

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

Département Génie des Procédés



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences Techniques

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie de l'environnement

Présenté par: RAHMANI Abdellatif

Thème :

**EPURATION DES EAUX USEES DE LA REGION
DE N'GOUSSA (OUARGLA) PAR DES VEGETAUX
PERFORMANCES EPURATOIRES**

Soutenu publiquement le : juin 03/06/2015

Devant le jury composé de:

Mr. CHAOUKI Mourad	M.A.A Université d'Ouargla	président
Mlle. CHAOUCH Noura	M.C.B Université d'Ouargla	Examinatrice
Mr. BEBBA Ahmed Abdelhafid	M.C.A Université d'Ouargla	Promoteur

Année universitaire: 2014-2015

Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de sa vie avec

Les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste

Travail à:

- L'être le plus cher de ma vie; mes parents.

(Abderazek et Daouia)

- Ma femme et mes enfants : Razika; Imane; Reumaissa; Moiz; Baraa; Alaa; Djomana

- Mes chers frères.

- Mes chères sœurs.

- Toute ma famille.

- A tous mes amies et mes collègues.

- Et une mention spéciale

(Louazene Ahmed et Antire rabha)

(Koul A/Momane, Louzene: Abdo, Hako et ramossa, Abderaouf, Amine)

- Tous ceux que j'aime et je respecte.

Rahmani Abdellatif



Remerciements

Avant tout, je remercie le DIEU, qui m'a aide à réaliser ce travail.

Je remercie tout les membres de jury:

Commençant par le président Monsieur CHAOUKI Mourad M.A.A à l'université de Ouargla d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire et la examinatrice: CHAOUCH Noura d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Comme je remercie mon encadreur, Monsieur MC(A) ; BEBBA Ahmed Abdelhafid qui a été pour moi un fidèle orienteur, et un énorme soutien.

Ainsi ma sincère épouse qui m'a donné le courage.

Je tiens à remercier Monsieur ZITOUNI Said Directeur de ONA, Pour accepter mon stage dans la STEP. Et l'encouragement de la recherche scientifique dans la wilaya d'Ouargla. Je tiens à remercier Monsieur Hamdate djalale Chef de Service de la Direction ONA pour son aide.

Un grand merci à la responsable Chatouh Abdesleme chef de STEP pour son aide, qui m'apporté, en m'ouvrant les portes du laboratoire, son soutien tant moral que matériel, pour sa générosité. pour sa patience et sa générosité et son équipe de STEP Ouargla et surtout les ingénieurs du laboratoire, ainsi que tous les agents de la STEP de N'goussa.

Je dis merci à Monsieur Tabchouche Ahmed Chef de Département de Génie des Procédés à l'université d'Ouargla pour ses encouragements.

Nous tenons aussi à remercier tous les professeurs qui nous ont aidés et qui ont contribué à notre formation durant la période de nos études universitaires.

Pour éviter d'omettre des noms, je remercie tout le monde qui de loin ou de près à contribué à la réussite de ce mémoire.



Résumé

Notre travail qui a eu durant la période allant du 01/02/2015 au 30/04/2015. à la station d'épuration de N'goussa, le présent travail porte sur l'étude de la qualité des eaux usées urbaines traitées au niveau de la station a porté par macrophytes (*Phragmites communis Trinius*), s'est axée sur la variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques, en fonction du temps de séjour de traitement. Le travail effectué est purement expérimental, nous avons suivi des performances épuratoires dans le contexte d'un climat aride à savoir la région de N'goussa. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des plantes de roseaux pour l'épuration des eaux usées, se fait avec très bonne rendements d'épuration qui prouvé l'efficacité dans ce système dans la réduction de lapollution.

On constate une réduction de paramètres indicateurs de pollution 80.36 % (DCO), 92.40% (DBO₅), 73.93 % (MES), 37.89 % (N-NH₄⁺), 40.38 % (PT). La qualité des eaux épurées est conforme aux normes algériennes de rejet des eaux usées. Elles sont riches en nitrates et de phosphore, ce qui évité l'achat des engrais, de sorte qu'elles peuvent être utilisées pour l'irrigation des arbres non productifs et palmiers selon les paramètres de la FWO. Ce système de traitement des eaux usées est économique et peut être exploité sans consommation produits chimiques et c'est aussi une alternative écologique. Bien que la station de N'goussa qui fonctionnée par debit (800 m³ / j) est supérieure à la station de WWG du Vieu Ksar de Temacine de debit (15m³ / j) de plus de cinquante fois, mais elle a donné des résultats similaires en particulier en termes d'élimination des matières organiques. Grâce aux résultats obtenus, nous pouvons juger de l'efficacité de cette station, qui peut être généralisée dans les villages et en milieu rural, pour de densité moyenne des habitants.

Mots clés: La phytoépuration - *Phragmites communis Trinius* - Performance - Eaux usées - Pollution - N'Goussa



المخلص

إمتد عملنا خلال الفترة من 2015/ 02/01 إلى 2015/04/30. في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بللقوسة، ويرتكز هذا العمل على دراسة نوعية مياه الصرف الصحي الحضرية المعالجة في المحطة التي تعتمد على نبات القصب والتي تتمحور على التغييرات في المعايير الفيزيائية والكيميائية وال بيولوجية خلال زمن المعالجة. العمل المنجز هو تجريبي بحت، لتتبع نجاعة التنقية في حالة المناخ الجاف لمنطقة أنقوسه، إذ أثبتت نتائج التجربة كفاءة نبات القصب في هذا النظام ودوره الفعال من خلال اختزال أبرز مؤشرات التلوث، حيث أعطت مردود جيد في إزالة الملوثات. لوحظ إنخفاض في المعايير التالية: (N- NH₄⁺) % 37.89, (MES) % 92.40, (DBO₅) 73.93, (DCO) % 80.36, (PT) % 40.38.

نوعية المياه المعالجة تلبي المعايير الجزائرية لتصريف مياه الصرف الصحي. وهي غنية بالنترات و الفسفور مما يغنينا عن شراء الأسمدة، لذا يمكن إستخدامها في ري الأشجار غير المثمرة و النخيل حسب معايير المنظمة العالمية للزراعة، و يتبين أن هذا النظام إقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي بإستغلال منخفض التكلفة دون إستهلاك للطاقة والمواد الكيميائية، لذا يمكن استخدامه كبديل صديق للبيئة.

على الرغم من أن محطة أنقوسه التي تعمل بتدفق (800 m³/j) تفوق محطة القصر العتيق تماسين (15 m³/j) بأكثر من خمسين مرة، ولكنه أعطت نتائج مماثلة ولا سيما من حيث إزالة المواد العضوية.

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها، يمكننا الحكم على مدى فعالية هذه المحطة، التي أثبتت أنه يمكن تعميمها في القرى و الأرياف متوسطة الكثافة السكانية.

الكلمات المفتاحية: التنقية عن طريق النباتات - نبات القصب - الأداء - مياه الصرف الصحي - تلوث المياه - أنقوسه

Abstract

Our work has had during the period from 02.01.2015 to 04.30.2015. the wastewater treatment plant N'goussa. the present work focuses on the study of the quality of urban waste water treated at the station carried by macrophyte (*Phragmites communis Trinius*). Has focused on the change of physicochemical and biochemical parameters, depending on the processing residence time. The work done is purely experimental, we followed the treatment performance in the context of an arid climate of the region namely N'goussa. The results show that the use of reed plants for wastewater treatment, is done with very good yields épurationnce which proved the efficiency in this system in the reduction of Pollution. There was a 80.36% reduction of pollution indicators parameters (COD), 92.40% (BOD5), 73.93% (MES), 37.89% (N-NH₄⁺), 40.38% (PT). The quality of treated water meets the Algerian standards of wastewater discharge. They are rich in nitrogen and phosphorus, which avoided the purchase of the fertilizer, so they can be used for irrigation of non-productive trees and palms within the parameters of the FWO. The wastewater treatment system is economical and can be operated without chemicals consumption and is also an environmentally friendly alternative. Although N'goussa station that works by flow (800 m³ / d) exceeds the WWG station Vieu Ksar Temacine debit (15m³ / d) over fifty times, but it gave similar Results especially in terms of removal of organic material. With the results obtained, we can judge the effectiveness of this resort, which is widespread in villages and rural areas, to medium density of inhabitants.

Keywords: The phytopurification - *Phragmites communis Trinius* - Performance - Wastewater - Pollution - N'goussa

∴



Sommaire

Introduction	01
CHAPITRE I - GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS RAITEMENTS	
I -1-Définition des eaux usées	04
I- 2-Les différents types d’eaux usées	04
I -2-1-Eaux usées domestiques	04
I -2-2-Eaux usées industrielles	04
I -2-1-Eaux usées domestiques	04
I -2-2-Eaux usées industrielles	04
I -2-3-Eaux usées pluviales	05
I -2-4-Eaux usées urbaines	05
I -2-5- Eaux usées d’irrigation	05
I -2-6- Eaux usées de drainage	05
I-3-Assainissements	05
I-3-1-Type de réseaux	05
I-3-1-1-Le système unitaire	06
I-3-1-2-Le système séparatif	06
I-3-1-3-Le Système mixte	06
I-3-2-Régime d'hydraulique (Débit)	06
I-4-La pollution des eaux	06
I-4-1-Définition de la pollution des eaux	06
I-4-2- Principaux types de pollutions	06
I-4-2-1-La Pollution physique	06
a)-La Pollution thermique	06
b)-La Pollution radioactive	06
I-4-2-2- Pollution chimique	07
a)- La pollution minérale	07
b)-La pollution organique	07
c)-La pollution agricole	07
I-4-2-3-La pollution microbiologique	07
I-4-3- Sources de pollution	08
a)-Pollution ponctuelle	08
b)-Pollution diffuse	08

I-4-3-1- La nature de produits polluants et leurs origines	08
I-5-Paramètres de mesure de la pollution	08
I-5-1-Paramètres physico-chimique	09
I-5-1-1-La demande chimique en oxygène (DCO)	09
I-5-1-2-La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	09
I-5-1-3-La notion de biodégradabilité	09
I-5-1-4-Les matières en suspension (MES)	09
I-5-1-5-L'oxygène dissous	10
I-5-1-6-Conductivité (CE)	10
I-5-1-7-Température	10
I-5-1-8-Potentiel hydrogène (pH)	10
I-5-1-9-Azote	10
I-5-1-10-L'ammonium (NH ₄ ⁺)	11
I-5-1-11- Phosphore	11
I-5-1-12-Micropolluants	11
I-5-2-Paramètres biologiques	11
I-5-2-1-Les Virus	11
I-5-2-2-Les bactéries	12
I-5-2-2-1-Les bactéries aérobies	12
I-5-2-2-2-Les bactéries anaérobies	12
I-5-2-2-3-Les bactéries facultatives anaérobies	12
I-5-2-2-4-Helminthes	12
I-6-Relation bactéries-milieu environnant	13
I-7-Relation bactéries-substance nocives	13
I-8-Norme de rejet	13
I-9-Le traitement	13
I-9-1-Les principales étapes de traitement	13
I-9-1-1-Les procédés physiques: (Le prétraitement)	13
I-9-1-1-1-Dégrillage	13
I-9-1-1-2-Dessablage	14
I-9-1-1-3-Déshuilage et dégraissage	14
I-9-1-2- Les procédés physico-chimiques: (Le traitement primaire)	14
I-9-1-2-1- Décantation	14
I-9-1-2-2- Coagulation-floculation	14

I-9-1-3- Procédés Biologiques d'épuration	15
I-9-1-3-1-Procédés intensifs et extensifs d'épuration:	15
I-9-1-3-1-1- Les procédés intensifs	15
a)- Disques biologiques (Biodisques)	15
b)- Lit bactérien aérobie	16
c)- Boues actives	16
I-9-1-3-1-2- Avantages et inconvénients des différentes filières intensifs	17
I-9-1-3-1-3- Les procédés extensifs	17
a)- L'infiltration-percolation sur sable	17
b)- lagunage naturel	18
c)- Lagunage aéré	19
d)- Lagune à macrophytes	19
e)- Lagune à microphytes	20
f)- Système Waste Water Gardens (WWG)	20
I-9-1-2-1-4-Avantages et inconvénients des filières extensifs	20
I-9-1-4-Traitements tertiaires	21
I-9-1-4-1-Traitements tertiaires par Lagune à macrophytes	21
I-9-1-4-2-Traitements tertiaires par filtre sableux	21
I-9-1-4-3-Le traitements tertiaires par Procédé de déplacement Nutritif biologique	21
I-9-1-4-4-Le traitements tertiaires par l'adsorption sur charbon actif	21
I-9-1-4-5-Le traitements tertiaires par La désinfection	22
I-9-5-Réutilisation des eaux usées traitées	22
I-9-5-1-En agriculture	22
I-9-5-2-En industrie	22
I-9-5-3-Usage domestique et municipal	22

CHAPITRE II LA PHYTOEPURATION

II-1-Introduction	24
II-2-Définition de l'épuration	24
II-2-1-Principe de traitement	24
II-2-2-Les étapes de traitement par bassins filtres plantés	25
II-2-2-1-Un traitement physique	25
II-2-2-2-Un traitement chimique naturel	25
II-2-2-3-Un traitement biologique	25

II-2-2-4-Un traitement tertiaire	25
II-3-Types de traitements	25
II-3-1-Selon les végétaux utilisés	25
II-3-2-Selon le mode d'écoulement	26
II-3-2-1-Les filtres plantés à écoulement vertical	26
II-3-2-1-1-Principe de fonctionnement	26
II-3-2-1-2-Performances	27
II-3-2-1-3-Bases de dimensionnement	27
II-3-2-1-4-Mise en œuvre	28
II-3-2-1-4-1-Alimentation	28
II-3-2-1-4-2-Matériau	28
II-3-2-1-4-3-Evacuation	28
II-3-2-1-4-4-Plantation	29
II-3-2-1-5-La nitrification	29
II-3-2-1-6-Exploitation	29
II-3-2-2-Les filtres à écoulement horizontal	30
II-3-2-2-1-Principe de fonctionnement	30
II-3-2-2-2-Performances	31
II-3-2-2-3-Bases de dimensionnement	31
II-3-2-2-4-Mise en œuvre	32
II-3-2-2-4-1-Compartimentation	32
II-3-2-2-4-2-Pente	32
II-3-2-2-4-3-Matériaux	32
II-3-2-2-4-4-Végétaux	32
II-3-2-2-5-La dénitrification	32
II-3-2-2-6- Avantages et inconvénients des filtres plantés à écoulement vertical et filtres à écoulement horizontal	34
II-3-2-3-filtres plantés à écoulement mixte	34
CHAPTER III EXPERIMENTATION	
III-1-Présentation	36
III-1-1-Présentation de la région d'étude	36
III-1-1-1- Données climatologique de la région d'étude (1996- 2013)	36
III-1-1-1-1-La température	36
III-1-1-1-2-Pluviosité	36

III-1-1-1-3-Les vents	37
III-1-1-1-4-L'Humidité	37
III-1-1-1-5-L'évaporation	37
III-1-1-1-6-Insolation	37
III-1-2- Présentation de la zone d'étude	37
III-1-3-Présentation de la station (STEP N'goussa)	38
III-2-Les étapes de fonctionnement de la station	40
III-2-1-Station de pompage	40
III-2-2-Répartiteur	40
III-2-3-Les bassins	41
III-3-Fiche descriptives de l'espèce utilisée	42
III-3-1-Caractéristique et identifications	42
III-3-1-1-Description	42
III-4-Matériels et méthodes	43
III-4-1-Appareillage	43
III-6-2-Produits chimiques	44
III-6-3-Echantillonnage	44
III-6-3-1-Période de prélèvement	44
III-6-4-Techniques d'analyse des eaux	45
III -6-4-1-Mesure de la DCO	45
III-6-4-2-Mesure de la DBO ₅	46
III-6-4-3-Matières en suspension (MES)	47
III -6-4-3-1-Préparation des filtres par l'eau distillée	47
III-6-4-3-2-Filtration de l'échantillon	47
III-6-4-4-Mesure de l'ammonium (NH ₄ ⁺)	48
III -6-4-5-Mesure de nitrite (N-NO ₂ ⁻)	48
III -6-4-6-Mesure de nitrate (N-NO ₃ ⁻)	48
III -6-4-6-Phosphore Total (PT)	49
III-6-4-7- Ortho Phosphate (P-PO ₄ ³⁻)	49
II-6-4-7-Mesure de conductivité électrique, salinité et la température, le pH et l'oxygène dissous	50

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV-Résultats et discussion	52
IV-1- Qualité des eaux brutes au niveau de la STEP	52



IV-2- Qualité des eaux traitées au niveau de la STEP	53
IV-4-Choix du procédé de traitement des eaux usées urbaines	54
IV-5-Evolution	54
IV-5-1-Evolution la température	54
IV-5-2-Evolution du pH	55
IV-5-3- Evolution de la conductivité	56
IV-5-4-Evolution d'oxygène dissous	57
IV-5-5-Demande chimique en oxygène (DCO)	58
IV-5-6-Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	59
IV-5-7-Matières en suspension (MES)	60
IV-5-8-Evolution l'ammonium N-NH ₄ ⁺	61
IV-5-9-Evolution nitrite	62
IV-5-10-Evolution nitrate	63
IV-5-11-Evolution phosphore totale (PT)	64
IV- 3-Etude de l'efficacité de filtre planté de roseau appliqué au niveau de la STEP	65
Conclusion	67
Bibliographie	69
ANNEXES	
Annexe 01	75
Annexe 02	79
Annexe 03	80

LISTE DES TABLEAUX

N°	TABLEAU	PAGE
Chapitre II La phytoépuration		
01	Exploitation des filtres plantés à écoulement vertical	29
02	Différentes enzymes intervenant dans la dénitrification	32
03	Exploitation des filtres plantés à écoulement horizontal	33
04	Avantages et inconvénients des filtres plantés à écoulement vertical et filtres à écoulement horizontal	33
Chapitre III Expérimentation		
05	Liste des appareils employés	43
06	Liste des produits chimiques	44
07	Volume d'échantillon d'après la DCO	46
Chapitre IV Résultats et discussion		
08	Résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO ₅ , N-NH ₄ ⁺ , PT, PO ₄ ³⁻ O ₂ (dissous) à l'entrée de STEP	52
09	Résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO ₅ , N-NH ₄ ⁺ , PT, PO ₄ ³⁻ O ₂ (dissous) à la sortie de STEP	53
10	Type de traitement convenable pour les eaux usées urbaines	54
11	Rendement de traitement (%)	65
ANNEXE 01		
12	Seuil de toxicité de différentes substances en épuration biologique aérobie	75
13	Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie	75
14	Avantages et inconvénients des filières intensives	76
15	Avantages et inconvénients des filières extensives	77
ANNEXE 02		
16	Données climatiques de la ville d'Ouargla (1996- 2013)	79
ANNEXE 03		
17	Les résultats globales d'analyses d'épuration des eaux usées par roseaux de N'goussa	80
18	Les résultats globales d'analyses (récemment mesurées) d'épuration des eaux usées par roseaux de N'goussa	81
19	Grille de classification des eaux.	81
20	Variation de la température des eaux brutes et traitée dans le temps	82
21	Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps	82
22	Variation de la conductivité des eaux usées brutes et traitées dans le temps	83
23	Variation de O ₂ (dissous) des eaux usées brutes et traitées dans le temps	83
24	Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps	83
25	Variation de la (DBO ₅) des eaux brutes et traitées dans le temps	84
26	Variation de MES des eaux usées brutes et traitées dans le temps	84
27	Variation de N-NH ₄ ⁺ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	85
28	Variation de N-NO ₂ ⁻ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	85
29	Variation de N-NO ₃ ⁻ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	86
30	Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps	86
31	Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.	87

LISTES DES FIGURES

N°	FIGURES	PAGE
Chapitre I – Généralité sur les eaux usées et leurs traitements		
01	La nature de produits polluants et leurs origines	08
02	Disques biologiques	15
03	Lit bactérien aérobie	16
04	Schéma de base du procédé de boues actives	16
05	Infiltration-percolation étanchée et drainée	17
06	Cycles Biologiques d'une lagune	18
07	Le principe d'un lagunage aéré	19
08	Système Waste Water Gardens (WWG)	20
Chapitre II La phytoépuration		
09	Le principe de traitement	24
10	Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical	26
11	Schéma de conception des premier et second étages	28
12	Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal	30
CHAPITRE III Expérimentation		
13	Carte géographique Ouargla	36
14	Carte géographique de N'goussa	37
15	Schéma général de la station d'épuration N'GOUSSA	39
Chapitre IV Résultats et discussion		
16	Variation de la température des eaux brutes et traitée dans le temps	55
17	Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps	55
18	Variation de la conductivité des eaux usées brutes et traitées dans le temps.	56
19	Variation de l'oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées dans le temps.	57
20	Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps	58
21	Variation de la (DBO ₅) des eaux brutes et traitées dans le temps	59
22	Variation de MES des eaux usées brutes et traitées dans le temps	60
23	Variation de N-NH ₄ ⁺ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	61
24	Variation de N-NO ₂ ⁻ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	62
25	Variation de N-NO ₃ ⁻ des eaux usées brutes et traitées dans le temps	63
26	Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps	64

LISTES DES PHOTOS

N°	PHOTO	PAGE
Chapitre III Expérimentation		
01	STEP N'GOUSSA (Source: Google earth)	38
02	Station de pompage	40
03	Répartiteur	40
04	filtre planté de roseaux	41
05	Regard de rassemble l'eau traitée	41
06	<i>Phragmites communis Trinius</i> (STEP N'GOUSSA).	42
07	Le système de test en cuve	45
08	DBO mètre	46
09	Dispositif de filtration sous vide	47
10	pH-mètre	50
11	Oxymètre	50
12	Conductimètre	50

Listes des abréviations

Abréviations	Signification
ONA	Office National de l'Assainissement
STEP	Station d'Epuraton
OMS	Organisation Mondiale de la santé
FAO	Food and Agricultural Organisation
O.N.M	Office National de Météorologie
EH	Equivalent Habitant
K	Degré de biodégradabilité de la matière organique
DBO5	Demande biochimique en oxygène en 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
CE	Conductivité Electrique
Sal	Salinité
pH	Potentiel d'hydrogène
MES	Matières en suspension
VF	Vertical Free Flow
HF	Horizontal Free Flow

Introduction

L'eau est un élément de la vie quotidienne et pivot des civilisations depuis l'antiquité, Cette élément de la vie facilement utilisé et difficilement obtenu, présente aujourd'hui une rareté majeure à l'échelle du globe. En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

Ces eaux, rejetées dans la nature à l'état brute, sont un foyer de développement et de propagation de certains insectes nuisibles (les moustiques notamment) de maladies (typhoïde, choléra...) et contaminent la nappe phréatique très proche de la surface, de plus l'élargissement de ce plan d'eau, menace les palmerais avoisinantes et aussi la niche écologique, et à chaque fois que possible de nouvelles techniques de dépollution des eaux visant parfois sa réutilisation et d'autres fois la protection de l'environnement à travers la préservation des zones humides.

Parmi les stratégies de résolution de ce problème le traitement par filtre planté de macrophytes, c'est l'utilisation rationnelle des eaux, et la réutilisation des eaux après traitement surtout en industrie et dans l'agriculture qui permettent de conserver l'eau potable seulement pour l'usage domestique.

L'étude et le travail sur l'épuration dans des milieux plantés de macrophytes ont été mis en évidence dès l'année 1946 Les premières recherches, du Pr. De biologie Käte SEIDEL La technologie des filtres plantés de macrophytes pour le traitement des eaux de collectivités est une technique au développement récent. Apparue en France dans les années 80, ce type de traitement a vu son développement s'accroître depuis 1997. Est utilisé dans les pays Maghrébines, notamment la Tunisie et la Maroc depuis 2000. En Algérie et réalisé depuis 2004 dans la daïra de Témacine (vieux ksar), et mise en service à titre expérimental en juillet 2007. La WWG de Témacine est dimensionnée pour traiter 15 m³d'eaux principalement par jour.

La station de Témacine obtenu de bons rendements dans la purification DCO = 84.25 %, DBO₅ = 83.44%, MES = 94.50 % [32].

Ce procédé est aujourd'hui privilégié par de nombreuses collectivités grâce à son efficacité, son faible coût de mise en œuvre et de maintenance ainsi que sa bonne insertion dans le paysage rural notamment.

C'est une technologie simple d'exploitation et qui est bien acceptée par la population grâce à son caractère naturel.

La région objet de notre étude, à savoir, la région de N'goussa wilaya de Ouargla est une région rurale.

Les origines de ces eaux sont multiples notamment l'assainissement urbain et le drainage des palmeraies.

Afin de résoudre définitivement ce problème, les pouvoirs publics ont mis en place une station d'épuration (STEP) localisée à N'goussa par l'évacuation des eaux excédentaires vers la Sebket de N'goussa située à 02 Km au l'ouest de la ville de N'goussa.

L'évacuation des eaux doit obligatoirement passer par un procédé de traitement d'où l'idée de réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation, et emploi les filtres plantés de roseaux type écoulement vertical comme technique d'épuration sur une surface de 0.9072 hectare, avec une capacité de traitement actuelle de 800 m³/j apte à une éventuelle extension.

