



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمزة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم الفلاحة
Département des sciences agronomique

N° d'ordre :
N° de série :

MEMOIRE
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER
Filière : Agronomie
Spécialité : Production Végétale

Par: TIDJANI Habiba

THEME

**Etude de l'Efficacité et la Valeur Ajoutée d'un
Système de Phytoepuration Pilote en Algérie :
La Station Pilote VIEUX KSAR TEMACINE**

Soutenu publiquement le : 20 /06/2019

Devant le jury composé de:

Présidente :	Mr	ZAATER A/M	M. A. A	Université d'El Oued
Promoteur :	Mr	KIRAM A/R	M. A. A	Université d'El Oued
Co-Promoteur :	Mr	HAFODA L	Chercheur	INRA Sidi Mahdi Touggourt
Examinatrice :	Mme	BOURESE B	M. A. B	Université d'El Oued

Année Universitaire : 2018/2019

DEDICACES

Avec ma gratitude et grand amour, je dédie ce travail à :

Mon très cher mari pour ses conseils et ses encouragements

Ma très chère mère qui a consacré sa vie pour bâtir la mienne, je lui serai éternellement reconnaissante.

A mes enfants : MED Sghir , MED Mouatassem biallah et KHadija

A toute ma famille TIDJANI.

A toutes mes amies et mes collègues.

REMERCIEMENTS

Lorsqu'un mémoire s'achève, un désir s'empare de nous afin de remercier chacune des personnes dont la contribution a permis à ce travail de voir le jour.

Je tiens à exprimer mes respectueux remerciements et toute ma gratitude à monsieur KIRAME Abderrazek (Maître assistant A à l'université d'EL OUED), mon Encadreur, et Monsieur HAFOUDA lamine (Chercheur INRAA Touggourt), mon Co-Encadreur, pour la confiance et la bienveillance qu'il m'a témoignées et dont la disponibilité et l'indulgence m'ont permis de mener à bien cette étude.

A Mesdames et Messieurs les membres du jury pour nous avoir fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail:

- **Mr ZAATER A/M** (Maître assistant A à l'université d'El Oued)
- **Mme BOURESE B** (Maître assistante B à l'université d'El Oued).

Je remercie également monsieur MAMADI Salah (professeur de français), et monsieur RIGHI Ahmed (service des laboratoires de hôpital Slimane AMIRAT de Touggourt) pour leur l'aide et leurs conseils judicieux.

Enfin, je remercie toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

RESUME

Les eaux usées rejetées dans la nature sans traitement préalable avec des volumes importants et croissants sont des sources de pollution. Ils génèrent de nombreuses maladies à transmission hydriques et une propagation des épidémies.

Ce travail sur la station du vieux Ksar de Temacine, vise à étudier l'efficacité et la valeur ajoutée d'un système pilote de phyto-épuration en Algérie. Pour déterminer la performance épuratoire et la valeur ajoutée de la station pilote, nous avons analysé les caractères physico-chimiques, biochimiques, bactériologiques des eaux brutes et traitées de chaque mois et durant une année, et aussi les biomasses végétales produites par les plantes du bassin WWG.

Les résultats des analyses en aval de la station ont montré que les eaux de cette station sont des eaux claires, avec une salinité très élevée, mais elles sont de bonne élimination des charges organiques (>80%), des charges ioniques (>65%), et une bonne qualité bactériologique.

La station donne aussi des quantités importantes de biomasses végétales produites par les plantes du bassin, donc c'est une valeur pour la station, qu'il faut la valoriser.

Mots clés : Pollution, Temacine, Algérie, Phyto-épuration, station pilote, Performance épuratoire, Biomasses végétales, Valeur ajoutée.

ملخص

إن المياه الصرف الصحي الغير المعالجة والمطروحة في الطبيعة بحجم كبير ومتزايد، تشكل مصدر للتلوث وتهديدا كبيرا للتغلب الأمراض. هذه العمل حول محطة القصر القديم تماسين، يقوم بدراسة المردود والقيمة المضافة للمعالجة مياه الصرف الصحي عن طريق نظام نمذجي للتصفية بالنباتات في الجزائر. من اجل معرفة مردود التنقية لمحطة التصفية النمذجية بتماسين، و القيمة المضافة لهذه التنقية، قمنا بإجراء تحاليل لمعرفة الخصائص الفيزيوكيميائية و بكتريولوجية للمياه غير المعالجة و المعالجة للمحطة لكل شهر و لمدة عام كامل، كما قمنا بدراسة كمية المادة الخضراء المنتجة عن طريق نباتات حوض المحطة. النتائج أظهرت بان المياه المعالجة بهذه المحطة هي مياه نقية، ذات معدلات ملوحة مرتفعة، لكنها أيضا ذات نوعية جيدة من حيث الطبيعة الفيزيوكيميائية والبيوكيميائية و البكتريولوجية.

المحطة تعطي أيضا كميات معتبرة من المادة الخضراء، بذلك تعتبر هذه الخاصية قيمة مضافة للمحطة، و يجب استغلالها.

الكلمات الدالة: التلوث، تماسين، الجزائر، التصفية بالنباتات، محطة نمذجية، مردود التنقية، القيمة المضافة، كمية الخضراء للنباتات.

SUMMARY

Waste water discharged into the wild without prior treatment with large and growing volumes are sources of pollution. They generate many water-borne diseases and spread of epidemics.

This work on the old station Ksar Temacine, aims to study the efficiency and added value of a pilot phytoepuration system in Algeria. For determine the purification performance and their added value of the pilot station), we analyzed the physicochemical, biochemical, bacteriological characteristics of the raw and treated waters, and also the vegetative biomasses produced by WWG plants.

The results of the analyses showed that the waters of this station are clear waters, with a very high salinity, but they are good the elimination of the organic charges (>80%), the ionic charges (>65%), and good bacteriological quality.

The station also gives large quantities of vegetative biomasses produced by the pond plants, so it is a value for the station, it is necessary to value

Key words: pollution, Temacine, Algeria, phytoepuration, pilot, purification performance, added value, WWG, salinity, organic loads, ionic charges, bacteriological quality, vegetative biomasses produced

Liste des Abréviations

Abréviation	Signification
WWG	Waste Water Garden
EB	L'Eau Brute
ET	L'Eau Traitée
pH	Le potentiel Hydrogène
T	La Température
CE	La Conductivité Electrique
MES	La Matière En Suspension
DCO	Le Demande Chimique en Oxygène
DBO₅	Le Demande Biochimique en Oxygène
K	Le coefficient de biodégradabilité
PO₄⁻³	L'orthophosphate
NO₂⁻	Les ions Nitrites
NO₃⁻	Les ions Nitrates
CT	Coliformes Totaux
CF	Coliformes Fécaux
Ec	Escherichia-coli
ST	Streptocoques Totaux
SF	Streptocoques Fécaux
CSR	Clostridium Sulfito-Réducteurs
STh	Salmonella Thyphi
MS	La Matière Sèche
NF/AN	Nombre des Fauches par une Année
BVP	La Biomasse Végétale Produite

Liste des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	La page de la figure
Figure N°01	Les différentes compositions des eaux usées domestiques	03
Figure N°02	Les différentes étapes techniques d'épuration des eaux usées	05
Figure N°03	Le principe de traitement Waste Water Garden	13
Figure N°04	La situation géographique de la région Temacine	17
Figure N°05	La localisation de la station WWG Temacine	20
Figure N°06	La fosse septique de la STEP Temacine	21
Figure N°07	Le bassin WWG de la STEP Temacine	22
Figure N°08	La zone de drainage de la STEP Temacine	22
Figure N°09	Le plan de répartition des plantes dans le bassin WWG	24
Figure N°10	Préparation des dilutions	35
Figure N°11	La variation de la turbidité des eaux brutes et des eaux traitées	39
Figure N°12	La disponibilité des nutriments des sols en fonction du pH	41
Figure N°13	La variation temporelle du (pH)	41
Figure N°14	La variation temporelle du (T°)	42
Figure N°15	La variation temporelle de la (CE)	43
Figure N°16	La variation temporelle du (MES)	44
Figure N°17	La variation temporelle du (DCO)	45
Figure N°18	La variation temporelle du (DBO_5)	46
Figure N°19	La variation temporelle du K	47
Figure N°20	La variation temporelle du (PO_4^{-3})	48
Figure N°21	La variation temporelle des ions (NO_2^-)	50
Figure N°22	La variation temporelle des ions (NO_3^-)	50
Figure N°23	La performance épuratoire de la station	52
Figure N°24	Les biomasses végétales des plantes du bassin WWG	54

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre de tableau	La page de tableau
Tableau N°01	Les données météorologiques de la région de Touggourt	18
Tableau N°02	Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des eaux	40
Tableau N°03	La performance épuratoire de la station Temacine	51
Tableau N°04	Les caractéristiques bactériologiques des eaux	53
Tableau N°05	Les biomasses végétales produites par les plantes du bassin WWG	54

Sommaire

Dédicaces			
Remerciements			
Résume, ملخص, Summary			
Liste des Abréviations			i
Liste des figures			ii
Liste des tableaux			iii
Introduction générale			1
PREMIERE PARTIE : ANALYSE BIBLIOGRAPHIE			
Chapitre I : Généralité sur les eaux usées			
1-Définition des eaux usées.			2
2-Origine d'eau usée.			2
	1-Les eaux usées domestiques et urbaines.		2
	2-Les eaux de ruissèlement		2
	3-Les eaux usées industrielles		2
	4-Les eaux usées agricoles		2
3-Les effets des eaux usées			4
4-Définition de l'épuration			4
5-Les techniques de traitement des eaux usées			4
	1-Prétraitement		4
	2-Traitement primaire		4
	3-Traitement secondaire		4
	4-Traitement tertiaire		4
6-Les procédés de l'épuration			6
	1-Procédé à boue activée		6
		1-Les avantages du procédé à boue activée	6
		2- Les inconvénients du procédé à boue activée	6
	2-Procédé de lagunage		7
		1-Lagunage aéré	7
		1-Les avantages de lagunage aéré	7
		2- Les inconvénients de lagunage aéré	7
		2-Lagunage naturel	7
		1- Les avantages de lagunage naturel	7

		2- Les incontinents de lagunage naturel	8
		3- Procède de lit planté (phyto épuration)	8
		1 -Les avantages de lit planté (phyto épuration)	8
		2-Les incontinents de lit planté (phyto épuration	8
		4- Procède de L'épandage	9
		1-Les avantages de L'épandage	9
		2-Les inconvénients de L'épandage	9
		5-Procède de Lit bactérien	9
		1-Les avantages de Lit bactérien	9
		2- Les inconvénients de Lit bactérien	9
		6-Procède de disque biologique (bio-disque)	10
		1-Les avantages de disque biologique	10
		2-Les inconvénients de disque biologique	10
Chapitre II : Les jardins Waste Water Garden			
		1- Historique du système WWG	11
		2-Définition du système WWG	11
		3- Principe de traitement WWG	12
		1- Un traitement primaire	12
		2-Le bassin WWG	12
		3-Zone de drainage	12
		4- Les avantages et les incontinents du système Waste Water Garden	14
		1- Les avantages de système WWG	14
		2- Les incontinents du système WWG	14
		5- Les plantes du système WWG	15
DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE			
Chapitre I : Description générale et fonctionnement de la station pilote Temacine			
		1-Présentation de la région Temacine	17
		1-Situation géographique de la région Temacine	17
		2-Climat	17
		3-Population et évolution démographique	19
		4- Hydrologie	19
		5-Pédologie	19

2-Présentation de la station vieux Ksar Temacine			19		
	1-Historiques de la station vieux Ksar Temacine		19		
	2-Le fonctionnement de la station vieux Ksar Temacine		20		
		1-Un traitement Primaire	21		
		2-Un traitement Secondaire	21		
		3-La zone de drainage	22		
	3-Les principales plantes du bassin WWG		23		
	4-Les fiches descriptives des espèces du bassin WWG		25		
		1-Le jonc	25		
		2-Le papyrus	26		
		3-La cana	27		
		4- Le massette	28		
		5-Le laurier rose	29		
		6-Le Washingtonia	30		
Chapitre II : les matériels et les méthodes utilisées					
1-Les matériels utilisés			31		
	1-L'eau		31		
	2-Les plantes du bassin		31		
2-Les analyses effectuées			31		
	1- Les Analyses de l'eau		31		
		1-Les paramètres organoleptiques de l'eau		31	
		2-Les analyses physico-chimiques et biochimiques de l'eau		31	
			1-Le potentiel hydrogène (pH)		31
			2- La température (T°)		31
			3- La conductivité électrique (CE)		32
			4- Les matières en suspension (MES)		32
				1-Mode opératoire	32
			5-La demande chimique en oxygène (DCO)		32
				1-Mode opératoire	32
			6-La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)		32
				1-Mode opératoire	33
			7-Le phosphore(PO ₄ ⁻³)		33

			1-Mode opératoire	33
			8- Nitrite(NO₂⁻)	33
			1-mode opératoire	33
			9- Nitrate (NO₃⁻)	33
			1-mode opératoire	33
			3-Les analyses bactériologiques	34
			1- Mode opératoire	35
			1-Préparation des dilutions	35
			2-Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux(CT,CF)	35
			1-Test de présomption	35
			2-Incubation	36
			3-Lecteur	35
			2-Test de confirmation	36
			1- Incubation	36
			2-Lecteur	36
			3-Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux(ST,SF)	36
			1-Test de présomption	36
			1-Incubation	36
			2-Lecteur	37
			2-Test de confirmation	37
			1-Incubation	37
			2-Lecteur	37
			4-Recherche et dénombrement des clostridiums sulfito-réducteurs(CSR)	37
			1-Incubation	37
			2-Lecteur	37
			2-Les paramètres des plantes	37
			1- La matière sèche (MS)	37
			2- La quantité de la biomasse végétale (BVP)	38
			3- Le nombre de la fauche (NF/AN)	38

Chapitre III: Résultats et discussions			
1-Les paramètres de l'eau		39	
	1-Les paramètres organoleptiques de l'eau		39
		1-La couleur et la turbidité	39
		2-L'odeur	40
	2-Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques		41
		1-Le potentiel hydrogène (pH)	42
		2- La température (T°)	43
		3- La conductivité électrique (CE)	44
		4-Les matières en suspension (MES)	45
		5-La demande chimique en oxygène (DCO)	46
		6-La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	47
		7-Le coefficient de biodégradabilité K	48
		8- Le phosphore(PO ₄ ⁻³)	49
		9- Les nitrites (NO ₂ ⁻) et les nitrates (NO ₃ ⁻)	50
		10- La performance épuratoire de la station	52
3-Les analyses bactériologiques		53	
2-les paramètres de plante		55	
Conclusion		56	
Références bibliographiques		58	
Annexes			

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

L'urbanisation, les accroissements démographiques, économiques et l'évolution des modes de vie des populations, sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale. Parmi ces sources de pollution, les productions des eaux usées, qui sont rejetées dans la nature sans traitement préalable avec des volumes importants et croissants.

Ces eaux brutes rejetées dans le milieu récepteur (mers, rivières et sols) génèrent de nombreuses maladies à transmission hydriques et une propagation des épidémies.(AMIR;2005)

L'Algérie comme les autres pays dans le monde, est soumise à une expansion démographique importante, menant à une augmentation continue des quantités des eaux usées produites, donc ces eaux doivent être traitées pour faire face au problème de pollution.

Les techniques d'épuration adoptées en Algérie sont limitées à deux procédés : procédé à boues activées et lagunage naturel. Par ailleurs, le coût d'installation et la maintenance de ces filières exigent des ressources humaines et financières importantes et difficiles à supporter dans notre pays. En plus l'amélioration de ces techniques de traitement des eaux usées a engendré l'augmentation des sous-produits, ces sous-produits, et particulièrement les boues qui représentent les plus gros volumes, doivent être conditionnées et éliminés de la façon la plus adéquate, ce qui rajoute des équipements supplémentaires sur les stations d'épuration .

