temps avec la conductivité et à l'aide du même appareil (conductimètre model wtw 340i).

4.6. L'oxygène dissous:

L'absorption de l'oxygène par l'eau est nécessaire pour l'équilibre des pressions partielles à l'interface eau-air. Cette mesure est très importante du fait qu'elle conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie dans les milieux aquatiques. (Rodier 1984).

5. Mesure des paramètres de la pollution:

5.1.Demande chimique en Oxygène DCO:

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau (Baumont et al., 2004) ; elle exprime la teneur en oxygène consommée par les matières oxydables dans les conditions définies. En fait, cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quelque soit leur origine; organique ou minérale biodégradable ou non. C'est un test particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement des eaux. (Lesavre. , S.D)

Cette mesure est faite en utilisant des cuves prédosées, Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues 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 ($HgSO_4$). (Protocole HACH. LANGE 2015)

N.B On mesure la DCO avant de procéder à mesurer la DBO_5 car les résultats de celles-ci vont servir de base pour mesurer la DBO_5 . (Protocole de laboratoire ONA 2015).

Appareillage:

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).
- Réacteur DCO à 148°C (HACH. LANGE).

Réactifs:

- Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations



Photo 21 : Réactif pour DCO en cuve prédosé.

Et selon le protocole indiqué sur les cuves prédosées on procède comme suit:

- Ajout de 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO
- Agitation puis placement du tube fermé dans le réacteur DCO, on chauffe pendant deux heures à 148°C.
- On laisse refroidir à température ambiante.
- On fait la lecture directe par spectrophotomètre model (DR 2800).

Les résultats sont exprimés en mg/l.

Remarque:

Le protocole d'utilisation des tests en cuves prédosées, correspond à des gammes précises de mesure et exige certaines concentrations en chlorures et en sels dissous pour certaines réactions au-delà desquelles, les résultats seront faussés, c'est pourquoi on procède

(selon le protocole utilisé au laboratoire de l'ONA 2015) à des dilutions qui vont être prises en considération pendant la lecture.



Photo 22 : Spectrophotomètre DR 2800.
« Original »



Photo 23 : Réacteur DCO.
« Original »

5.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅):

La DBO₅ est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'(O₂)/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre (Guerre et Gomella, 1982).

Elle est définie comme la concentration d'oxygène consommée pour réaliser la destruction des composés non azotés dans les conditions de l'essai: incubation à 20°C à l'obscurité pendant un temps donné (Rodier. ; 2009); pour être complète, l'oxydation biologique nécessite un temps de 20 à 28 jours, dans ce cas on mesure la DBO ultime ou DBO₂₁ ou DBO₂₈; cette période étant longue, on a choisi par convention une mesure après 5 jours d'incubation appelée DBO₅, elle représente seulement la pollution organique carbonée biodégradable. La demande biologique en oxygène au bout de 5 jours, exprime ainsi la quantité d'oxygène utilisée en 5 jours par les micro-organismes pour oxyder la matière organique. (Shwedt, 1993).

On ensemence l'effluent et on le sature en oxygène, puis au bout de 5 jours, on mesure la quantité d'oxygène consommée. La DBO_5 est en fait une mesure de la fraction organique de la DCO ; (Rodier. ; 2009)

Méthode de mesure:

Principe:

L'échantillon de l'eau est mis dans une enceinte thermostat pour incubation durant 5 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. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

Appareillage:

- Réfrigérateur conservant une température de 20°C (Incubateur).
- Un agitateur magnétique.
- Boatbills brune de 510 ml.
- OXI TOP
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO_2 dégagé par le microorganisme).

Procédure:

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO_5 . Volume de la prise d'essai (DBO_5) = DCO (mg/l) \times **0.80**, pour les eaux urbaines. On utilise un volume d'eau à analyser suivant le tableau, en fonction de la valeur de DCO.

Tableau 12: Volume d'échantillon d'après la DCO. (Protocole de laboratoire STEP Ouargla 2015).

DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Inhibiteur de nitrification (gouttes)	Facteur
0-40	432	10	1
0-80	365	10	2
0-200	250	5	5
0-400	164	5	10
0-800	97	3	20
0-2000	43.5	3	50
0-4000	22.7	1	100

On procède comme suit:

- Introduction de la barre magnétique (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium (pour absorber le CO₂ dégagé par les microorganismes).
- Vissage de la tête de mesure sur les bouteilles.
- Appui simultané sur les touches (S+M) durant 03 secondes jusqu'à l'apparition du message (00)
- Incubation à 20°C pendant cinq jours.
- Lecture durant les cinq jours de la valeur affichée en appliquant le coefficient pour obtenir la valeur réelle.



Photo 24 : Incubateur pour mesure de DBO₅. « **Original** »

Expression des résultats:

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$

5.3. L'Azote:

C'est un élément qui se trouve sous forme ammoniacale ou organique ou inorganique (ammoniaque, nitrate, nitrite) ; il constitue la majeure partie de l'azote total. L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques, a essentiellement une origine urinaire.

On estime à environ 13mg/jour, la quantité d'azote rejetée par un adulte. Il est considéré parmi les éléments qui favorisent la prolifération d'algues, par conséquent la réduction de sa teneur avant le rejet des eaux, est plus que nécessaire (Bechac et al, 1987). On le rencontre principalement, comme produit de dépôt sous la forme d'urée, qui a déjà été partiellement transformée en azote ammoniacal dans le réseau d'égout (ammonification). La nitrification et la dénitrification se succèdent dans le même bassin. Pendant la phase de nitrification, l'ammonium est oxydé en nitrate par l'oxygène. La teneur en nitrate, augmente simultanément. Pendant la phase de dénitrification, le nitrate est réduit en azote gazeux, l'ammonium est formé à partir de l'azote organique encore disponible.

5.4. Le Nitrite (N-NO₂) :

Le nitrite est souvent considéré comme un paramètre de mesure secondaire car sa concentration, reste très faible en conditions de nitrification normales – de l'ordre de 0,1 mg/l. Lorsque l'oxydation des nitrites par les micro-organismes est perturbée, par contre (conditions défavorables ou présence de substances nocives), cette concentration dans les eaux rejetées est susceptible d'être plus haute, or la substance est très toxique pour les poissons. Il faut ainsi éviter à tout prix que son taux ne s'élève trop dans les eaux naturelles, d'où l'intérêt de surveiller la concentration de nitrite par une méthode de mesure en ligne adéquate dans les stations d'épuration.

Méthode de mesure:

Principe:

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux –ci forment avec des composés aromatiques, contenant un colorant azioque de couleur intense

Appareillage:

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).