Ce mode d'épuration est choisie pour la définition d'un thème de recherche dans notre région et précisément dans la région de n'goussa.

Le travail mené est purement expérimental pour vérifier la faisabilité et la performance épuratoire de l'installation d'un dispositif d'épuration des eaux usées à base de macrophytes est d'étudier l'efficacité de la station, qui est une extension de l'expérience de station de témachine cette dernière est inférieure à cinquante fois station de N'goussa.

L'espèce utilisée est très répandue dans la région de N'goussa le *Phragmites communis Trinius* appelé le roseau et localement Guessab.

Notre travail consiste à contrôler le processus d'épuration des eaux usées durant leurs passages par les bassins cultivés de *Phragmites communis Trinius*, et à faire un bilan partiel de la composition de l'eau à l'entrée et à la sortie du dispositif.

Le travail est présenté en quatre parties:

La première est réservée à des définitions et notions sur la pollution des eaux et leurs traitements.

La deuxième partie concerne la phytoépuration des eaux usées.

La troisième le matériel et méthode utilisés dans l'étude.

La dernière partie est celle des résultats et discussion pour terminer par une conclusion.

CHAPITRE I
GENERALITE SUR LES EAUX USEES
ET
LEURS TRAITEMENT

CHAPITRE I: GENERALITE LES EAUX USEES

I-1-Définition des eaux usées:

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent, sont des eaux chargées des résidus de matière organique ou minérale, solubles ou non, provenant de l'activité humaine, industrielle et agricole.

Ce sont les eaux évacuées résultant de toutes les activités humaines journalières.

Elle représente une fraction du volume des ressources en eaux utilisable mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel [59].

La plus part des eaux usées sont pathogènes, elles peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé publique. On peut distinguer selon leurs origines.

Les substances dangereuses indésirables et toxiques, un peu biodégradables dans le milieu aquatique telles que les hydrocarbures les microorganismes apportés par les matières fécales [7].

Généralement on parle **d'eaux grises** pour toutes les eaux de lavage et **d'eaux noires** pour les eaux fécales des WC que l'on appelle aussi **eaux vannes**.

Cette différence de couleur traduit le niveau du risque sanitaire

I-2-Les différents types d'eaux usées:

I-2-1-Les eaux usées domestiques:

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, des établissements et services résidentiels, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères, ces eaux usées comprennent les eaux ménagères, et des eaux de toilettes (eaux des vannes).

- **Les eaux ménagères** contiennent des matières en suspensions (terre, sable, déchets, Végétaux et animaux, matières grasses plus ou moins émulsionnées, fibres diverses) et des matières dissout (sels minéraux et substances organiques déverses) [60].

-**Les eaux vannes** contiennent des matières minérales, de la cellulose, des lipides, des protides de l'urée, de l'acide urique, des aminoacides, des acides gras, des alcools, des glucides [60].

I-2-2-Les eaux usées industrielles:

Elles sont très différents des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

Tous effluents ou rejets industrielles obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels [47].

Elles contiennent des matières organiques et minérales et éventuellement des matières toxiques qui peuvent entraîner un déséquilibre écologique des milieux récepteurs et nécessitent un traitement spécial selon la nature de polluant et des composés des eaux usées de la part des industrielles avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte [7].

I-2-3-Eaux usées pluviales:

Les eaux issues du ruissellement qui sont rejetées après la pluie, la neige fondue.

La composition des eaux de pluies météoriques est très variable d'une zone géographique à l'autre car elle dépend fortement des émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère.

I-2-4-Eaux usées urbaines:

Elles comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques de la terre, des limons, des boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants, hydrocarbures, pesticides, détergents, etc [60].

I-2-5-Eaux usées d'irrigation:

L'utilisation massive des engrais chimique en agriculture peut donner lieu à une pollution des nappes souterraines par suite de l'entraînement dans le sol des constituants les plus habituellement contenus dans les engrais tels que les nitrates, et le potassium. Aussi, la pollution des eaux par les pesticides, en particulier par les herbicides consécutifs au ruissellement et au lessivage des terres cultivées environnantes, peut ralentir ou même inhiber le développement de la microflore [6].

I-2-6-Eaux usées de drainage:

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage.

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures.

Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terre perméable.

Les fuites d'eau dans les réseaux de distribution et de collecte des eaux usées, la restitution à partir des colatures, contribuent à l'alimentation de la nappe phréatique [10].

I-3-Assainissement:

L'assainissement d'eaux usées dépend essentiellement du type de réseaux et régime d'hydraulique.

I-3-1-Type de réseaux:

L'assainissement en région de N'goussa est majoritairement de type collectif. On distingue les régimes d'assainissement :

- système unitaire (collectif)
- système séparatif (autonome)
- système mixte

I-3-1-1-Le système unitaire:

Qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées urbaines et les eaux pluviales.

I-3-1-2-Le système séparatif:

L'assainissement autonome est établi pour les zones à habitat dispersé, où la collecte des eaux usées par un réseau d'égouttage en vue de leur assainissement dans une station d'épuration collective est techniquement ou financièrement irréaliste.

Comportant deux réseaux de canalisations différentes, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées [28].

I-3-1-3-Le Système mixte:

Comportant les deux systèmes (unitaire et séparatif).

I-3-2-Régime d'hydraulique (Débit): [28].

En fonction du volume des eaux usées rejeté par habitant et par jour, le volume d'eau augmente généralement avec la taille de l'agglomération et varie en fonction des habitudes de vie, du niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable

I-4-La pollution des eaux:**I-4-1-Définition de la pollution des eaux:**

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui perturbe l'équilibre de cette eau induit d'importantes nuisances, mauvaise odeur, fermentation, inconfort divers, risque sanitaire, etc [40].

I-4-2-principaux types de pollutions des eaux:**I-4-2-1-La Pollution physique:**

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle.

On peut la répartir en deux classes: thermique et radioactive [4].

a)-La Pollution thermique:

Provoquée par l'accroissement excessive de la température de l'eau, par suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industrielles spécialement les centrales énergétiques [42],[14].

Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un dés équilibre écologique.

b)-La Pollution radioactive:

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs).Les éléments radioactifs

s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensible aux rayonnements [47].

I-4-2-2-La Pollution chimique:

Les produits chimiques qui polluent l'eau sont issus des engrais et des produits phytosanitaires qu'on utilise, comme les insecticides ou pesticides.

Ces produits peuvent être charriés par les eaux de ruissellement et polluer les nappes phréatiques. Les engrais chimiques sont transportés dans les lacs ou les rivières par les eaux de pluie et entraînent ainsi la dégradation de l'eau.

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, soit à cause des déchets industriels charriés par les eaux de ruissellement ou déversés directement dans les rivières ou dans la mer. L'eau peut également être polluée par les métaux, les plus dangereux étant ceux employés dans les industries.

a)-La pollution minérale:

Elle est constituée essentiellement Les cyanures des métaux lourds en provenance des industries métallurgique.

b)-La pollution organique:

La pollution organique constitue la partie la plus importante et comprend essentiellement des composés biodégradables, les protides, les lipides, les glucides, hydrocarbures, détergents [11].

Fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...)

c)-La pollution agricole:

L'utilisation excessive d'engrais chimiques et des pesticides pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau.

Les pesticides constituent un problème majeur pour l'environnement. On inclut dans les pesticides toutes les substances avec les quelles on combat les animaux et végétaux nuisibles à l'homme et aux êtres vivants supérieurs.

I-4-2-3-La pollution microbiologique:

Se manifeste lors de l'existence de certains types de micro-organisme capables de se proliférer dans l'eau [1].

Un grand nombre de micro-organisme peut proliférer dans l'eau, qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont :

- Les bactéries;
- les virus;
- les parasites;
- les champignons [60].

I-4-3-Sources de pollution:

a)-Pollution ponctuelle:

Il s'agit d'une source de pollution chronique ou accidentelle, relativement facile à localiser géographiquement. Elle est formée par des déversements domestiques, industrielles, pluviales et urbains plus ou moins abondants et partiellement ou non traits

b)-Pollution diffuse:

Cette source de pollution est difficile à localiser géographiquement et par conséquent difficile à maîtriser. Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols par des polluants d'origine atmosphérique ou agricoles

I-4-3-1- La nature de produits polluants et leurs origines:

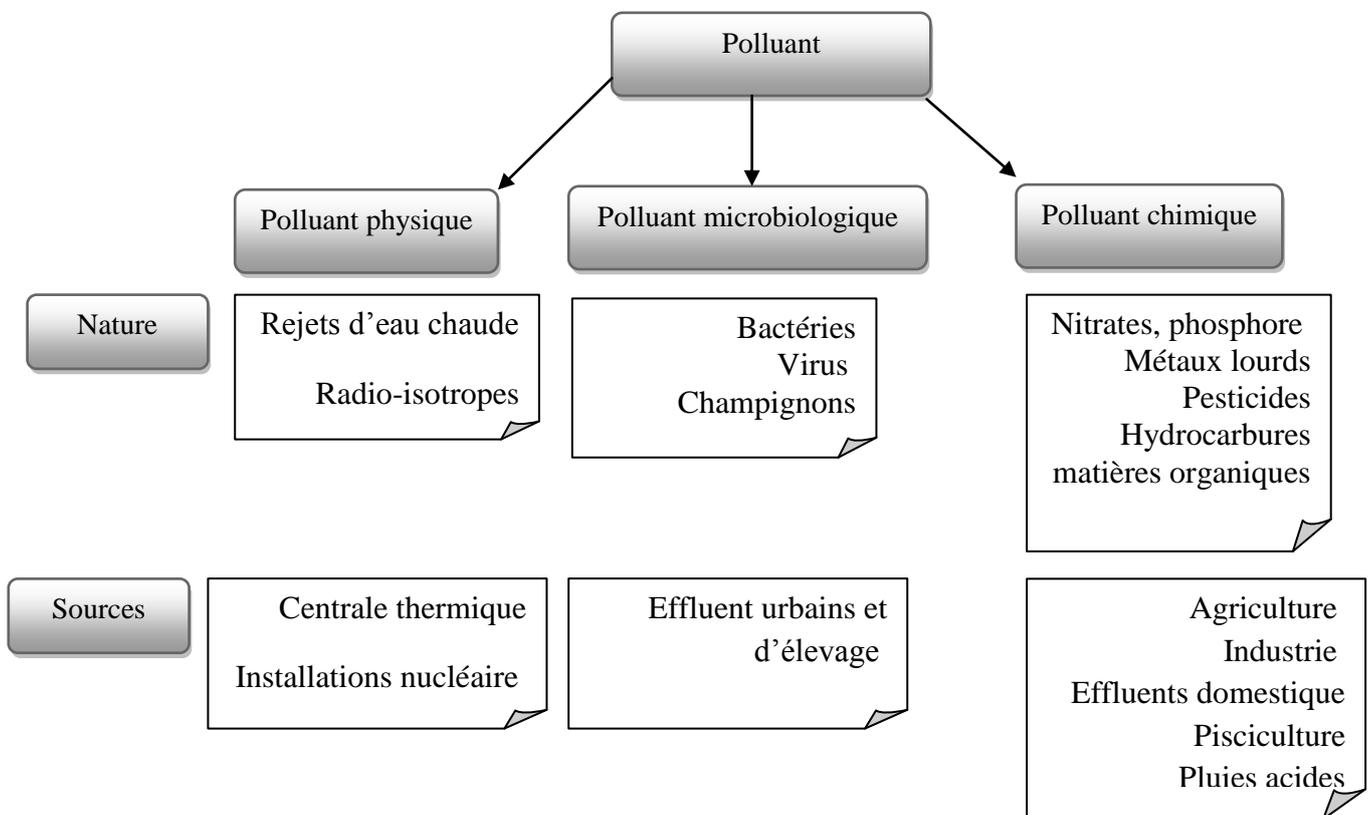


Figure (01) : La nature de produits polluants et leurs origines

I-5-Paramètres de mesure de la pollution:

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe, et l'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et microbiologique et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. Parmi ces paramètres on cite les plus importants.

I-5-1-Paramètres physico-chimique:**I-5-1-1-La demande chimique en oxygène (DCO):**

Représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation de toute matière contenue dans les eaux usées qu'elle soit biodégradable et non biodégradables présentes dans l'eau usée [30],[63]. Exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h [52],[23],[12].

**I-5-1-2-La demande biochimique en oxygène (DBO₅):**

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire en mg/l aux micro-organismes pour oxyder pendant cinq (5) jours à l'obscurité et à 20 °C les matières biodégradables présentes dans l'eau usée [19],[14].

**I-5-1-3-La notion de biodégradabilité:**

Le rapport **K** donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5 \quad (\text{équation 01})$$

On convient généralement des limites suivantes:

La biodégradabilité d'une eau est exprimée par le coefficient K.

Si:

$K < 2$ l'effluent est facilement biodégradable, un traitement biologique est recommandé.

$2 < K < 3$ l'effluent est moyennement biodégradable, un traitement biologique avec adaptation de souches est le plus adéquat dans ce cas.

$K > 3$ l'effluent n'est pas biodégradable, un traitement physico-chimique est préconisé [50],[64].

I-5-1-4-Les matières en suspension (MES):

La détermination des matières en suspension est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre pollution dissoute et pollution sédimentable, car le devenir de ces deux composantes est très différent, tant dans le milieu naturel que dans les systèmes d'épuration.

La composition des MES peut être appréciée par analyse directe, plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées [9].

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les eaux usées.

I -5-1-5-L'oxygène dissous:

Un paramètre utile pour le diagnostic biologique de l'eau. Sa teneur dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l [29],[15].

Elle est en fonction de l'origine de l'eau.

L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l[40].

I-5-1-6-Conductivité (CE):

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (Chlorures, Sulfates, Calcium, Sodium, Magnésium), la conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée et du régime alimentaire de la population et des activités industrielles.

I-5-1-7-Température:

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau, et dans la détermination du pH [62].

La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau. Les bactéries sont dites:

- Psychrophiles: organismes pouvant vivre jusqu'à des températures de 0°C
- Mésophiles: organismes dont la croissance est favorisée entre 25 et 40°C
- Thermophiles: organismes dont la croissance est favorisée à des températures égales ou supérieures à 50°C [64].

I-5-1-8-Potentiel hydrogène (pH):

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. Sa mesure doit s'effectuer par la méthode potentiométrique [62].

La valeur du pH altère la croissance des micro-organismes existant dans l'eau, leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9 l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5 [26].

I-5-1-9-Azote:

Ce paramètre devient de plus en plus important. Exprimé en mg/l, sa valeur globale dans les eaux usées recouvre toutes les formes connues.

Azote ammoniacal; la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDAL et l'azote des formes oxydées (nitrite NO₂⁻, nitrate NO₃⁻).

L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine urinaire. On estime à environ 13 mg / jour la quantité d'azote rejetée par un adulte. Il faut noter qu'en France l'ensemble de l'azote sous toutes ses formes était souvent appelé azote global (NGL) et azote total (NT) dans les autres pays. Toutes les analyses doivent être effectuées après blocage des réactions biologiques au moment du prélèvement de l'échantillon [20].

I-5-1-10-L'ammonium (NH₄⁺):

La forme réduite de l'azote souvent rencontrée dans les eaux usées et qui constitue le premier stade de dégradation de la matière organique azotée.

Sa présence peut avoir comme origine probable la réduction des nitrates et des nitrites [44].

I-5-1-11-Phosphore:

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires en plusieurs formes différentes du phosphore dissous:

- Les ortho phosphates;
- Les polyphosphates (après hydrolyse acide);
- Les organophosphates (après hydrolyse acide avec oxydation). L'ensemble de phosphore sous toutes ses formes était souvent appelé le phosphore total peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie [20].

I-5-1-12-Micropolluants:

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substance qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

Les principaux micropolluants sont:

- Certains métaux lourds sont essentiels pour l'organisme vivant alors que d'autres ont souvent un effet toxique, même à l'état de traces, (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg...) Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes, donc perturbe le processus d'épuration biologique à l'exception de très faibles doses tolérables.
- Composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés, huiles minérales, Hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- Certains dérivés nitrés.

I-5-2-Paramètres biologiques:

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes (champignons, les helminthes, protozoaires, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel.

I-5-2-1-Les Virus:

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits, visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante.

Système sub-biologique pour les uns, organismes vivants pour d'autres, les virus ne sont en tout cas pas des cellules, mais seulement des messages génétique, un virus isolé est incapable de

métabolisme ou de multiplication, il ne peut que se répliquer aux dépens d'une cellule vivante infectée [20].

I-5-2-2-Les bactéries:

Ces sont des micro-organismes qui peuvent dégrader et assimiler une grande partie de la matière organique contenue dans les eaux usées.

Ces bactéries rejettent dans le milieu des produits de dégradation qui sont les matières minérales soluble et les gaz dissous.

On constate une régulation naturelle du taux bactérien en fonction de la matière organique présente dans le milieu et des autres conditions de développement (température, oxygène dissous, pH ...).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries / 100 ml dont (10^3 - 10^4) / litre sont pathogènes.

Les bactéries les plus connues sont les salmonelles responsables de typhoïde et des troubles intestinaux sans oublier les colibacilles qui ont une durée de vie de 2 à 3 mois et qui se multiplient dans l'environnement [18].

I-5-2-2-1-Les bactéries aérobies:

Qui transforment en présence d'oxygène dissous la charge organique dissoute en matières minérale (nutriment) et gaz, par exemple: *thermophilifaciens*, *esudomonas delphini*, *Mycobacteria*, *Micrococci* [41].

I-5-2-2-2-Les bactéries anaérobies:

Se développent et se reproduisent dans l'absence d'oxygène, et sa présence conduit à sa mort. Réalisent la transformation de la matière organique au niveau des sédiments par exemple: *Clostridium* *C. Perfringens* *C. botulinum* [18].

I-5-2-2-3-Les bactéries facultative anaérobies:

qui peuvent se développer en présence ou en absence d'oxygène, mais ils préfèrent cultiver en présence d'oxygène afin d'obtenir le montant maximum de l'énergie produite par métabolisation de l'oxygène, par exemple: *Escherichia coli* et *Staphylococcus*

I-5-2-2-4-Helminthes:

Les helminthes sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Ce sont majoritairement des organismes parasites.

Ce sont, pour la plupart, des vers intestinaux, rejetés avec les matières fécales, sous forme d'œufs très résistants. La souvent contamination se fait par ingestion ou par voie transcutanée (par fixation puis pénétration des larves à travers la peau). Et peuvent notamment survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. la concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3 œufs / l [27].

I-6-Relation bactéries-milieu environnant:

Les bactéries ne vivent que dans des milieux répondant à certaines caractéristiques, teneur en eau, pH, salinité, potentiel d'oxydoréduction, température.

Ces conditions sont en relation étroite avec la composition du mélange enzymatique sécrété par la bactérie.

Des variations importantes dans les caractéristiques du milieu peuvent entraîner une sélection des espèces [20].

I-7-Relation bactéries-substance nocives:

Comme tous les organismes vivants, les bactéries sont sensibles à la présence de certaines substances dites toxique ou bactériostatique.

Au-delà d'une dose spécifique, ces substances inhibent le développement bactérien et réduisent l'efficacité de tout traitement basé sur leur métabolisme.

Elles peuvent être organique (Phénols...) ou inorganique (métaux lourds, cyanures, sulfures...).

Seuil de toxicité de différentes substances en épuration biologique aérobie (**Tableau 11 en annexe 01**)

I-8-Normes de rejets:

Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie (**Tableau 12 en annexe 01**).

I-9-Le traitement:

Le traitement est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau. Pour atteindre la qualité conforme à la réglementation à partir d'une eau brute.

Les méthodes utilisées sont classées selon trois catégories principales, les procédés physiques, chimiques et biologiques.

I-9-1-Les principales étapes de traitement: [28].

L'ensemble des ouvrages des traitements utilisés s'appelle la filière de traitement. Elle consiste à associer judicieusement différentes étapes pour satisfaire à une qualité d'eau traitée.

I-9-1-1-Les procédés physiques (Le prétraitement):

Le prétraitement physique est l'ensemble des opérations qui a pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées, et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. Cette opération passe par les étapes suivantes:

I-9-1-1-1-Dégrillage:

Le dégrillage a pour objectif L'élimination des déchets volumineux pour la protection de la station de traitement [20].

Cette opération préliminaire et indispensable au niveau de toutes les stations, elle permet de retenir les matières solides contenues dans l'eau usée. Il permet de filtrer les objets ou les détrit

les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP.

I-9-1-1-2-Dessablage:

Le dessablage permet l'élimination des particules lourdes, de tailles importantes (> 2mm) par décantation. Cette opération est indispensable pour éviter le colmatage des canalisations, surtout si elles sont enterrées et protéger les équipements contre la corrosion.

I-9-1-1-3-Déshuilage et dégraissage:

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite [20].

I-9-1-2-Les procédés physico-chimiques (Le traitement primaire):

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation-floculation.

I-9-1-2-1-Décantation:

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les stations d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité.

La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels, grosseur et densité des particules.

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension décantation en deux heures.

I-9-1-2-2-Coagulation-floculation

La coagulation-floculation est le seul moyen qui permet la déstabilisation des particules colloïdales à petite dimension (10^{-8} à 10^{-2} mm), l'opération comporte deux opérations principales, le premier est le processus de la floculation qui a pour l'objectif de favoriser les contacts, entre les particules qui consiste à rassembler les colloïdes, à l'aide d'un mélange lent, et la deuxième est la coagulation qui a pour principal but de déstabiliser les particules en suspension.

I-9-1-3-Procédés Biologiques d'épuration:**I-9-1-3-1-Procédés intensifs et extensifs d'épuration:****I-9-1-3-1-1-Les procédés intensifs:**

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel trois grands types de procédés sont utilisés:

- les disques biologiques et lits bactériens.
- les boues actives.
- les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée.

a)-Disques biologiques (Biodisques):

Les bactéries ou micro-organismes se trouvent sur des disques ondulés fixés à un axe horizontal rotatif. Les processus d'épuration se fait en milieu aérobie (riche en oxygène).

Les disques ne sont pas totalement immergés de façon à ce que les bactéries puissent régulièrement prendre de l'oxygène au-dessus de la surface de l'eau.

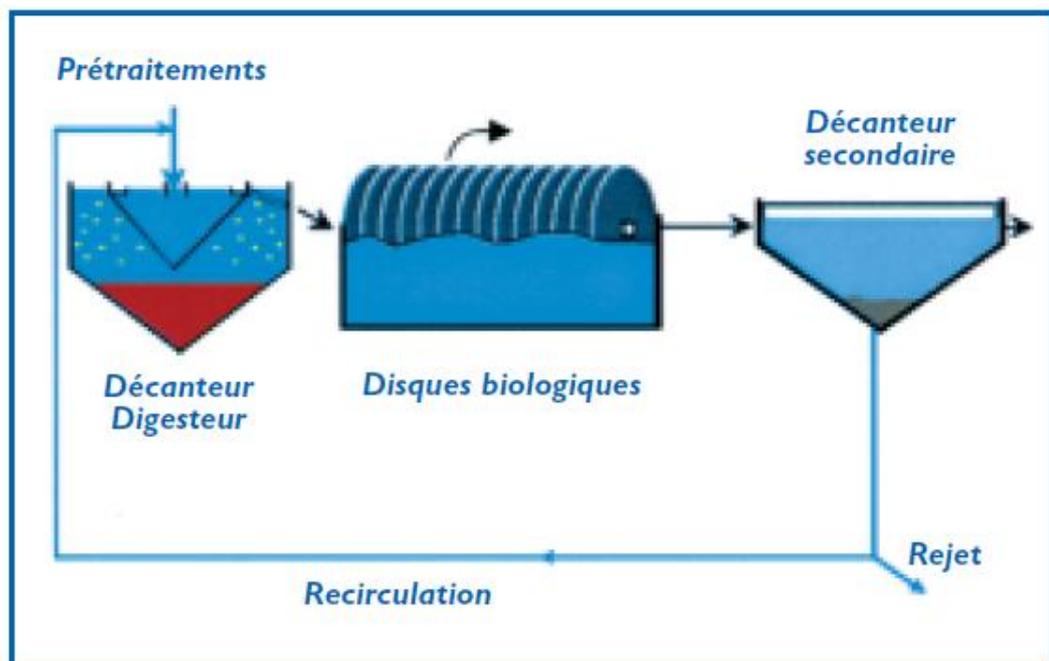


Figure (02):Disques biologiques

b)-Lit bactérien aérobie:

Les bactéries se trouvent également sur un support poreux ou caverneux. L'eau à traiter est dispersée en pluie à la surface du filtre. Le procédé met en œuvre un clarificateur et comporte ensuite, phase d'aération et phase de décantation.