Donc, Il est nécessaire d'explorer de nouvelles technologies d'épuration des eaux usées, fiables charges et adaptées aux réalités de notre pays l'Algérie.

Notre travail, vise à étudier un système d'épuration, procédé artificiel à base de végétaux qui traite les eaux usées par des filtres plantés (Waste Water Garden), à proximité du vieux Ksar de Temacine, Touggourt.

Pour ce faire cette étude sur la station pilote de vieux Ksar de Temacine, nous avons traités deux principaux aspects:

- Le rendement d'élimination des pollutions et la performance épuratoire de la station
- La biomasse végétale produite par les plantes du bassin WWG, comme elle est une valeur ajoutée pour la station

Cette présente étude sur la station WWG Temacine est consacrée en deux parties :

- La première partie pour une étude bibliographique, sur l'origine des eaux usées et les différents modes d'épuration, notamment l'épuration par les plantes (WWG).
- La deuxième partie, renferme la partie expérimentale de notre travail, y compris des analyses effectuées sur l'eau, et des paramètres réalisés sur les plantes.

**PREMIERE
PARTIE:
ANALYSE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I :

GENERALITE SUR

LES EAUX USEES

Chapitre I : Généralité Sur les Eaux Usées

I-1-Définition des eaux usées

Les eaux usées, appelées aussi eaux résiduaires urbaines (ERU), sont des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Elles peuvent accroître la pollution du milieu naturel du fait qu'elles sont chargées généralement de détritiques divers, de matières minérales dissoutes et de produits organiques en suspension. **(BOUZIANI;2000)**

Leur composants, en particulier la matière fécale, l'une des substances les plus riches et productives. Les excréments contiennent beaucoup de nutriments dont deux des plus recherchés : l'azote et le phosphore, souvent appelés "facteurs limitants" dans la croissance des plantes à cause de leur relative rareté et très grande valeur. Ces nutriments forment les principaux composants de la plupart des engrais chimiques. **(www.wastewatergarden.com)**

Pour éviter la pollution, Les eaux usées sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées

I-2-Origine d'eau usée

Les eaux usées sont composées d'eau et d'eau de toute matière évacuée par les toilettes et éviers. **(www.wastewatergarden.com)**

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources ; on distingue:

I-2-1-Les eaux usées domestiques et urbaines : Elles englobent les eaux d'évacuation des toilettes (eau noire) ; cuisine et de salle de bain (eau grise) **(Figure N° 01).**

Les déchets présents dans ces eaux ; sous formes dilués ou suspension, sont constitués de matières organiques dégradables, et matières minérales. **(www.wastewatergarden.com)**

I-2-2-Les eaux de ruissellement : Ce sont essentiellement les eaux pluviales ; les eaux de lavages des routes et des eaux de drainage. **(LADJEL,BOUCHEFER; 2005)**

I-2-3-Les eaux usées industrielles : Ce sont les eaux qui proviennent des usines. **(LADJEL, BOUCHEFER; 2005).**

I-2-4-Les eaux usées agricoles : Ce sont les eaux polluées par les différentes substances utilisées d'origine agricole ou animale. **(LADJEL,BOUCHEFER; 2005)**

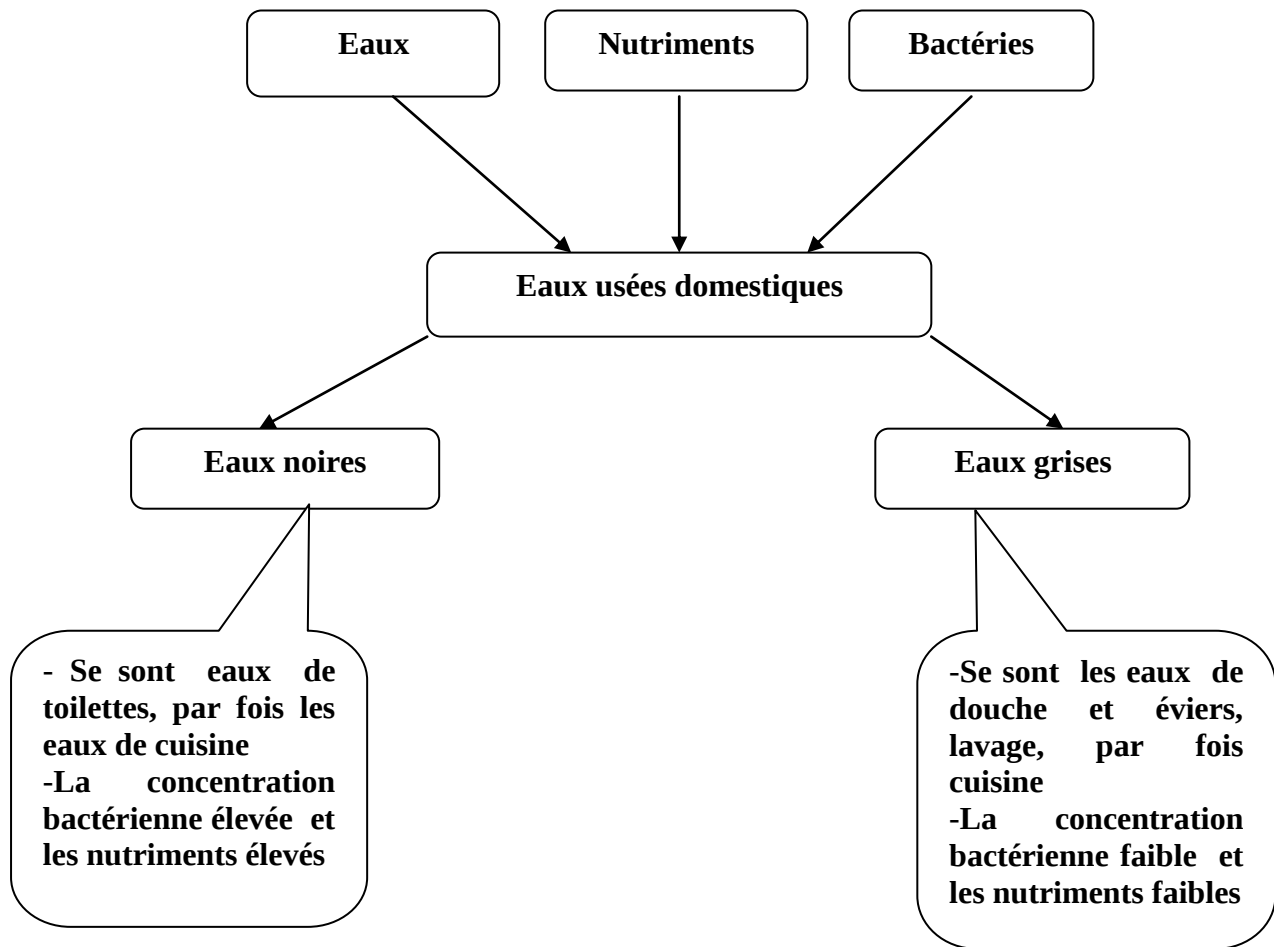


Figure N° 01 : Les différentes compositions des eaux usées domestiques
(www.wastewatergarden.com)

I-3-Les effets des eaux usées (www.wastewatergarden.com)

- Les eaux usées non traitées sont porteuses de nombreuses bactéries dont certaines potentiellement causent des maladies graves.
- Elles sont aussi un facteur important de pollution des nappes souterraines ; rivières ; et tout autres surfaces d'eau (exemple : la mer).
- Les eaux usées non traitées menacent l'équilibre des éléments composants un écosystème, jusqu'à causer une réaction en chaîne, mettant en danger la vie végétale et animale.

I-4-Définition de l'épuration

C'est une installation destinée à purifier des eaux usées, d'origine urbaine ou industrielle avant de les rejeter dans le milieu récepteur, en général un cours d'eau, ou sur le littoral. (RAMADE;2002)

L'épuration consiste à éliminer les matières minérales et organiques en suspension et en solution, aux normes de rejets. Une grande majorité de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse. (SALGHI;2000)

I-5-Les techniques de traitement des eaux usées

On distingue les phases de traitement suivantes (Figure N°02) :

I-5-1-Prétraitement : C'est une opération physique, elle permet d'éliminer toutes matières en suspension (déchets grossiers, sables, et les huiles.....ect). (FRANCK; 2000)

I-5-2-Traitement primaire : C'est une décantation des matières en suspension. (FRANCK; 2000)

I-5-3-Traitement secondaire : C'est un traitement biologique (matières organiques dégradables) et autre physico chimique (matières organiques non dégradables). (FRANCK; 2000)

I-5-4-Traitement tertiaire : C'est une étape finale pour terminer le procédé d'épuration, donc c'est une désinfection de l'eau avant être utilisée ou bien rejetée dans le milieu naturel. (BECHAC , et al ; 1983)

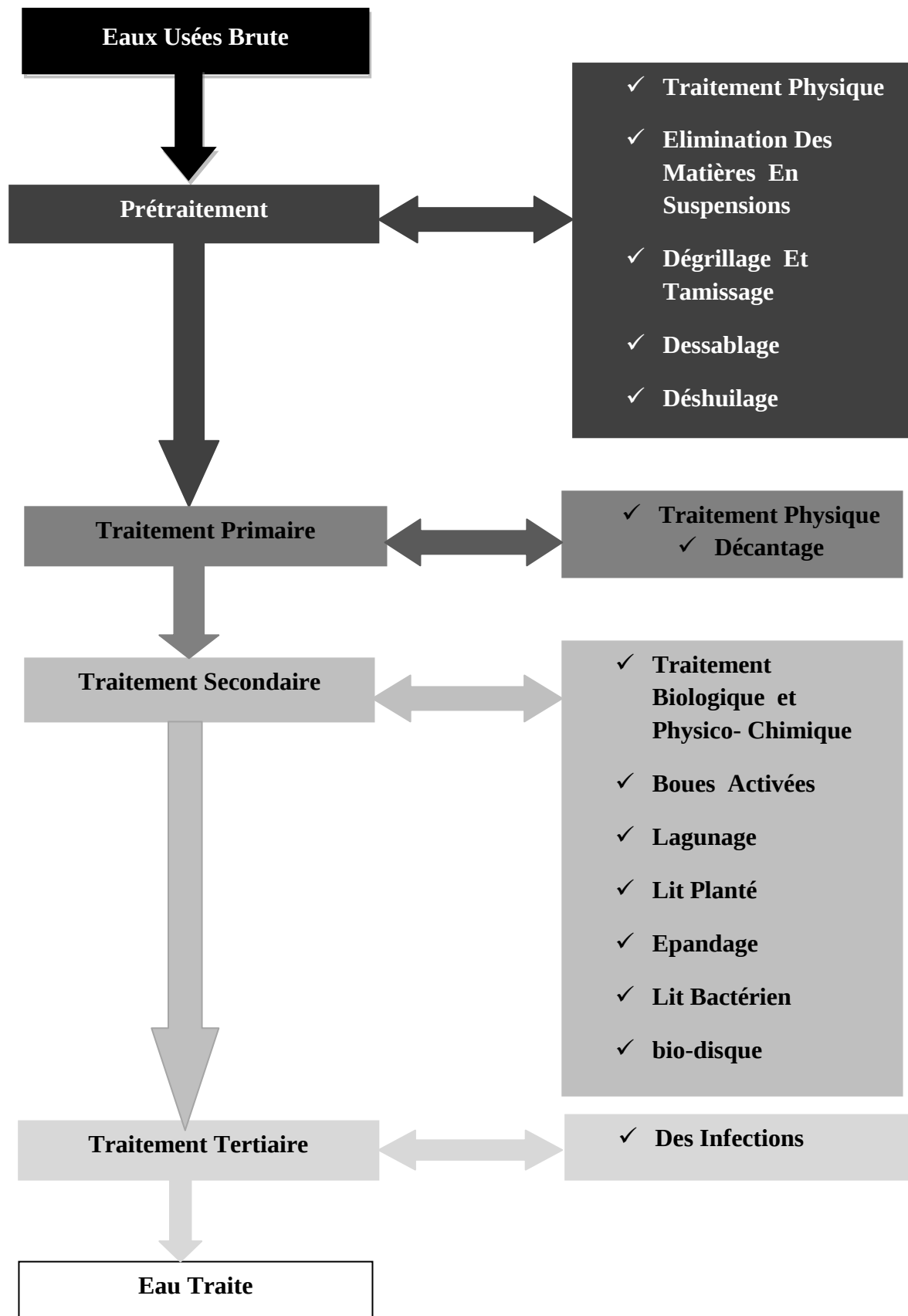


Figure N° 02 : Les différentes étapes techniques d'épuration des eaux usées

I-6-Les procédés de l'épuration

Le traitement des eaux usées est réalisé dans les stations d'épuration ; du point technique une station d'épuration a pour principal travail de dégrader et séparer les polluants de l'eau par un traitement (physique, chimique, et biologique), finalement obtenir une eau pure qui peut être utilisée ou bien rejetée (mare, ravière, lac ;.....ect) sans problèmes.(BOULIF, THABET; 2013)

On distingue plusieurs procédés d'épuration :

I-6-1-Procédé à boue activée

L'épuration biologique des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération .(CANLER, et al ; 1999)

Le développement des boues est assuré par un brassage, formé surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération, pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent, extrait du système est évacué vers les ouvrages de traitement des boues. (LADJEL, BOUCHEFER; 2005)

I-6-1-1-Les avantages du procédé à boue activée (LADJEL,BOUCHEFER; 2005)

- Bon rendement épuratoire (90%).
- Coût de fonctionnement faible.
- Simplicité et facilité d'exploitation.

I-6-1-2- Les inconvénients du procédé à boue activée (LADJEL, BOUCHEFER; 2005)

- Nécessite de dimensionner les ouvrages de traitement des réseaux, de manière à supporter le débit de pointe.
- Difficulté accrue pour le traitement de l'eau et le contrôle des rejets de la station d'épuration, en raison de la dilution des eaux usées par pluviales.
- Exploitation rigoureuse (suivi électromécanique).
- Coût énergétique plus élevé que pour une filière rustique.

I-6-2-Procède de lagunage

I-6-2-1-Lagunage aéré

Le lagunage aéré est une séparation des éléments solides par sédimentation et autre traitement biologique dû essentiellement à l'action des bactéries. C'est le même principe d'épuration à boue active.

Un filtre de traitement composé de plusieurs bassins dont le premier est équipé d'un dispositif d'aération artificiel fournissant la majorité des besoins en oxygène. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. **(GAID; 1984)**

I-6-2-1- 1-Les avantages de lagunage aéré (BARITSE; 1989)

- Faible coût d'exploitation.
- Accepter les variations assez importantes de charge organique ou hydraulique.
- Boues stabilisées.
- Fréquence de curage espacé (tous les 2 à 5 ans).

I-6-2-1-2- Les inconvénients de lagunage aéré (BARITSE; 1989)

- Nécessite un agent spécialisé pour l'entretien du matériel électromécanique.
- Nuisance sonore possible.
- Forte consommation énergétique.

I-6-2-2-Lagunage naturel

C'est un traitement biologique des eaux usées ; les eaux transitent dans une série de bassins au moins trois bassins .

Les microphytes, qui sont des algues, en présence d'oxygène, vont transformer les charges polluantes et stabiliser les boues .

La durée de séjour des eaux usées dans le bassin peut atteindre 60 jours, et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable. **(CHARBONNEL; 1989)**

I-6-2-2-1- Les avantages de lagunage naturel (BONNIN; 1986)

- Pas de consommation énergétique.
- S'adapte très bien à la variation hydrique du fait du long séjour.