Réactifs:

- Réactifs N-NO₂ (LCK 341) gamme (0.015 à 0.6 mg/l)



Photo 25 : Réactif pour 'Nitrite'

Procédure:

Selon les étapes décrites sur le protocole de la cuve prédosée:

- Enlever délicatement la feuille de protection du DOZICAP ZIP détachable.
- Dévisser le DOSICAP ZIP
- Pipeter 2.0ml d'échantillon.
- Visser immédiatement le DOSICAP ZIP dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat
- Attendre 10 min mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

Expression des résultats:

La teneur en N-NO₂ est donnée en mg/l.

5.5. Les nitrates (N-NO₃):**Méthode de mesure:****Principe:**

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrates réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4nitro-2.6-diméthénol.

Appareillage:

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).

Réactifs:

- Réactifs N-NO₃ (LCK339) gamme (0.23 à 13.50 mg/l) .

Procédure:

- Pipeter 1.0ml di d'échantillon.
- Pipeter 0.2ml de la solution
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Photo26 : Réactif 'Nitrate'

Expression des résultats:

La teneur en N-NO₃ est donnée en mg/l DR 2800.

5.6. L'Ammonium (N-NH₄):**Principe:**

En présence de sodium nitroprussique, agit comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol.

Appareillage:

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).

Réactifs:

- Réactifs N-NH₄ (LCK 303) gamme (2 à 47 mg/l

Procédure:

- Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCapZip détachable
- Dévisser le DosiCap Zip
- Pipetter 0.2 ml d'échantillon
- Visser immédiatement le DosiCap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut
- Secouer énergiquement
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Photo27 : Réactif N-NH₄

Expression des résultats:

La teneur en N-NH₄ est donnée en mg/l.

5.7. Les Phosphores:

Le phosphore est présent dans les eaux usées soit sous forme d'ortho phosphates ou de phosphore organique. Il est incorporé essentiellement dans les acides nucléiques, les phospholipides et les polymères des parois bactériennes, dans certains cas particuliers il peut être stocké dans la cellule sous des formes divers (déphosphatation biologique), hors ce cas il représente 1,5 à 2 % du poids sec d'une biomasse. Il est à noter cependant, que ce

pourcentage augmente avec le taux de croissance et varie inversement avec la température. (Degrement, 2005)

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine. (Ladjel et Bouchefer, 2004).

5.8. Phosphore total :

Méthode de mesure:

Principe:

Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les ions molybdate d'antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremlybdène.

Appareillage:

Pipette jaugée à 2 ml.

Spectrophotomètre (DR 2800).

Réacteur PT à 100°C (HACH. LANGE).

Réactifs:

Réactifs PT (LCK 348) gamme (0.5 à 05 mg/l) .

Procédure:

- Ouvrir délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévisser le DosiCap Zip.
- Pipetter 0.5 ml d'échantillon.
- Visser le DosiCap Zip; dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement.
- Chauffer dans le thermostat:

a) Thermostat: 60 min à 100°C

b) HT 200 S:15 min avec le programme standard HT

- Pipetter dans la cuve une fois refroidie:0.2 ml de réactif B (LCK 348 B). Fermer immédiatement le réactif B après emploi.
- Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite.

Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Photo28: Réactif 'Phosphate'.

5.9. Les Phosphates ortho (P-PO₄):

Méthode de mesure:

Principe:

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdates et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

Appareillage:

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).

Réactif:

- Réactifs P-PO₄ (LCK 348) gamme (0.5 à 05mg/l) .

Procédure:

- Pipetter 0.5 ml d'échantillon
- dans la cuve une fois refroidie:0.2 ml de réactif B (LCK 348 B). Fermer immédiatement le réactif B après emploi.
- Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

Expression des résultats:

La teneur en P-PO₄ est donnée en mg/l.

CHAPITRE III

Résultats Et Discussions

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Paramètres physicochimiques :

Le suivi journalier de ces paramètres, permet le contrôle le bon fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées, notamment en ce qui concerne l'oxygénation artificielle, toute baisse anormale d'oxygène dissous, peut être récompensée immédiatement par le déclenchement manuel des aérateurs dans les lagunes des deux étages d'aération. Les autres paramètres physicochimiques tels que la température de l'eau, pH, Conductivité électrique, salinité, ont aidés à expliquer et à conclure à propos des processus d'épuration, notamment l'activité bactérienne, qui est le moteur principale de l'épuration de l'eau usée par le procédé de lagunage aéré. Généralement ces paramètres ont parus peu variables et leur influence était clairement explicable pendant notre période de suivi : (tableau A1 Annexe).

La température de l'eau suit celle de l'aire qui est sous l'influence saisonnière du climat de la région, les températures moyennes mensuelles enregistrées varient entre 13,8 °C minimale (mois de janvier), et 22,5 maximale (mois de mars) et son influence sur le rendement d'épuration était claire (faible rendement avec les températures basses), en effet c'est un facteur important pour l'activité bactérienne.

Le pH de l'eau pour les eux usée de la station parait neutre à légèrement alcalin, les valeurs moyenne mensuelles varient entre 7,4 minimale (mois de mars) et 8,1 maximale (mois de janvier).

La salinité des eaux usées est très élevée, elle varie entre 6,8 g/l, valeur minimale enregistré au mois de mars, et 12,5 g/l valeur maximale enregistré pour le mois de janvier, elle est due essentiellement à la nature de l'eau de la région qui est fortement chargée en sels minéraux, ce paramètre influe directement sur la **conductivité électrique**, qui est élevée par conséquences, les valeurs moyennes mensuels varient entre 11840 μ s/cm (mois de mars) et 20135 μ s/cm (mois de février).

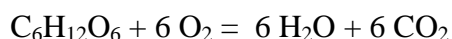
Il est à noter que les variations amont aval de la station d'épuration sont généralement négligeables ce qui indique leur faible variation et influence par le procédé de traitement.

2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅):

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène, en mg/l, consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20°C et à l'obscurité pour assurer, par voie biologique, l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Tradat, 1992). C'est un bon indicateur de la teneur en matière organiques biodégradables d'une eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies pour oxyder la matière organique biodégradable présent dans l'eau. Les micro-organismes qui se trouvent dans l'échantillon consomment l'oxygène en dégageant de l'acide carbonique, celui est absorbé par le NaOH, selon la réaction suivant :



On appelle rejets à DBO, la quantité d'oxygène utilisée sur une période de temps pour dégrader de la matière organique sous forme:



Glucose + oxygène = eau + acide carbonique

Cette analyse biochimique, menée sur 5 jours, mesure une dégradation partielle de la matière organique par des micro-organismes. Elle est exprimée en mg O₂/l.