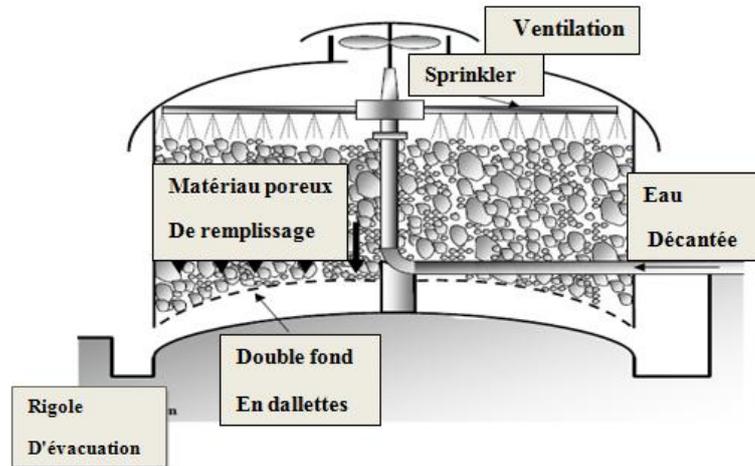


Figure (03): Lit bactérien aérobie [33].

c)-Boues actives:

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels [8]. Aucun support n'est présent dans ce système. Les bactéries flottent en flocons dans les eaux usées et le processus de purification a lieu sous aération intense. Les conditions aérobies et anaérobies (pauvres en oxygène) peuvent être modifiées dans l'espace et dans le temps de façon à ce que les nutriments eux aussi (comme l'azote et le phosphore) puissent être éliminés.

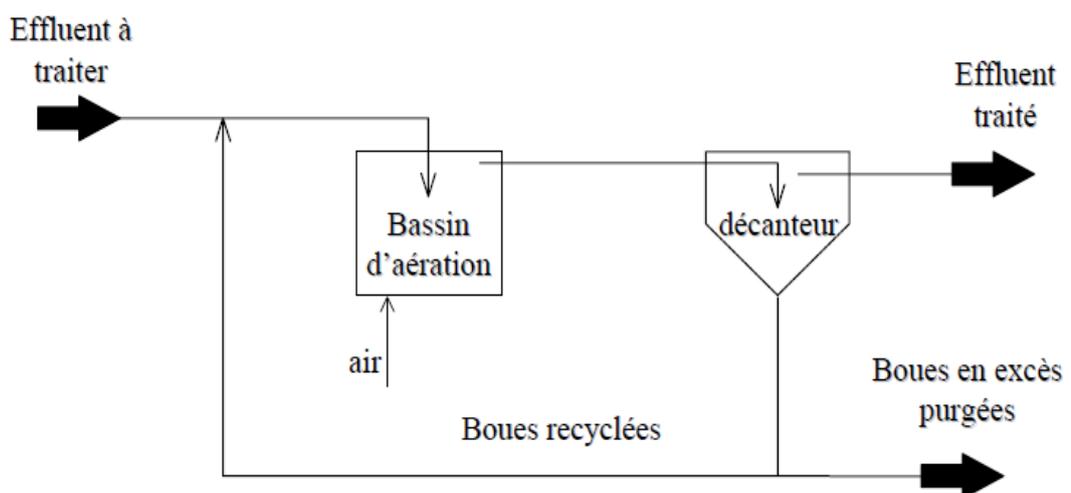


Figure (04): Schéma de base du procédé de boues actives [33].

I-9-1-3-1-2-Avantages et inconvénients des différentes filières intensifs:

(Tableau 13 annexes 01)

I-9-1-3-1-3-Les procédés extensifs:

Les techniques dites extensive sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse. Le fonctionnement de ce type d'installation sans électricité est possible, excepté pour le lagunage aéré pour lequel un apport d'énergie est nécessaire pour alimenter les aérateurs que l'on peut observer dans le milieu naturel. Les types de procédés sont utilisés:

- Infiltration-percolation.
- Lagunage à macrophyte
- Lagunage naturel.
- Le lagunage à microphytes
- Lagunage aéré.
- Système Waste Water Gardens (WWG).

Tous les lagunages appliquent le principe suivant: après une première décantation, les eaux usées traversent des bassins de lagunage plantés ou non [8].

a)-L'infiltration-percolation sur sable:

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible. Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés [8].

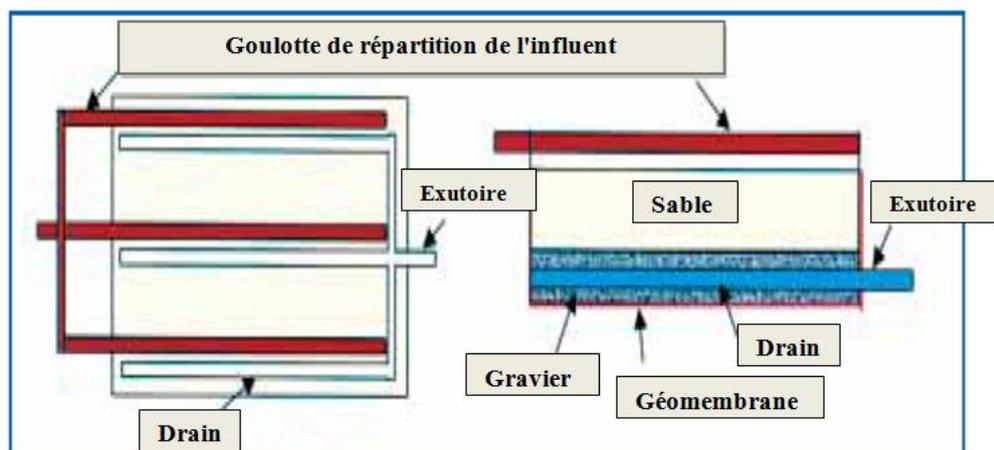


Figure (05): Infiltration-percolation étanchée et drainée

b)-Lagunage naturel:

Elle est consisté à soumettre les bassins (remplis d'eaux usées à traiter) à l'aire sous l'action du vent [32].

Filière de traitement composée de plusieurs bassins en série, le plus souvent trois

- le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée;
- le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore;
- le troisième affine le traitement [8].

Comportent une zone aérobie dominante dont la profondeur varie en fonction notamment de la charge organique reçue

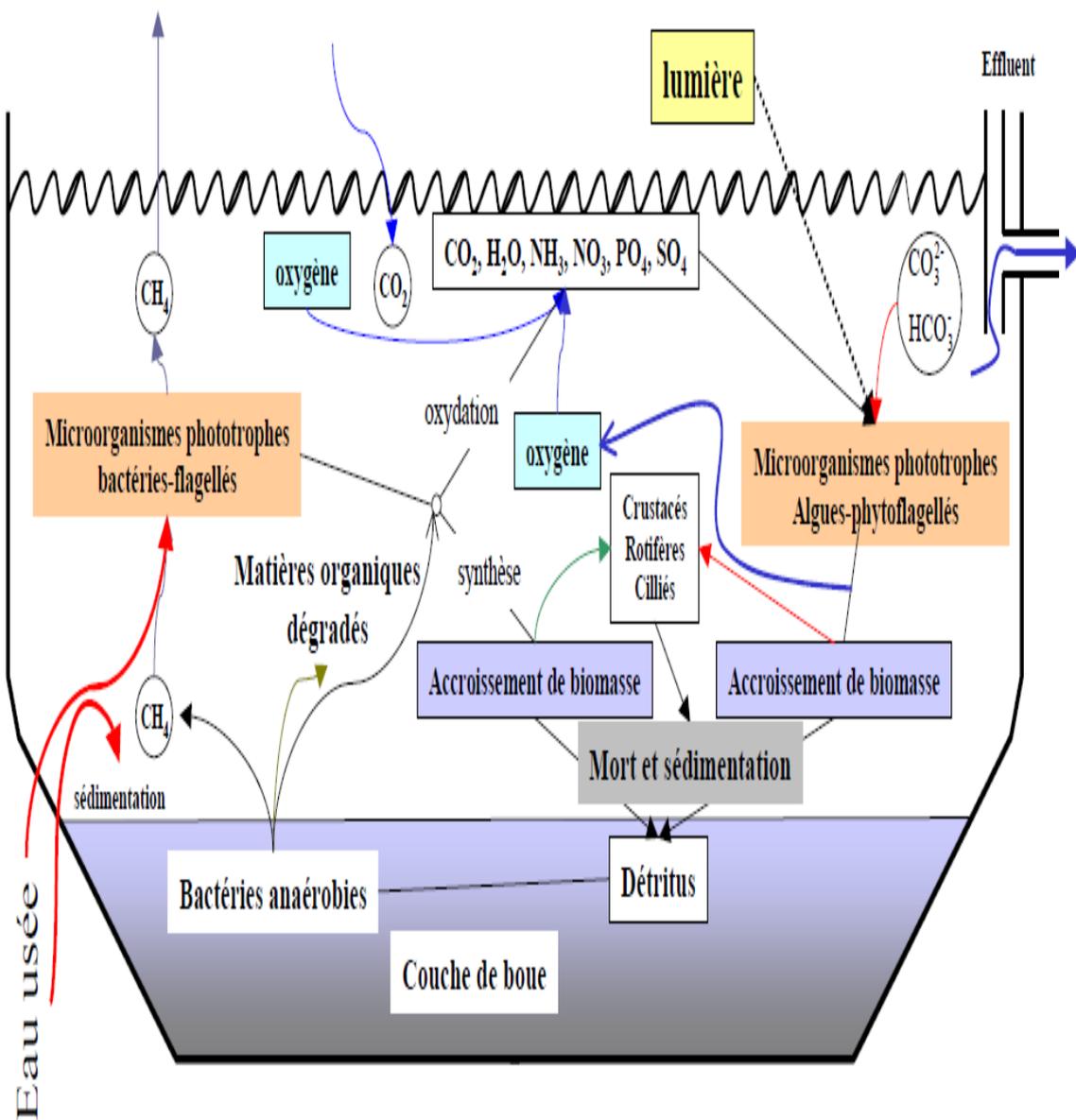


Figure (06): Cycles Biologiques d'une lagune [33].

c)-Lagunage aéré:

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée) [8].

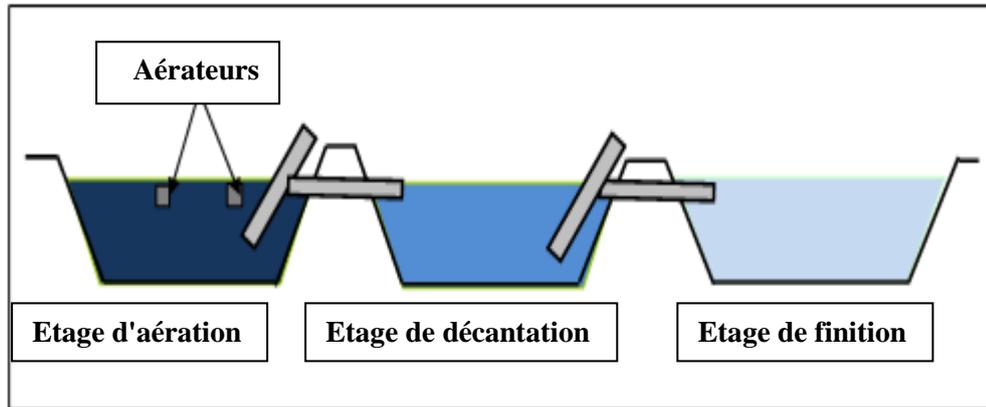


Figure (07): Le principe d'un lagunage aéré [18].

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer.

Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues.

Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important.

Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation.

d)-Lagune à macrophytes:

Dans ce système le bassin à faible profondeur (0,3 - 0,5 m) d'eau au-dessus d'un substrat composé le plus souvent de graviers ou de sable dans lequel sont repiqués les végétaux aquatiques supérieurs.

Ce système nécessite une superficie suffisamment grande:

10-12 m² par usager. L'eau apparente rend ce système plus sensible au gel.

Elle est principalement au niveau de l'épuration tertiaire, réalisées pour des traitements tertiaires à la suite de lagunage naturel, de lagunes facultatives ou de lagunage aéré.

e)-Lagune à microphytes:

C'est le système le plus simple. Un bassin dont la profondeur est d'environ 2 m pour éviter l'installation de plantes et où la biomasse végétale est principalement constituée par des algues microscopiques (phytoplanctons).

Reçoit des eaux brutes chargées de matières organiques, après un dégrillage. Ce traitement repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes

f)-Système Waste Water Gardens(WWG):

L'unité Waste Water Gardens est une écotechnologie qui utilise des principes d'épuration des eaux usées basés sur l'écologie [32].

Est un bassin imperméabilisé, rempli de gravier et de plantes dont les racines sont tolérantes à des conditions de saturation d'eau. Il peut y avoir un ou plusieurs compartiments, dépendant de la taille du système et de la zone disponible de construction. L'efficacité d'un bassin Waste Water Gardens est basée sur le temps de résidences des eaux usées à l'intérieur de celui-ci avant qu'elles se dirigent dans la zone de drains.

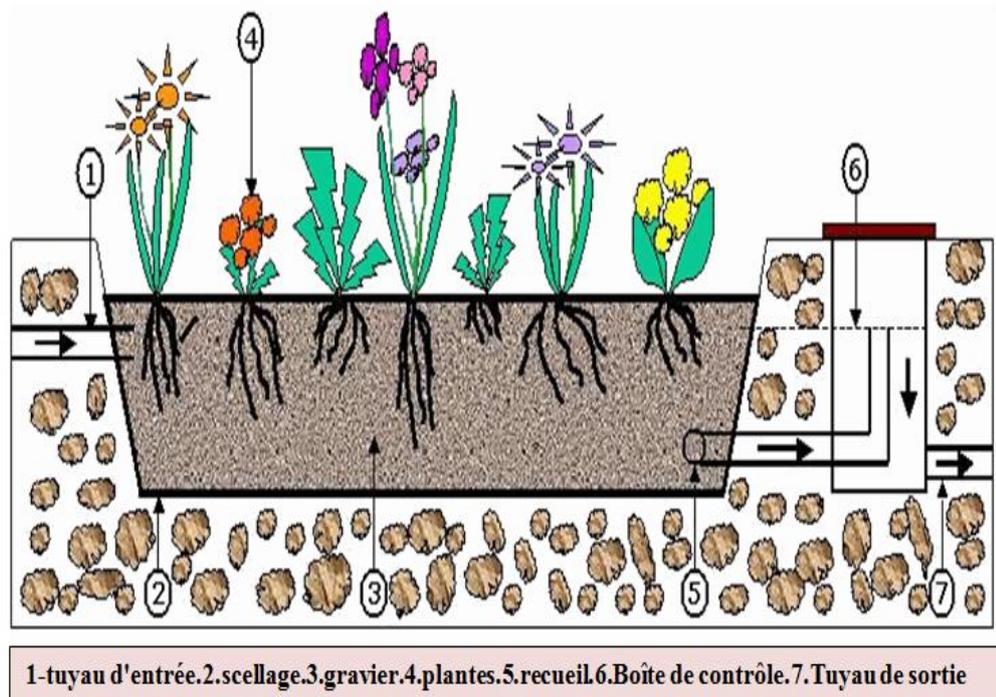


Figure (08): Système Waste Water Gardens (WWG)

I-9-1-2-1-4-Avantages et inconvénients des différentes filières extensives:**Tableau (14 annexe 01)****I-9-1-4-Traitements tertiaires:**

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage, sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique.

Ces procédés ont notamment pour but l'élimination de l'azote et du phosphore. En observer trois grands types de procédés sont utilisés:

I-9-1-4-1-Traitements tertiaires par Lagune à macrophytes:

Nous utilisons des plantes macrophytes où passer de l'eau traités par écoulement libre circulation avec l'exposition au soleil.

I-9-1-4-2-Traitements tertiaires par filtre sableux:

L'eau à traiter passé sur le sable à l'air libre et avec l'exposition au soleil. Le matériau filtrant est maintenu par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas. Il en existe deux catégories.

a)-Filtre à sable rapide:

La vitesse est de 4 à 25 m/h, c'est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux.

b)-Filtre à sable lent:

Il possède une vitesse de 1 à 2 m/h, il doit être construit de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable [47].

I-9-1-4-3-Le traitements tertiaires par Procédé de déplacement Nutritif Biologique (BNR):

Un des processus de traitement biologiques est appelé le Déplacement Nutritif Biologique (BNR). Les eaux usées subissent d'abord le traitement principal et secondaire.

Pour le traitement tertiaire, le BNR se produit dans le bioréacteur. Le processus BNR utilise des bactéries dans différentes conditions situé dans plusieurs réservoirs pour éliminer (par digestion) les polluants dans l'eau. Il y a trois réservoirs et ils ont tous des environnements uniques avec des quantités d'oxygène différentes. L'eau va passer par les trois réservoirs le phosphore est enlevé et l'ammoniac est détruite dans le nitrate et l'azote (gas) car les bactéries ne peuvent pas l'éliminer [12].

I-9-1-4-4-Le traitements tertiaires par l'adsorption sur charbon actif:

Pour fixer les matières carbonées dissoutes non biodégradables (par exemple les détergents), le moyen le plus sûr est l'adsorption sur charbon actif.

L'obtention de performances optimales implique l'élimination avant adsorption de la quasi totalité des matières en suspension et de la pollution biodégradable pour éviter une prolifération bactérienne dans la masse du lit de charbon actif.

I-9-1-4-5-Le traitements tertiaires par La désinfection:

La désinfection a pour but de détruire les micro-organismes pathogènes.

Elle pourra être imposée par la présence de germes pathogènes dans les eaux résiduaires urbaines susceptibles d'affecter des milieux récepteurs.

Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent:

- Le Chlore (Cl₂) ; le bioxyde de chlore (ClO₂) ; l'ozone (O₃) ; les rayons ultraviolets UV ; Séparation sur membranes (ultra-filtration, osmose inverse).

I-9-5-Réutilisation des eaux usées traitées:

I-9-5-1-En agriculture:

La quantité des eaux usées rejetée incite les agriculteurs à utiliser cette source d'eau. Aussi, la richesse en éléments fertilisants tel que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol.

Permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole.

I-9-5-2-En industrie:

Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin le secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu.

La réutilisation industrielle peut donc être intéressante:

- Dans le secteur de l'énergie;
- Dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts
- Les autres applications possibles concernent les laverie industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc.

I-9-5-3-Usage domestique et municipal:

L'eau usée épurée peut faire l'objet de très nombreuses applications consiste le plus souvent à l'alimentation des chasses de toilettes, l'arrosage des espaces verts, lavage des rues, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics

CHAPITRE II

LA PHYTOEPURATION

CHAPITRE II : LA PHYTOEPURATION

II-1-Introduction:

La phytoépuration est le nom donné à un système d'assainissement écologique qui utilise le pouvoir épurateur des plantes pour traiter les eaux usées.

Ce système d'assainissement rassemble un ensemble de techniques, chacune mettant à profit des processus naturels d'une combinaison végétaux, sol, microorganismes, dans un système créé artificiellement pour le traitement des eaux usées. L'épuration par les plantes et un traitement connu comme un milieu semi-saturée en eau. Connait un large développement depuis l'antiquité et par le monde entier sont connus les phénomènes naturels d'auto épuration des mares étangs et des marécages. La présence de plantes dans les bassins des zones humides forment par des tiges et les racines et feuilles. Un lieu idéal pour la croissance des micro-organismes qui détruisent la matière organique contenue dans l'eau usées [67].

II-2-Définition de l'épuration:

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable [56],[18].

II-2-1-Principe de traitement:

Le principe est simple, il existe une symbiose entre les bactéries des plantes au niveau des racelles, les bactéries aérobies transforment les matières organiques en matières minérales assimilables par les plantes, en retour, les plantes fournissent de l'oxygène par leurs racines aux bactéries.

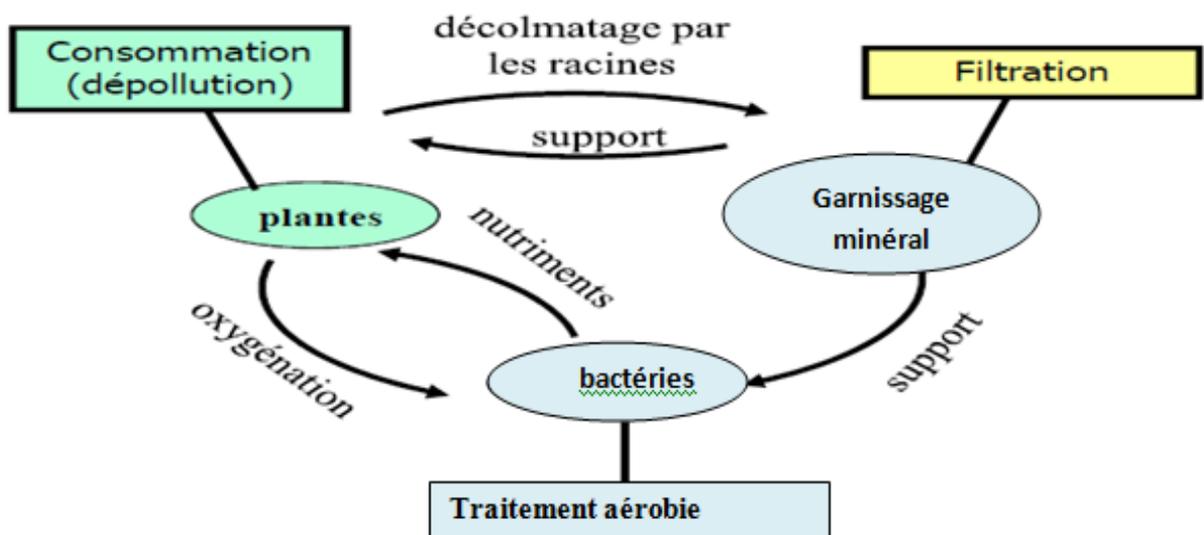


Figure (09): Le principe de traitement

II-2-2-Les étapes de traitement par bassins filtres plantés:

Les filtres plantés utilisent trois niveaux de traitement simultanés. Puis elle passe dans différents bassins remplis de substrat drainant de galets, graviers, pouzzolane et de plantes qui servent de support aux bactéries aérobies et aux autres micro-organismes qui transforment la matière organique présente dans les eaux usées.

II-2-2-1-Un traitement physique:

Filtration au travers des graviers, de pouzzolane et des systèmes racinaires des plantes rétention d'une partie des matières solides en suspension.

- Les plantes sont cultivées sur un substrat inerte dont la granulométrie particulièrement adaptée permet une filtration mécanique efficace.

- Les plantes aquatiques développent des racines et des rhizomes (rhizosphère) qui envahissent rapidement le substrat. Ceux-ci permettent au milieu de rester bien oxygéné et de conserver une bonne aptitude à la filtration.

II-2-2-2-Un traitement chimique naturel:

Précipitation de composés insolubles, absorption par les plantes de nitrates et de phosphates ; décomposition de divers polluants ménagers par des phénomènes d'oxydation et de réduction sous l'action d'exsudats racinaires des roseaux.

Ces plantes développant un réseau racinaire très dense (la rhizosphère).

II-2-2-3-Un traitement biologique:

Les bactéries fixées sur les racines des plantes se nourrissent des dépôts accumulés. Elles les décomposent en éléments simples solubles dans l'eau et nutritifs pour les plantes (en se nourrissant de cet oxygène, elles vont transformer les matières organiques de l'eau en matières minérales assimilables par les plantes).

II-2-2-4-Un traitement tertiaire:

Les plantes vont compléter cette filtration en éliminant les phosphates et en réduisant le taux de certaines pollutions (l'azote et le phosphore).

L'exposition de l'eau à des rayons ultra-violets complète efficacement ce retraitement par l'action stérilisante de ceux-ci.

II-3-Types de traitements:

II-3-1-Selon les végétaux utilisés: Selon les végétaux utilisés on distingue:

a)-Le lagunage à microphytes: végétaux de très petite taille : algues, etc.

b)-Le lagunage à macrophytes: Espèces végétales se développant en milieu aquatique comme le nénuphar ou le roseau, etc.

II-3-2-Selon le mode d'écoulement:

Il existe trois types:

- filtres plantés à écoulement vertical
- filtres plantés à écoulement horizontal
- filtres plantés à écoulement mixte

II-3-2-1-Les filtres plantés à écoulement vertical:

II-3-2-1-1-Principe de fonctionnement: [8].

Les filtres verticaux sont des bassins remplis de couches de graviers de granulométries différentes superposées, et selon leur place dans la filière de traitement recouvertes ou non d'une couche de sable, dans laquelle sont plantés les macrophytes.