- Bon alimentation des germes pathogènes.
- Bon intégration dans l'environnement.
- Faible coût d'exploitation.
- Bon rendements d'alimentation sur les nutriments.

I-6-2-2-2- Les incontinents de lagunage naturel (BONNIN; 1986)

- Grande emprise au sol.
- Coût d'investissement élevé si le sol est perméable ou instable.
- Maitrise limitée de l'équipement biologique et des procédés épuratoires

I-6-3- Procède de lit planté (phyto épuration):

C'est un système écologique qui utilise le pouvoir épurateur des plantes pour traiter les eaux usées.

Le système rassemble un ensemble de techniques, chacune mettant à profit des processus naturelles d'une combinaison végétaux, sol, et micro organisme dans un système crée artificiellement pour traitement des eaux usées. (BONNIN; 1986)

I-6-3-1 - Les avantages de lit planté (phyto épuration) (BONNIN; 1986)

- Coût de l'investissement et de fonctionnement plus faible que les autres STEP.
- Pas de consommation d'énergie ni production de déchets.
- Simplicité de mise en œuvre et d'entretien, structure durable.
- Bonne intégration dans le paysage, création des espaces verts, maintien de milieux humides.
- Diversifier, haute qualité environnemental.
- Les jardins filtrants peuvent compléter voire remplacer les autres STEP.

I-6-3-2- Les incontinents de lit planté (phyto épuration) (HAUT-LIGNON; 1999)

- Faible emprise au sol mais adapté aux petites et moyennes collectivités (capacité inférieure de 2000 habitant).
- Impossible d'installer dans les zones sensibles.

I-6-4- Procède de L'épandage

C'est le procédé le plus ancien. Il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant, le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes ces derniers servent à dégrader la matière organique.

Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer les nappes. **(OUALI; 2001)**

I-6-4-1-Les avantages de L'épandage (OUALI; 2001)

- Procédé simple et très économique.
- N'exigeant pas de grands moyens de mise en œuvre ou d'exploitation.

I-6-4-2-Les inconvénients de L'épandage (OUALI; 2001)

- Présence d'un certain nombre de risques tel que l'intoxication à travers la chaîne alimentaire.
- La contamination des nappes, est risque de colmatage des sols.

I-6-5-Procède de Lit bactérien :

Il est constitué de matériaux à grande surface de contact (pouzzolanes, éléments plastiques, cloisonnés...) empilés dans une cuve dont le fond est perforé pour permettre l'apport d'oxygène atmosphérique.

L'effluent prétraité (décanté) est réparti à la surface du lit par un tourniquet et d'aspersion (sprinkler) après percolation à travers les matériaux de garnissage, les eaux traitées récupérées à la base de l'ouvrage suivant la filière de traitement, les eaux traitées rejoignent le milieu naturel ou sont dirigées vers la classification. **(BONNIN; 1986)**

I-6-5-1-Les avantages de Lit bactérien (BONNIN; 1986)

- Un bon rendement pour un choix convenable du matériau et des dimensions des pores.
- La station à lit bactériens reste très simple et il n'y a pas de gestion de stock de boue.

I-6-5-2- Les inconvénients de Lit bactérien (BONNIN; 1986)

- Le traitement par lit bactériens préalables doit être performant à un encrassage progressif.
- Enregistre de plus, de fréquentes odeurs liées au changement de saisons.

I-6-6-Procède de disque biologique (bio-disque)

Dans le procédé à bio- disque, le support est constitué par des disques parallèles régulièrement espacés sur un axe horizontal, tournant à faible vitesse et immergés sur la moitié de leur hauteur, ce mouvement induit une oxygénation de la culture pendant la période d'immersion. (BONNIN; 1986)

I-6-6-1-Les avantages de disque biologique (BONNIN; 1986)

- Faible consommation d'énergie.
- Economique et d'une extrême simplicité d'exploitation.
- Bonne décantation des boues.

I-6-6-2-Les inconvénients de disque biologique (BONNIN; 1986)

- Les bio-disques ne s'adaptent pas au traitement à forte charge.
- Les bio-disques sont très sensibles à la quantité des eaux à traiter

CHAPITRE II :
LE SYSTEME
WASTE WATER
GARDEN

Chapitre II : Le système Waste Water Garden

II-1- Historique du système WWG

L'ecotechnologie traite les eaux usées, Waste Water Garden, fait partie de la famille des zones humides artificielles. Un WWG reproduit les conditions des zones humides naturelles appelées " reins de la terre" en raison de leur grande capacité d'épuration, de nettoyage et de protection de l'environnement grâce à l'intense activité des plantes et des microbes qu'elles abritent. (www.wastewatergarden.com)

Le système WWG fut initialement développé dans le module d'expérimentation Biosphère 2 en 1987, puis mis en fonctionnement dans le premier laboratoire d'écologie globale basé en ARIZONA de 1991 à 1994.

Les jardins WWG furent mis au point par le docteur NELSON Mark, membre de la première équipe de huit personnes qui vécurent dans la Biosphère 2, responsable de la contamination de tous les effluents (eaux usées provenant de l'équipage, des secteurs agricoles, laboratoires, ateliers, de la lessive ou encore des animaux domestiques), conjointement avec des scientifiques de la NASA.

Le cycle de l'eau, dans un tel habitat étant extrêmement accéléré, et l'eau devant être traitée et recyclée de manière saine, écologique et efficace, afin de permettre le déroulement de la vie de Biosphère 2 et ses habitants. (CATTIN;2005)

II-2-Définition du système WWG

Les jardins d'épuration des eaux usées Waste Water Garden (WWG) est une technique qui utilise le procédé phyto épuration des eaux usées.

Un bassin du WWG reproduit les conditions des zones humides en raison de leur grande capacité d'épuration dans le traitement de la pollution et des eaux usées.

Le système WWG appartient à la famille de zones humides artificielles à flux souterrain, signifiant qu'à aucun moment les eaux ne sont en contact avec l'air, ce qui empêche tout contact humain accidentel, les mauvaises odeurs et les proliférations de moustiques.

Cette ecotechnique simple et pourtant efficace, permet de solutionner de nombreux problèmes de gestion des eaux usées et environnement, surtout grâce à l'importante valeur

ajoutée qu'elle permet par la création d'espèces végétaux additionnelles.(KUMER,GARDE; 1989)

II-3- Principe de traitement WWG

Le principe de traitement WWG passe par les phases suivantes (**Figure N°03**):

II-3-1- Un traitement primaire

C'est une fosse septique où les solides sont séparés de l'eau et décantent où sont décomposées par des processus microbiologiques anaérobies.

Les eaux usées devront ensuite passer par un filtre afin d'assurer que les grosses particules restent avec les boues résiduaires pour que seule l'eau passe par le lit de gravier de l'unité WWG. (www.wastewatergarden.com)

II-3-2-Le bassin WWG

L'unité WWG est un bassin imperméabilisé, rempli de gravier et de plantes dont les racines sont tolérantes à des conditions de saturation d'eau.

Les nutriments organiques sont filtrés par le gravier où les microbes, également présents sur les racines des plantes, se chargent de les réduire en nourrissant, comme ce serait le cas dans le sol.

Les plantes des bassins collectent les nutriments de l'eau à travers leurs racines, s'en nourrissent puis rendent l'eau en excès à l'atmosphère par la transpiration de leurs feuilles. (www.wastewatergarden.com)

II-3-3-Zone de drainage :

L'eau traitée par le bassin WWG s'écoule ensuite par des lignes de drains pouvant agir comme irrigation souterraine, en nourrissant d'autres plantes par des nutriments toujours présents dans l'eau. (www.wastewatergarden.com)

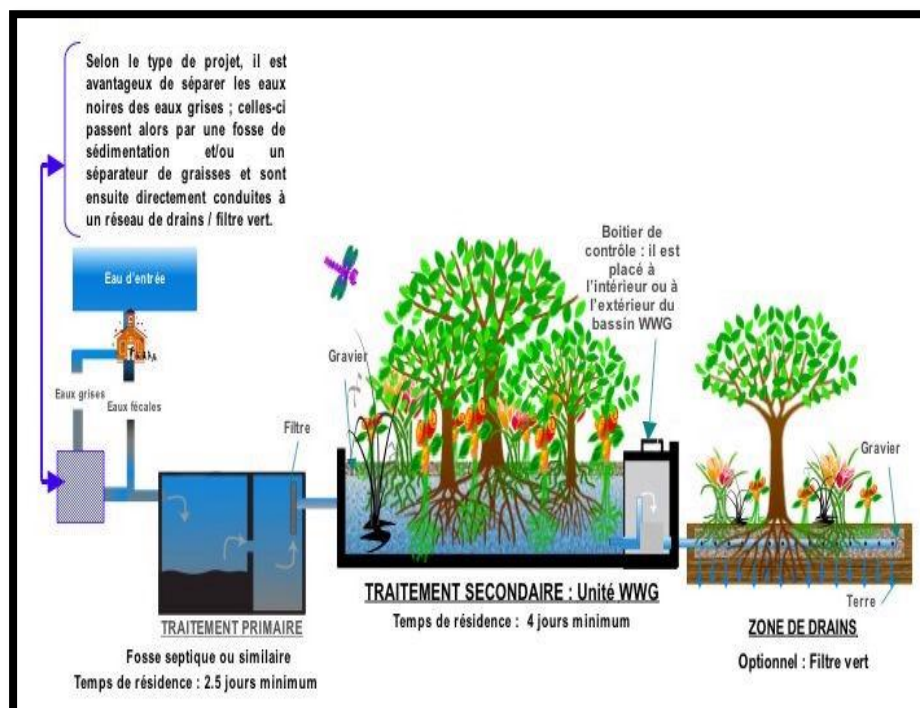


Figure N°03 : le principe de traitement Waste Water Garden
(www.wastewatergarden.com)

II-4- Les avantages et les incontinents du système Waste Water Garden

II-4-1- Les avantages de système WWG(www.wastewatergarden.com)

- Le système WWG peut être conçu pour traiter les eaux usées noires et les eaux grises séparément ou ensemble, mais un traitement ensemble est généralement le plus efficace.
- Le système de traitement WWG est un système complexe et efficace qui imite la nature pour nettoyer et purifier les eaux usées, mais il est simple dans son utilisation et dans sa maintenance.
- Le système WWG utilise des matériaux disponibles partout, ce qui permet une installation même dans des endroits éloignés de centre urbain.
- La majorité des systèmes n'utilisent pas de machine ni d'électricité ou de produits chimiques.
- Le WWG permet le recyclage d'eau usée pour la création de zones vertes supplémentaires, ou une irrigation de zone déjà existante, représentant une économie d'eau parfois considérable, surtout dans des zones sèches.
- Le seul élément visible du système c'est le jardin.
- Un système robuste car, si un bassin WWG reçoit par erreur des eaux usées industrielles (très polluées et toxiques), l'infrastructure du système n'est pas mise en danger, donc il faudra remplacer les plantes mortes et laver au pire ; remplacer le gravier dans le bassin.
- Une zone humide artificielle est un espace de plantes à haut rendement productif et utile, fourrage pour les animaux, fleurs, plantes et écorées médicinales ; fibre de tissage, bois à croissance rapide ; ect.

I-4-2- Les incontinents du système WWG (www.wastewatergarden.com)

- Un bassin WWG n'est peut-être pas approprié à un traitement des eaux usées, si le terrain est particulièrement petit ou contient déjà de nombreux bâtiments.
- Les systèmes WWG ont besoin de maturité avant d'atteindre leur pleine stabilité, au niveau de leurs plantes comme de leurs microbes (la plupart des systèmes sont pleinement fonctionnels après 06 mois d'utilisation).

II-5- Les plantes du système WWG

Les plantes sont les aérateurs du système : en fournissant l'oxygène à leurs racines, elles permettent le développement d'une population de microbes (bactéries aérobies), qui se nourrissent, à leur tour, de nombreuses composantes présentes dans les effluents.

La plupart des plantes aiment l'eau (plantes de zone humides naturelles) s'épanouiront dans le bassin, tant qu'elles sont adaptées au climat local (mais nous répétons que les plantes flottantes aquatiques ne sont pas appropriées). (www.wastewatergarden.com)

Les plantes peuvent être choisies pour les qualités suivantes (www.wastewatergarden.com) :

- **Profondeur des racines** : On plante 1 à 3 plantes (selon leur taille) par mètre carré, en associant des plantes à racines superficielles, moyennement profondes et très profondes afin de garantir une pénétration efficace de toute la couche de gravier.
- **Valeur ajoutée et commerciale**: Les plantes du bassin WWG sont récoltables et elles peuvent aussi être utilisées comme nous l'avons déjà mentionné : plantes médicinales, plantes à tisser, arbres à croissance rapide dont le bois peut servir pour de l'emballage, pâte à papier ou encore bois de chauffe, fourrage pour animaux, fleurs de coupe, plantes qui attirent les pollinisateurs, ...etc.
- **L'eau sale** : L'eau sale peut être utilisée dans un bassin WWG, à condition que les plantes soient tolérantes au sel, comme les espèces des mangroves ou des marais salants. selon la qualité de sel présent dans l'eau, les plantes peuvent mourir et induire ainsi un traitement moins efficace des eaux usées.
- **Décoration**: Les bassins WWG sont aussi un plaisir pour les yeux : couleurs et formes des plantes, cyclées de floraison synchronisées,etc.
- **Valeur écologique** : plantes abritant certaines espèces animales, abeilles, papillons, et servant de nourriture aux oiseaux,....etc.
- **La biodiversité** : Plantes augmentant la biodiversité de l'environnement de monoculture par exemple.

Toute partie de la plante émergeant de la surface du bassin peut être utilisée sans danger puisqu'elle n'est pas en contact direct avec les eaux usées. Ainsi les fruits, fibres, écorces médicinales, fleurs coupées ou le bois peuvent être récoltés et / ou consommés sans danger.

Les seules parties impropres à la récolte et la consommation sont les racines, car elles sont en contact direct avec les effluents, sous la surface du gravier.

Dans la zone des drains / filtre vert, toutes les plantes peuvent être prises en considérations, à partir du moment où des végétaux dont les feuilles ou racines en contact direct avec les eaux usées (salades, tomates, concombres, gingembre,ect) ne sont pas destinés à la consommation humaine .En revanche, les arbres fruitiers, arbustes plantes médicinales, fleurs.
(www.wastewatergarden.com)

**DEUXIEME
PARTIE:
ETUDE
EXPERIMENTALE**

CHAPITRE I :
DESCRIPTION
GENERALE ET
FONCTIONNE-
MENT DE LA
STATION PILOTE
TEMACINE

Chapitre I : Description Générale et Fonctionnement de la Station Pilote Temacine

I-1-Présentation de la région Temacine

I-1-1-Situation géographique de la région Temacine

Temacine est une commune de la wilaya de Ouargla qui se situe dans la région de Oued Righ (**Figure N°04**), au Sud -Est Algérien, aux points géographiques suivants : latitude : $33^{\circ}01'$ Nord et longitude : $06^{\circ}01'$. Elle est limitée au Nord par Nezla, au Sud par Blidet amor, à l'Est par M'naguer et à l'Ouest par EL-alia.