Les substrats organiques simples (acides aminés, mono- et oligosaccharides, acides organiques simples et acides gras insaturés à chaîne courte), sont assimilés et minéralisés par les bactéries beaucoup plus rapidement que les composés organiques plus complexes.

L'expérimentation s'est déroulée au laboratoire de l'Office National de l'Assainissement (ONA) de Ouargla, en conditions contrôlées de température (20°C) et de pH, pendant 5 jours, à raison de 16 prélèvements d'eau usée par mois. Les expériences effectuées sur les eaux usées, à l'entrée de la station, dont la DBO₅ était de 240 mg/l en Février, de 136,7mg/l en Janvier et de 123,3mg/l en Mars, montre une diminution significative des teneurs en DBO₅ (Figure 16) à la sortie de la station de plus de 77% en Mars à plus de 86% en Janvier et Février.

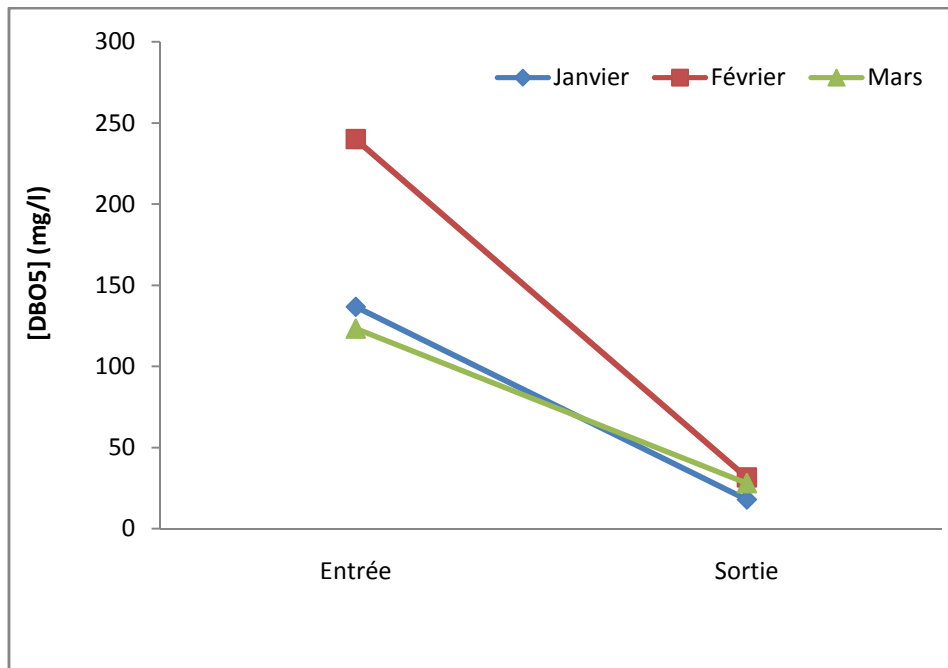


Figure 16 : Evolution amont-aval des concentrations en DBO₅ des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Il est très difficile d'attribuer cette diminution aux activités biologiques (nitrification), mais elle semble résulter de l'action combinée de la décantation des matières organiques dans le bassin de lagune primaire et secondaire et de la dilution par les eaux traitées.

3. Demande chimique (DCO) en Oxygène :

Les résultats obtenus pour ce paramètre varie, à l'entrée de la station, entre 401,25 mg/l en mois de février (le mois le plus chargé) et 305,33 pour le mois de mars (le mois le moins chargé). Vers la sortie de la station, elle varie entre 97,40 mg/l (mois de février) et 81,67 mg / l (mois de mars), soit un rendement entre 73, 24% et 75,72% de diminution après traitement ce qui peut être considéré généralement comme un bon rendement d'épuration concernant ce paramètre.

La diminution de la concentration de la teneur en DCO (Figure 17) et de l'augmentation de la teneur en oxygène dissous (Figure 18), laisse penser que les conditions d'oxydation chimique sont très favorables.

En effet, la présence d'azote organique ou ammoniacale se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel (Guerre et Gommella, 1982).

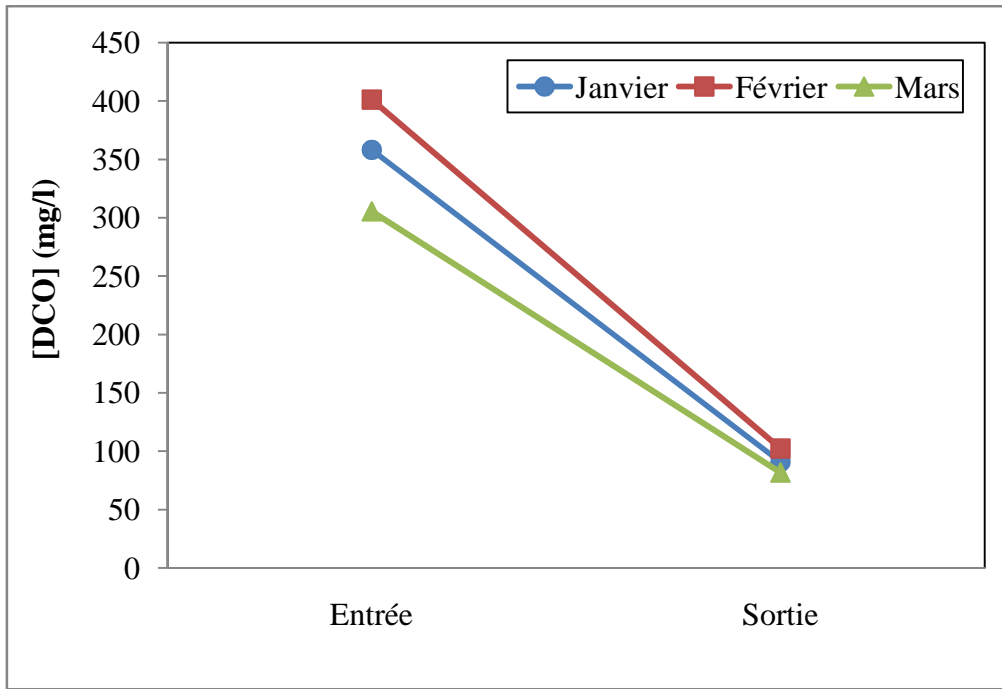


Figure 17 : Evolution amont-aval des concentrations en DCO des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