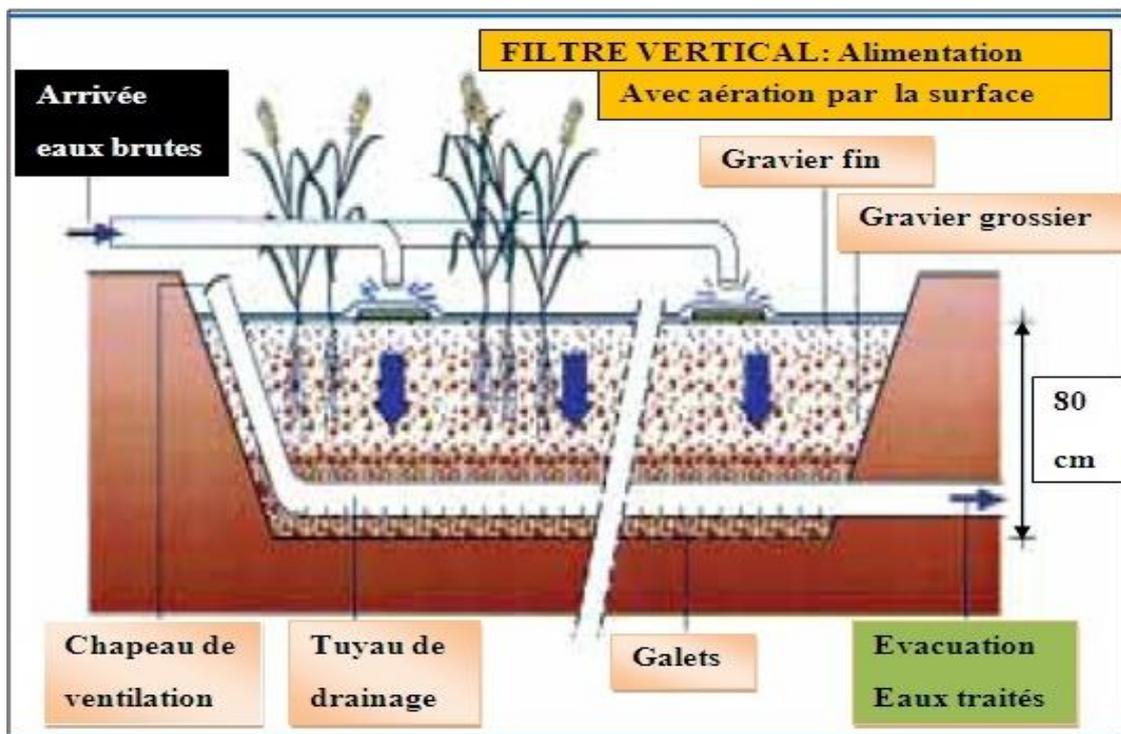


Figure (10): Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical

Contrairement à l'infiltration-percolation précédemment évoquée, l'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation...) et biologique (biomasse fixée sur support fin).

Les eaux épurées sont drainées, les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées. Pour un même étage, la surface de filtration est séparée en plusieurs unités permettant d'instaurer des périodes d'alimentation et de repos.

Le principe, épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racines des plantes est ici, négligeable par rapport aux besoins. Les eaux sont collectées dans le fond du bassin par une

couche drainante constituée de gros graviers disposés autour d'un réseau de tuyaux de drainage connecté à l'atmosphère par des cheminées d'aération. Les stations d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical sont généralement constituées au minimum de deux étages en série eux-mêmes constitués de deux ou trios filtres en parallèle fonctionnant en alternance. L'objectif de cette alternance est de minimiser le colmatage du filtre grâce à la minéralisation, pendant les phases de repos. Le temps de repos nécessaire sur le premier étage est environ deux fois le temps de fonctionnement. Les filtres du premier étage sont exclusivement constitués de différents types de graviers dans les quels les phénomènes d'aération par diffusion sont sensiblement plus élevés que dans du sable. Les filtres à écoulement vertical sont alimentés en surface et l'effluent percole verticalement à travers le substrat. L'effluent subit alors une première étape de filtration permettant une rétention physique des matières en suspension à la surface des filtres du premier étage. On observe ainsi une accumulation de boues en surface. La dégradation biologique des matières dissoutes est réalisée par la biomasse bactérienne aérobie fixée sur le support non-saturé ainsi que sur la couche de dépôt accumulée en surface. La capacité d'oxygénation est telle que les filtres du premier étage contribuent essentiellement à la dégradation de la fraction carbonée, mais une nitrification partielle est également notée. Le deuxième étage vient alors affiner la dégradation de la fraction carbonée et complète la nitrification en fonction des conditions d'oxygénation, de la température et du pH. La nécessaire limitation, pour éviter le colmatage, du développement de la biomasse bactérienne dans les massifs filtrants est obtenue par auto-oxydation au cours des phases de repos.

II-3-2-1-2-Performances: [8].

L'abattement d'un filtre planté à écoulement vertical:

$$\text{DBO}_5 \leq 25 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO} \leq 90 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES} \leq 30 \text{ mg/l l}$$

$$\text{NTK (N organique + NH}_4^+) \leq 10 \text{ mg/l en général avec des pointes ne dépassant pas } 20 \text{ mg/l}$$

Phosphore: Abattement normalement faible (dépend de la capacité d'adsorption du substrat et de l'âge de l'installation). Germes pathogènes élimination limitée (abattement: 10 à 100) [8].

II-3-2-1-3-Bases de dimensionnement:

Le dimensionnement des filtres verticaux a été établi empiriquement en définissant les charges organiques surfaciques journalières limites acceptables (20 à 25 g $\text{DBO}_5 \text{ m}^2 \cdot \text{j}^{-1}$ de surface totale plantée). Le premier étage est dimensionné pour recevoir environ 40 g $\text{DBO}_5 \text{ m}^2 \cdot \text{j}^{-1}$ représentant ainsi 60 % de la surface totale, soit environ 1,2 m^2/EH . Quand le réseau est unitaire ou partiellement unitaire.

Le dimensionnement du premier étage est porté à $1,5 \text{ m}^2/\text{EH}$. Cet étage est compartimenté en un nombre de filtres multiple de 3, ce qui permet d'obtenir des périodes de repos de $2/3$ du temps. La surface du deuxième étage est généralement de 40 % de la surface totale soit environ $0,8 \text{ m}^2/\text{EH}$. A cet étage, le temps de repos nécessaire est égal à celui du fonctionnement, nécessitant donc la mise en place d'un nombre de filtres multiple de 2 et égal au $2/3$ du nombre de filtres utilisés pour le premier [8].

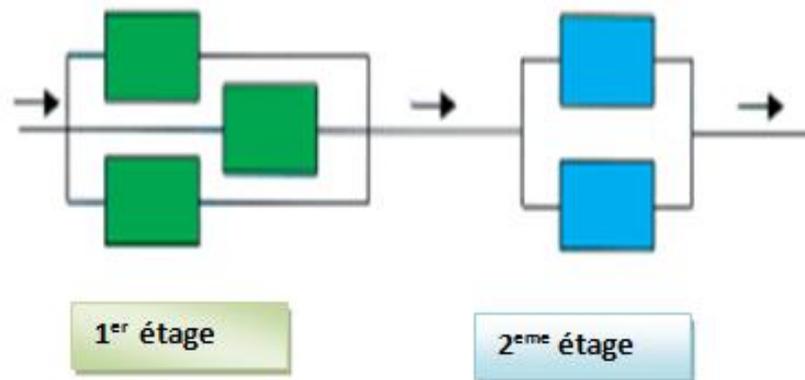


Figure (11): Schéma de conception des premier et second étages

II-3-2-1-4-Mise en œuvre:

II-3-2-1-4-1-Alimentation:

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Les dépôts qui s'accumulent à la surface contribuent à amoindrir la perméabilité intrinsèque du matériau et donc améliorent la répartition de l'effluent.

II-3-2-1-4-2-Matériau:

Le matériau de garnissage du premier étage se compose de plusieurs couches de gravier. La couche active est du gravier présentant une granulométrie de 2 - 8 mm, pour une épaisseur de l'ordre de 40 cm. Les couches inférieures sont de granulométrie intermédiaire (10 - 20 mm) permettant d'atteindre une couche drainante de gravier (granulométrie 20 - 40 mm).

Le deuxième étage affine le traitement.

Les risques de colmatage sont moindres, il est composé d'une couche de sable d'une hauteur d'au moins 30 cm.

II-3-2-1-4-3-Evacuation:

La couche inférieure de gravier 20 - 40 mm assure le drainage de l'effluent. Les drains en tubes synthétiques, rigides et munis d'entailles larges, sont préférentiellement utilisés car ils sont peu sensibles au colmatage. Chaque drain est relié à une cheminée d'aération.

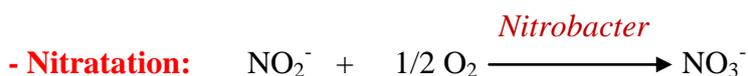
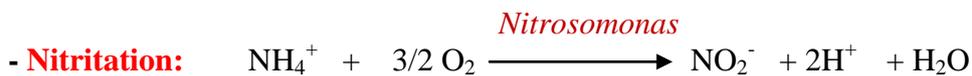
II-3-2-1-4-4-Plantation:

Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées (*Scirpus* spp, *Typha*...), mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, période sèches, fort taux de matières organiques), et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés [13].

La densité de plantation est de 4 plants/m².

II-3-2-1-5-La nitrification:

un processus en deux étapes (nitritation et nitratisation) permettant la transformation de l'azote ammoniacal en nitrates. La nitritation est effectuée par des bactéries nitreuses (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* et *Nitrospira*), la nitratisation est assurée par des bactéries nitrifiantes (*Nitrobacter*). La nitrification conduit d'abord à l'oxydation des ions ammonium (NH₄⁺) en nitrite, c'est la nitritation, puis à l'oxydation du nitrite en nitrate (NO₃⁻), c'est la nitratisation.

**II-3-2-1-6-Exploitation:**

La maintenance de ces systèmes ne nécessite pas de qualification particulière, mais contraint l'exploitant à réaliser des passages fréquents et réguliers.

Tableau (01): Exploitation des filtres plantés à écoulement vertical [8].

Tâches	Fréquence	Observations
Désherbage	1 ^{ère} Année	-Désherbage manuel des adventices [36]. Une fois la prédominance établie, cette opération n'est plus nécessaire.
Faucardage	1/an (automne)	-Faucardage et évacuation des plantes. Les évacuer permet d'éviter leur accumulation à la surface des filtres. Dans le but de réduire ce temps d'entretien, les plantes peuvent éventuellement être brûlés si les tuyaux d'alimentation sont en fonte [54].
Suivi et Entretien régulier	1/ trimestre 1/ semaine	-Nettoyer le siphon d'alimentation du premier étage au jet d'eau sous pression. -Des analyses régulières de nitrates dans l'effluent permettent de donner une indication sur la santé de la station*.

Entretien courant	1 à 2/ semaine 1/semaine 2/ semaine	-Nettoyer le dégrilleur. -Vérifier régulièrement le bon fonctionnement des appareils électromécanique et détecter les pannes le plus rapidement possible -Manœuvre des vannes.
Autres Opérations D'entretien	Chaque visite	-Tenir un cahier d'entretien notant toutes les taches effectuées, Les mesures de débit (canal débit métrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux. Cela permet e en outre de produire des bilans de fonctionnement.

**Un filtre à écoulement vertical fonctionnant de manière optimale produit des nitrates et toute baisse de concentration en sortie (à l'échelle de la semaine ou du mois) reflète un manque d'oxygène donc une dégradation du traitement. Ce suivi peut être réalisé facilement à l'aide de papiers indicateurs.*

II-3-2-2-Les filtres à écoulement horizontal:

II-3-2-2-1-Principe de fonctionnement:

Les filtres horizontaux sont des bassins remplis de manière homogène de sable, de gravier ou de sol en place, et dans lesquels ont été plantés des macrophytes. L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du filtre par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin ; il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat [8].

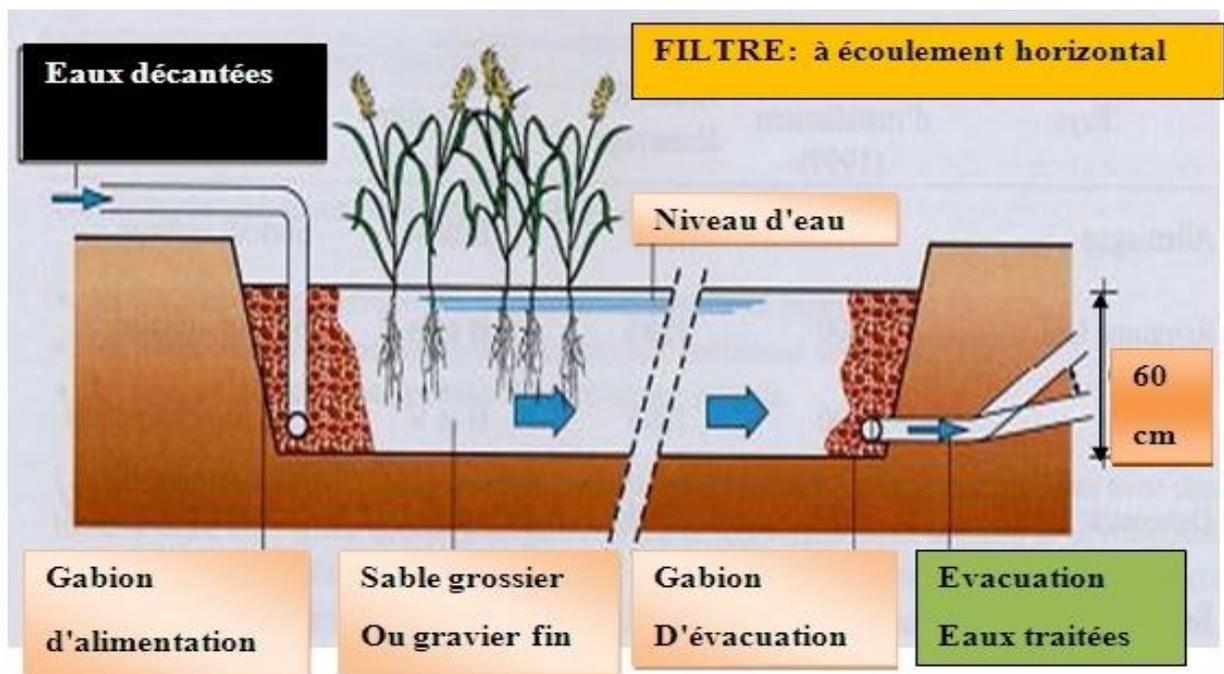


Figure (12): Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal

L'évacuation se fait par un drain placé à l'extrémité opposée du lit, au fond et enterré dans une tranchée de pierres rainâtées. Ce tuyau est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de surverse, et donc celle de l'eau dans le lit, de façon à ce qu'il soit saturé pendant la période d'alimentation. Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface pour ne pas court-circuiter et pour éviter le développement de mauvaises herbes. La chaîne de traitement; il n'y a donc pas d'eau libre et pas de risque de prolifération d'insectes. Les végétaux aquatiques ont, au cours de leur évolution, développé la faculté de transférer l'oxygène formé par synthèse chlorophyllienne vers leurs parties souterraines (rhizomes, racines et radicelles). Le temps de séjour hydraulique dans ces dispositifs est de plusieurs jours [8].

II-3-2-2-2-Performances:

En terme de performance sur la DBO_5 pour des concentrations d'entrée variant de 50 à 200 mg/l, et pour un dimensionnement de 3 à 5 m^2/EH , des systèmes à écoulement de type horizontal et garni de gravier obtiennent des rendements de l'ordre de 70 à 90 %.

D'une manière générale, en traitement secondaire, la nitrification est limitée mais la dénitrification est très bonne.

Les rendements sur le phosphore sont dépendants du type de sol utilisé [8],[17].

II-3-2-2-3-Bases de dimensionnement:

Pour définir la surface nécessaire, les valeurs empiriques ci-après fournissent les résultats d'épuration attendus [60].

Pour des concentrations initiales de l'ordre de 150 à 300 mg/l de DBO_5 , les surfaces plantées sont de l'ordre de 5 m^2/EH en traitement secondaire.

Pour des concentrations plus élevées ou pour utiliser les sols en place, ce qui est rarement recommandé. Il semble préférable d'opter pour la pratique danoise qui consiste à dimensionner le filtre à 10 m^2 / EH .

En traitement d'effluents de réseaux pluviaux l'emprise est de 0,5 m^2/EH .

La section du filtre doit être définie par un bureau d'études. Elle est fonction de la perméabilité initiale du matériau choisi (1 à $3 \cdot 10^{-3} m/s$).

La profondeur du filtre sera égale à la profondeur maximale de pénétration des racines. Cette profondeur est de 60 cm pour les phragmites [43].

L'hypothèse d'une amélioration notable de la conductivité hydraulique initiale, suite au développement racinaire intense des roseaux, tant en densité qu'en profondeur, n'a pas été confirmée. En fait, l'augmentation de la conductivité hydraulique grâce au développement racinaire est compensée en partie par l'accumulation de MES et de matière organique

Il est donc important que le support choisi dispose d'une perméabilité de 1 à 3.10^{-3} m/s. La plupart des sols sont donc à exclure.

II-3-2-2-4-Mise en œuvre:

II-3-2-2-4-1-Compartmentation:

Pour des tailles supérieures à 500 m^2 , un fractionnement en plusieurs unités de taille réduite facilitera l'entretien et améliorera la répartition hydraulique.

II-3-2-2-4-2-Pente:

La pente du fond du lit doit permettre de vidanger complètement le filtre. La pente ne doit cependant pas provoquer l'assèchement des racines au niveau de la sortie. Une variation de la profondeur du lit égale à 10 % de la hauteur de matériau à l'entrée est suffisante [34].

II-3-2-2-4-3-Matériaux:

A l'origine, le procédé s'est développé en utilisant du sol en place, tout en préconisant d'atteindre, à terme, une conductivité hydraulique de 3.10^{-3} m/s.

Bon nombre de filtres ont été construits en faisant l'hypothèse que la conductivité hydraulique augmenterait avec le développement racinaire. Suite à de mauvaises expériences, il est désormais préconisé d'utiliser des graviers lavés, de granulométries différentes suivant la qualité des eaux entrantes (3-6, 5-10, 6-12 mm) [60].

II-3-2-2-4-4-Végétaux:

La variété la plus largement 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 m^2 .

II-3-2-2-5-La dénitrification:

se déroule en anoxie est un processus au cours duquel de nombreux types de bactéries *hétérotrophes* utilisent les nitrates comme source d'oxygène pour oxyder la matière organique. Au cours du processus, les nitrates sont progressivement réduits, le terme final étant du diazote, gaz inoffensif composant 79 % de l'air que nous respirons.

Tableau (02): Différentes enzymes intervenant dans la dénitrification:

ENZYMES	Nitrate réductase	Nitrate Réductase	Oxyde nitrique réductase	Oxyde nitreux réductase
Réactions	$\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO} \longrightarrow \text{N}_2\text{O} \longrightarrow \text{N}_2$			

Tableau (03): Exploitation des filtres plantés à écoulement horizontal [8].

Tâches	Fréquence	Observations
Entretien des ouvrages de prétraitement	1/semaine	Le but est de s'assurer de leur bon fonctionnement et qu'ils ne rejettent pas trop de MES pouvant provoquer un colmatage.
Ajustement du niveau de sortie	1/semaine)	L'ajustement régulier du niveau d'eau de sortie permet d'éviter les écoulements de surface, Pour des stations importantes (> 500 m ³ /j), la vérification du niveau de sortie pourrait demander un passage quotidien. L'hydraulique de ce genre de procédé est un point clef. Il convient de vérifier la bonne distribution de l'effluent dans le filtre. Le curage du dispositif d'alimentation doit être prévu lors de la conception.
Végétation Désherbage	1ère année	Lors de la première année il est utile de réaliser un désherbage manuel des adventices pour ne pas gêner le développement des roseaux [34]. Cette opération peut également se faire en noyant légèrement la surface du filtre (10 cm) au détriment des rendements d'épuration [17]. Une fois la prédominance établie, cette opération n'est plus nécessaire.
Faucardage	Inutile	L'absence d'écoulement de surface permet d'éviter le faucardage. Les végétaux morts ne gênent en rien l'hydraulique des filtres et de plus permettent d'isoler thermiquement le filtre.
Autres opérations d'entretien	Chaque visite	- Tenir un cahier d'entretien notant toutes les tâches effectuées et les mesures de débit (canal débitmétrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux. Cela permet en outre de produire des bilans de fonctionnement.

II-3-2-2-4-6-Avantages et inconvénients des filtres plantés à écoulement vertical et filtres à écoulement horizontal [8].

Tableau (04): Avantages et inconvénients des filières

Filière	Avantages	Inconvénients
filtres plantés à écoulement vertical	Facilité et faible coût d'exploitation. Aucune consommation énergétique si la topographie le permet possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. Gestion réduite au minimum des boues ; Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.	Exploitation régulière, fauchage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. Utiliser cette filière pour des capacités supérieures à 2 000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classiques. Une conception pour des tailles supérieures ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée concernant l'adaptation des bases de dimensionnement et les conditions à remplir pour s'assurer de la maîtrise de l'hydraulique ; Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.
Filtres plantés à écoulement horizontal	Faible consommation énergétique : ne nécessite pas une pente importante pour l'écoulement par gravité Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien ; Bonne réaction aux variations de charge.	L'emprise au sol est importante ; Une installation pour des tailles d'environ 4.000 EH ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique.

II-3-2-3-filtres plantés à écoulement mixte:

Les chercheurs ont conclu que, pour surmonter les inconvénients de la solution pour chaque simple bassin horizontal ou vertical réside dans l'intégration des anciens types de bassins de traitement.

Soit (HF+VF) ou (VF+HF) ou (HF+VF+HF)... Ces dirner est le meilleurs choix. Le désir d'augmenter l'efficacité du traitement et de réduire l'espace requis pour la station de traitement avec des plantes, évitez l'eau recyclée, créé la nécessité de choisir un autre type de bassins de séquence. Et la proportion attribuée à chaque type comme il dépend de l'expérience de créateur et le type de contaminants à éliminer. Le rapport optimal des plantes dans filtres mixte donne presque "70% de La superficie totale du bassin horizontal et 30% pour les bassins verticaux

CHAPTER III

EXPERIMENTATION

CHAPITRE III : EXPERIMENTATION

III-1-Présentation:

III-1-1-Présentation de la région d'étude:

La région d'Ouargla est située au Sud- Est de l'Algérie, à une distance de 850 Km de la capitale Alger. elle couvre une superficie de 163.233Km² .Elle se trouve dans le Sud-est de (5° 19' longitude Est, 31°57' latitude Nord), elle limitée au Nord par les wilayas de Djelfa, Biskra et d'El-Oued, à l'Est par la Tunisie au Sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (ANDI, 2014).

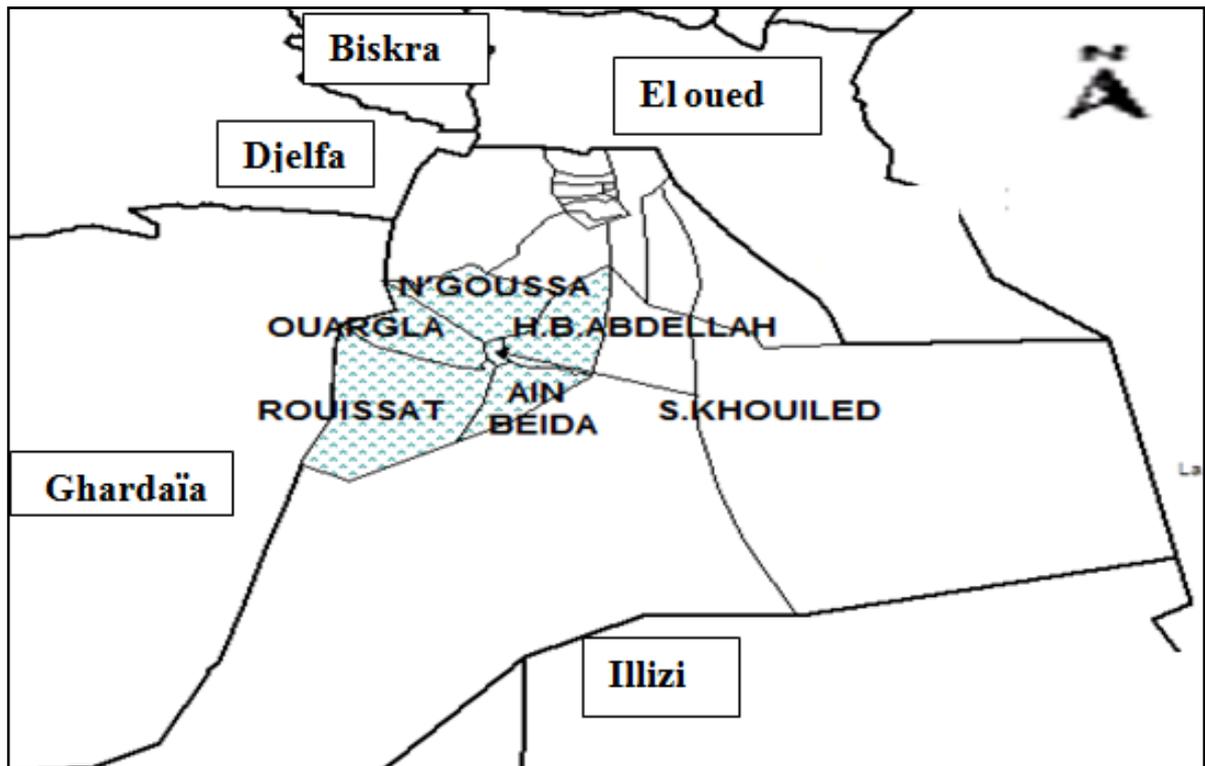


Figure (13): Carte géographique Ouargla

III-1-1-1-Données climatologique de la région d'étude (1996- 2013):

Ouargla est caractérisée par un climat saharien avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

L'analyse des données climatiques d'Ouargla (Tableau 15 Annexe 02) permet de tirer les conclusions suivantes :

III-1-1-1-1-La température:

La température moyenne annuelle est de 23.53 °C, avec un maximum de 35.04 °C au mois d'Aout et un minimum de 12.02 °C au mois de janvier.