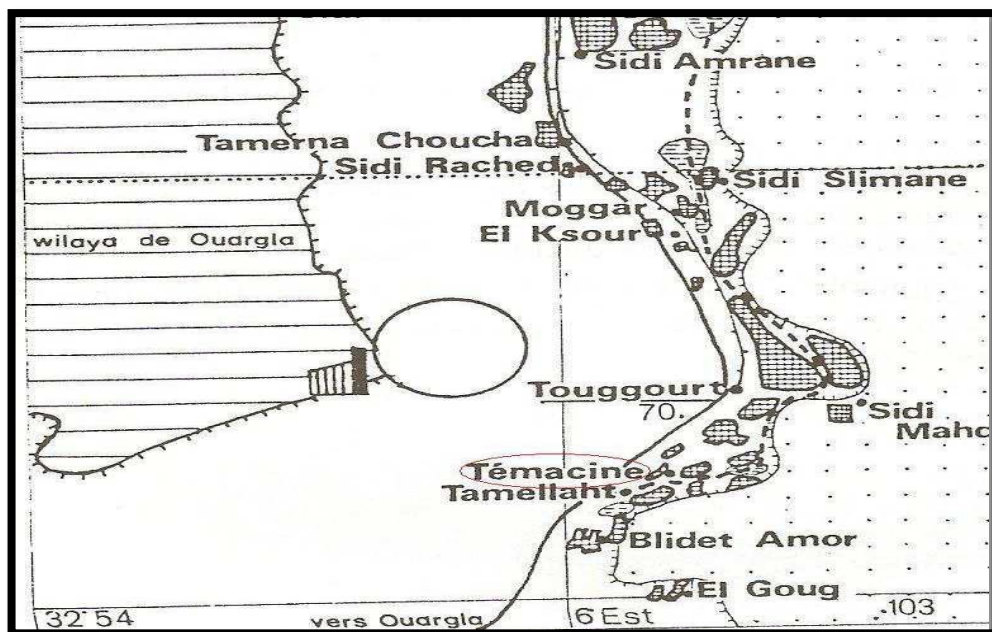


Figure N° 04: La situation géographique de la région Temacine DUBOST; 2002)

La superficie de la commune de Temacine est de 300 Km², représentant 18% de la surface totale de la wilaya, elle est constituée de quatre cités : Cité de Temacine (vieux ksar), cité de Tamelah, cité d'Elbhour, cité de Sidi amer. (ANONYME;2007)

I-1-2-Climat:

Le climat de Temacine est de type saharien : un climat chaud et sec pendant la saison estivale durant les mois de mai à septembre, et froid du mois de décembre à février .

Pour une meilleure caractérisation du climat de la région de Temacine, nous avons utilisé les données (**Tableau N°01**) de la station météorologique la plus proche, c'est la station de Touggourt.

Tableau N°01 : Les données météorologiques de la région de Touggourt (ONM;2019)

	Température moyenne	Précipitations (mm)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vent (nœud)
Mars 2018	25,5	4,2	66	240	23
Avril 2018	29,6	2,4	63	253	18
Mai 2018	32,9	7,2	65	297	21
Juin 2018	37,9	0	54	301	16
Juillet 2018	45,5	0	41	421	19
Aout 2018	38,5	2	63	250	23
Septembre 2018	37,4	5	65	280	18
Octobre 2018	29	0,1	70	208	20
Novembre 2018	23,2	0,6	79	121	14
Décembre 2018	19,6	0	81	71	15
Janvier 2019	17,6	0	76,26	106	18
Février 2019	19,1	2	70,96	123	15
Mars 2019	23,2	19	68,06	163	16

La température moyenne est de 29,15 C°, avec 45,5 C° pour le mois le plus chaud (juillet), et le mois le plus froid c'est le mois de janvier (17,6 C°) .

La pluviométrie dans la région d'étude est très réduite et irrégulière à travers les saisons et les années. Sa répartition est marquée par une sécheresse presque absolue, du mois de juin, juillet, décembres et janvier 2019. Le maximum est enregistré durant le mois mars 2019 avec 19mm .

L'humidité relative de l'air est faible. La moyenne est de l'ordre de 66,32 %, avec un maximum de 81 % au mois de décembre, et un minimum de 41% pour le mois de juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois .

L'évaporation est très importante, son intensité étant fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (**TOUTAIN;1979**). La valeur maximale est de l'ordre de 421mm au mois de juin, et 71mm comme valeur minimale au mois de décembres, avec un moyen de l'ordre de 218 mm .

Dans la région, les vents soufflent généralement du Nord -Est et du Sud. Ils se caractérisent par une vitesse moyenne de 17 nœuds .

I-1-3-Population et évolution démographique

La population et son évolution dans le temps présentent un facteur prédominant dans l'estimation de la quantité des eaux usées. D'après l'annuaire statistique de 2019 du commun de Temacine, le nombre d'habitants au niveau de la commune de Temacine est de l'ordre de 22385 habitants.(APC Temacine ;2019)

I-1-4- Hydrologie

La source d'eau de la région de Temacine provient de deux aquifères : le continental intercalaire et le complexe terminal.(INRA;2005)

La nappe du Continental Intercalaire (C.I) : Contenue dans les horizons sablo-gréseux du continental intercalaire, fortement artésienne et très profonde (1400 à 1800 m).(INRA;2005)

La nappe du Complexe Terminal (C.T) : Contenue dans les divers horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire, est moins profonde (100 à 400 m).(INRA;2005)

Le réseau d'irrigation, est constitué de seguias en terres, ce qui provoque une perte en eau par infiltration et évaporation importante, estimées à 30 % du débit total mobilisé. (ACOURENE, et al ;1992)

D'autre part, le drainage est assuré par un réseau de drains à ciel ouvert, mal entretenus et ayant une profondeur variant entre 0.50 et 1.50 m et un écartement compris entre 20 et 40 m. (BACHI; 2010)

Les eaux de drainage sont collectées par un grand canal qui traverse les différentes palmeraies sur une distance de 150 km, pour les déverser dans le chott " MEROUANE " .(INRA;2005)

I-1-5-Pédologie

La couverture pédologique de la vallée d'Oued- Righ présente une grande hétérogénéité, elle est composée essentiellement de sols minéraux bruts, de sols peu évolués, de sols halomorphes et de sols hydromorphes).(INRA;2005)

La fraction minérale est constituée dans la majorité des cas de sable. Toutefois, certaines zones de superficie relativement faible, présentent une texture argileuse. La fraction organique est très faible, elle est en général inférieure à 1 %, et le pH est légèrement alcalin (7,5 à 8,8). Le calcaire est présent dans tous les sols, mais en quantité limitée (5 % en moyenne)).(INRA;2005)

I-2-Présentation de la station vieux Ksar Temacine

I-2-1-Historiques de la station vieux Ksar Temacine

C'est en 2004, à l'issue d'une rencontre pluridisciplinaire et multiculturelle, organisée par M. le cheikh de la Zaouïa Tidjania de Temacine et l'association SHAMS afin d'envisager les conditions d'un développement et d'un avenir durable, qu'a été donné par les autorités locales de Temacine une première demande de devis pour un système pilote Waste Water Garden de traitement des eaux usées.

Et ensuite plusieurs échanges avec le ministère des ressources en eaux, direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement (MRE/ DAPE) et les personnes de la commune de Temacine, puis à un appel d'offre, financé par la coopération Technique Belge (CTB), avec une construction locale prise en charge par la commune de Temacine, l'étude de la réalisation d'une unité pilote en Algérie, traitant les eaux usées d'origines résidentielles, en bordure du vieux Ksar de Temacine).(ONA; 2007)

La station pilote de vieux Ksar de Temacine est mise en service en juillet 2007.

I-2-2-Le fonctionnement de la station vieux Ksar Temacine

La station pilote Temacine est située dans la cite de Temacine à côté du vieux Ksar (Figure N°05), elle a été essentiellement créée dans le but de traiter $15 \text{ m}^3/\text{Jour}$ d'eaux usées par la production de 100 personnes et à raison de 150 l/habitant/jour. (ONA; 2007)



Figure N°05: La localisation de la station WWG Temacine (www.google.com)

Les principales étapes de traitement des eaux usées par la station WWG Temacine sont conclues comme suit :

I-2-2-1-Un traitement Primaire (Figure N°06)

C'est un traitement physique qui est assuré par une fosse septique. La fosse septique assure une bonne décantation des particules en suspensions et une bonne rétention des matériaux flottants tel que les sables, les argiles, le limon, les huiles, bios, plastiqueect.

Elle est composée de trois compartiments reliés entre eux à l'aide des conduites de 400 mm, et à la sortie on signale l'existence d'un filtre fait, avec un tube de 500 mm de diamètre, attaché d'un côté afin de pouvoir soutenir une première fabrique en maille de plastique, remplie de lif (le lif c'est la fibre de palmier, et il a l'avantage d'être un matériel local et peu cher, qui est changé plus fréquemment).

Le temps de résidence des eaux usées dans la fosse septique est de trois jours au minimum, avec un volume des eaux usées estimé à 45 m³.



Figure N°06: La fosse septique de la STEP Temacine

I-2-2-2-Un traitement Secondaire (Figure N°07)

C'est un traitement biologique et physico chimique qui est assuré par un bassin WWG. La surface du bassin WWG est de 400 m², et le volume total est de 260 m³.

Le niveau de l'eau dans le bassin est de 0.5m, recouvert par une couche de gravier allant de 10 à 15 cm (le gravier c'est un filtre physique). Le bassin WWG rempli aussi par des plantes pouvant vivre en milieu saturé des eaux usées (les plantes collectent leurs nutriments et l'eau à travers leurs racines).

A l'intérieur du bassin des murettes de ralentissement rajoutés afin d'assurer que l'eau prenne le temps nécessaire dans le bassin et ils sont aussi des filtres physiques

Le temps de séjour de l'eau dans le bassin est de cinq jours au minimum.



Figure N°07: Le bassin WWG de la STEP Temacine

I-2-2-3-La zone de Drainage (Figure N°08)

C'est une application des résultats obtenus donc, c'est la réutilisation des eaux traitées. L'eau évacuée du bassin WWG est dirigée vers des tranchées de drainage pour alimenter une zone verte dont les plantes bénéficient également des nutriments toujours présents dans l'eau.

Le système comporte, un réseau de drainage gravitaire de 468m réparti en 06 zones principales, et l'irrigation souterraine.

Plusieurs plantes ont été placées dans la zone de drainage (des plantes de décoration et des arbres fruitiers essentiellement) mais malheureusement les caractères chimiques du sol (surtout sa salinité élevée) pose un problème pour la réussite des ces plantes.



Figure N°08: La zone de drainage de la STEP Temacine

I-2-3-Les principales plantes du bassin WWG (Figure N°09)

Une grande diversité végétale a été recherchée pour cette station pilote, et la quasi-totalité des espèces, soit 95% des plantes, sont reconnues pour leur capacité à vivre dans un milieu saturé d'eau et peuvent résister aux conditions climatiques locales, et 5% sont des plantes-test.

Au début, plus de 941 plantes réparties en 23 espèces ont été installées entre le 30 Avril et le 02 Mai 2007, la plantation a été faite par l'INRA de Touggourt qui suit l'état des végétaux chaque mois, et une attention particulière a été consacrée à l'introduction de plantes à forte valeur ajoutée comme le vétiver vert qui a été importé du Maroc. Les autres espèces proviennent du nord de pays.

Le mauvais choix de la date de plantation (fin avril, début mai), a provoqué la mort de la plupart des plantes, suite aux fortes chaleurs et au siroco durant l'été. Les plantes existantes actuellement dans le bassin WWG sont : le jonc, le papyrus, le canna, la massette, le laurier rose et le washingtonia.

Les caractéristiques des espèces existantes dans le bassin WWG sont mentionnées dans les fiches descriptives suivantes.

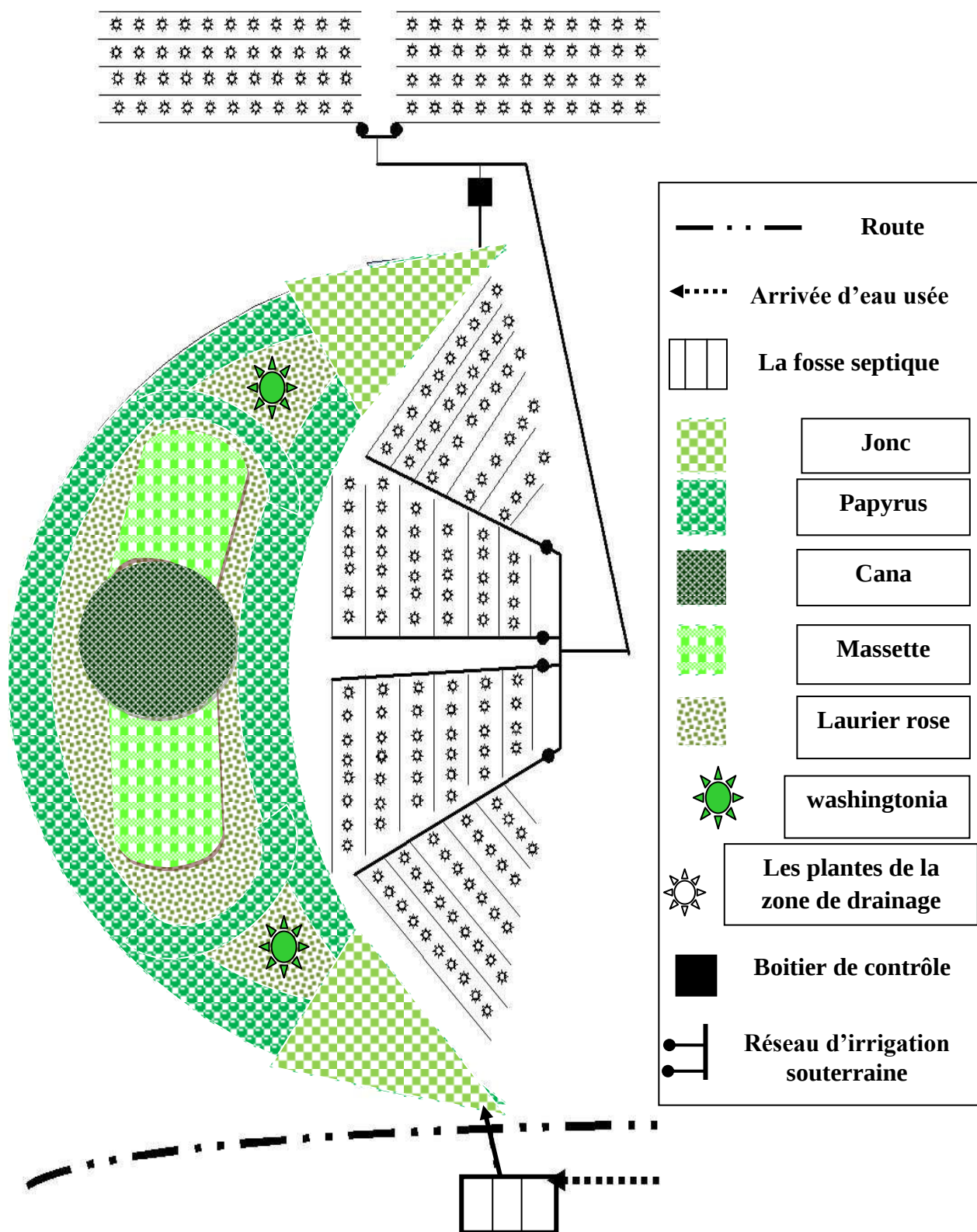
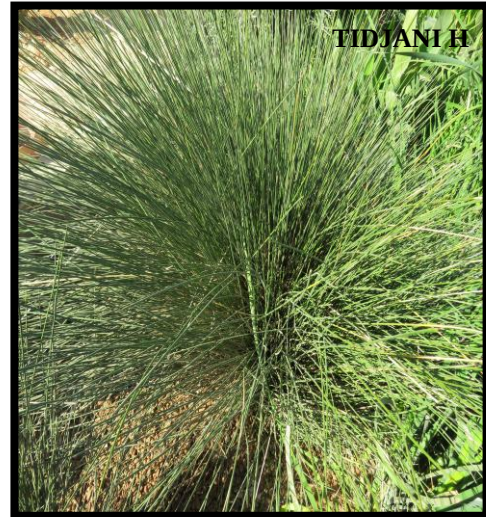


Figure N°09:le plan de répartition des plantes dans le bassin WWG

I-2-4-Les fiches descriptives des espèces du bassin WWG

I-2-4-1-Le jonc

- ✓ **Nom scientifique :** *Juncusmaritimus*.
- ✓ **Famille :** *Joncaceae*



- ✓ **Description (CHAHMA; 2006):**

- Plante vivace pouvant dépasser 1 mètre de hauteur, avec des tiges nues, terminées par une pointe raide qui surmonte l'inflorescence.
- Ses feuilles partent toutes de la souche, sont raides dures et terminées en pointes.
- Les inflorescences sont d'un vert pâle, lâches, avec souvent un ou deux rameaux principaux nettement plus longs que les autres. Sa période de floraison est juin- juillet.
- Elle se développe dans les lieux humides, autour des points d'eau, des chotts et des drains. Elle pousse souvent en compagnie de phragmites. Elle est répartie dans tout le Sahara.