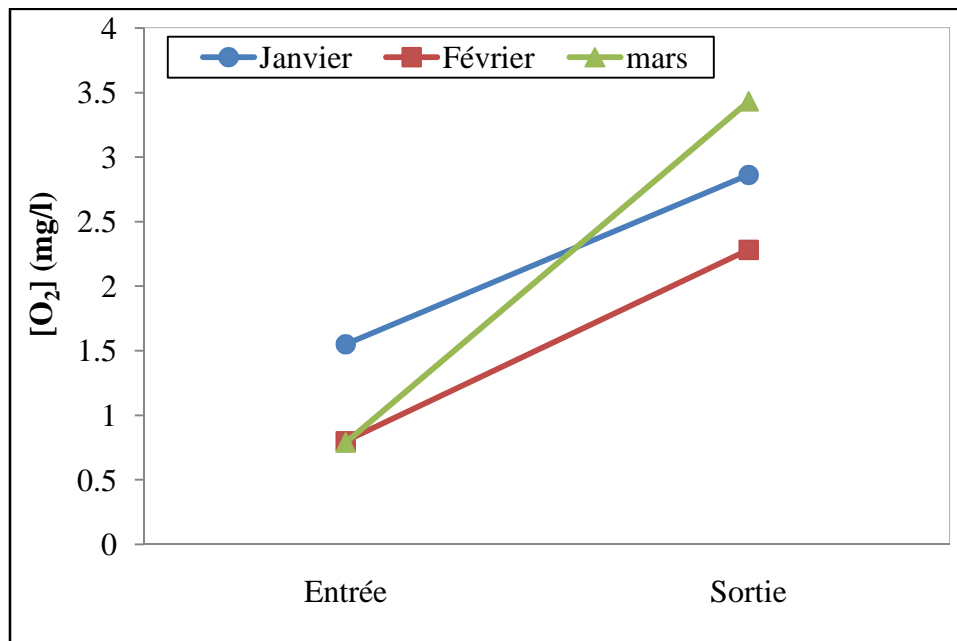


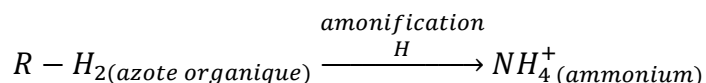
Figure 18 : Evolution amont-aval des concentrations en O₂ des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

4. Azote organique ou ammoniacale (NH_4^+) :

Les flux de minéralisation peuvent résulter d'une forte activité bactérienne minéralisatrice. En effet, l'azote et le phosphate, composé essentiel à de nombreux processus biologiques, se retrouvent entre autres dans les acides aminés constituant les protéines et dans les bases azotées présentes dans l'ADN. En conditions aérobies, les microorganismes sont capables de transformer les éléments de base de la matière organique:



En effet, sous l'action des bactéries et de l'hydrolyse (Duchère, 1990), l'azote organique des déchets des humains (urées et acide aminées) se transforme rapidement en ammonium, surtout s'il est plus oxydant, de la manière suivante :



Les faibles diminutions observées sur les teneurs en NH_4^+ , durant les mois de Janvier et Février, entre l'entrée et la sortie de la station (Figure 19), laissent penser que les conditions sont très défavorables aux processus de l'activité bactérienne. Il est important de signaler que la faible augmentation des teneurs en NH_4^+ , au cours du mois de Mars ; elles passent de 27,6 mg/l à l'entrée à 34,6 mg/l en sortie, soit 8,8 mg/l d'augmentation, peut être attribuée à l'amélioration des conditions aux activités bactériennes (différence de température entre les trois mois).

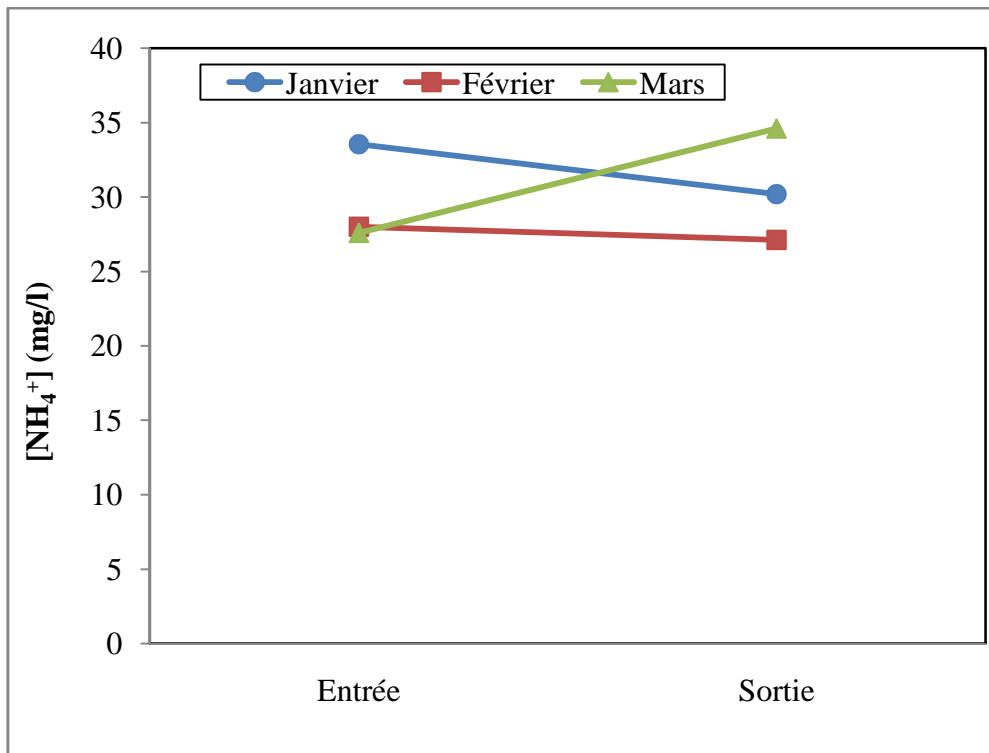


Figure 19 : Evolution amont-aval des concentrations en NH_4^+ des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Notons que les teneurs les plus élevées en NH_4^+ sont celles mesurées à la sortie de la station (34,6 mg/l) avec un pH 7,42 au lieu de 7,7 en Janvier et 7,65 en Février. La faible augmentation observée, entre l'entrée (27,6 mg/l) et la sortie de la station (34,6 mg/l), durant le mois de mars, peut être attribuée à l'augmentation de la température de l'eau de 16,5 au mois de janvier à 22,4 au mois de mars, favorisant ainsi l'activité bactérienne. Malgré que les teneurs en ammonium (NH_4^+), sont élevées, le rendement de traitement est très faible, il varie entre 3 et 10%, on estime que la contribution de la station au traitement des eaux par lagunage aéré est très faible.