III-1-1-1-2-Pluviosité:

Les précipitations sont rares et irrégulières. Elles sont de l'ordre de 65.87 mm/an. Et surtout dans les mois de Janvier, Novembre, et Octobre et Mars et Septembre.

III-1-1-1-3-Les vents:

Les vents dominants sont les vents N/NE et S/SE. Le siroco se manifeste principalement pendant le printemps. La vitesse du vent atteint un maximum de 4.88 m/s au mois de Mai et un minimum de 2.72 m/s au mois de Décembre,

III-1-1-1-4-L'Humidité:

L'humidité relative moyenne annuelle est de 42.69 %. Elle diminue jusqu'à 24.88 % au mois de juillet et atteint 60.50 % aux mois de Décembre

III-1-1-1-5-L'évaporation:

Notre région d'étude est caractérisée par une évaporation très importante, L'évaporation moyenne annuelle est de 273.72 mm avec 451.26 mm au mois de juillet et 96.19 mm au mois de Janvier.

III-1-1-1-6-Insolation:

Les radiations solaires sont très importantes au Sahara car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année la région d'Ouargla.

La durée moyenne d'insolation est de 270.54 h/mois ; soit 9.018 h/j avec un minimum de 208.57 h/mois au mois de décembre et un maximum de 332.51 h/mois au mois de juillet.

III-1-2-Présentation de la zone d'étude:

La commune de N'goussa située au Nord-Ouest de la wilaya d'Ouargla à une distance de 20 Km de la ville d'Ouargla. Elle couvre une superficie de 2961 Km², Nombre d'habitant 17561 Eq/hab. N'goussa Municipalité se compose de trois grands groupes de la population sont: siège municipaux N'goussa, Elboure, Afrane. Pour cinq domaines secondaires sont: Alkhbna, Gharse Bougofala, Oglate Larbaa, Dbiche, Alkame.

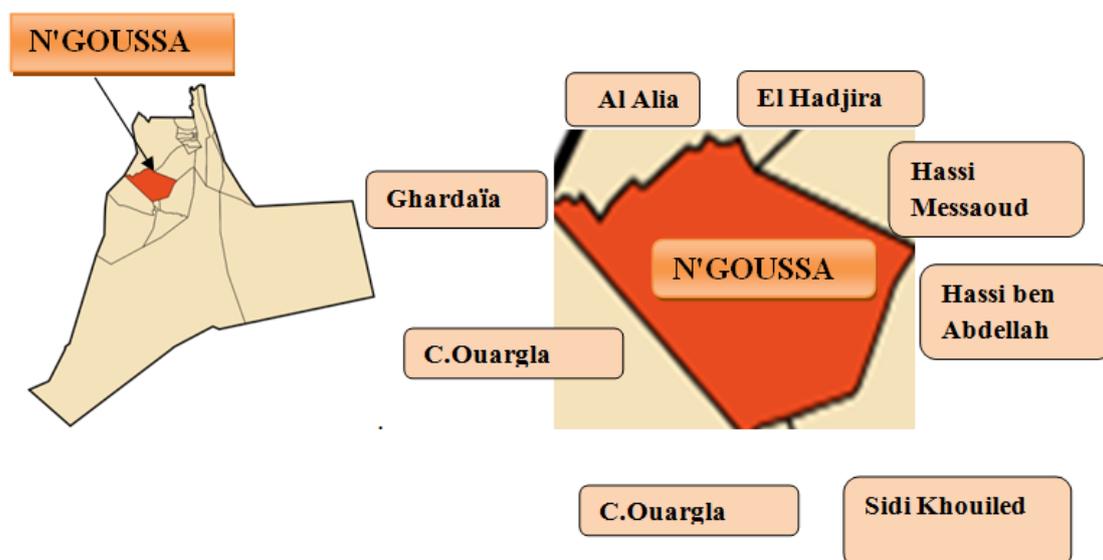


Figure (14): Carte géographique de N'goussa

(Source: Agence Nationale de Développement de l'Investissement-2014)

Elle est limitée par :

- Au nord par la commune de : El Hadjira et Al Alia
- A l'Ouest par la commune de : Ouargla et la wilaya de Ghardaïa
- Au Sud par la commune de : Ouargla et Sidi Khouiled
- A l'Est par la commune de : Hassi ben Abdellah et Hassi Messaoud

Elle se trouve dans [(4°,45) et (5°,44')] longitude Est, [(31°,2') et (32°,39')] latitude.

Altitude de 115 m à 129 m (ANDI-2014).

III-1-3-Présentation de la station (STEP N'goussa):

La station d'épuration des eaux usées par végétation située dans la commune de N'goussa. La station se situe au point le plus bas du réseau d'évacuation des eaux usées. Installé en 2010 et fonctionne depuis 2011. Utilisation de l'énergie solaire projet pilote de la STEP. Les caractéristiques des rejets sont typiquement celles d'un rejet domestique.



Photo (01): STEP N'GOUSSA (Source: Google earth)

La station d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical est constituée par quatre bassins en parallèle planté de roseaux, chaque bassin est divisé en trois parties égales fonctionnant en alternance. Chaque bassin est composé de trois entrées principales uniformément répartis le long du bassin (une entrée à chaque partie), où chaque entrée de fourchette des tubes destiné à l'alimentation par bâchés.

L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans l'arrosage des arbres de la station et le reste est jeté vers la Sebka de N'goussa.

Procédé d'épuration: filtre planté de roseaux (*Phragmites Communis Trinius*).

Type : filtre à écoulement vertical.

Capacité : 11000 Eq/hab ; **Débit nominal:** 1743 m³/j ; **Débit moyen traité :** 800 m³/j

Temps de séjour : 03 jour chaque bassin ; **Densité de plantation:** entre (200-250) planté de roseaux par m².

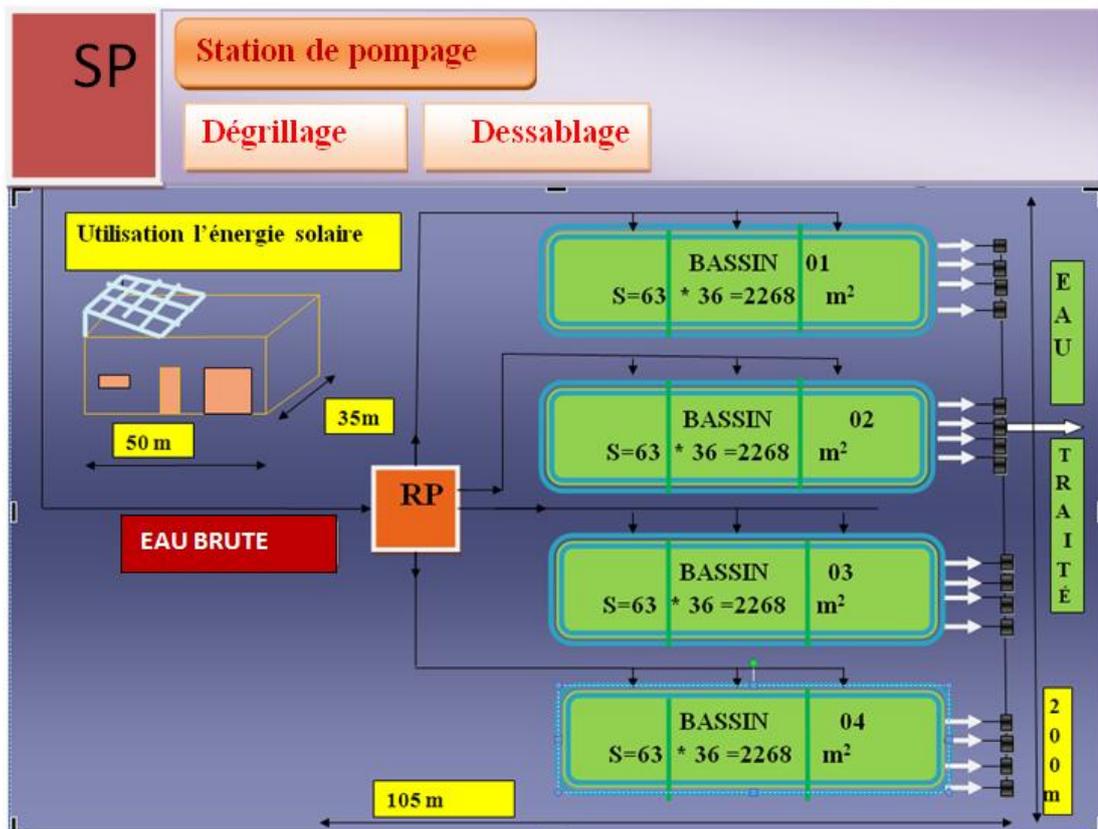


Figure (15): Schéma général de la station d'épuration N'GOUSSA

Surface de chaque bassin : $S = 63\text{m} * 36\text{m} = 2268\text{m}^2$

Surface total des bassins : $S_t = 2268 * 4 = 9072 \text{ m}^2$

Surface total de la station: $S_T = (200 * 105) + (35 * 50) = 22750 \text{ m}^2$

Taux de raccordement réseau assainissement: 80%

Caractéristiques des réseaux : Linéaire de collecteurs gravitaires 26 km

Profondeur de bassin : 80 cm ; **La pente du fond du lit :** 8 % l'écoulement gravitaire (doit permettre de vidanger complètement le filtre).

III-2-Les étapes de fonctionnement de la station:

III-2-1-Station de pompage:

Station de pompage est située à l'est de la station, à une distance de 02 Km. L'eau subit d'abord un prétraitement au niveau de la station pour éliminer les plus grosses particules et matières pour éviter le colmatage des tuyaux de distribution.



Photo (02): Station de pompage

III-2-2-Répartiteur:

Répartiteur située dans la station avec quatre vannes pour distribuer l'effluent brute vers les bassins de par alternance.



Photo (03): Répartiteur

III-2-3-Les bassins:

L'effluent passe dans différents bassins remplis de substrat drainant de galets, graviers, pouzzolane et de plantes de roseaux qui servent de support aux bactéries aérobies et aux autres micro-organismes qui transforment la matière organique présente dans les eaux usées.



Photo (04): filtre planté de roseaux

On arrose chaque bassin en trois étapes sur trois jours on irrigue le premier tiers du bassin pendant une journée complète, alors le deuxième tiers pendant la journée suivante, enfin le dernier tiers pendant la troisième journée, puis on arrose le deuxième bassin, puis troisième et le quatrième de la même manière. L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans la arrosage des arbres de la station et le reste est rejeté vers Sebkhât N'goussa.



Photo (05): Regard de rassemble l'eau traitée

III-3-Fiche descriptives de l'espèce utilisée:

III-3-1-Caractéristique et identifications:

Roseau *Phragmites communis* trouve dans la station d'étude. Et s'installe dans les stations naturelles très humides et dans les terrains salés.



Photo (06): *Phragmites Communis trinius* (STEP N'GOUSSA).

Nom scientifique : *phragmites communis*

Nom vernaculaire : Guesab (roseaux)

Type biologique : Vivace

III-3-2-Description: [48].

Plante pérenne a rhizomes rampants et portant de nombreuses tiges élevées pouvant atteindre quatre (04) mètres de hauteur. Tiges droites et dures feuilles glauques, à lignine courtes et ciliées, elles sont alternées et longuement acuminées.

- **Inflorescence :** brune jaunâtre, composant de très nombreux épillets

- **La biogéographie :** dans les endroits humides, dans les lits d'oued, les guettas et drains, à proximité des palmerais

- **Période de végétation:** floraison en Avril Mai

- **Utilisation:** les longues cannes (tiges) sont taillées et assemblées pour utilisation comme abris du soleil et comme instrument entrant dans confection des tapis traditionnels. Elles sont aussi utilisé pour fabriqué des "Kalam" plumes pour écrire sur les tablettes coraniques. C'est un bon pâturage pour les animaux d'élevage.

III-4-Matériel et méthodes:

La partie expérimentale de ce travail a été réalisée dans le laboratoire de la station d'épuration (STEP) d'Ouargla

III-4-1-Appareillage:

Les appareils employés dans cette partie expérimentale sont répertoriés dans le tableau (05)

Tableau (05): Liste des appareils employés.

Équipement	Type	Utilisé pour
Thermostat LT 200 (37 à 150°C). (réacteur)	HACH. LANGE	L'événement de la réaction
Spectrophotomètre DR 2800	HACH. LANGE	Mesurer directement la concentration des paramètres de pollution
pH mètres	WTW 340i	Mesurer directement de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau
Oxymètre	WTW	Mesurer directement la concentration en oxygène des eaux
Conductimètre	WTW 340 i	Mesurer directement de la conductivité
Balance de précision électronique	KERN- 220-4N	Peser le filtre
Dispositif de filtration sous vide	SARTORIUS	Déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau
Etuve	MEMMERT. UNB	Séchages (déshydratation) de matières en suspensions
Dessiccateur	-	Le refroidissement et l'absorption d'humidité
Pipette jaugée à 2 ml	Opticolor	Le transfert de l'échantillon
Réfrigérateur conservant une température de 20 °C	-	conserver une température de 20°C
Bouteilles brune de 510 ml.	-	éviter les rayons lumineux passant à l'intérieur de Bouteilles
OXI TOP	WTW	Enregistrer la pression au dessus de l'échantillon
Agitateur magnétique	LCR014	Assurer la homogénéité d'eau

III-6-2-Produits chimiques:

Les produits chimiques employés dans cette étude sont répertoriés dans le tableau (05) :

Tableau (06) : Liste des produits chimiques.

Nom	Formule chimique	Origine	Utilisé pour
Pastilles hydroxyde de sodium	NaOH	Biochem Chromopharma M= 40 .00	absorber le CO ₂ dégager par le microorganisme
LCK 314 gamme (15 à 150 mg/l DCO)	-	HACH LANGE	les faibles concentrations de DCO
LCK 514gamme (150 à 1000 mg/l DCO)	-	HACH LANGE	les fortes concentrations de DCO
LCK 339 gamme (0.23 à13.50 mg/l N-NO ₃ ⁻)	-	HACH LANGE	Déterminer la teneur de N-NO ₃ ⁻
LCK 341 gamme (0.015 à0.6 mg/l N-NO ₂ ⁻)	-	HACH LANGE	Déterminer la teneur de N-NO ₂ ⁻
LCK 303gamme (2 à 47 mg/l N-NH ₄ ⁺)	-	HACH LANGE	Déterminer la teneur de N-NH ₄ ⁺
LCK 348gamme (0.5 à 5.0 mg/l PT)	-	HACH LANGE	Déterminer la teneur de PT
Solution chlorure de potassium (3 mol/L)	KCl	Biochem Chromopharma M= 74.50	Calibrage les appareillages des mesure.

III-6-3-Echantillonnage:

L'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans que ses caractéristiques soient altérées [55].

Les points de prélèvements choisis dans cette étude sont :

- L'entrée de la station d'épuration N'goussa pour l'analyse des paramètres de pollution (DCO, DBO₅, MES, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PT, PO₄³⁻ et O₂ dissous).
- La sortie de la station d'épuration N'goussa pour l'analyse des paramètres de pollution (DCO, DBO₅, MES, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PT, PO₄³⁻ et O₂ dissous).

III-6-3-1-Période de prélèvement:

Les prélèvements sont effectués chaque mois au matin (9:00h) pour l'analyse des paramètres de pollution.

Bien que mon stage a eu lieu du 01 février 2015 au 30 Avril 2015, j'ai pu tout de même avoir les résultats des périodes:

III-6-4-Techniques d'analyse des eaux:

Cette technique nécessite suivez les étapes qui existe dans les boîtes des kites LCK. Une sécurité maximale des utilisateurs grâce a une analyse en système ferme avec une quantité réduite de réactifs. Un dosage facile et correct des réactifs, sans pipetage ni contact avec les réactifs, grâce au DOSICAP et au DOSICAP ZIP :

Les bouchons de cuve sont pré-remplis avec la quantité exacte de réactif lyophilisé nécessaire. Etiquetage détaillé de chaque cuve, avec notamment une étiquette a code barres permettant l'identification automatique du test dans le photomètre conception minutieuse de l'emballage Familiarisation rapide grâce a des consignes d'utilisation détaillées et claires sur chaque emballage ; pour une plus grande clarté, quelques instructions sous forme de pictogrammes figurent également sur le couvercle de l'emballage.



Photo (07): Le système de test en cuve

III -6-4-1-Mesure de la DCO:

La mesure de ce paramètre consiste à :

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO
- Agiter et placer le tube fermé dans le thermostat (réacteur) puis chauffer l'échantillon jusqu'à 148 °C pendant 2 heures,
- Laisser refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes afin que la température à température ambiante.
- Placer le tube dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de la DCO en mg/l.

III-6-4-2-Mesure de la DBO₅ :

La mesure de la DBO₅ nécessite la connaissance des informations regroupées dans le tableau:

Tableau (07): Volume d'échantillon d'après la DCO.

La charge	DCO (mg/l) x 0,8	Volume (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	40-80	365	2
Moyenne	80-200	250	5
Plus que moyenne	200-400	164	10
Un peu chargée	400-800	97	20
Chargée	800-2000	43.5	50
Très chargée	200-4000	22.7	100

La mesure de ce paramètre consiste à:

Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium (Pour absorber le CO₂ dégagé par les microorganismes) et quelques gouttes de l'inhibiteur de nitrification.

- Visser la tête de mesure sur les bouteilles (bruns de 510 ml).
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à l'apparition du message (00)
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.

Cette différence de pression sera enregistrée par une OXI TOP est convertie en DBO₅ (mg/l) une fois multipliée par le facteur de dilution. La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅ Volume de la prise d'essai:

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur} \quad (\text{équation 03})$$

Pour les eaux urbaine introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau en fonction de la valeur de DCO.



Photo (08): DBO mètre

III-6-4-3-Matières en suspension (MES): (Méthode par filtration)

Détermination la teneur de matières en suspensions de l'eau traité et brute

III -6-4-3-1-Préparation des filtres par l'eau distillée:

- Laver le filtre par l'eau distillée.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser

III-6-4-3-2-Filtration de l'échantillon:

- Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon d'échantillon.
- Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- Filtré l'échantillon.
- Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser le filtre.

Le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée. On calcule de la teneur en MES selon l'expression :

$$\text{MES} = 1000 (M_1 - M_0) / V \quad (\text{équation 04})$$

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

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

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

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



Photo (09): Dispositif de filtration sous vide

III-6-4-4-Mesure de l'ammonium (NH_4^+):**Réactifs N-NH_4^+ (LCK 303) gamme (2 à 47 mg/l).**

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à :

Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCapZip détachable

-Dévissez le DosiCap Zip

- Pipetter 0.2 ml de d'échantillon

-Vissez immédiatement le DosiCap Zip dirigeant le cannelage vers le haut

-Secouer énergiquement

-Agiter et refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes,

- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de NH_4^+ en mg/l.

III -6-4-5-Mesure de nitrite (N-NO_2^-):**Réactifs N-NO_2^- (LCK 341) gamme (0.015 à 0.6 mg/l)**

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des compose aromatique, contenant un colorant azioque de couleur intense, l'évaluation de la quantité de nitrite consiste à :

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DOZICAP ZIP détachable.

- Dévissez le DOSICAP ZIP

- Pipetter 2.0 ml d'échantillon.

- Vissez immédiatement le DOSICAP ZIP dirigeant le cannelage vers le haut.

- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat

- Attendre 10 min mélange de nouveau, bine nettoyer l'extérieur de la cuve etPlacer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de N-NO_2^- en mg/l.

III -6-4-6-Mesure de nitrate (N-NO_3^-):**Réactifs N-NO_3^- (LCK339) gamme (0.23 à 13.50 mg/l).**

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

L'évaluation de la quantité de nitrite consiste à :

- Pipetter lentement 1.0 ml d'échantillon.

- Pipetter lentement 0.2 ml 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 minutes, bine nettoyer l'extérieur de la cuve et de la cuve et placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de N-NO_3^- en mg/l.

III-6-4-6-Phosphore Total (PT):**Réactifs PT (LCK 348) gamme (0.5 à 05 mg/l).**

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

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à:

- Délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter 0.5 ml d'échantillon.
- Vissez 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 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et p le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de **PT** en mg/l.

III-6-4-7- Ortho Phosphate (P-PO₄³⁻):**Réactifs P-PO₄³⁻ (LCK 348) gamme (0.5 à 05mg/l).**

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

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à :

- Pipetter 0.5 ml d'échantillon
- 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 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de **P-PO₄³⁻** en mg/l.

II-6-4-7-Mesure de conductivité électrique (CE), salinité (Sal), et la température T, le pH et l'oxygène dissous:

Nous avons utilisé la méthode potentiométrique, ce sont toutes les méthodes basées sur la mesure du potentiel à l'aide d'un système d'électrodes et d'un potentiomètre. La mesure directe d'un potentiel à l'électrode indicatrice par rapport à une électrode de référence. On peut ainsi, une fois le système calibré, mesurer directement la concentration d'un échantillon. Cette mesure consiste en:

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser.
- On attend que la valeur se stabilise pour la lecture de la concentration
- Lire la CE (qui s'affiche sur le conductivimètre exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la salinité (exprimée en mg/l) et la température (en $^{\circ}\text{C}$), et le pH qui s'affiche sur le pH mètre et l'oxygène dissous qui s'affiche sur l'oxymètre exprimée en mg/l.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.



Photo (10): pH-mètre



Photo (11): Oxymètre



Photo (12): Conductimètre

CHAPITER IV

Résultats et discussion

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV-Résultats et discussion:

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée par la station d'épuration des eaux usées par roseau de N'goussa. Et que l'opération du calcul le Rendement de traitement selon la relation suivant:

$$\text{Rendement (\%)} = (X_E - X_S) / X_E * 100 \quad (\text{équation})$$

X_E : le teneur de l'effluent en mg/l à l'entrée du bassin.

X_S : le teneur de l'effluent en mg/l à la sortie du bassin.

IV-1- Qualité des eaux brutes au niveau de la STEP:

Les résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO₅, N-NH₄⁺, O₂ (dissous) des eaux usées urbaines prélevées à l'entrée de la STEP sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau (08): Résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO₅, N-NH₄⁺, O₂ (dissous) à l'entrée de STEP.

Mois	Paramètres de pollution			
	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	N-NH ₄ mg/l	O ₂ mg/l
Juin 2014	251.16	245.00	-	-
Juillet 2014	335	100.00	-	-
Septembre 2014	350	190	-	-
Octobre 2014	375	130	53.33	-
Novembre 2014	381	380	49.40	-
Décembre 2014	474	280	-	-
Janvier 2015	324	320.76	40,00	1.60
Février 2015	352	344.96	42.60	0.80
Mars 2015	295.00	250	-	1.00
Avril 2015	538	270	54.4	0.60
Les valeurs moyennes	367.52	251.07	47.94	1.00

La comparaison des résultats obtenus avec la grille de classification des eaux (Tableau 19 annexe 03). Permet de tirer les conclusions suivantes:

Le teneur moyenne de la DCO = 367.52mg/l, avec un minimum de 251.16 mg/l au mois de Juin et un maximum de 538 mg/l au mois de Avril.

Donc la DCO > 80, montrent que les eaux usées urbaines de la région d'étude présentent **une pollution très importante (Très mauvaise)** courant les dix mois

Le teneur moyenne de la DBO₅ = 251.07 mg/l, avec un minimum de 100 mg/l au mois de juillet et un maximum de 380 mg/l au mois de Novembre.

Donc la $DBO_5 > 25$ affirment que les eaux usées urbaines présentent également **une pollution très importante (très mauvaise)** courant les dix mois. La concentration moyenne de l' O_2 dissous = **1.00mg/l**, avec un minimum de 0.6 mg/l au mois d'avril et un maximum de 1.6 mg/l observer au mois de janvier.

Donc l'al' O_2 dissous < 3 montrent que ces eaux usées présentent **une pollution importante (Mauvaise)** courant les quatre mois. La concentration moyenne de l' NH_4^+ = **47.94 mg/l**, avec un minimum de 40.00 mg/l au mois Janvier et un maximum de 54.4 mg/l, observé au mois d'avril.

Donc l' $NH_4^+ > 8$ montrent que ces eaux usées présentent **une pollution très importante (très mauvaise)**,

- A travers ces analyses, il s'avère que les eaux usées de la région d'étude sont caractérisées par une pollution importante à très importante courant les dix mois, 53ses sont de ce fait de qualité entre **très mauvaise** (pollution très important) et une pollution importante (Mauvaise).

IV-2- Qualité des eaux traitées au niveau de la STEP:

Les résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO_5 , $N-NH_4^+$, O_2 (dissous). Des eaux usées urbaines prélevées à la sortie de la STEP sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau (09): Résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO_5 , $N-NH_4^+$, O_2 (dissous) à la sortie de STEP.