- ✓ **Utilisation (CHAHMA; 2006) :**

- Intérêt pastoral : c'est un pâturage apprécié par les animaux d'élevage.
- Il constitue aussi une très bonne fibre de tissage fin.

I-2-4-2-Le papyrus

- ✓ **Nom scientifique** : *Cyperus papyrus*.
- ✓ **Famille** : *Cyperaceae*.



- ✓ **Description (ANANYME; 2009) :**
 - Ce végétal est une herbe annuelle ou vivace qui mesure de 1 à 3 m et possède un rhizome ligneux rampant et aromatique.
 - Les feuilles sont longues et en forme de quille étroite.
 - Les tiges florifères élancées sont dépourvues de poils et douces au toucher. Son sommet se termine par une ombelle, composée de nombreux épis retombants, avec un verticille de huit feuilles
 - C'est un végétal des lieux marécageux, spontané en Afrique tropicale et au Moyen-Orient, mais existe également en Sicile.
- ✓ **Utilisation (BOULLARD; 1997) :**
 - Il permet la fabrication d'une sorte de papier à partir de la moelle de ses tiges trigones découpées en fines lamelles en suite juxtaposées et comprimées.

I-2-4-3-La cana

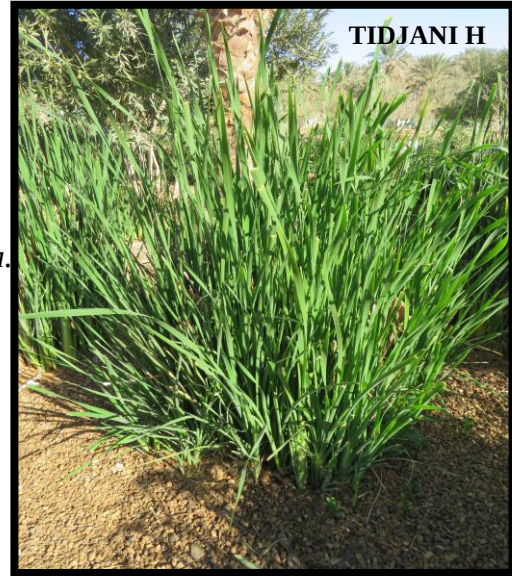
- ✓ **Nom scientifique :** *Canna indica*
- ✓ **Famille :** *Cannaceae*



- ✓ **Description (SPICHIGER, et al ; 2006) :**
 - Herbe vivace, à rhizomes. Ses feuilles sont alternes, spiralées, larges, elles ressemblent à celles du bananier, avec des nuances de couleur, du vert au pourpre.
 - Elle mesure généralement moins de 1 mètre de long.
 - Les inflorescences sont terminées, en épis ou thyrses, souvent biflores, sans bractée.
 - Les fruits sont des capsules verruqueuses avec sépales.
 - La plantation s'effectue au mois de mars avec une préférence pour avril.
 - Elle aime les sols riches et humides. Son origine est l'Afrique et l'Asie tropicale .
- ✓ **Utilisation (SPICHIGER, et al ; 2006) :**
 - Rhizomes utilisables dans l'alimentation de certains animaux

I-2-4-4-Le massette

- ✓ **Nom scientifique :** *Typha angustifolia*.
- ✓ **Famille :** *Typhaceae*.



- ✓ **Description (SPICHIGER, et al ; 2006) :**
 - La massette possède des feuilles étroites (moins de 1 cm de large).
 - Les parties femelle et mâle de son spadice sont espacées l'une de l'autre.
 - La partie femelle est très allongée, plus étroite, et d'un marron très clair.
- ✓ **Utilisation (SPICHIGER, et al ; 2006) :**
 - Les massettes sont communément collectées pour réaliser des bouquets secs

I-2-4-5-Le laurier rose



- ✓ **Nom scientifique :** *Nerium oleander*.
- ✓ **Famille :** *Apocynaceae*.

✓ **Description (BRUNETON; 2005) :**

- Le laurier rose est un arbuste d'environ 2 mètres de hauteur. Son feuillage est d'un vert foncé et allongé, il est persistant.
- Les fleurs sont blanches, jaunes, rouges ou saumon, s'épanouissent de juillet à septembre.
- La plantation se fait d'octobre à avril. Son origine est le Proche-Orient.
- Il croît spontanément sur les berges rocailleuses des rivières. Il a besoin d'une situation ensoleillée et chaude, il apprécie en outre un sol bien drainé et riche.

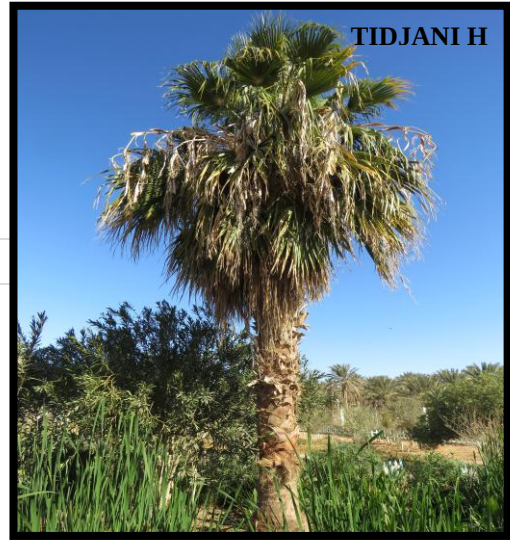
✓ **Utilisation (BRUNETON; 2005):**

- On le réserve généralement aux haies en pleine terre, ou à la décoration d'une terrasse.

I-2-4-6-Le Washingtonia

✓ **Nom scientifique :** *Washingtonia filifera*

✓ **Famille :** *Arécacées*



✓ **Description (<http://fr.wikiedia.org>):**

- Le Washingtonia est un palmier ; il possède un tronc unique bien rectiligne pouvant dépasser 20 m de long, à base élargie comme une patte d'éléphant
- Les feuilles sont moins nombreuses et forment une couronne plus courte. Elles sont d'une couleur vert brillant et ont une forme plus circulaire.
- Les Washingtonia sont hermaphrodites et forment de longues inflorescences crème, ramifiées qui dépassent largement des feuilles
- Les fleurs sont de couleur clair blanc
- Les fruits très nombreux de la taille d'un pois sont de petites drupes noires ovoïdes.
- Les graines ovoïdes brunes mesurent 0,5 cm.

✓ **Utilisation :**

- Dans la décoration généralement

CHAPITRE II:
LES MATERIELS
ET LES METHODES
UTILISEES

Chapitre II : Les Matériels et Les Méthodes Utilisées

II-1-Les matériels utilisés

II-1-1-L'eau

Notre travail vise à analyser la qualité de l'eau avant et après l'épuration dans la station WWG Temacine, les prélèvements ont été effectués à chaque mois durant une année .

Pour le prélèvement de l'eau brute est effectué au niveau d'entrée de la fosse septique (EB), et le prélèvements de l'eau traitée est effectué au niveau de sortie du bassin WWG (ET).

II-1-2-Les plantes du bassin :

Notre travail détermine la production, en quantité de la biomasse végétale produite par les plantes du bassin WWG, où les prélèvements ont été effectués durant la fin de décembre, et l'échantillonnage des plantes du bassin de chaque espèce est aléatoire (on prend trois échantillons pour chaque espèce au amont, milieu, et aval du bassin WWG).

Au moment de prélèvement, toutes les plantes sont en état végétatif stationnaire de couleur verte, avec une densité variable dans le bassin : le jonc : 20 pieds, le papyrus : 105pieds, le canna : 34 pieds, et la massette : 50 pieds.

II-2-Les analyses effectuées

II-2-1- Les Analyses de l'eau

II-2-1-1-Les paramètres organoleptiques de l'eau : Les Paramètres organoleptiques correspondent à l'appréciation de la qualité de l'eau par les sens, essentiellement la vue, le goût et l'odorat. (FRANCK; 2002)

Dans le cas des eaux usées, nous nous sommes basés sur trois paramètres organoleptiques : la couleur, la turbidité et l'odeur.

II-2-1-2-Les analyses physico-chimiques et biochimiques de l'eau : Les analyses physiques et biochimiques de l'eau ont été réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt.

II-2-1-2-1-Le potentiel hydrogène (pH) : Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre (HACH SENSION 1).

II-2-1-2-2- La température (T°) : La mesure se fait sur place à partir d'une oxymétrie (H Q30dflexi).

II-2-1-2-3- La conductivité électrique (CE) : Elle permet l'estimation de la teneur globale des sels dissous. Elle a été déterminée à l'aide d'un conductimètre (HACH SENSION 5).

II-2-1-2-4- Les matières en suspension (MES)

II-2-1-2-4- 1-Mode opératoire(norme NFT 90-105-2 in FRANCK, 2002)

- ✓ pesé le capsule vide
- ✓ prendre 04 tubes a chaque tube 50ml d'échantillon dans le centrifugation avec une accélération 2000ms^2
- ✓ désamorcer le tube dans le capsule
- ✓ mètre le capsule sèche dans l'étuve à 105°C pendant 2à 3h
- ✓ refroidir la capsule dans le dessiccateur
- ✓ le capsule est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon
- ✓ La teneur en matières en suspension dans l'eau (mg/l) est exprimée comme suit :

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

M0: Le poids de la capsule vide avant utilisation en mg.

M1 : Le poids de la capsule après utilisation en mg.

V : Le volume de l'échantillon en ml.

II-2-1-2-5-La demande chimique en oxygène (DCO):La demande chimique en oxygène c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la ne

II-2-1-2-5-1-Mode opératoire (Norme NF EN 1899-2 in FRANCK; 2002)

- ✓ mélanger le tube du réacteur de DCO pour avoir une solution homogène (le recteur est constitué de K_2CrO_7 , H_2SO_4 , AgSO_4 , HgSO_3).
- ✓ Pipeter un volume de 2 ml de l'échantillon à analyser et introduire dans le tube de réacteur de DCO
- ✓ Mélanger puis chauffer l'échantillon à température 148°C pendant 2 heures.
- ✓ Finalement on laisse le tube refroidir à température ambiante du laboratoire, et placer le tube dans le spectrophotomètre DR 3900 (HACH) et lire la teneur de la DCO en mg/l.

II-3-1-2-6-La demande biochimique en oxygène (DBO₅):La demande biochimique en oxygène c'est la quantité d'oxygène utilisée en 5 jours par les micro- organismes pour oxyder la matière organique.

II-3-1-2-6-1-Mode opératoire(Norme NF EN 1899-2 in FRANCK; 2002)

- ✓ ajouter un volume nécessaire d'eau à analyser dans les flacons de DBO₅, puis on ajoute le barreau mantique et un inhibiteur, et placer les flacons dans la DBO mètre (type MF 120), après 5 jours on fait la lecture directement.
- ✓ Le volume d'eau analyser concerne directement a la valeur DCO, autrement dit la connaissant de la valeur DCO, déterminer la quantité d'eau à analyser et ce conformément au tableau (annexe N°11)

II-2-1-2-7-Le phosphore (PO₄⁻³)**II-2-1-2-7-1-Mode opératoire(Norme NF EN 1899-2 in FRANCK; 2002)**

- ✓ Remplir un tube de réactif de phosphore(LCK 049) avec 5ml d'échantillon,
- ✓ Mélanger bien et laisser pendant 10min, finalement placer le tube dans le spectrophotomètre DR 3900 (HACH) et mesurer.
- ✓ La lecture affiche directement sur l'appareil

II-2-1-2-8-Nitrite (NO₂⁻)**II-2-1-2-8-1-Mode opératoire(ONA; 2017)**

- ✓ Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrite Nitri Vers 3 dans la cuve ronde. Agiter pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre, une coloration rose se développera en présence de nitrite. Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK. Une période de réaction de 20 min va commencer.
- ✓ Remplir une autre cuve carrée de 10 ml avec l'échantillon. Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de la cuve.
- ✓ Sélectionner sur l'écran : Zéro
- ✓ Indication à l'écran : 0.000 mg/l NO₂⁻-N
- ✓ Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cuve.
- ✓ Sélectionner sur l'écran : Mesure les résultats sont indiqués en mg/l NO₂⁻-N

II-2-1-2-9-Nitrate (NO₃⁻)**II-2-1-2-9-1-Mode opératoire(ONA; 2017)**

- ✓ Transférer le contenu d'une pochette du réactif pour nitrate Nitra Ver 5 dans la cuve. Boucher.

- ✓ Appuyer sur l'écran représentant la minuterie. Appuyer sur OK une période de réaction de 1 min va commencer. Agiter énergiquement la cuve jusqu'à ce que la minuterie retentit.
- ✓ Lorsque la minuterie retentit, appuyer de nouveau sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK, une période de réaction de 5 min va commencer.
- ✓ Une coloration ambre apparaît en présence de nitrate.
- ✓ Lorsque la minuterie retentit, remplir une autre cuve carrée de 1 jusqu'au trait 10 ml avec l'échantillon.
- ✓ Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de la cuve
- ✓ Sélectionner sur l'écran : Zéro
- ✓ Indication à l'écran : 0.0mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$
- ✓ Dans la minute suivant dans retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve.
- ✓ Sélectionner sur l'écran : Mesure des résultats sont indiqués en mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$

II-2-1-3-Les analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux ont été effectuées au niveau du laboratoire d'hygiène de l'hôpital Slimane AMIRAT de Touggourt.

Les prélèvements d'eau ont été effectués dans des flacons stériles étiquetés, ils sont ensuite transportés rapidement au laboratoire pour les analyser. Les bactéries recherchées dans l'eau sont les suivantes :

- ❖ **Coliformes totaux et fécaux (CT, CF) :** il s'agit de Bacilles Gram Négatif (BGN), aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures, à une température comprise entre 36 et 37°C. (LEBRES, et al; 1992)
- ❖ **Escherichia-coli (Ec):** les E. coli sont en général considérés comme de bons indices de contamination fécale, leur présence est constante dans les excréments humains.
- ❖ Il s'agit là de coliformes thermo tolérants qui produisent, en outre, de l'indole rouge à partir du tryptophane à 44°C. (LEBRES, et al; 1992).
- ❖ **Streptocoques totaux et fécaux (ST, SF):** il s'agit de Cocci à Gram Positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées. (LEBRES, et al; 1992).
- ❖ **Les clostridiiums sulfito-réducteurs (CSR):** ce sont des bacilles à Gram positif, trapus et capables de sporuler. Ces espèces ne peuvent pas vivre en présence d'oxygène.

- ❖ **La salmonella thyphi (ST):** les salmonelles sont des bacilles de 04μ de long sur 01μ . Elles sont mobiles grâce à une ciliature péritriche. (BACHI; 2010).