5. L'orthophosphate (PO_4^{3-}) :

Théoriquement l'apport journalier en phosphore est d'environ 4 grs par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et à l'usage des détergents. Ses teneurs dans les rejets varient d'ailleurs selon les jours de la semaine (Ladjel et Bouchefer, 2004).

Dans les eaux usées de la station d'épuration de Ouargla, les teneurs en PO_4^{3-} dans le rejet allant de 2,8 mg/l en Janvier à 4 mg/l en Février, sont de 14 à 20 fois plus élevées que les

teneurs normales des eaux destinées à la consommation (<0,2 mg/l) et même en cas de pollution excessive (>2 mg/l), ces teneurs restent entre 1,4 et 2 fois plus élevées (Figure 20).

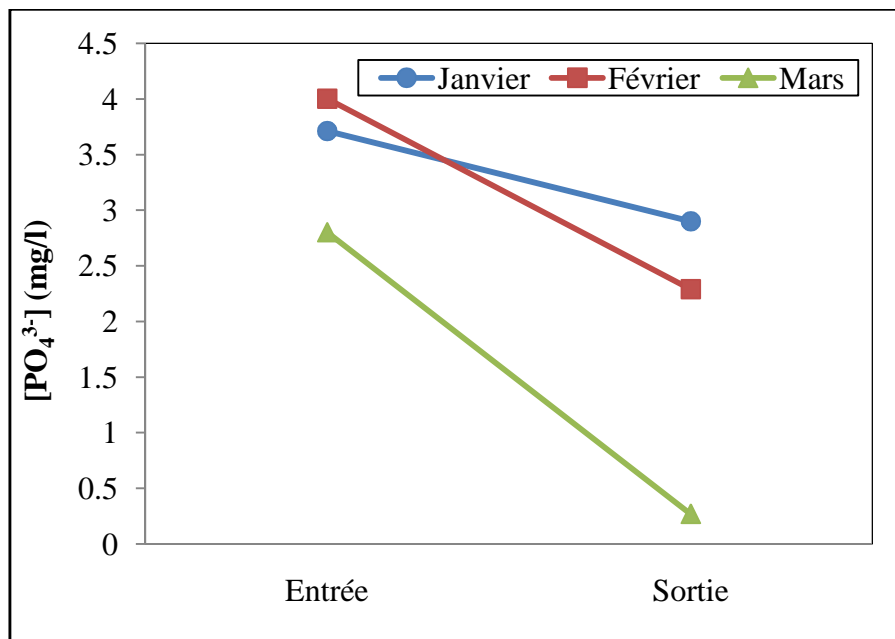


Figure 20 : Evolution amont-aval des concentrations en PO_4^{3-} des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

La diminution des teneurs en PO_4^{3-} , entre l'entrée et la sortie de la station, ne peut être expliquée que par la décantation des particules des matières organiques. En effet, le PO_4^{3-} est un élément très peu mobile et facilement adsorbé et il est principalement évacué sous forme particulaire (Probst, 1985, 1992, Etchanchu, 1988).

Par ailleurs, la présence du PO_4^{3-} dans les eaux usées de la station de traitement de Ouargla, semble être attribuée uniquement au détergent, la minéralisation des matières organiques est très peu probable dans les conditions observées.

6. Les matières en suspension (MES) :

L'évolution de la teneur en matières en suspension (MES), suit celles des orthophosphates, la figure 21 montre bien que les concentrations les plus fortes, à l'entrée de la station, ont été observées au mois de janvier (225,3 mg/l), suivi du mois de février (149,3 mg/l), alors que durant le mois de Mars les charges sont très faibles (94,5 mg/l). Cependant les charges en suspension sont de même grandeur à la sortie de la station d'épuration, les concentrations allant, respectivement, de 55,3 mg/l au mois de janvier, de 61 mg/l en février à

74,5 mg/l en Mars. Ces teneurs en MES, à la sortie de la station, correspondent sans doute aux particules colloïdales qui nécessite un traitement de floculation-coagulation et qui décante sous forme de floccs.

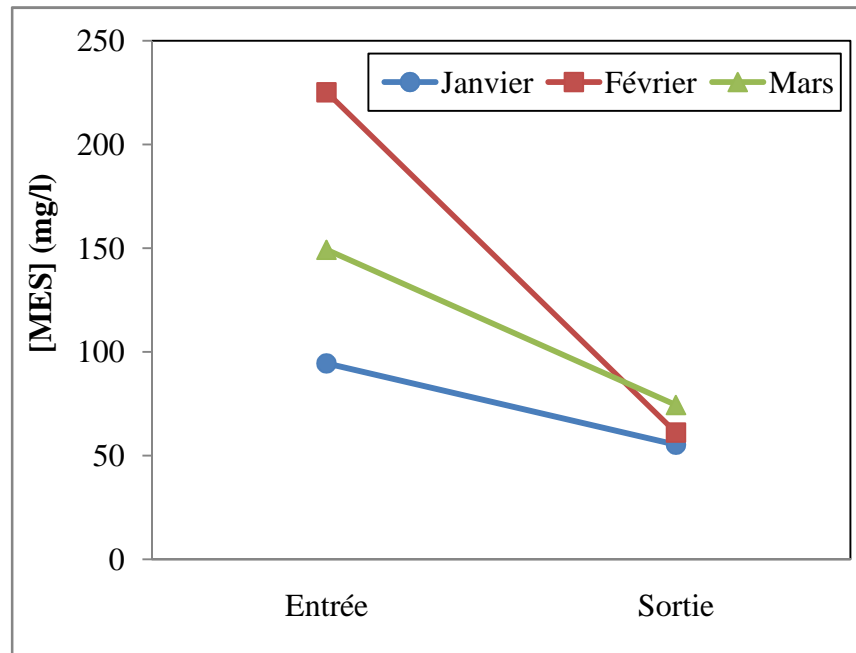


Figure 21 : Evolution amont-aval des concentrations en MES dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude

On peut expliquer ces résultats de la manière suivante :

La décantation permet une séparation de deux phases, liquide et solide, par simple gravité. Elle dépend, dans nos conditions, uniquement des propriétés des particules. Il est important de distinguer entre les particules grenues ou isolées, dont la décantation s'effectue indépendamment les unes des autres, et les particules coalescentes qui décantent sous forme de floccs, dont la vitesse de chute est liée à la probabilité de contact (collision) entre les particules.