Mois	Paramètres de pollution			
	DCO mg/l	DBO_5 mg/l	$N-NH_4^+$ mg/l	O_2 (dissous) mg/l
Juin 2014	103.02	10.00	-	-
Juillet 2014	187	30.00	-	-
Septembre 2014	37	5	-	-
Octobre 2014	25.60	22	6.53	-
Novembre 2014	25.60	22	17.70	-
Décembre 2014	31	05	-	-
Janvier 2015	31	11	3.98	2.50
Février 2015	32.8	13	15.80	2.70
Mars 2015	40.66	6	-	3.00
Avril 2015	51.8	14	26.50	4.00
Les valeurs moyennes	56.55	13.80	14.10	3.05

- A travers ces analyses, on constate un nette amélioration de la qualité de l'eau après son traitement par les roseaux.

On constate une nette diminution de la DCO qui passe d'une valeur moyenne de à 367.52 mg/l à l'entrée de la station à 56.55 mg/l à la sortie ce qui représente un abattement 84.61 %. On constate une nette diminution de la DBO_5 qui passe d'une valeur moyenne de à 251.07 mg/l à

l'entrée de la station à 13.80 mg/l à la sortie ce qui représente un abattement 94.50 %. On constate une diminution de la $N-NH_4^+$ qui passe d'une valeur moyenne de à 47.94 mg/l à l'entrée de la station à 14.10 mg/l à la sortie ce qui représente un abattement 70.58 %. On constate une diminution de l' O_2 (dissous) qui passe d'une valeur moyenne de à 1.00 mg/l à l'entrée de la station à 3.05 mg/l à la sortie ce qui représente un abattement 67.21 %.

IV-4-Choix du procédé de traitement des eaux usées urbaines:

La détermination du traitement à appliquer pour une eau dépend de sa biodégradabilité. Dans notre cas, un degré de biodégradabilité mensuel **K** a été calculé en vue de choisir le procédé de traitement le plus adéquat aux spécificités des eaux usées de la région d'étude.

Tableau (10): Type de traitement convenable pour les eaux usées urbaines

Mois	K = DBO ₅ /DCO	Type de traitement
Jun 2014	0.97	K<2 sur la durée totale de l'expérience donc l'effluent est facilement biodégradable, traitement biologique
juillet 2014	0.29	
Septembre 2014	0.54	
Octobre 2014	0.34	
Novembre 2014	1.00	
Décembre 2014	0.59	
Janvier 2015	0.99	
Février 2015	0.98	
Mars 2015	0.84	
Avril 2015	0.50	

Il apparaît clairement à travers le tableau, que la dépollution des eaux usées de la région d'étude nécessite l'application de types de traitement biologique aux les dix mois.

IV-5-Evolution:

Les résultats globaux que nous avons obtenus sont rassemblés dans le (tableau 17 et 18, l'annexe 03)

IV-5-1-Evolution la température:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 20, l'annexe 03). D'après la Figure (16), on constate que les valeurs de la température abaissent dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute et présentent une moyenne de 20°C, elles varient entre une valeur maximale relevée en juillet de (31.3°C) et une valeur minimale relevée en Février de (17.4°C) pour les eaux brutes et entre 30.8°C et 15.5°C pour les eaux traitées.

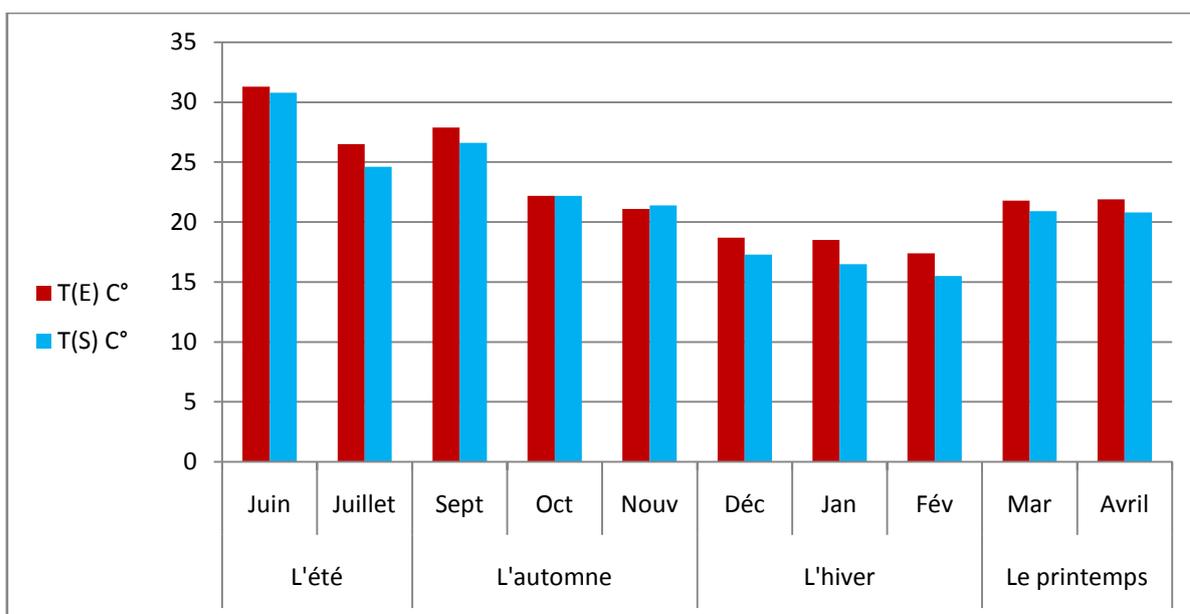


Figure (16): Variation de la température des eaux brutes et traitée dans le temps.

Ces fluctuations de ce paramètre abiotique sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau.

Diminution de la température explique la baisse du nombre de bactéries et de l'absence de réactions biochimiques [66].

IV-5-2-Evolution du pH:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 21, l'annexe 03). D'après la figure (17), on constate que les valeurs de pH abaissent dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute et on remarque que les valeurs du pH mesurées durant notre période d'étude varient pour les eaux brutes entre 7.22 et 7.73, avec une valeur moyenne de 7.47.

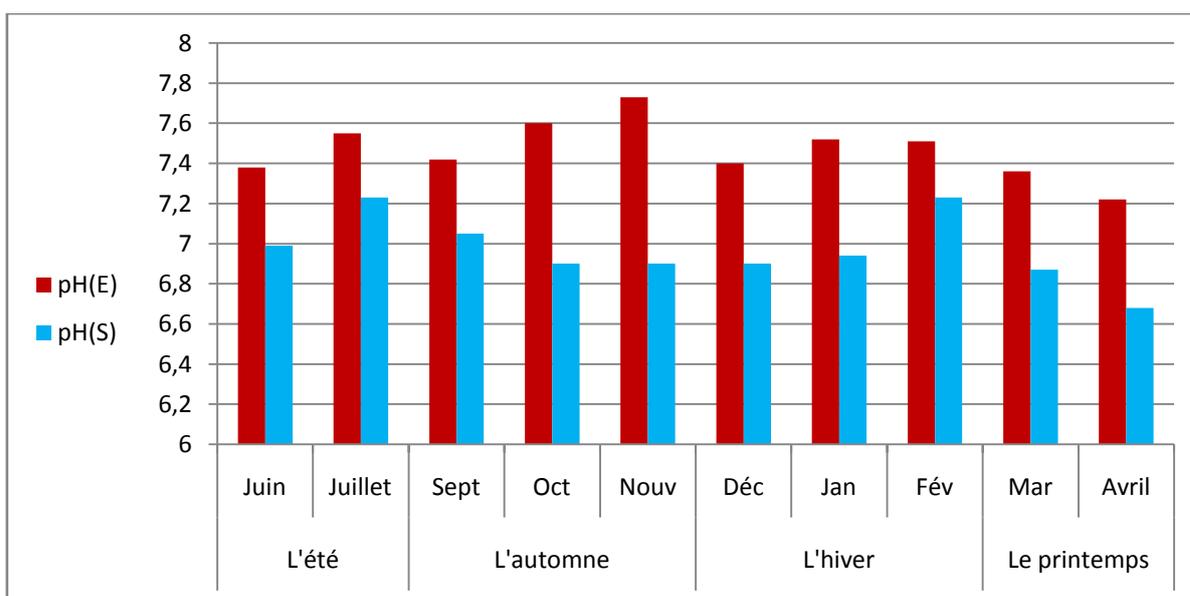


Figure (17): Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Pour les eaux traitées, le pH varie entre 6.68 et 7.23, avec une valeur moyenne de 6.97 sur la durée totale de l'expérience. On remarque dans l'eau traité il ya une légère baisse de la valeur du PH (réduit de moitié l'unité), et il devient acide, car la Production de certaines sécrétions (acides organiques) par les racines des plantes [51].

Recueille l'hydrogène comme résultat de l'activité sur les bactéries de nitrification, L'oxydation de la DCO résultats le CO₂, à son tour, conduit à l'acidité du milieu et l'oxydation des nitrites en nitrates à son tour conduit à l'acidité du milieu ce résultat est expérience très similaire menée au Ghana [5].

Et pourrait tomber le PH de deux unités quand ils atteignent pour la purification quatre semaines. La diminution de pH ne modifie pas la croissance de la plante, car le milieu $4 < \text{pH} < 6$, est la croissance optimale des plantes [57],[66].

Les résultats du pH des eaux brutes montrent que ces valeurs sont caractéristiques des eaux résiduaires urbaines et ceux des eaux traitées montrent que ces valeurs répondent aux normes de rejet Algériennes.

IV-5-3-Evolution de la conductivité:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau22, l'annexe 03). D'après la Figure (18), Nous remarquons que la conductivité électrique enregistrer des valeurs élevées en hiver et d'autres basses en printemps. Peut être due raison l'eau brute est concentré en hiver, les valeurs moyennes de CE mesurées sont de l'ordre de 8.91 ms/cm. Les valeurs de la CE des eaux brute varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 6.16 ms/cm au maximum de 10.39 ms/cm.

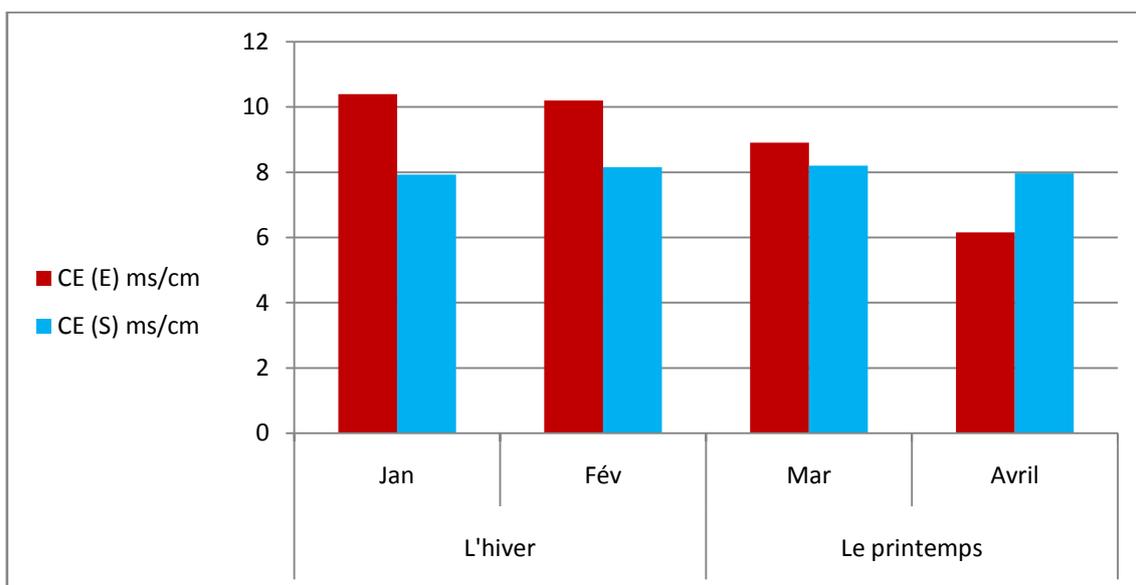


Figure (18): Variation de la CE des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Pour les eaux traitées les valeurs moyennes des CE de l'ordre 8.06 ms/cm. Est varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 7.97 ms/cm au maximum de 8.15 ms/cm .A la sortie on constate une stabilisation de la conductivité suite au traitement. Cette variation entre l'eau brute

et l'eau traité est due au changement de la concentration en sels dissous (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...) dans les eaux qui arrivent à la STEP, ainsi que les eaux de drainage qui aboutissent aux réseaux d'assainissement. Peut être due raison de l'augmentation de la conductivité électrique à mois d'avril en raison de la transpiration et d'évaporation des plantes, et donc conduire à la concentration du milieu. La raison de conductivité électrique augmente à la suite de transformer la matière organique aux matériaux métalliques, dans ce cas, nous nous attendons à tous ces changements. Intervention de la conductivité électrique augmenté de ces résultats sont similaires aux résultats obtenus par le (FINLAYSON et al, 1983) [25], [66].

IV-5-4-Evolution d'oxygène dissous:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 23, l'annexe 03). D'après la Figure (19), on remarque que les teneurs en oxygène dissous varient dans les eaux brutes entre 0.60 mg/l, et 1.6 mg/l, avec une valeur moyenne de 1.00 mg/l et les eaux traitées, l'O₂ dissous avec une valeur moyenne de 3.05 mg/l pour toute la durée de l'expérience. Avec une varient entre 2.50 mg/l au mois de janvier (l'hiver) et 4.00 mg/l au mois d'avril (le printemps).

La diminution des teneurs en oxygène dissous dans l'eau brute indique le grand nombre de micro-organismes (bactéries, champignons ...) que la consommation d'une grande quantité d'oxygène à être exploitée dans le travail et l'activité des processus d'oxydation, en plus du haut degré de turbidité qui a mené à l'antenne obstruction perméabilité oxygène dans les eaux usées.

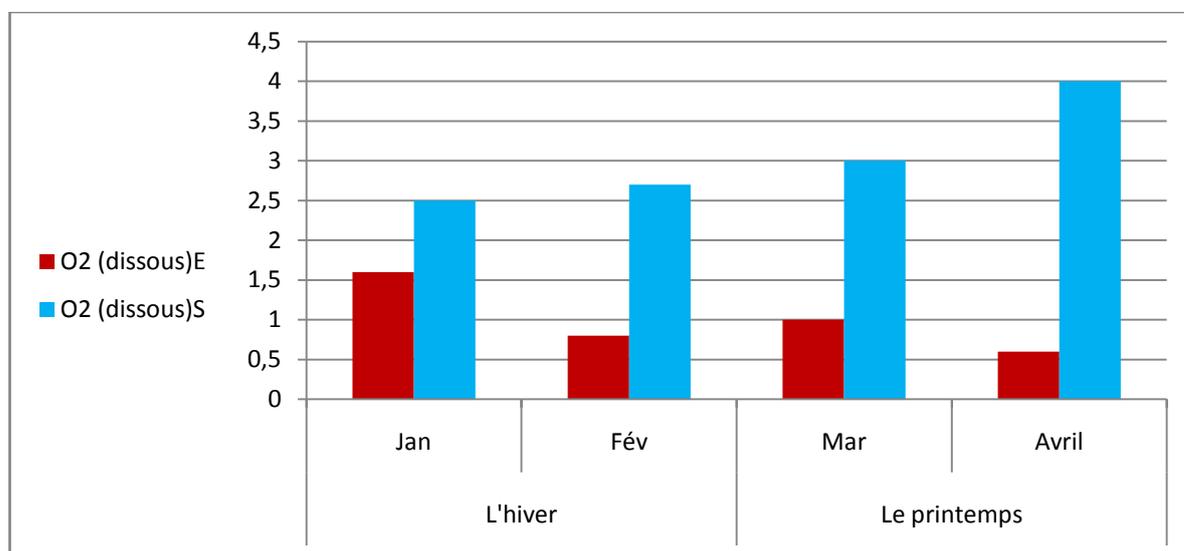


Figure (19): Variation de l'oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Les fluctuations de la teneur en oxygène dissous de l'eau sont liées aux variations saisonnières. Nous notons en effet, une augmentation des valeurs moyennes mensuelle des concentrations en oxygène des eaux traitées par rapport aux eaux brutes.

Cette augmentation peut être expliquée par l'action des vents et le développement dense des tiges de roseaux qui partent des nœuds des rhizomes (les tiges souterraines) et viennent percer la

couche de dépôts superficiels, crée des cheminements d'oxygène, l'oxygène est apportée par convection et diffusion et par les racelles des plantes et la photosynthétique des algues dans les bassins. Nous notons que la quantité de oxygène dissous dans l'eau au printemps est plus grand de l'hiver, a cause de la température et les vents et la salinité de l'eau qui ont un impact direct sur le processus de solubilité de l'oxygène.

La valeur moyenne obtenue sur toute la période de l'expérience pour les eaux traitées est proche des normes OMS de rejets (O_2 dissous = 5 mg/l), (tableau12 annexe 01), ce qui conforme l'efficacité du traitement. Les chercheurs ont noté que les plantes moderne soit plus efficace dans la prestation de l'oxygène à travers leurs racines au plancher pelvien par rapport aux les plantes âgé, qui comprennent une couche de gras empêche des racines [37],[13].

IV-5-5-Demande chimique en oxygène (DCO):

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 24, l'annexe 03). D'après la Figure (20), Les valeurs de concentration de la DCO des eaux brutes de la STEP de N'goussa varient entre un maximum de 538 mg/l et un minimum de 251.16 mg/l.

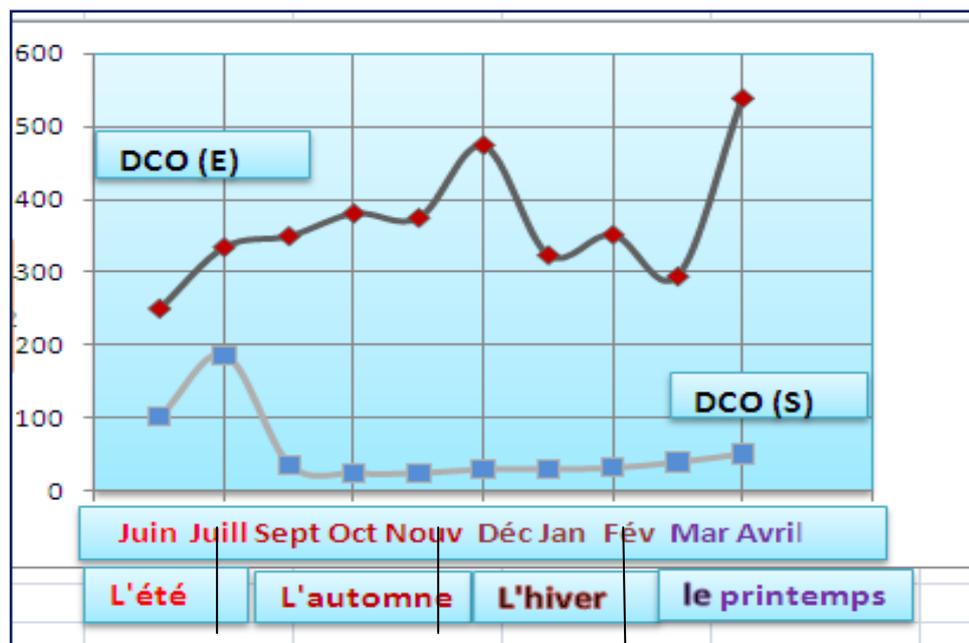


Figure (20): Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps.

En revanche, les valeurs des concentrations des eaux traitées varient entre un maximum de 187 mg/l et un minimum de 25.60 mg/l, avec une moyenne de 56.54 mg/l. La figure (20) présente l'évolution des valeurs de DCO de l'eau brute et traitée de la STEP de N'goussa durant la durée de notre expérience. On observe un intervalle très important entre les valeurs de DCO de l'entrée et de la sortie des bassins de la station. Cette diminution est causée par la présence de la plante qui fournit les conditions physico-chimiques de l'oxygène croit au milieu de filtre à travers les feuilles vers les racines et les tiges par des organismes bactériens qui causent l'oxydation de la

DCO [46] [13]. Ces dernières ne dépassent pas la norme de l'OMS appliquée en Algérie (90 mg/l), (tableau 12 annexe 01).

IV-5-6-Demande biochimique en oxygène (DBO₅):

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 25, l'annexe 03). D'après la figure (21), présente l'évolution des teneurs de la DBO₅ en fonction du temps et montre la grande différence entre les concentrations de l'eau brute et celles de l'eau traitée.

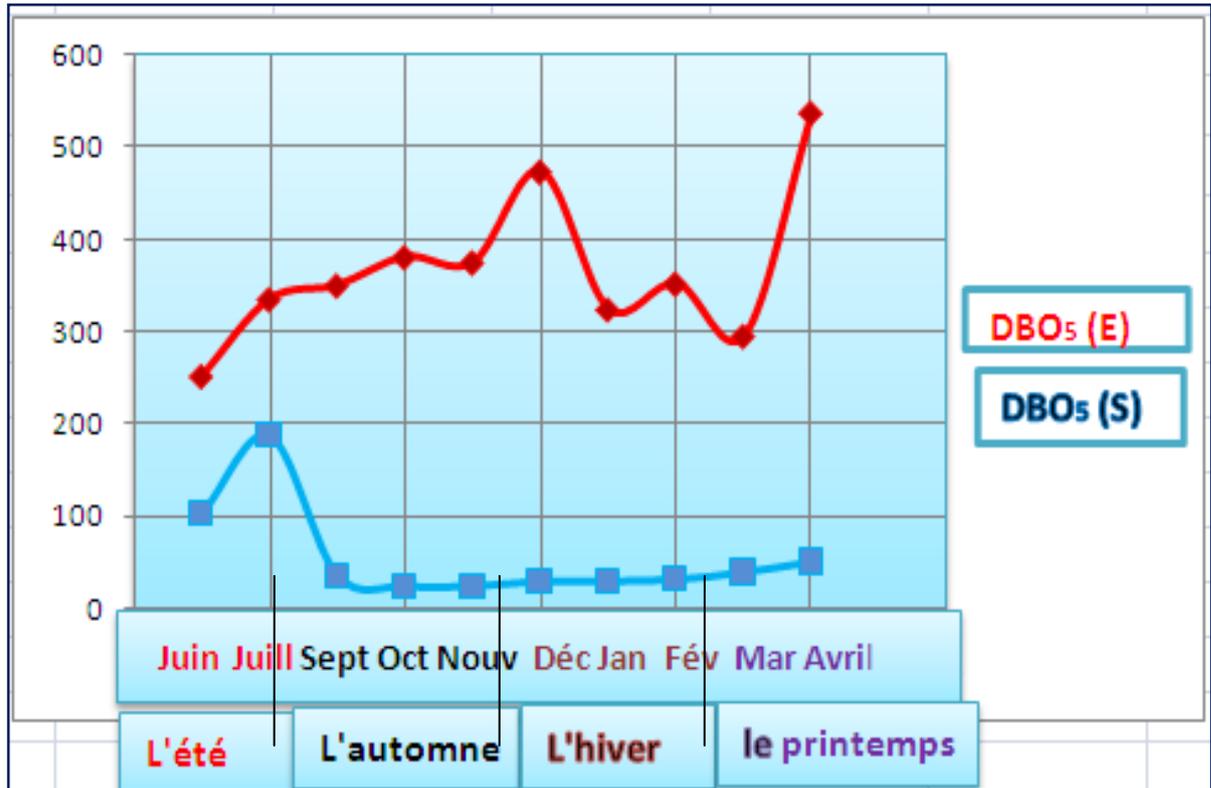


Figure (21): Variation de la (DBO₅) des eaux brutes et traitées dans le temps.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la moyenne des valeurs de la DBO₅ brute est de 251.00 mg/l et celles de l'eau traitée est de 13.80 mg/l.

Cette dernière valeur est inférieure aux normes de rejets de l'OMS appliquées en Algérie (30 mg/l). (Tableau 02 annexes 01).

On remarque que la DBO₅ de l'eau brute du mois d'avril est très élevée par rapport aux autres mois, cette variation des valeurs est en relation avec la charge en matières organiques biodégradables, ainsi qu'avec leur richesse en micro-organismes.

La différence de l'élimination de DBO₅ entre les saisons de l'année en raison de la différence dans la fourniture de l'oxygène autour les racines de roseau, par différentes manières.

IV-5-7-Matières en suspension (MES):

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 26, l'annexe 03). D'après la figure (22). D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs des MES varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 66.00 mg/l à un maximum de 168.00 mg/l pour les eaux brutes et entre 11.00 mg/l et 55.00 mg/l pour les eaux traitées.