II-2-1-3-1-Mode opératoire(FRANCK; 2002)

II-2-1-3-1-1-Préparation des dilutions

- 1) tube de l'eau physiologique stérile avec 1 ml d'eau à analyser $\rightarrow 10^{-1}$
- 2) tube de l'eau physiologique stérile avec 1 ml de tube (1) $\rightarrow 10^{-2}$
- 3) tube de l'eau physiologique stérile avec 1 ml de tube (2) $\rightarrow 10^{-3}$
- 4) tube de l'eau physiologique stérile avec 1 ml de tube (3) $\rightarrow 10^{-4}$
- 5) tube de l'eau physiologique stérile avec 1 ml de tube (4) $\rightarrow 10^{-5}$

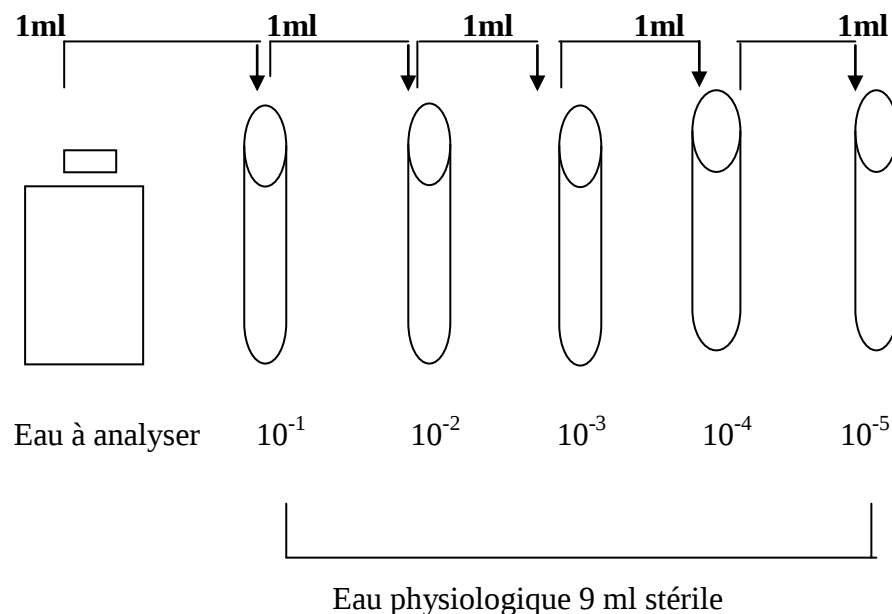


Figure N°10: Préparation des dilutions

II-2-1-3-1-2- Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (CT,CF)

II-2-1-3-1-2-1-Test de présomption: Préparer une série de tube (BCPL) simple concentration et numéroté les tubes :

- ✓ 3 tube de (BCPL + cloche) simple concentration avec 1 ml de la dilution 10^{-1}
- ✓ 3 tube de (BCPL + cloche) simple concentration avec 1 ml de la dilution 10^{-2}
- ✓ 3 tube de (BCPL + cloche) simple concentration avec 1 ml de la dilution 10^{-3}
- ✓ 3 tube de (BCPL + cloche) simple concentration avec 1 ml de la dilution 10^{-4}
- ✓ 3 tube de (BCPL + cloche) simple concentration avec 1 ml de la dilution 10^{-5}

II-2-1-3-1-2-1-1-Incubation: L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

II-2-1-3-1-2-1-2-Lecture: Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

II-2-1-3-1-2-2-Test de confirmation : A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche des coliformes, ensemercer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole-mannitol (milieu Schubert) muni d'une cloche de Durham

II-2-1-3-1-2-2-1-Incubation: L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

II-2-1-3-1-2-2-2-Lecture: Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux.
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

II-2-1-3-1-3- Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux (ST,SF)

II-2-1-3-1-3-1- Test de présomption: A partir de l'eau analysée, porter aseptiquement:

- ✓ 1 ml de la dilution 10^{-1} dans chaque 3tube de Rothe (jaune) simple concentration.
- ✓ 1 ml de la dilution 10^{-2} dans chaque 3tube de Rothe (jaune) simple concentration.
- ✓ 1 ml de la dilution 10^{-3} dans chaque 3tube de Rothe (jaune) simple concentration.
- ✓ 1 ml de la dilution 10^{-4} dans chaque 3tube de Rothe (jaune) simple concentration.
- ✓ 1 ml de la dilution 10^{-5} dans chaque 3tube de Rothe (jaune) simple concentration.

Bien mélanger le milieu.

II-2-1-3-1-3-1-1-Incubation: L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

II-2-1-3-1-3-1-2-Lecture: Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- Ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

II-2-1-3-1-3-2-Test de confirmation: Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans tube contenant le milieu LISKY EVA.

Bien mélanger.

II-2-1-3-1-3-2-1-Incubation: L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

II-2-1-3-1-3-2-2-Lecture: Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

II-2-1-3-1-4-Recherche et dénombrement les clostridiiums sulfito-réducteurs (CSR):

- ✓ Chauffer 20 ml d'eau analyser pendant 10 minutes à 75°C.
- ✓ Refroidir immédiatement sous l'eau de robinet.
- ✓ On ajoute à chaque tube 8 gouttes de sulfite de sodium plus d'alun de fer.
- ✓ Ajouter le milieu gélose viande foie dans chaque tube.
- ✓ Mélanger doucement par retournement.
- ✓ Eviter d'introduire des bulles d'air.

II-2-1-3-1-4-1-Incubation: Se fait à 37°C pendant 24h à 48h.

II-2-1-3-1-4-2-Lecture: On considère comme résultats d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice, toute colonie noire entourée d'un halo noir. On exprime le résultat en nombre des spores sur 20 ml.

II-2-2-Les paramètres des plantes

II-2-2-1- La matière sèche (MS) : la teneur de la matière sèche est déterminée par l'obtention d'un poids constant des échantillons après dessiccation dans une étuve réglée à 105 °C.

II-2-2-2- La quantité de la biomasse végétale (BVP): la quantité de la biomasse végétale produite de chaque espèce des plantes dans le mètre carré pour connaître la production de la biomasse en hectare.

II-2-2-3- Le nombre de la fauche (NF/AN) : déterminer le nombre de fauche de chaque espèce planté durant une année pour connaître la production de la biomasse en année.

CHAPITRE III:

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

Chapitre III : Résultats et Discussions

III-1-Les paramètres de l'eau

III-1-1-Les paramètres organoleptiques de l'eau

III-1-1-1-La couleur et la turbidité: la mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement. Elle présente une image composite reflétant la répartition des MES et de la couleur. (FRANCK; 2002)

Selon notre observations, la couleur est sombre à l'entrée de la station et claire à la sortie, ceci exprime la turbidité très élevée remarquée, au niveau de l'eau brute (fosse septique) (**Figure N°11**).

Ces observations indiquent la diminution des MES au niveau de l'eau traitée (sortie du bassin WWG), ils sont conformes aux normes algériennes de rejet (**couleur claire**).(JORA; 1993)

Ces observations confirment aussi l'efficacité du traitement dans l'élimination de la pollution particulaire.

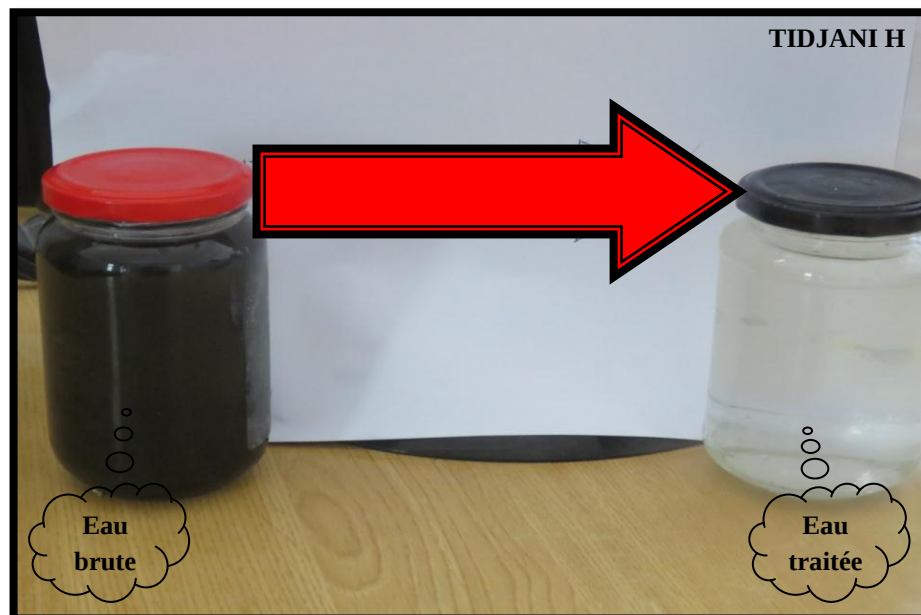


Figure N°11: La variation de la turbidité des eaux brutes et des eaux traitées

III-1-1-2-L'odeur : l'odeur des eaux brutes était plus désagréable que les eaux traitées. Ceci n'est pas conforme aux normes algérienne de rejet (les odeurs inexistantes pour les eaux traites).(JORA; 1993)

Cette mauvaise odeur est due à l'existence soit de produits chimiques, ou de matières organiques en décomposition, ou de bactéries Clostridium qui dégagent le H₂S (source de mauvaises odeurs) (AIT ABDLOUAHAB; 2001).

III-1-2-Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques :

Les résultats physico-chimiques et biochimiques obtenus sont illustrés dans le **Tableau N°02** suivant.

Tableau N°02 : Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des eaux

		MAR 2018	AVR 2018	MAI 2018	JUN 2018	JUIL 2018	AOUT 2018	SEP 2018	OCT 2018	NOV 2018	DEC 2018	JAN 2019	FEV 2019	MAR 2019
pH	EB	7,6	7,59	7,58	7,76	7,2	7,49	7,91	7,44	7,67	7,38	7,56	7,51	7,46
	ET	7,17	7,46	7,2	7,28	6,63	6,83	7,3	6,94	7,21	7,11	7,2	7,22	7,18
T (C°)	EB	20,2	24	23,3	23	23,2	28,3	29,5	26,3	22,6	21,2	19,2	18,2	23,77
	ET	18,8	23,7	23	22,9	23,2	27,5	29,1	25,2	20,7	16,20	18,3	15,7	17,27
CE ds/m	EB	2,99	3,12	3,06	3,14	3,07	3,31	3,36	3,29	2,95	3,14	3,02	3,05	3
	ET	4,14	3,55	4,21	4,21	4,71	5,48	4,48	3,86	3,41	3,28	3,03	3,31	3,84
MES (mg/l)	EB	523	146,7	223,2	183,2	383	193	281	719	62,9	198	529,5	536	253,67
	ET	24	20	19,6	23	21	21	4	19	8,7	18	21,5	19	30
DCO (mg/l)	EB	348,33	292	150	152	110	190	180	170	464	528,5	227	353,75	348,33
	ET	34,67	24	21	22	25	28,9	20	19,4	39	39,5	41	33,5	34,67
DBO ₅ (mg/l)	EB	183	150	80	90	90	100	100,5	80	292,5	259,5	145	189	183
	ET	18,9	10	10	3	8	6	7	11	25,5	23	6	20,5	18,9
PO ₄ (mg/l)	EB	2,23	5,28	7,01	7,01	0	16,1	18,3	19,4	20,3	22,5	3,58	4,92	2,5
	ET	0,34	0,370	0,340	0,340	0	0,110	0,13	0,2	0,109	0,32	0,390	0,44	0,4
NO ₂ (mg/l)	EB	0,042	0,035	0,038	0,052	0,07	0,066	0,03	0,051	0,045	0,049	0,025	0,042	0,043
	ET	0,027	0,016	0,018	0,023	0,018	0,025	0,004	0,001	0,006	0,003	0,013	0,018	0,028
NO ₃ (mg/l)	EB	55	48	15,5	12,2	22,2	19,7	20	32,6	21,7	30,5	34,30	30	40
	ET	1,4	2,1	1,6	2,9	3,6	0,8	2	5,7	6,7	5,2	2,9	1,1	2

III-1-2-1-Le potentiel hydrogène (pH) : le pH sert à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Cette mesure peut apporter des renseignements sur la qualité d'une eau. (FRANCK; 2002)

En physiologie végétale, le pH de la solution contribue au contrôle de la solubilité des nutriments (Figure N°12), plus un nutriment est rendu sous forme ionique, plus il sera concentré dans la solution et par conséquent, plus le végétal pourra l'absorber facilement. (MEYER; 2004)

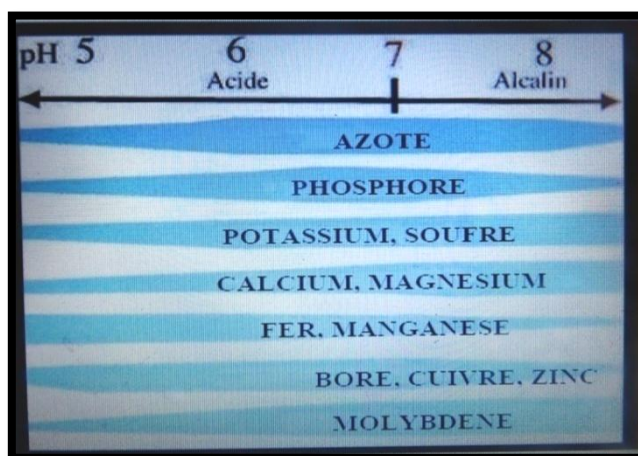


Figure N°12: La disponibilité des nutriments des sols en fonction du pH (MEYER; 2004)

Les résultats obtenus pour le pH sont représentés dans la Figure N°13 ci après mentionné

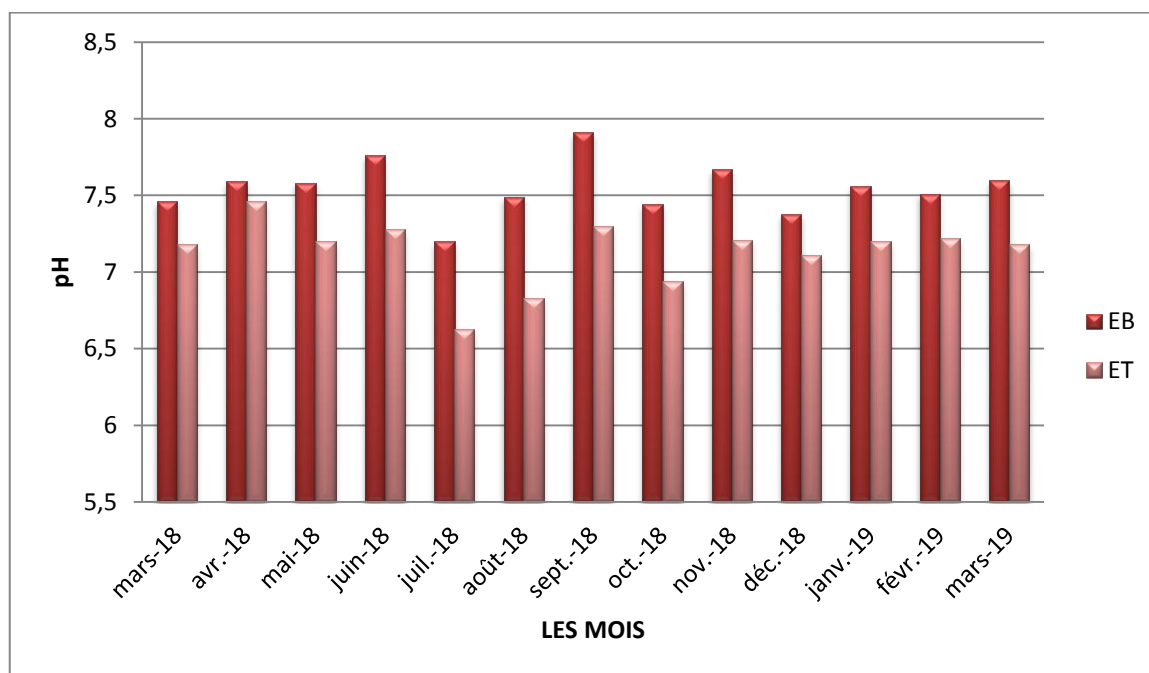


Figure N°13: La variation temporelle du (pH)

D'après nos résultats obtenues pour les valeurs de pH, on peut distinguer que :

- ❖ Toutes les valeurs des pH des eaux brutes sont plus élevées que celles des eaux traitées .
- ❖ Les pH des eaux brutes sont proches de l'alcalinité avec une moyenne de l'ordre de 7,55.
- ❖ Les pH des eaux traitées sont neutres avec une moyenne générale de l'ordre de 7,13.
- ❖ Les valeurs obtenues sont conformes avec les normes de rejets algérienne ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).(JORA; 1993)
- ❖ En projetant nos résultats sur **la Figure N°12**, nous constatons que la totalité des ions contenus dans l'eau sont assimilables pour les plantes du bassin WWG.