Une particule introduite dans un décanteur (Figure 22), possède une vitesse absolue (\vec{W}), fonction de la vitesse d'écoulement de l'eau (\vec{V}_h) et de la vitesse de chute de la particule (\vec{V}_v) :

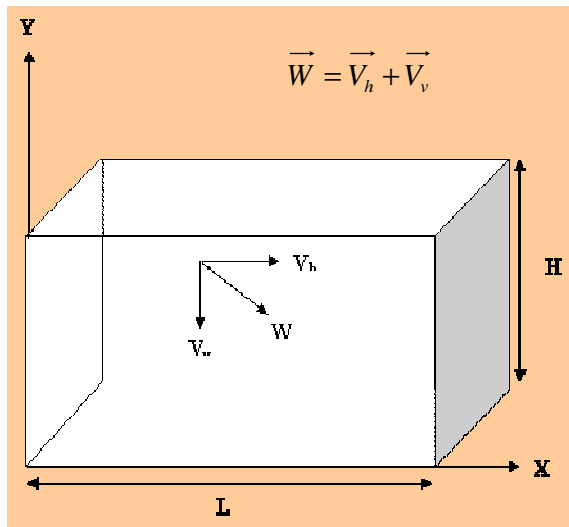


Figure 22 : Représentation d'un décanteur rectangulaire (Thomazeau, 1981)

$$V_p = \frac{1}{18.\eta} .d^2 .g .(\rho_p - \rho_f) , \text{ c'est la loi de Stokes}$$

V_p : vitesse de chute des particules grenues ou isolées (exemple les sables)

η : viscosité dynamique du fluide

d : diamètre de la particule

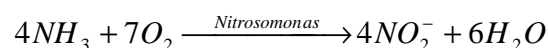
ρ_f : masse volumique du fluide

ρ_p : masse volumique du fluide

7. Nitrate (NO_3^-) :

Le cycle de l'azote est le processus biochimique le plus important dans un étang. Il correspond à la transformation de l'azote organique (provenant des déchets) en azote minéral et notamment en nitrate qui est la forme assimilable par de nombreux végétaux. Cette transformation ne pourrait pas avoir lieu sans l'action de plusieurs espèces de bactéries. Ainsi, à partir du stade ammoniacal, elle se fait comme suit :

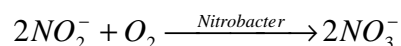
1. Des bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas) transforment l'ammoniac en nitrite (NO_2^-), élément extrêmement toxique. Cette opération nécessite une forte consommation d'oxygène :



L'ammoniac est une substance toxique, toutefois, il n'est stable que dans des eaux très alcalines, dont le pH est supérieur à 9. Dans des eaux neutres, comme c'est le cas des eaux usées de la station d'épuration de Ouargla, l'ammoniac se transforme en ion ammonium

($NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$) qui n'est pas considéré comme dangereux pour les animaux aquatiques.

2. Des bactéries nitrifiantes (Nitrobacter), transforment ensuite le nitrite en nitrate. Cette réaction s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène :



La production de nitrate à partir de la forme ammoniacale ou de la forme nitrite de l'azote dépend donc de l'activité bactérienne et de la présence d'oxygène. L'ammoniac ou le dioxyde de carbone sont libérés dans le milieu à différentes étapes du processus de décomposition. Le temps nécessaire à sa réalisation dépend de la température, du pH et de la disponibilité en oxygène. En effet, les éléments azotés sont généralement utilisés plus rapidement que les substances carbonées, si bien que le ratio C/N de la matière organique augmente au cours du temps. Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes (fixent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance dans le CO_2 de l'air).

Les fluctuations des teneurs d'un mois à l'autre et les différences observées entre les trois mois de suivi (Figure 23), mettent en évidence l'effet de la température sur l'activité bactérienne. La différence de température entre les trois mois, respectivement 19,5, 20 et 22,4 °C semble importante et doivent être prises en considération. En effet, l'analyse du mois de Janvier, indique une charge de 1,1 mg/l à l'entrée.

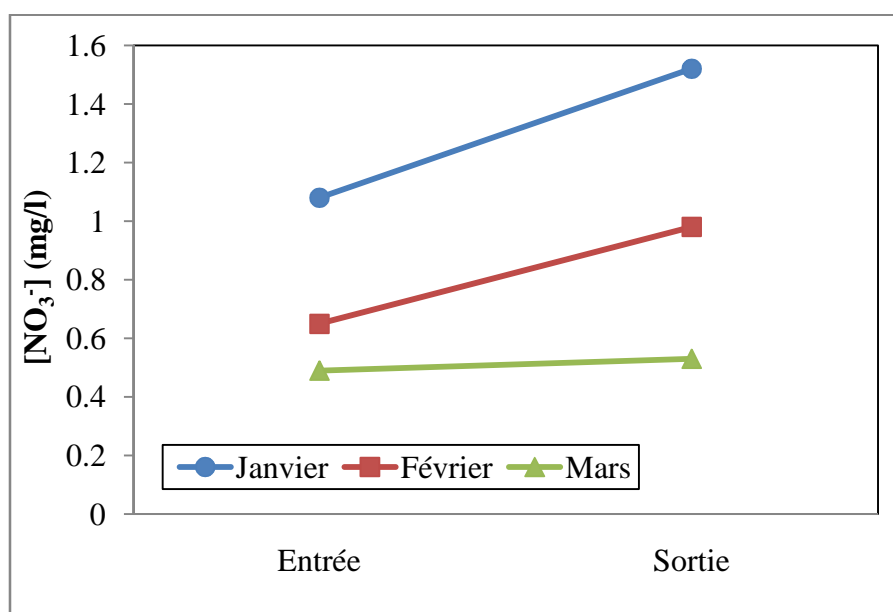


Figure 23 : Evolution amont-aval des concentrations en NO_3^- dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Il est important de signaler que l'augmentation, amont-aval, des teneurs en nitrate est très faible au cours des trois mois de suivi, elles passent, en mois de janvier de 1,1 mg/l à 1,52 mg/l, soit plus 27 % d'augmentation. Pour le mois de février, les teneurs passent de 0,65 mg/l à 0,98 mg/l, soit une augmentation de plus de 33%, alors qu'en mars, les teneurs passent de 0,49 mg/l à 0,53 mg/l, soit une augmentation de 7,5%. Ce qui peut être dû à une faible activité bactérienne dans la station de traitement, mais elle dépend aussi du phénomène de dilution.

Concernant les nitrites (Figure 24), et comme dans le cas de NH_4^+ , les teneurs en NO_2^- sont irrégulières et parfois inférieures à la limite de détection. Il est donc très difficile de conclure sur leur présence et leur évolution dans les eaux usées de la station de traitement. Cependant une origine biologique est certaine.