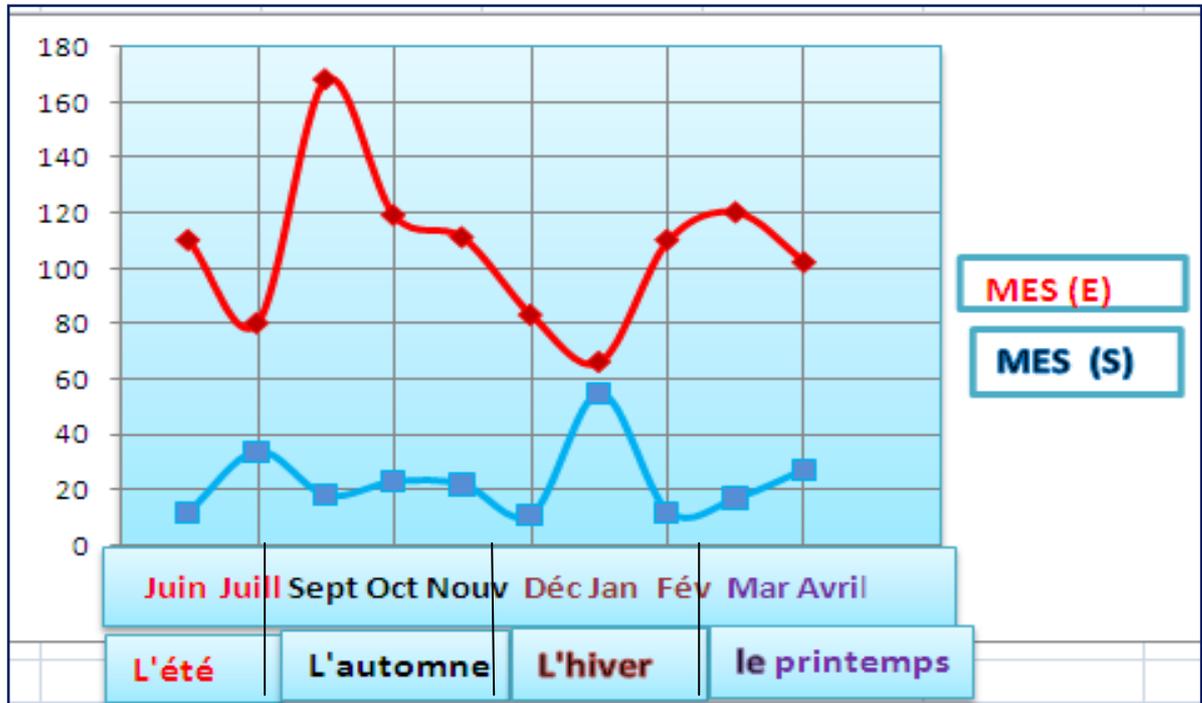


Figure (22): Variation de MES des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Par comparaison entre les valeurs des MES des eaux brutes qui ont une moyenne de 106.90 mg/l et celles des eaux traitées qui sont de l'ordre de 24.07 mg/l.

On constate d'après la figure (22), ce qui nous permet de juger que l'épuration des eaux usées domestiques dans le bassin en ce concerne les MES est bonne surtout au l'automne. Nous avons obtenu une Cette valeur est inférieure à la norme de rejet de l'OMS appliquée à l'Algérie (30 mg/l) (tableau 02 annexes 01). la diminution de la concentration de MES dans divers l'eau traités est principalement le résultat du traitement physique tel que la filtration [58], où la matière grossière rester coincé dans les pores de la Filtre ou de réaction chimique [16]. Est les plantes présente comme des barrières physique freinant le transport des MES vers la sortie de bassin et contribuant ainsi à leur décantation [64],[32]. Nous observons que les valeurs des MES au mois de Janvier est convergence Cette convergence peut être expliquée par l'action de photosynthétique des algues qui se sont développées dans le bassin.

IV-5-8-Evolution l'ammonium $N-NH_4^+$:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 27, l'annexe 03). D'après la figure (23), on remarque que les teneurs en l'ammonium ($N-NH_4^+$), varient dans les eaux brutes entre 40.0 mg/l, et 54.4 mg/l, avec une valeur moyenne de 47.94 mg/l

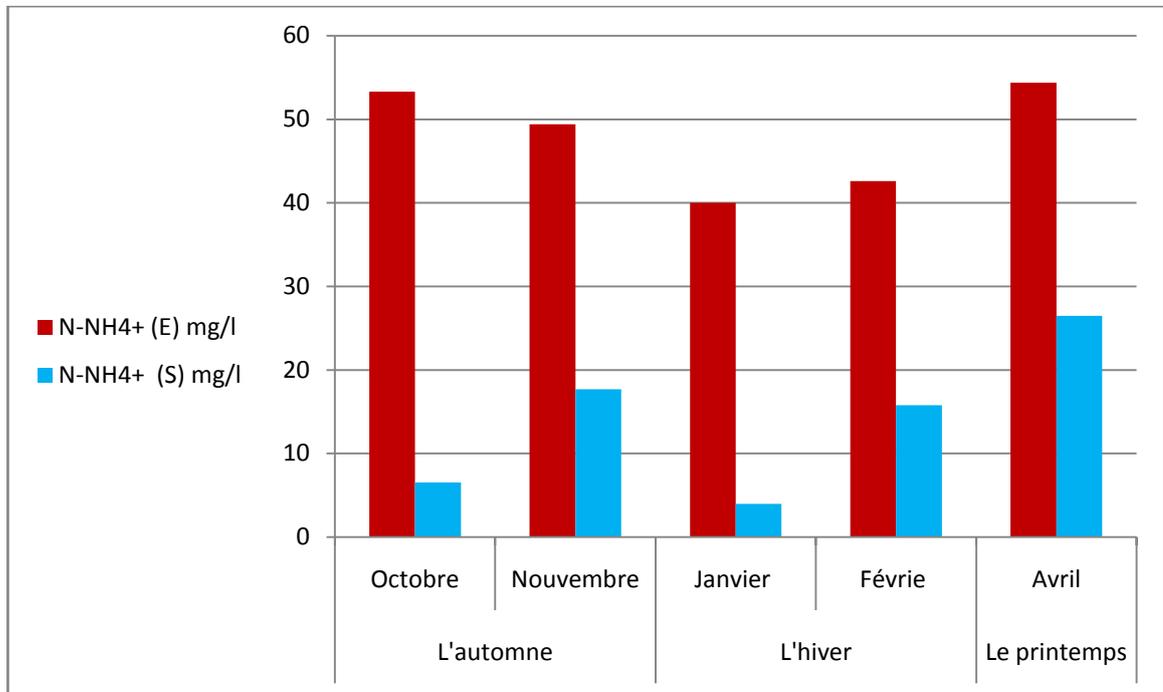


Figure (23): Variation de $N-NH_4^+$ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Le teneur très élevée de l'ammonium explique que l'eau brute c'est un mélange des eaux de drainage agricole, et des eaux usées.

On constate une réduction en hiver pour le manque d'irrigation. Et les eaux traitées varient entre 6.53 mg/l et 26.5 mg/l, avec une valeur moyenne de 14.10 mg/l pour toute la durée de l'expérience.

Les résultats du l'ammonium ($N-NH_4^+$), des eaux brutes montrent que ces valeurs sont caractéristiques des eaux résiduaires urbaines et ceux des eaux traitées montrent que ces valeurs répondent aux normes de rejet Algériennes ($NH_4^+ = 20$ mg/l).

IV-5-9-Evolution nitrite:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 28, l'annexe 03). D'après la figure (24), d'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs des nitrites varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 0.10 mg/l à un maximum de 0.29 mg/l pour les eaux brutes, et entre 0.008 mg/l au mois Janvier (L'hiver) et 0.47 mg/l au mois d'avril (le printemps) pour les eaux traitées.

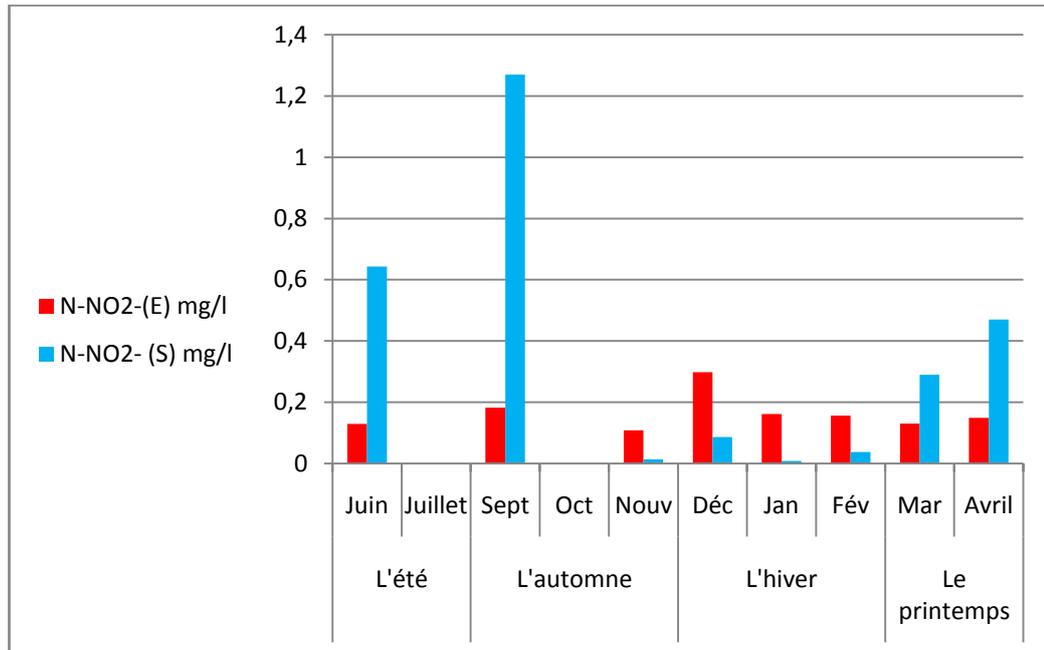


Figure (24): Variation de N-NO₂ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Grâce à l'évolution temporelle de NO₂⁻ nitrite dans la figure (24). Nous notons que le montant le plus élevé de l'élimination de nitrite en Janvier, rendements de purification 95.06 %. Nous notons qu'il ya une augmentation dans l'eau traitée dans les mois: juin, septembre, Mars, Avril, car il n'ya pas une abondance de l'oxygène à pour se transformer tous nitrites en nitrate (la nitrification).

IV-5-10-Evolution nitrate:

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 29, l'annexe 03). D'après la figure (25), Nous observons que les valeurs des nitrites varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 0.20 mg/l à un maximum de 2.72 mg/l pour les eaux brutes, et entre 4.01 mg/l au mois Juillet (L'été) et 36.26 mg/l au mois d'Octobre (L'automne) pour les eaux traitées.

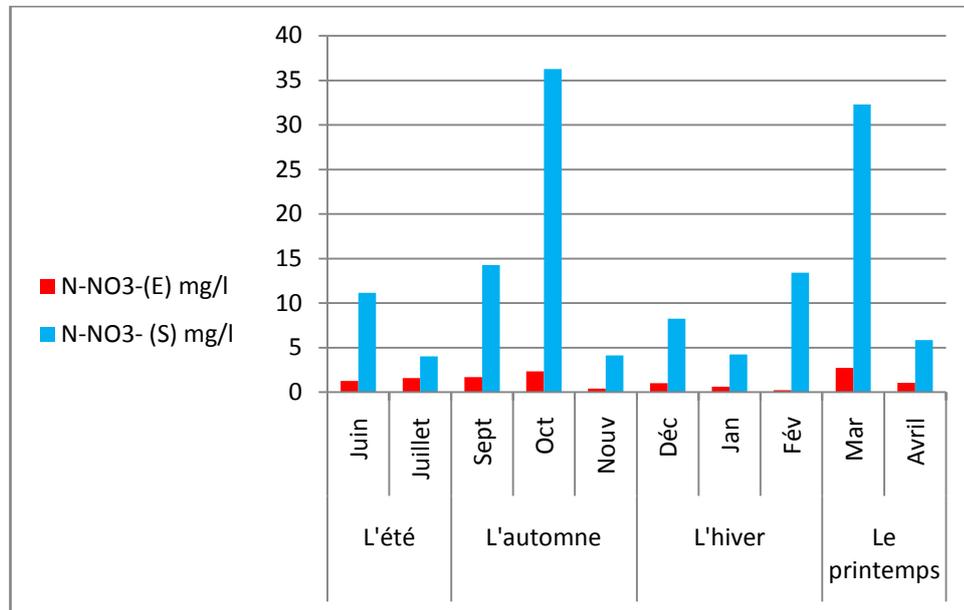


Figure (25): Variation de N-NO₃ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Généralement, la concentration de nitrates est en augmentation dans toutes les saisons dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute, Parce que la station fonctionne d'une manière écoulement vertical (Type de filtre à écoulement vertical) qui favorisée la nitrification.

Ces résultats peuvent être expliqués par la prolifération des algues au niveau du bassin. Malgré que la croissance des phytoplanctons nécessitent les nutriments tels que l'azote et le phosphore, mais les résultats montrent la croissance des teneurs en nitrates ce qui confirme la présence d'une source de ces composés dans le milieu.

Il apparait qu'il existe un type d'algue qui peut fixer l'azote atmosphérique et croît par la suite les teneurs en composés azotés.

Un filtre à écoulement vertical fonctionnant de manière optimale produit des nitrates. L'élimination des nitrates n'est pas nécessaire car l'utilisation prévue est l'irrigation de paysage. Les eaux ainsi traitée pourront répondre partiellement aux besoins des cultures et permettre en conséquence l'économie des engrais minéraux.

IV-5-11-Evolution phosphore totale (PT):

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (26), et le (tableau 30, l'annexe 03). D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs des phosphore Totale PT varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 4.03 mg/l à un maximum de 8.18 mg/l pour les eaux brutes, et entre 2.23 mg/l au mois d'avril (Le printemps) et 5.21 mg/l au mois d'octobre (L'automne) pour les eaux traitées.

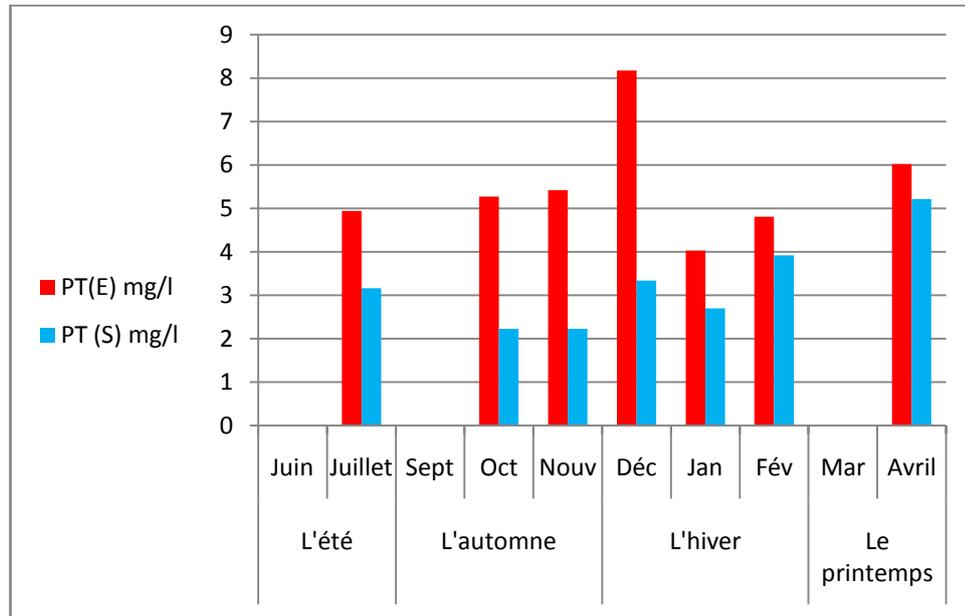


Figure (26): Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Par comparaison entre les valeurs des (PT) des eaux brutes qui ont une moyenne de 5.52 mg/l, et celles des eaux traitées qui sont de l'ordre de 3.25 mg/l. Cette valeur que nous avons obtenue est inférieure à la norme de rejet de l'OMS appliquée à l'Algérie (10.00 mg/l (tableau 02 annexe 03)). D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs de (PT) abaissent dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

Cette abaissement de concentration de phosphore dans l'eau traitée est causée par l'adsorption du substrat et l'absorption de PO_4^{3-} par le roseau aux besoins physiologiques. Nous n'observons que la valeur moyenne de rendement sur la durée totale de l'expérience. Est de 40.38 %.

Cet abattement normalement faible (dépend de la capacité d'adsorption du substrat et de l'âge de l'installation).

L'élimination des phosphates n'est pas nécessaire car l'utilisation prévue est l'irrigation de paysage. Les eaux ainsi traitées pourront répondre partiellement aux besoins des cultures et permettre en conséquence l'économie des engrais minéraux.

IV- 3-Etude de l'efficacité de filtre planté de roseau appliqué au niveau de la STEP**Tableau (11):Rendement de traitement (%)**

Saisons	Mois	Rendement de traitement (%)					
		DCO %	DBO ₅ %	MES %	PT %	N-NH ₄ ⁺ %	O ₂ (dissous) %
L'été	Juin 2014	58.98	95.91	89.09	-	-	-
	juillet 2014	44.17	70	57.5	36.03	-	-
L'automne	Septembre 2014	89.42	97.36	89.28	57.68	-	-
	October 2014	66.66	94.21	79.27	46.30	87.75	-
	Novembre2014	93.28	83.07	-	58.85	64.17	-
L'hiver	Décembre 2014	93.45	98.21	86.74	59.21	-	-
	Janvier 2015	90.43	96.57	16.66	33.00	90.05	-56.25
	Février 2015	90.68	96.23	87.94	18.50	67.00	-237.5
Le printemps	Mars 2015	86.21	97.60	85.83	-	-	-200
	Avril 2015	90.37	94.81	73.03	13.45	51.28	-566.66
Les valeurs moyennes%		80.36	92.40	73.93	40.38	72.05	-265.10

Détermination des rendements de traitement relatifs à chaque paramètre Tableau (10) a montré que l'application de filtre planté de roseau aux eaux usées de la région N'goussa assure:

- L'élimination de 44.17 à 93.45 % de la DCO; avec une valeur moyennes de 80.36%
- L'élimination de 70 à 98.21 % de la DBO₅; avec une valeur moyenne de 92.40%
- L'élimination de 16.66 à 89.09 % de la MES; avec une valeur moyenne de 73.93 %
- L'augmentation de 56.25 à 566.66 % de l'O₂ dissous .Cette augmentation peut être expliquée par l'action de vent et photosynthétique des algues qui se sont développées en grandes quantités dans les bassins.
- L'élimination de 51.28 à 90.05 % d'NH₄⁺ ; avec une valeur moyenne de 72.05%
- L'élimination de 13.45 à 59.21 % de la PT; avec une valeur moyenne de 40.38%

CONCLUSION

Conclusion

La station joue un rôle primordial dans la protection de l'environnement en éliminant les mauvaises odeurs, les stagnations des eaux dans les zones urbanisées, la sauvegarde des composantes et richesses naturelles et surtout il offre la possibilité de réutiliser les eaux usées dans les domaines agricole. Dans notre travail nous avons utilisé une plante macrophyte: le *Phragmites Communis Trinius* pour le traitement des eaux usées. Notre étude est suivie une analyse de la qualité des eaux brute et traité dans l'essai expérimental.

Les résultats que nous avons obtenus durant un suivi qui a duré du mois de juin au mois d'avril montrent clairement l'efficacité et d'un tel système pour le traitement des eaux usées urbaines d'une moyenne agglomération. L'abattement de la pollution particulaire atteint:

- L'élimination de 44.17 à **93.45** % de la DCO;
- L'élimination de 70 à **98.21** % de la DBO5;
- L'élimination de 16.66 à **89.09** % de la MES;
- L'augmentation de 56.25 à **566.66** % de l'O₂ dissous
- L'élimination de 51.28 à **90.05** % d'NH₄⁺.
- Une stabilité pour le pH et la CE au niveau du dispositif durant tous l'essai.

Les résultats obtenus après expérimentation montrent que le traitement des eaux usées par *Phragmites communis* Trinius améliore leurs qualités. La qualité de l'eau après traitement dans le dispositif est nettement supérieure à celle prélevé du canal à l'entrée de bassin. Les eaux ainsi traitées pourront répondre partiellement aux besoins des cultures et permettre en conséquence l'économie des engrais minéraux.

Le traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux. Économique, l'entretien est réduit par rapport à des « stations d'épuration classiques », et l'installation est économe en énergie. Exploitable dans les climats chauds comme dans les climats froids. Cette technique peut être employée sur une grande partie de la planète.

Le présent travail demande une continuité et des suivies durant les quatre années de vie de roseau ainsi que des comparaisons dans les mêmes conditions expérimentales avec des bassins non cultivés (Timoine) de plus il ouvre des ébauches sur des travaux portant sur la densité optimale du roseau, la hauteur convenable des eaux usées à traiter à chaque stade phénologique des roseaux, ainsi que le stade de faucardage.

Nous recommandons que cette expérience soit élargie à d'autres localités d'une moyenne agglomération.

Bibliographie

Bibliographie

- [1]: A.Dubakeur,1990. L'eau problème de santé publique. Technique et Sciences 2 P 14-16.
- [2]: Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine.
- [3]: AL-MAYAH, A A. and AL-HAMIN, F. I. 1991. Aquatic plants and the Algae. University of Basrah (in Arabic); pp. 699-701
- [4]: A. MIZI, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA.
- [5]: AWUH.ELUBBE RDING.H.J. ASSANTE. K and GIJZEN. H.J 2002 PH on enterococci removal in pistia, dukweed and algaebased stabilization ponds for domestic wastewater treatment. Wat.Sci. Tech.45(1):pp 67-74.
- [6]: BELKHIRI D, 1999.Traitement des eaux usées urbaines (Aspectenvironnemental). Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier Université de Sétif, 115p.
- [7]: BENSLIMANE R, 2001-Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie. Mém. Ing. Eco et Env. Patho. Des écosystèmes. Université de Annaba 95p.
- [8]: Bernard BAUDOT ET Prudencio PERERA ,GUIDE, 2001. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités(500-5000 eq-hab) Mise en oeuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Office International de l'Eau.
- [9]:BOUTOUX J, 1993. Introduction à l'étude des eaux douce (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Qualité et santé. 2ème édition, CEBEDOC. Paris, 160-165p.
- [10]: BOUDJELAL et DJOUDI, 2003.Pollution de l'oued Bousellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Mém. Ing. Eco et Env. Patho des écosystèmes. Université de Sétif, 112p.
- [11]: BOUTELLI M., MENASIA S., (2008). Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mém. Ing. Hydraulique. Hydraulique urbaine. Univ. d'Ouargla. 132p.
- [12]: Brigitte DONNIER. La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C. E. R.B. O. M. Nice. France.

- [13]: BRIX, H.(1994)."Function of Macrophytes in Constructed Wetlands." Wat.Sci. Tech. 29(4): pp 71-78
- [14]: CHAOUCH Noura, 2014. Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées UNIVERSITE HADJ LAKHDAR – BATNA.
- [15]: C. Couillard,1997. Source et caractéristiques des eaux usées issues des différents procédés de l'industrie des pâtes et papiers. The Science of the Total Environment 12 169 - 197.
- [16]: CHACHUAT B, 1998. Traitement d'effluents concentrés par culture fixes sur gravier Rapport de DEA, ENGEES-Cemagref , p 118.
- [17]: Cooper P, 1996. Reed beds & Constructed Wetlands for waste water treatment. S.T.V.V.VVRC, Ed. Pp; 51-52-53-54
- [18]: DAHOU Abderahim, 2013. LAGUNAGE AERE EN ZONE ARIDE PERFORMANCE EPURATOIRES CAS DE (REGION D'OUARGLA),Université d'Ouargla
- [19]: D.Couillard,1979. Sources et caractéristiques des eaux uses issues des différents procédés de l'industrie des pâtes et papiers. The Science of the Total Environment 12 169 - 197.
- [20]: DEGREMANT, 1992.Le Memento Technique de l'Eau", Editions Lavoisier, , p 60
- [21]: E.Arod, 2002. Se désintoxiquer des métaux lourds, une approche alimentaire globale (extrait d'un article paru dans bio-contact) 1 -17.
- [22]: Emilian Koller,2004. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS.
- [23]: F. BERNIE et J. CORDONNIER,1991. Traitement des eaux. TCHNIP. France.
- [24]: F. GALAF et S. GHANNAM,. 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC.
- [25]:FINLAYSON CM ., CHICK A.J, 1983. Testing the potential of aquatic plants to treat abattoir effluent, Water Res. 17(4): pp 415-422.
- [26]: F. MECHATI,2006. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister..
- [27]: FABY J., BRISSAID F. (1997) L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Office Internationale de l'eau. Etude réalisé pour le compte de ministère de l'agriculture et de la pêche et de l'alimentation. FNDE

- [28]: FRANCK R., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 165-170, 183-239p.
- [29]: G. Alabiso et al,1997. Particulate matter and chemical – physical conditions of an inner sea The Mar piccolo in Taranto. A new statistical approach. *Marine Chemistry* 58, 373 - 388.
- [30]: G. Klomfas et al, 2004. Fouling phenomena in unit and hybrid processes for potable water treatment. *Desalination* 163 - 311 – 322
- [31]: GOPAL.B, 1987. Water hyacinth. Amsterdam, Elsevier. p 471
- [32]: HAMMADI B,2011.Phytoépuration des eaux usées de la région de Témacine Evaluation et conditions optimales Univ. d'Ouargla. 82p.
- [33]: Hatem Dhaouadi, 2008. Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration Université Virtuelle de Tunis.
- [34]: Jean RODIER et all. L'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. PARIS. 1996
- [35]: JEDICKE, A., FURCH, B., SAINT, P. U. and SCHLUETER, U. B. 1989. "Increase in the oxygen concentration in Amazon waters resulting from the root exudation of two notorious water plants, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) and *Pistia stratiotes* (Araceae). *Amazoniana* 11(1): pp53-70
- [36]: Kadlec, R.H. et al - 2000. Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation. IWA Publishing. Scientific and Technical Report N°8.Pp; 96-97-98-99
- [37]: KARIA. G.L. and CHRISTIAN. R. A, 2006. Waste water treatment, concepts and design Approach. Prentice Hall of India Pvt. Ltd.,New Delhi. pp 302-304
- [38]: KHEDR. A .H. A. and SERAG, M. S, 1998. "Environmental influences on the Distribution and Abundance of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) in Egypt. " *Limnologica* 28(4): pp 387-393
- [39]: KROER N., BARKAY ,T ,SOERENSEN S .,WEBER D, 1998. Effect of root exudates and bacterial metabolic activity on conjugal gene transfer in the rizophers of marsh plant. *FEMS Microbiol. Ecol.*25,pp 375-384
- [40]: LADJEL F, 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdès. p80.
- [41]: LIBES,Y, 2010. Les eaux usées et leur épuration MEZOUAR, M. et TRIKI, S.2010. Contribution à l'étude de l'efficacité de filtration.