III-1-2-2- La température (T°) : la température des eaux usées constitue un des paramètres influençant leur composition (effet sur la solubilité des sels). Elle favorise aussi la formation d'une biomasse bactérienne importante. La température élevée, freine également, la vie de la flore et de la faune aquatique et beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique, verront leurs activités vitales ralenties. (HAZOURLI, et al ; 2007)

Les valeurs de température sont représentées dans **la Figure N° 14** ci-après

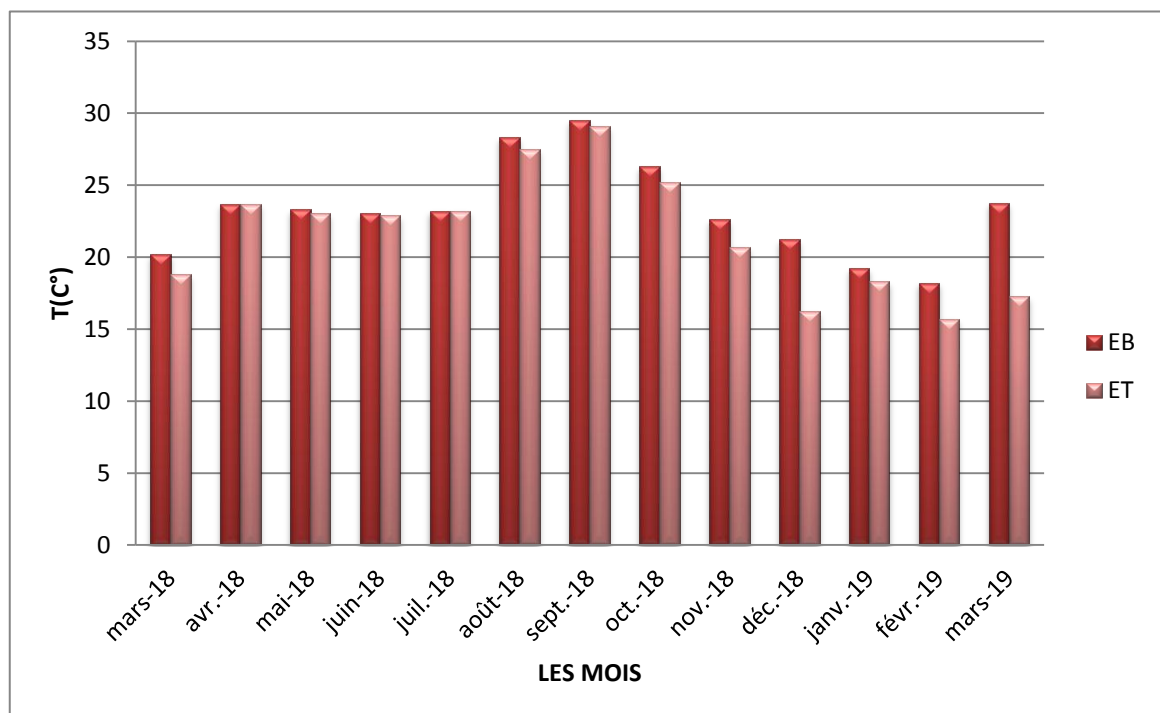


Figure N°14: La variation temporelle du (T°)

D'après nos résultats, on peut conclure que :

- ❖ Toutes les valeurs des températures des eaux traitées sont généralement basses que celles des eaux brutes. .
- ❖ Les températures des eaux d'entrées varient entre 18,2c° et 29,5c° avec une moyenne de 23,29c°.
- ❖ Les températures des eaux de sorties varient entre 15,7c° et 29,1c° avec une moyenne de 21,65c°.
- ❖ Les valeurs des températures sont conformes aux normes algérienne de rejet (30c°).(JORA; 1993)
- ❖ La variation des températures est en relation avec la température de l'atmosphère, les basses températures des eaux sont enregistrés durant le mois de février où les valeurs de température durant le mois de février est de l'ordre de 18,8c°, et les hautes températures des eaux sont enregistrés durant le mois de septembre où la température moyenne durant ce mois était de 45,5 c°.

III-1-2-3- La conductivité électrique (CE) :la conductivité électrique est exprimée en ds/m, mesurée à 25° C. C'est un des paramètres généralement le plus mesuré, en particulier dans les régions arides et semi-arides, pour estimer la valeur totale en sels solubles dans l'eau. La salinité est probablement le paramètre simple le plus important, qui détermine le système de culture et la gestion des terres irriguées avec l'eau usée. (FAO; 2003)

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues sont illustrées dans **la Figure N°15**

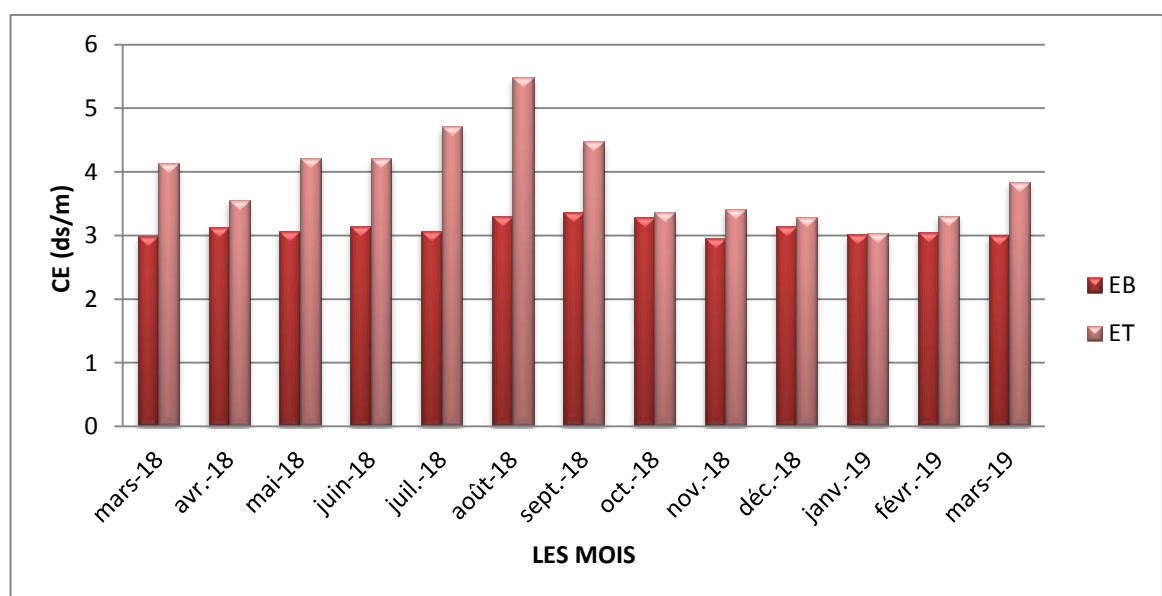


Figure N°15: La variation temporelle de la (CE)

D'après notre résultats pour les conductivités électriques, on peut conclure que :

- ❖ Les conductivités électriques d'eaux traitées sont supérieures à celles des eaux brutes
- ❖ La valeur moyenne de conductivité électrique à l'entrée est de 3,11ds/m
- ❖ La valeur moyenne de conductivité électrique à la sortie est de 3,96 ds/m
- ❖ Cette augmentation de la conductivité électrique, on peut l'expliquer par le phénomène de l'évapotranspiration de la végétation
- ❖ BENBRAHIM, en 2006 a cité que le laboratoire de Riverside a classé les eaux en fonction de leur salinité. Cette classification est modifiée par DURAND (1958) en ajoutant une cinquième(Annexes N°13), d'après nos résultats, les eaux de la station WWG, appartiennent à la classe 4 .Donc ces eaux sont des eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation; exceptionnellement pour les plantes très tolérantes aux sels.
- ❖ les eaux à très forte salinité interprètent l'impact de la salinité sur la zone de drainage et apparition des couches blanches (Annexes N°09).

III-1-2-4-Les matières en suspension (MES):les matières en suspension (MES) constituent une bonne partie de la pollution carbonée, et leur abattement contribue donc à un meilleur rendement sur la DBO5 et la DCO. (WOLVERTON; 1987)

Les concentrations en MES sont représentées dans la Figure N°16 ci-après

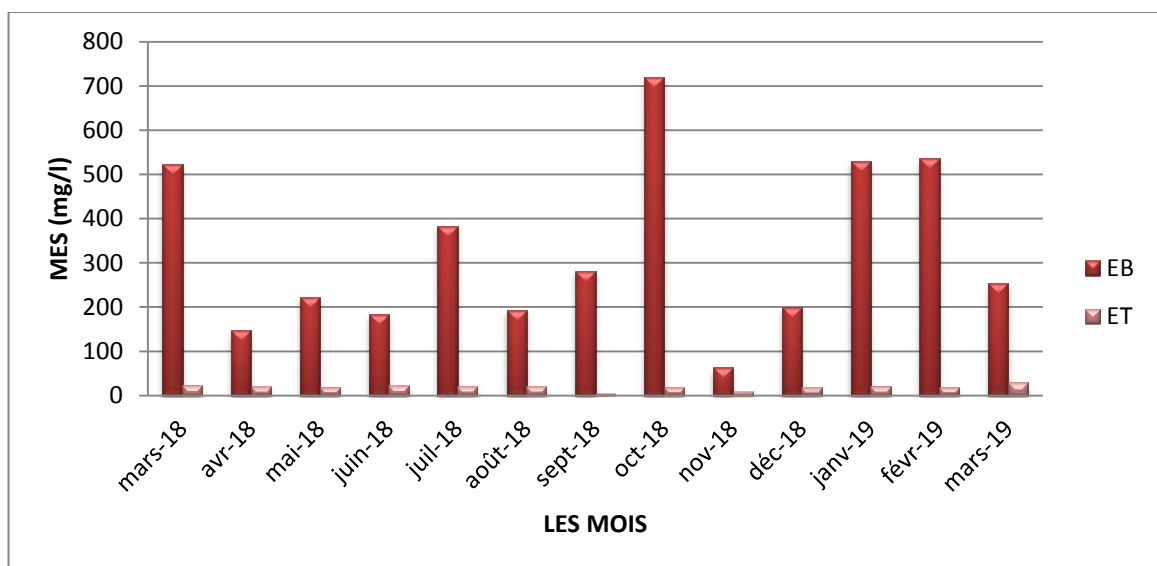


Figure N°16: La variation temporelle du (MES)

Les résultats obtenus pour les concentrations en MES, montre que :

- ❖ La concentration en MES des eaux brutes entre un minimum à 62,9 mg/l et un maximum à 719 mg/l

- ❖ Les MES à la sortie sont relativement oscillés autour d'une moyenne de 19,13 mg/l.

Nos résultats sont conformes aux normes algérienne de rejet (**30mg/l**). (JORA; 1993)

- ❖ Les MES obtenues sont proches des résultats obtenues par CATTIN en 2005, qui sont de l'ordre de 22mg/l.

- ❖ La diminution des teneurs en MES au niveau de la sortie est expliquée par les filtres utilisés dans le système (lif, gravier, les murs, et les racines des plantes)

- ❖ Les filtres jouent le rôle de barrière physique freinant le transport des MES vers la sortie et contribuent ainsi à leur décantation et digestion dans les sédiments.

III-1-2-5-La demande chimique en oxygène (DCO): la DCO s'exprime en mg/l d'oxygène et correspond à la quantité effective d'oxygène nécessaire pour oxyder dans les conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. (MOLL; 2002)

Les valeurs de DCO obtenus sont illustrées dans **la Figure N°17**

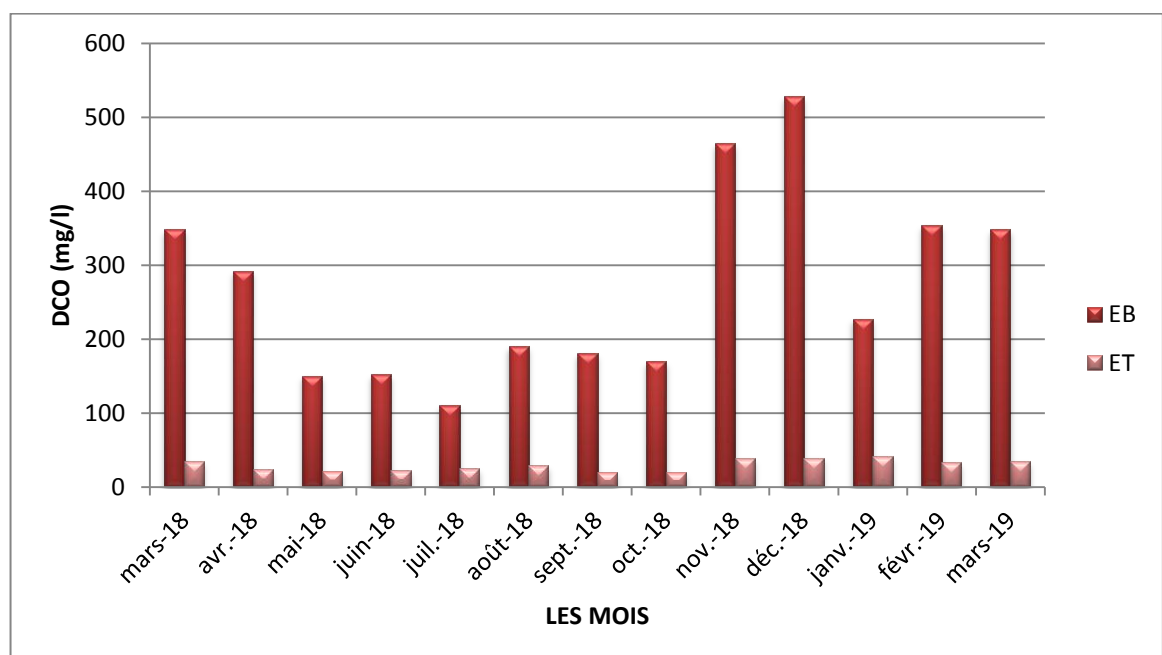


Figure N°17: La variation temporelle du (DCO)

Selon notre résultats, on peut conclure que :

- ❖ Les valeurs de DCO des eaux brutes oscillent entre 110mg/l et 528,5mg/l avec une moyenne de 270,30mg/l.
- ❖ Les valeurs de DCO des eaux traites oscillent entre 19,4mg/l et 41mg/l avec une moyenne de 29,43mg/l.
- ❖ Ces valeurs sont conformes aux normes algérienne de rejet (1290mg/l).**(JORA; 1993)**
- ❖ La diminution des valeurs DCO explique essentiellement la filtration d'une grande quantité de matière organique à l'aide de filtre implante à la fosse septique d'une part, et d'autre part, grâce au matériau de remplissage (gravier) ainsi que les racines des plantes au niveau du bassin.