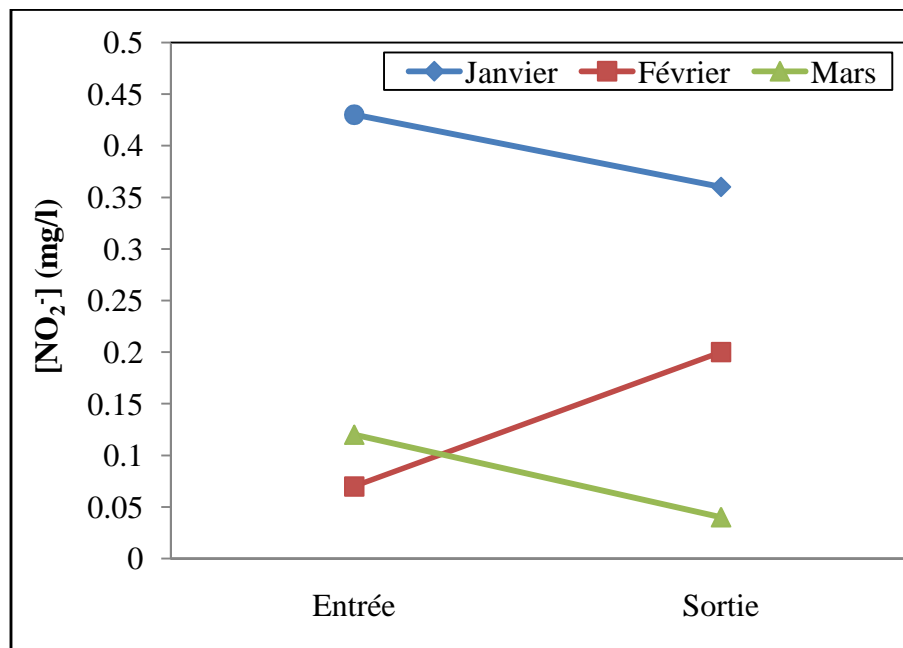


Figure 24 : Evolution amont-aval des concentrations en NO_2^- dans les eaux de la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Conclusion

CONCLUSION :

Au terme de cette étude et en mettant l'accent sur les performances épuratoires du système de traitement des eaux usées par lagunage aéré, il convient de signaler, que malgré le rendement non négligeable obtenu, en comparaison avec le taux de pollution des eaux usées, à l'entrée de la station d'épuration, surtout pour ce qui concerne la demande biologique (DBO_5) et chimique en oxygène (DCO). Le principe épuratoire du système qui est la dépollution basée sur l'action des microorganismes aérobies (en présence d'oxygène fourni et contrôlé artificiellement), s'avère peut utile par rapport au rendement obtenu pour l'Azote et les Phosphates, ainsi que les matières en suspension (MES). La transformation amont-aval de l'azote organique en azote minéral est très faible, ce qui explique la faible activité bactérienne. En effet, le bon rendement obtenu pour la DBO_5 et la DCO, ne peut être attribué à l'activité des microorganismes, il est dû en réalité aux autres phénomènes, notamment la décantation et la dilution à travers les bassins de traitement ainsi que les conditions favorables pour l'oxydation chimique, assurées par l'augmentation de l'oxygène dissous et la température.

Cependant, la faible augmentation des teneurs en NH_4^+ de l'amont vers l'aval durant le mois de mars, indique probablement une amélioration de l'activité bactérienne suite à une amélioration de certains paramètres physicochimiques, en particulier le pH et la température de l'eau ; néanmoins, le rendement du traitement reste toujours faible et même négligeable, par rapport aux performances épuratoires souhaitées par l'installation d'un tel système. Ce résultat est confirmé par des études antérieures (Zeggane., H., Fartas., T, 2011, Ounoki S., Achour S, 2014), dont l'augmentation du taux des composés azotés vers la sortie de la station durant certaines saisons est attribuée aux activités des algues, suite à leur prolifération avec l'amélioration des conditions d'ensoleillement et de température au début de la saison estivale.

En ce qui concerne les matières en suspension, le système épuratoire montre une meilleure performance, néanmoins le traitement nécessite une coagulation-floculation pour éliminer les particules colloïdales.

Les phosphates, ont montré une diminution vers la sortie de la station. Cette diminution est attribuée à une co-décantation avec les particules en suspension. En effet, le PO_4^{3-} est un élément très peu mobile et facilement adsorbé et il est principalement évacué sous forme particulaire (Probst, 1985, 1992, Etchanchu, 1988).

Il est donc fortement recommandé de rechercher les paramètres d'optimisation de la fonctionnalité de la station d'épuration par lagunage aéré, par exemple une meilleure aération artificielle afin d'améliorer l'activité bactérienne.

Bibliographie

ABA AAKI. R. (2012), Elimination des métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Zn et As) des eaux usées industrielles et naturelles par le procédé d'infiltration-percolation thèse de Doctorat Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir Maroc 149pp.

AEL-B, (2014). **Agence de l'eau Loire-Bretagne**, cahier pédagogique n°2 la pollution et l'épuration de l'eau.

AERM (Agence de l'Eau RHIN-MEUSE). Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse – Juillet 2007 Lagunage aéré – p 1/10.

ARFA.Y . (2003), Evaluation du niveau de la contamination par le plomb et le cadmium dans l'eau, les sédiments et quelques espèces végétales dans l'Oued Rhumel et son affluent Boumerzoug dans la zone urbaine de Constantine, mémoire d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement, Option : Pathologie des Ecosystèmes, Université Mentouri Constantine 104 pp.

BELLAOUEUR.A.(2008) : étude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Sahara nord-est septentrional - Algérie). Mémoire de majester , université de Batna.,147p.

BAUMONT S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

BONARD. ,GARDEL.(2004) :Etude d'assainissement des eaux résiduaires ,pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission ONA II, rapport final, 110p.

BERNARD BAUDOT, PRUDENCIO PERERA, (1991) procédés extensifs d'épuration des eaux usées, Adaptés aux petites et moyennes collectivités (500 à 5000 eq-hab) mise en œuvre de la directive du conseil n°91/271 du 21 mai 1991.

CASTILLO de CAMPINS. S, (2005). Etude d'un procédé compacte de traitement biologique aérobie d'effluents laitier ; Thèse de doctorat en sciences Ecologiques, Vétérinaire, Agronomique et bioingénieries, filière Microbiologie et Biocatalyse industrielle ; Institut National des Sciences Appliqués (INSA) Toulouse.

DEGREMEONT, (2005). Memento technique de l'eau : dixième édition. Edition technique et Documentation Lavoisier, Tome 1 et 2.

DE MARTONNE E. ,(1926). Aréisme et indice d'aridité. Compt. Rend. Séances Acad. Sci. 181 : 1395-1398.