- [42]: M. Bouhada et S. Zentar : Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimique des eaux usées industrielles et leurs impacts sur la nappe phréatique de Oued Mzab. The, Ing, GC, U. Kasdi Merbah Ouargla (2006) p70.
- [43]: M. Di Benedetto, 1997. Les métaux lourds p49
- [44]: Marcel Doré, 1989. Chimie des oxydants et traitement des eaux.p 60 - 61.
- [45]: Marsteiner, 1996. The influence of macrophytes on subsurface flow. Wetland hydraulics, 5' International Conference onWetland Systems for Water Pollution Control, Vienna
- [46]: MARTENS R, 1982.Apparatus to study the qualitative relationship between root exudates and microbial population in the rhizosphere. Soil. Bio. Biochem. 14,pp 315-317.
- [47]: MEKHALIFF,2009.Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement,Université du 20 Août 1955 SKIKDA
- [48]: MILOUDI A, 2009. Inventaire des espèces macrophytes épuratrice dans la cuvette de OuarglaDiplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne , U.Kasdi Merbah Ouargla
- [49]: MOUHAMMED OUALI S? 2001. Procédés unitaires biologique de traitement des eaux, Ed OPU, Alger. p70.
- [50]: N.Daoui et W.Hadji,2010. Etude descriptive et qualitative de la station d'épuration des eaux usées de Ouargla. Thes, Ing, GE, U.Kasdi Merbah Ouargla 76 p.
- [51]: NDZOMO. G. T. NDOUMOU. D. O. and AWAH. A. T, 1994. "Effect of Fe-2+, Mn-2+, Zn2+ and Pb-2+ on H+/K+ fluxes and excised Pistia stratiotes roots. "Biologia Plantarum Prague 36(4): pp 591-597.
- [52]: R. SALGHI,2006. Différentes filières de traitements des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME duMAROC.
- [53]: RANJANI K., KNEIDINGER CH. RIOS R., SALINAS N., SOTO G., DURAN-DE-BAZUA C., 1996. Treatment of maize processing industry wastewater by constructed wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands system for water pollution control, vol. 1, Vienna, Sept. pp: 9, 15-19.
- [54]: REDDY, K. R., D'ANGELO, E. M. and DEBUSK, T. A, 1989. "Oxygen transport through aquatic macrophytes: The role in Wastewater treatment." J. Envion, Qual. 19: pp261-267.
- [55]: RODIER et al, 2009.L'Analyse de l'eau", Jean RODIER, Editions DUNOD, 8ième edition, 1996.

- [56]: SAGGAI M, (2004). Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Université de Ouargla. p64.
- [57]: SHARMA. B. M. and SRIDHAR, M. K. C, 1989. " Growth-Charasteristics of water lettuce Pistia stratiotes L. in south west Nigeria." Archiv fur Hydrobiologie 115(2): p305-312.
- [58]: SRIDHAR. M. K. C. and SHARMA. B. M, 1985. Some observation son the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. "Water Res 19(7): p 935-939
- [59]:Taradat, M.H., 1992.Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada. 537p.
- [60]: THOMAS O., (1955). Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-1 p.
- [61]:Vaillant J.R., 1974 Perfectionnement et nouveautés (pour l'épuration des eaux usées)
- [62]: Vyamazal. J. et al, 1998. Constructed waste water treatment in Europe; Backhuys Publisher, Lriden. 76:p;16-17-18
- [63]: X.Z.Li et al, 1999. Advanced treatment of dyeing wastewater for reuse, Water Science and Technology 39 - 249 - 255.
- [64]: YAHIA TENE Sofiane et TAHIRIM El Tiadj, 2010. Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran Université d'Oran – Licence batiment
- [65]: Wolverton,B.C.and Mc Donald R.C,1979. " The Watre Hyacinth-Frpm prolific Pest to Potential Provider."Ambio 8(1) : p; 2-9

المراجع باللغة العربية:

- [66]: العابد إبراهيم ، 2015. معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية .دكتوراه علوم جامعة قاصدي مرباح ورقلة
- [67]: عبد الرزاق التركماني ، 2009. محطات المعالجة بالنباتات، دليل تخطيط و تصميم و تنفيذ محطات المعالجة بالنباتات ، شبكة خبراء المياه السوريين .

ANNEXES

ANNEXE 01

Tableau (12): Seuil de toxicité de différentes substances en épuration biologique aérobie

Éléments ou composés	Valeur limitée (mg/l)
Cadmium	1-3
Mercure	0.01
Chrome hexavalent	2
Cuivre	1
Nickel	1-2,5
Plomb	1-2
Zinc	5-10
Cyanures	1-1,6
Sulfures	20
Alcool allylique	19,5
Chloroforme	18
Dinitrophénol	4
Formaldéhyde	135-175
Isothiocyanates	0,8-1,9
Phénol	5,6

Source : [20]

Tableau (13): Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie

Paramètre	Normes utilisées (OMS)
Température T	30°C
PH	6,5-8,5
DBO ₅	30 mg/l
DCO	90 mg/l
MES	30 mg/l
Azote total	50 mg/l
NH ₄ ⁺	20 mg/l
NO ₂ ⁻	1 mg/l
NO ₃ ⁻	<1 mg/l
PO ₄ ⁻³	2mg/l
O ₂	5mg/l

Source: (Journal Officielle de la République Algérienne 15/07/2012).

Tableau (14): Avantages et inconvénients des filières intensives.

Filière	Avantages	Inconvénient
Lit bactérien et disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> -faible consommation d'énergie; -fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées; -bonne décantabilité des boues; -plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues active; -généralement adaptés pour les petites collectivités; -résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). 	<ul style="list-style-type: none"> -performances généralement plus faibles qu'une technique Par boues actives. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes; -coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20% par rapport à une boue active); nécessité de prétraitements efficaces; sensible au colmatage;
Boue active	<ul style="list-style-type: none"> -adaptée pour tout taille de collectivité (sauf les très petites); -bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (DCO, DBO₅, MES, N, par nitrification et dénitrification); -adapté pour la protection de milieux récepteurs sensible; -boues légèrement stabilisées; Facilité de mise en œuvre d'une déphosphoration simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> -coûts d'investissement assez importants; -consommation énergétique importante; -nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière; -sensibilité aux surcharges hydraulique; -décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser; -forte production de boues qu'il faut concentrer.

Source: (d'après le site internet de Cartel - <http://www.carteleau.org> - rubrique guide des services).

Tableau (15): Avantages et inconvénients des filières extensives:

Filière	Avantages	Inconvénients
Infiltration-Percolation sur sable	<ul style="list-style-type: none"> - Excellents résultats sur la DBO5, la DCO, les MES et nitrification poussée ; - Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel ; - Capacité de décontamination intéressante 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace ; - Risque de colmatage à gérer ; - Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable ; - Adaptation limitée aux surcharges hydraulique.
Filtres plantés à écoulement vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité et faible coût d'exploitation. Aucune consommation énergétique si la topographie le permet ; - Traitement des eaux usées domestique brutes ; - Gestion réduite au minimum des dépôts organiques retenus sur les filtres du 1^{er} étage ; - Bonne adaptation aux variations saisonnières de population. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux ; - Utiliser cette filière pour capacités supérieures à 2000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classique ; - Risque de présence d'insectes ou de rongeurs ;
Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal	<ul style="list-style-type: none"> - Faible consommation énergétique ; - Pas de nuisance sonore et bonne intégration paysagère ; - Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien ; - Bonne réaction aux variations de charge. 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte emprise au sol, abords compris Celle-ci est de l'ordre de 10 m²/EH (équivalente à l'emprise d'une lagune naturelle). - Une installation pour des tailles de 2000 à 15000 EH peut d'envisager sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique
Lagunage naturel	<ul style="list-style-type: none"> - Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable ; - l'exploitation reste légère mais, si le curage global n'es pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement ; - Elimine une grande partie des nutriments phosphore et azote (en été) ; - Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été ; - S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ; - Pas de construction (en dur) , génie civil simple ; - Bonne intégration paysagère ; - Bon outil pour l'initiation à la nature ; - Absence de nuisance sonore ; 	<ul style="list-style-type: none"> -Forte emprise au sol (10 à 15 m²/EH) ; - Coût d'investissement très dépendant de la nature de sous-sol . Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune ; - Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval ; - Qualité du rejet variable selon les saisons ; - La maîtrisé de l'équilibre biologique et des processus épuratoires reste limitée.

	- Les boues de curage sont bien stabilisée sauf celles présentes et tête du premier bassin	
Lagunage aéré	<ul style="list-style-type: none"> - Tolérant aux variations de charge hydrauliques et/ou organiques importantes ; - Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnements filamenteux en boues activées) ; - Traitements conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables. - Bonne intégration paysagère ; - Boues stabilisées . 	<ul style="list-style-type: none"> - Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ; - Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé - Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ; - Forte consommation énergétique

Source: de Cartel – <http://www.carteleau.org> – rubrique guide des services

ANNEXE 02

Tableau (16): Données climatiques de la ville d'Ouargla (1996- 2013)

	T X C°	TN C°	TM C°	H %	V m/s	EVAP mm	INSOL H/mois	RR mm
Janvier	18,95	5.1	12.02	60.36	3.17	96.19	245.31	12.55
Février	20,75	6.46	13.60	52.75	3.45	126.65	236.21	4.06
Mars	25.73	10.28	18.00	44.22	3.93	198.07	274.73	7.73
Avril	30.74	15.0	22.87	36.83	4.65	262.05	282.53	2.25
Mai	34.76	19.67	27.21	32.5	4.88	316.89	288.04	3.82
Juin	39.53	25.0	32.26	27.22	4.61	404.00	286.2	1.42
Juillet	43.67	27.86	32.26	24.88	4.45	451.26	332.51	2.8
Aout	42.85	27.24	35.04	27.69	3.99	416.93	327.18	3.57
Septembre	37.70	23.48	30.59	37.63	3.83	300.72	259.76	5.61
Octobre	31.73	17.43	24.58	45.86	3.18	218.22	260.44	8.31
Novembre	24.07	10.14	17.10	55.58	2.83	131.18	245.42	9.5
Décembre	19.35	5.87	12.61	60.50	2.72	106.58	208.57	4.25

Source: O.N.M Ouargla

TX: Température maximale

TN: Température minimale

TM: Température moyenne

H%: Humidité

RR: Précipitation

EVAP: Evaporation

INSOL: Insolation

V (m/s): Vitesse vent

ANNEXE 03

Tableau (17): Les résultats globaux d'analyses: d'épuration des eaux usées par roseau de N'goussa

Mois	Paramètre	T C°	pH	MES mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PT mg/l	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l
Jui 2014	Entrée	31,3	7,38	110,00	0,129	1,27	-	251,16	245,00
	Sortie	30,8	6,99	12,00	0,643	11,14	-	103,02	10,00
	Rend %			89.09	-39.84	-777.16	-	58.98	95.91
Juillet 2014	Entrée	26,5	7,55	80,00	-	1,56	4,94	335	100,00
	Sortie	24,6	7,23	34,00	-	4,01	3,16	187	30,00
	Rend %			57.5	-	-157.05	36.03	44.17	70
Septe mbre 2014	Entrée	26,9	7,42	168	0,182	1,67	-	350	190
	Sortie	27,6	7,05	18	1,270	14,28	-	37	5
	Rend %			59.52		-755.08	-	89.42	97.36
Octob re 2014	Entrée	21,21	7,73	119	-	2,32	5,42	375	130
	Sortie	21,4	7,44	23	-	36,26	2,91	125	15
	Rend %			80.67	-	-1462.9	46.30	66.66	88.46
Nouv embre 2014	Entrée	22,2	7,60	111	0,108	0,412	5,27	381	380
	Sortie	21,4	6,90	22	0,014	0,412	2,23	25,60	22
	Rend %			80.18	87.03	0.00	57.68	93.28	94.21
Déce mbre	Entrée	18,7	7,40	83	0,298	1,02	8,19	474	280
	Sortie	17,3	6,90	11	0,087	8,25	3,34	31	05
	Rend %			86.74	21.10	-708.82	59.21	93.45	98.21
Janvi er 2015	Entrée	18,5	7,52	66	0,162	0,598	4,03	324	320,76
	Sortie	16,5	6,94	55	0,008	4,24	2,70	31	11
	Rend %			16.66	95.06	-6990.3	33.00	90.43	96.57
Fétrie r 2015	Entrée	17,4	7,51	141	0,156	0,202	4,81	352	344,96
	Sortie	15,5	7,23	17	0,038	13,4	3,92	32,8	13
	Rend %			87.94	75.64	-6533.6	18.50	90.68	96.23
Mars 2015	Entrée	21,8	7,36	120,0	0,13	2,72	-	295,0	250
	Sortie	20,9	6,87	17,00	0,19	32,3	-	40,66	6
	Rend %			85.83	-123.0	-91.57	-	86.21	97.60
Avril 2015	Entrée	21,9	7,22	102	0,149	1,05	6,02	538	270
	Sortie	20,8	6,68	27,5	0,47	5,86	5,21	51,8	14
	Rend %			73.30	-886.5	-458.09	13.45	90.37	94.81

Tableau (18): Les résultats globaux d'analyses (récemment mesurées): d'épuration des eaux usées par roseau de N'goussa

Mois	Paramètre	O ₂ (dissous) mg/l	CE ms/cm	Sal mg/l	N-NH ₄ ⁺ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
Janvier	Entrée	1.60	10.39	5.90	44.00	-
	Sortie	2.50	7.93	4.40	3.98	-
	Rend %	-56.25	-	25.42		-
Février	Entrée	0.80	10.20	5.70	42.60	3.79
	Sortie	2.70	8.15	4.50	15.80	3.24
	Rend %	-237.5	-	21.05		14.51
Mars	Entrée	1.00	8.91	4.90	-	-
	Sortie	3.00	8.20	3.35	-	-
	Rend %	-200	-	31.63	-	-
Avril	Entrée	0.60	6.16	4.30	54.4	4.91
	Sortie	4.00	7.97	3.20	26.50	4.31
	Rend %	-566.66	-	34.37	51.28	12.21

Tableau (19): Grille de classification des eaux.

Paramètres Classe	DCO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ dissous (mg/l)
Bonne (absence de pollution significative)	≤ 20	≤ 3	≥ 7	≤ 0.1
Assez bonne (pollution modérée)	20 – 25	3 – 5	5 – 7	0.1 – 0.5
Médiocre (pollution nette)	25 – 40	5 – 10	3 – 5	0.5 – 2
Mauvaise (pollution importante)	40 – 80	10 – 25	< 3	2 – 8
Hors classe (pollution très importante)	> 80	> 25	-	> 8

Source: [14].

Tableau (20): Variation de la température des eaux brutes et traitée dans le temps.

Saisons	Mois	T _(E) C°	T _(S) C°
L'été	Juin 2014	31,3	30.8
	juillet 2014	26,5	24.6
L'automne	Septembre 2014	26,9	27.6
	Octobre 2014	22.2	22.2
	Novembre2014	21,1	21.4
L'hiver	Décembre 2014	18,7	17.3
	Janvier 2015	18.5	16.5
	Février 2015	17.4	15.5
Le printemps	Mars 2015	21,8	20.9
	Avril 2015	21.9	20.8

Tableau (21): Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	pH(E)	pH(S)
L'été	Juin 2014	7,38	6,99
	juillet 2014	7,55	7,23
L'automne	Septembre 2014	7,42	7,05
	Octobre 2014	7.60	6.90
	Novembre2014	7,73	6,90
L'hiver	Décembre 2014	7,40	6,90
	Janvier 2015	7.52	6.94
	Février 2015	7.51	7.23
Le printemps	Mars 2015	7,36	6,87
	Avril 2015	7.22	6.68

Tableau (22): Variation de la conductivité des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	CE (E) ms/cm	CE (S) ms/cm
L'hiver	Janvier 2015	10.390	7.930
	Février 2015	10.200	8.150
Le printemps	Mars 2015	9.520	7.413
	Avril 2015	6.160	7.970

Tableau (23): Variation de l'oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	O ₂ (dissous) E	O ₂ (dissous) S
L'hiver	Janvier 2015	1.6	2.5
	Février 2015	0.8	2.7
Le printemps	Mars 2015	1	3
	Avril 2015	0.6	4

Tableau (24): Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	DCO (E) mg/l	DCO (S) mg/l
L'été	Juin 2014	251,16	103,02
	juillet 2014	335	187
L'automne	Septembre 2014	350	37
	Octobre 2014	381	25.60
	Novembre 2014	375	25,60
L'hiver	Décembre 2014	474	31
	Janvier 2015	324	31
	Février 2015	352	32.8
Le printemps	Mars 2015	295,00	40,66
	Avril 2015	538	51.8

Tableau (25): Variation de la (DBO₅) des eaux brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	DBO _{5(E)} mg/l	DBO _{5(S)} mg/l
L'été	Juin 2014	245,00	10,00
	juillet 2014	100,00	30,00
L'automne	Septembre 2014	190	5
	Octobre 2014	380	22
	Novembre 2014	130	22
L'hiver	Décembre 2014	280	05
	Janvier 2015	320.76	11
	Février 2015	344.96	13
Le printemps	Mars 2015	250	6
	Avril 2015	270	14

Tableau (26): Variation de MES des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	MES (E) mg/l	MES (S) mg/l
L'été	Juin 2014	110,00	12,00
	juillet 2014	80,00	34,00
L'automne	Septembre 2014	168	18
	Octobre 2014	119	23
	Novembre 2014	111	22
L'hiver	Décembre 2014	83	11
	Janvier 2015	66	55
	Février 2015	110	12
Le printemps	Mars 2015	120,0	17,00
	Avril 2015	102	27.5

Tableau (27): Variation de N-NH_4^+ des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	N-NH_4^+ (E) mg/l	N-NH_4^+ (S) mg/l
L'été	Juin 2014	-	-
	juillet 2014		
L'automne	Septembre 2014	-	-
	Octobre 2014	53.33	6.53
	Novembre 2014	49.40	17.70
L'hiver	Décembre 2014		
	Janvier 2015	40.00	3.98
	Février 2015	42.60	15.80
Le printemps	Mars 2015		-
	Avril 2015	54.4	26.50

Tableau (28): Variation de N-NO_2^- des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	N-NO_2^- (E) mg/l	N-NO_2^- (S) mg/l
L'été	Juin 2014	0.129	0.643
	juillet 2014	-	-
L'automne	Septembre 2014	0.182	1.270
	Octobre 2014	-	-
	Novembre 2014	0.108	0.014
L'hiver	Décembre 2014	0.298	0.087
	Janvier 2015	0.162	0.008
	Février 2015	0.156	0.038
Le printemps	Mars 2015	0.13	0.29
	Avril 2015	0.149	0.47

Tableau (29): Variation de N-NO₃⁻ des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	N-NO ₃ ⁻ (E) mg/l	N-NO ₃ ⁻ (S) mg/l
L'été	Juin 2014	1.27	11.14
	juillet 2014	1.56	4.01
L'automne	Septembre 2014	1.67	14.28
	Octobre 2014	2.32	36.26
	Novembre2014	0.412	0.412
L'hiver	Décembre 2014	1.02	8.25
	Janvier 2015	0.598	42.4
	Février 2015	0.202	13.4
Le printemps	Mars 2015	2/72	32.3
	Avril 2015	1.05	5.86

Tableau (30): Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	PT (E) mg/l	PT (S) mg/l
L'été	Juin 2014	-	-
	juillet 2014	4.94	3.16
L'automne	Septembre 2014	-	-
	Octobre 2014	5.27	2.23
	Novembre2014	5.42	2.23
L'hiver	Décembre 2014	8.18	3.34
	Janvier 2015	4.03	2.70
	Février 2015	4.81	3.92
Le printemps	Mars 2015	-	-
	Avril 2015	6.02	5.21

Tableau (31): Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation

Paramètres	Normes
pH	6.5 à 8.5
Conductivité électrique (ms/cm)	< 3*
MES (mg/l)	< 70*
DCO (mg/l)	< 40*
DBO ₅	< 30*
NO ₃ (mg/l)	< 50*
NO ₂ (mg/l)	< 1*
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	< 0.94*
HCO ₃ (mg/l)	500**
SO ₄ ⁻² (mg/l)	400**
CL ⁻ (mg/l)	1065**
Ca ²⁺ (mg/l)	400**
Na ⁺ (mg/l)	920**
Mg ²⁺ (mg/l)	60.75**
Cd ²⁺ (mg/l)	0.01*
Pb ²⁺ (mg/l)	0.05*
Zn ²⁺ (mg/l)	2*
Cr ⁶⁺	0.1*
NH ₄ ⁺ (mg/l)	< 2*

Source: [18].

Résumé

Notre travail qui a eu durant la période allant du 01/02/2015 au 30/04/2015. Les résultants obtenus montrent que l'utilisation des plantes de roseaux pour l'épuration des eaux usées, faire avec très bonne rendement d'épuration ont prouvé l'efficacité dans ce système et son rôle efficace grâce à la réduction de la pollution des indicateurs avancés. On constate réduction de paramètres de 80.36 % (DCO), 92.40 % (DBO₅), 73.93 % (MES), 37.89 % (N-NH₄⁺), 40.38 % (PT). Montre que ce système est un traitement des eaux usées économique sans exploiter la consommation et les produits chimiques énergie à faible coût, de sorte qu'il peut être utilisé comme une alternative écologique. Bien que la station de N'goussa qui fonctionnée par débit est supérieure à la station de WWG du Vieu Ksar de Temacine plus de cinquante fois, mais elle a donné similaires des résultats en particulier en termes d'élimination des matières organiques. Grâce aux résultats obtenus, nous pouvons juger de l'efficacité de ce station, qui a prouvé qu'il peut être généralisée dans les villages et en milieu rural, pour de densité moyenne des habitants.

Mots clés: La phytoépuration - *Phragmites Communis Trinius* - Performance - Eaux usées - Pollution - N'Goussa

الملخص

إمتد عملها خلال الفترة من 01/02/2015 إلى 30/04/2015. إذ أثبتت نتائج التجربة كفاءة نبات القصب في هذا النظام ودوره الفعال من خلال اختزال أبرز مؤشرات التلوث, حيث لوحظ إنخفاض في المعايير التالية : 80.36 % (DCO), 92.40 % (DBO₅), 73.93 % (MES), 37.89 % (N-NH₄⁺), 40.38 % (PT). يتبين أن هذا النظام إقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي بإستغلال منخفض التكلفة دون إستهلاك للطاقة والمواد الكيميائية, لذا يمكن استخدامه كبديل صديق للبيئة. على الرغم من أن محطة أنقوسه التي تعمل بتدفق يفوق محطة القصر العتيق تماسين بأكثر من خمسين مرة, إلا أنها أعطت نتائج مماثلة ولا سيما من حيث إزالة المواد العضوية. من خلال النتائج التي تم الحصول عليها, يمكننا الحكم على مدى فعالية هذه المحطة, التي أثبتت أنه يمكن تعميمها في القرى و الأرياف متوسطة الكثافة السكانية.

الكلمات المفتاحية: التقية عن طريق النباتات - نبات القصب - الأداء - مياه الصرف الصحي - تلوث المياه - أنقوسه

ABSTRACT

Our work has had during the period from 02.01.2015 to 04.30.2015. As results of the experiment proved the efficiency of the plant cane in this system and its effective role through the reduction of pollution leading indicators. Which gave good returns in the removal of contaminants. There is reduction of parameters: 80.36% (DCO), % 92.40 (DBO₅), 73.93% (MES) 37.89% (N- NH₄⁺), 40.38 % (PT). And it shows that this system is an economic waste water treatment without exploiting low-cost energy consumption and chemicals, so it can be used as an alternative environmentally friendly. Although the N'goussa station operating flow outweigh Témacine Palace station by more than fifty times, but gave similar results, particularly in terms of removing the organic materials.

Keywords: The phytopurification - *Phragmites Communis Trinius* - Performance - Wastewater - Pollution - N'goussa