DEVAUX.I, (1999). Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise, Thèse de doctorat en science de la vie et de la santé, université Joseph Fourier Grenoble, 257pp.

DHAOUADI. H. , (2008) Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration. Université Virtuelle de Tunis, 30 pp.

DJEDDI.H. , (2006). Utilisation d'une eau d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaine mémoire de magistère en Ecologie et Environnement Option : Ecologie végétale Université Mentouri Constantine 144 pp.

DUCHERE PH., (1990). Elimination de l'azote dans les stations d'épurations biologiques des petites collectivités. Optimisation de la conception et du calcul des installations à boues activées en aération prolongée. Document technique du CEMAGREEF, n°10, 57 P.

ECOSSE.D, (2001), Techniques alternative en vue de subvenir à la pénurie de l'eau dans le monde, 62pp.

EL HACHEMI. O. (2012), Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (Oasis De Figuig) : performances épuratoires et aspect Phytoplanctonique thèse de Doctorat en écologie végétale Université Mohammed Premier Oujda 122pp.

ETCHANCHU D., (1988). Géochimie des eaux du bassin de la Garonne. Transfert de matières dissoutes et particulières vers l'océan Atlantique. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 178 p.

EUROPEAN COMMISSION. , (1991), Extensive wastewater treatment processes guide 41pp.

FERCHICHI M, GHRABI A and GRASMICK A(1994): Epuration d'eau usée urbaine par biodisques et lit bactérien .Water research, volume 28, February 1994, pages 437-443.

GUERRE, H. et GOMMELLA, C ,(1982). Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales ; le traitement. Ed. Eyrolles. 2^{ème} édition, Paris. 180p.

IBERINSA., (2001), Problématique de l'Environnement dans le Secteur Industriel. Séminaire : Industrie et Environnement, Haïti, .

IEW, (2007), dossier **Inter-Environnement Wallonie** : Techniques extensives d'épuration des eaux usées domestiques Le meilleur choix environnemental en zone rurale, 34pp.

J.P.BECHAC, P.BOUTIN, B.MERCIER et P.NUER (1987) : Traitement des eaux usées. Edition EYROLLES. Paris. 281 pp.

JOSEPH S. DEVINNY, MARC A. DESHUSSES, TODDS.Webster (1999): Biofiltration for air pollution control, University of California, USA, August 31, by CRC press –299 pp.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26 du 24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006 Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

LESAVRE. J,(S.D) : Epuration des eaux résiduaires urbaines nature et paramètres de pollution rapport Eau Sein Normandie 22pp.

LESTER J.N. (1987) Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes. CRC Press, 183 p..

MOLETTA. RENE., (S.D) L'eau, sa pollution, et son traitement «**Moletta Méthanisation** »

MOMPOINT. M, THELEYS. K. , (2004) Evaluation des dangers écologiques générés par les effluents liquides urbains sur l'écosystème de la baie de Port-au-Prince Première approche méthodologique. Mémoire d'ingénieur en génie civil, faculté des Sciences, de Génie et d'Architecture de l'Université Quisqueya .

OLIVIER J. E. ,(2006). Encyclopedia of world climatology, 89 p.

O.N.A, (2009). Projet de la remontée des eaux de la vallée de Ouargla.

OUBADI. M. , étude de performance d'un procédé d'épuration OXILAG cas du lagunage de la ville de Mekmen Ben Ammar wilaya de NAAMA mémoire de magistère en sciences de l'environnement et climatologie université Es sénia Oran 71pp.

RAMMADE F. (2000)., Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience international, Paris, 689p.

ROBERT G. MALIVA·THOMAS M., (2012). Arid Lands water evaluation and Management. 1076pp.

RODIER.J, LEGUBE.B, MERLET.N ; (2009). L'analyse de l'eau. Dunod, Paris, 9e édition1526pp.

SATIN M; BELMI S : Agence de l'eau seine-normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre.

SHWEDT. G, (1993). Atlas de poche des méthodes d'analyses. 234 pp.

SLIMANI. R.(2006), Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines) mémoire de magistère en Agronomie Saharienne option protection des écosystème en zones arides 90pp.

THOMAZEAU R. (1981). Stations d'épurations. Eaux potables – Eaux usées. Précise théoriques et technologique, éd. Technique et documentation, 435 p.

TRADAT, M. H.,(1992). Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, Canada. 537p.

TILLEY, E. et all. (2008). Compendium des systems et technologies d'assainissement, edition sandec (The Department of Water and Sanitation in Developing Countries of Ewag, the swiss federal institute of aquatic science and technology.

PROBST J.L., (1985). Nitrogen and phosphorus exportation in the garonne basin (France). J of Hydril. n° 76, pp. 281-305.

PROBST J.L., (1992). Exportation des nitrates et des phosphates par les eaux fluviales. Les Echoos de de l'Hydrometri et de l'Hydrpologie, n°5, pp. 9-10.

ANNEX

Tableau A1. Variation amont-aval des valeurs moyennes des paramètres physicochimique des eaux usées à la station d'épuration de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

	Janvier 2015					Février 2015					Mars 2015				
	T°	pH	Sal g/l	Cond	O2 mg/l	T°	pH	Sal	Cond	O2	T°	pH	Sal	Cond	O2
E	19,5	8,1	12,5	18017	1,6	20	7,7	11,8	20135	0,8	22,5	7,4	6,8	11840	0,8
S	13,8	7,6	10,6	18172	2,1	14,2	7,7	10,5	17870	2,3	18,6	7,4	7,4	13599	3,4

Tableau A2. Evolution amont-aval des concentrations en DBO₅ (en mg/l) des eaux usées à la STEP de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Janvier		Février		Mars	
Entrée	sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
136,7	18,00	240	31,7	123,3	28
Dim 86,8%		Dim86,8 %		77,3%	

Tableau A3. Evolution amont-aval des concentrations en DCO (en mg/l) des eaux usées à la STEP de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Janvier		Février		Mars	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
358,09	90,73	401,25	97,40	305,33	81,67
74,66 %		75,72 %		73,25 %	

Tableau A4. Evolution amont-aval des concentrations en MES (en mg/l) des eaux usées à la STEP de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Janvier		février		Mars	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
94,50	55,25	225,25	57,50	149,33	74,50
Dim 41,53 %		Dim 74,47 %		Dim 50,11 %	

Tableau A5. Evolution amont-aval des concentrations en NH₄ (en mg/l) des eaux usées à la STEP de Ouargla au cours des différentes campagnes d'étude.

Janvier		Février		Mars	
Entrée	sortie	Entrée	sortie	Entrée	sortie
33,55	30,20	28	27,13	34,60	27,60
Dim % 10		Dim 21 %		Dim 20 %	