III-1-2-6-La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :l'effet principal d'un rejet de matière organique biodégradable dans le milieu naturel correspond à la consommation d'oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO₅ à donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'estimer les effets. **(FRANCK; 2002)**

Les résultats obtenus pour les **DBO₅** sont représentés dans la **Figure N°18** ci-après

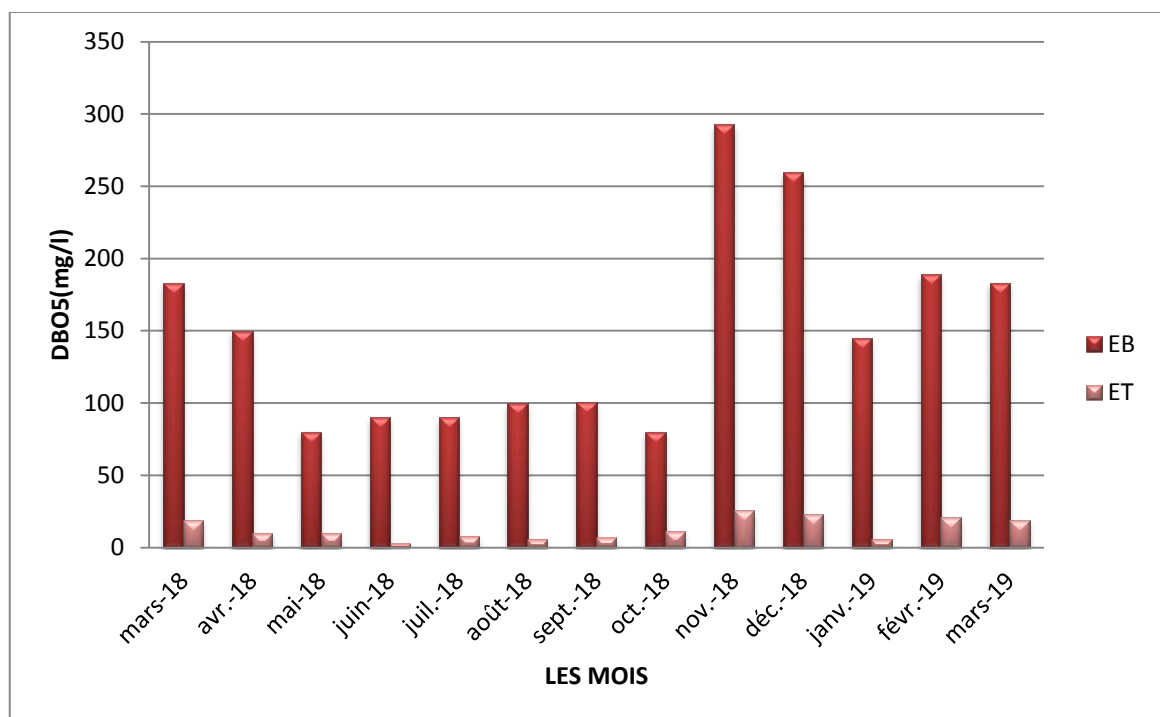


Figure N°18: La variation temporelle du (DBO₅)

Nos résultats des valeurs de DBO_5 , montre que :

- ❖ Les valeurs de DBO_5 des eaux brutes varient entre 80mg/l et 292,5mg/l avec une moyenne de 149,42 mg/l.
- ❖ Les valeurs de DBO_5 des eaux traitées varient entre 3mg/l et 25,5 mg/l avec une moyenne de 12,9 mg/l.
- ❖ Ces valeurs de DBO_5 sont conformes aux normes algérienne de rejet (40mg/l). (JORA; 1993)
- ❖ La diminution des valeurs DBO_5 s'explique par la baisse de la charge organique, suite sa filtration dans la fosse, au niveau du bassin WWG et aussi l'importance de la biodégradation des pollutions organiques.

III-1-2-7-Le coefficient de biodégradabilité K :

la biodégradabilité est représentée par le rapport entre la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène .Ce rapport donne une idée sur l'aptitude des eaux à la dégradation biologique.

$$K = DCO/DBO_5$$

Les coefficients de biodégradabilité sont illustrés dans la Figure N°19

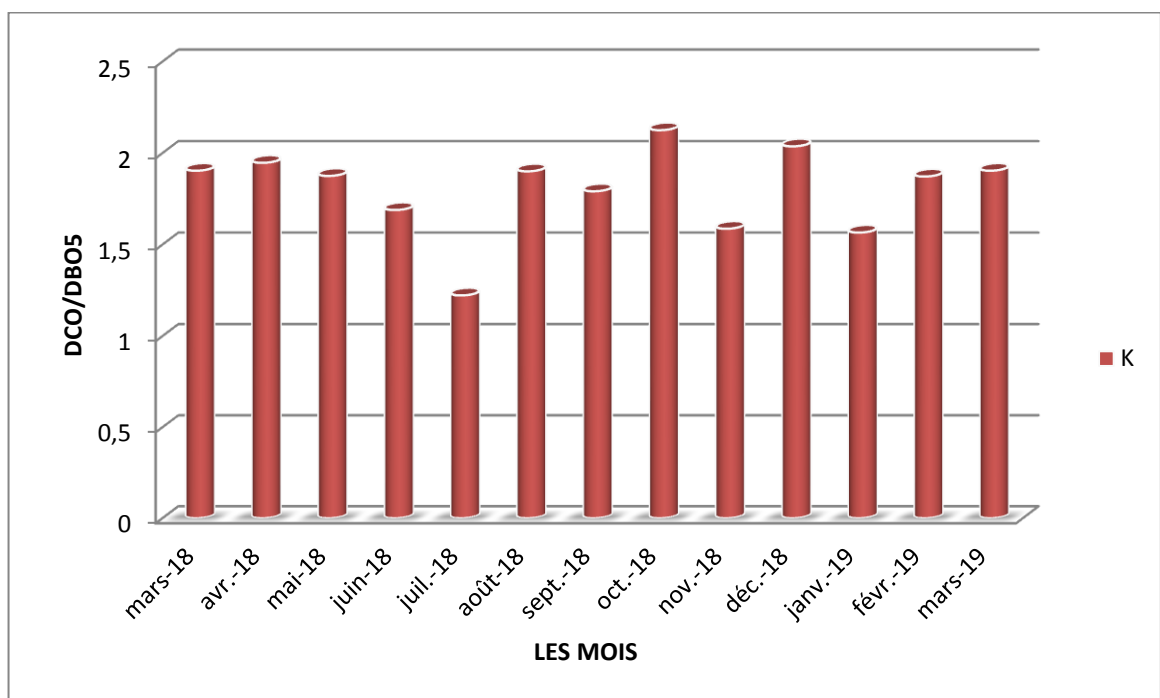


Figure N°19: La variation temporelle du K

D'après notre résultats obtenues, les coefficients K généralement oscillent autour d'une moyenne de 1,80. Ces résultats sont indiquées que la biodégradabilité est facile. (MOLL; 2002)

Ce rapport indique également que cette eau est une eau usée domestique où ce rapport est généralement compris entre 1,5 et 2, pouvant atteindre 2,5 à 3 sans inconvénient sensible. (WOLVERRTON; 1987)

III-1-2-8- Le phosphore (PO_4^{-3}) : Dans les eaux résiduaires domestiques à pH de l'ordre de 7,5, la forme prédominante de phosphate est l'orthophosphate (PO_4^{-3}). (BABAY et SOUFI ; 2018)

Le phosphore est présent dans les eaux résiduaires sous deux formes:

- ✓ Le phosphore organique, élément constitutif de biomolécules comme les phospholipides et les phosphoprotéines. (GAID; 1984)
- ✓ Le phosphore minéral est présent principalement sous formes d'orthophosphates (PO_4^{-3} , H_2PO_4 , HPO_4^{-2}), de polyphosphates ou sous forme de diverses combinaisons minérales. (FRANCK; 2002).

Les valeurs en phosphore sont représentées dans la Figure N°20 ci-après

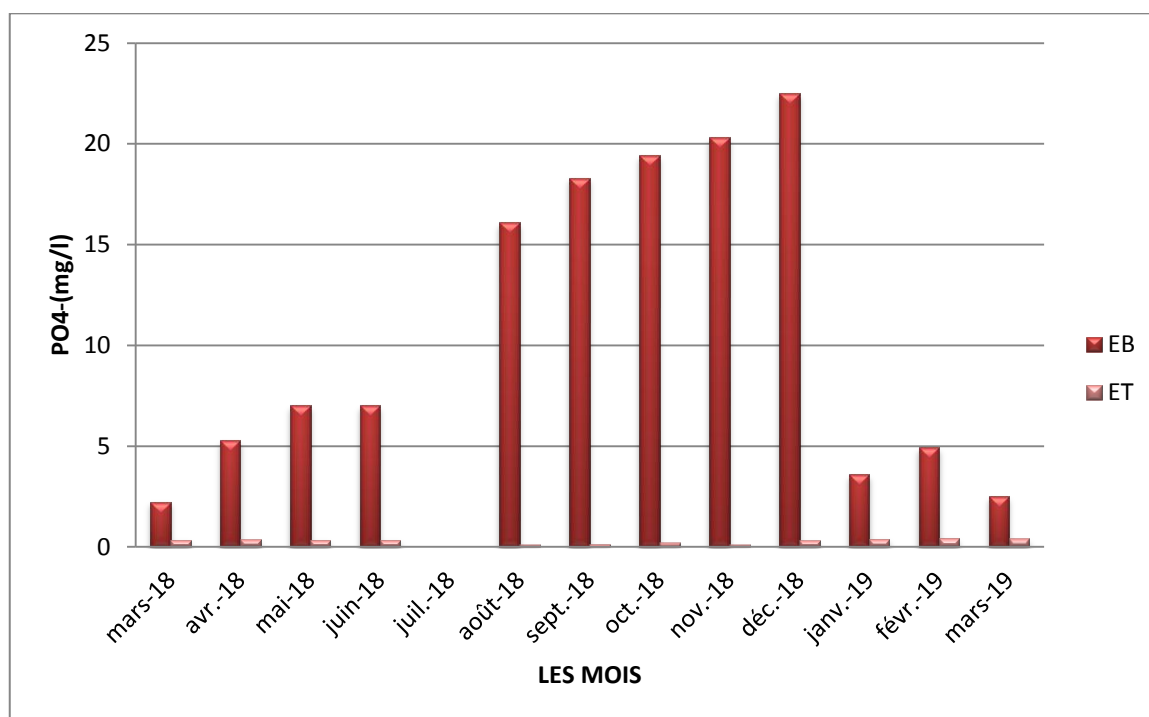


Figure N°20: La variation temporelle du (PO_4^{-3})

On peut montrer, d'après les résultats obtenues que :

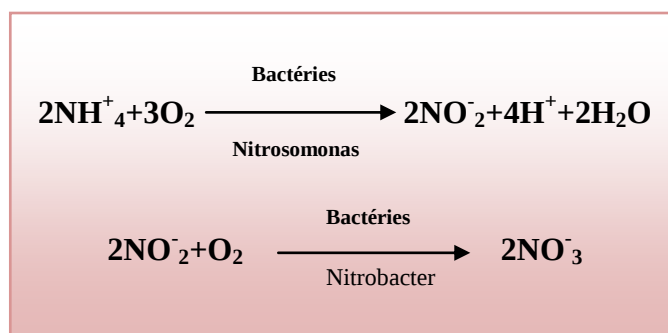
- ❖ Les valeurs en PO_4^{-3} des eaux brutes sont supérieures à celles des eaux traitées.
- ❖ Les PO_4^{-3} des eaux brutes entre un minimum à 0 mg/l et un maximum à 22,5 mg/l.
- ❖ Les PO_4^{-3} des eaux traitées entre un minimum à 0 mg/l et un maximum à 0,44mg/l.
- ❖ Ces valeurs en PO_4^{-3} sont conformes aux normes algérienne de rejet (**02mg/l**). (**JORA; 1993**)
- ❖ La diminution des valeurs en sortie peut être expliquée par leur fixation et assimilation par les plantes du bassin WWG.

III-1-2-9- Les nitrites(NO_2^-) et les nitrates(NO_3^-): l'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes :

- ✓ Minérale, principalement sous forme d'ions ammoniums (NH_4^+), d'ions nitrites (NO_2^-), et d'ions nitrates (NO_3^-).
- ✓ L'azote organique est présent sous forme de protéines qui donnent par hydrolyse, des acides aminés conduisant eux-mêmes par condensation aux peptides et polypeptides. Il se trouve également dans une grande variété d'autres combinaisons organiques (urée, acide urique, créatinine etc....). (**GAID; 1984**)
- ✓ L'ammonification est la minéralisation du l'azote organique an ammoniacque, elle a lieu aussi bien en milieu aérobie qu'anaérobie :



Les bactéries nitrifiantes empêchent l'ammoniac de s'échapper par volatilisation, l'azote ammoniacal est oxydé en nitrites puis en nitrate (la nitrification):



Les teneurs en NO_3^- sont illustrés dans la **Figure N°21** et les concentrations en NO_2^- sont représentées dans la **Figure N°22**.

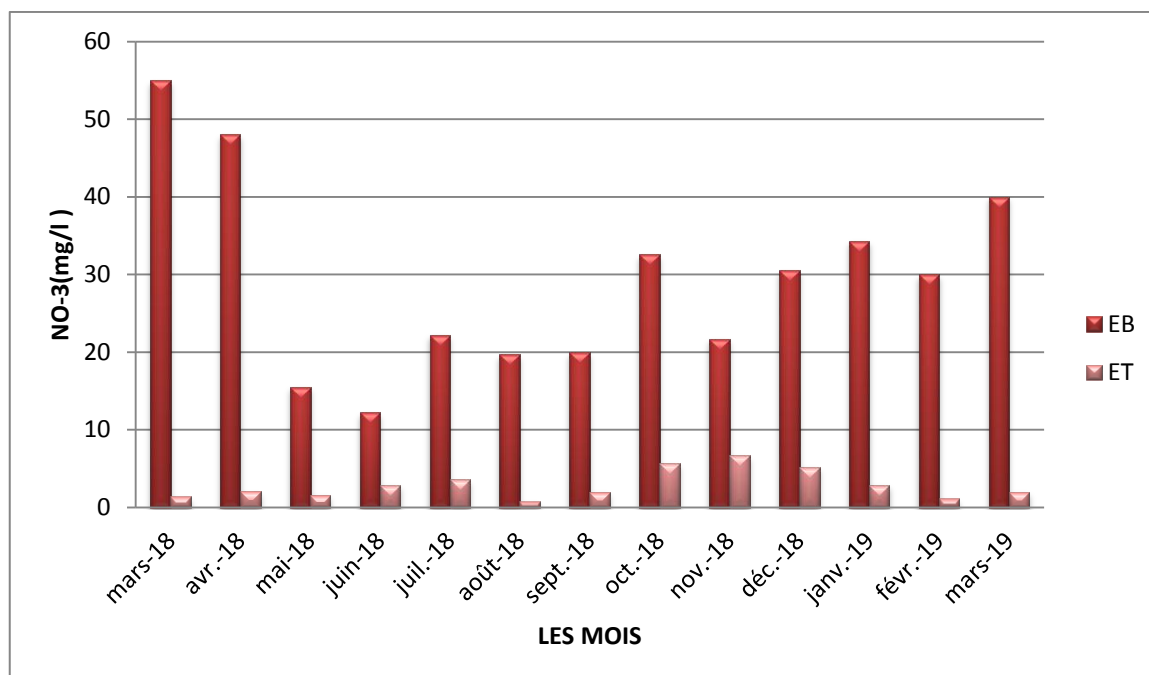


Figure N°21: La variation temporelle des ions (NO_3^-)

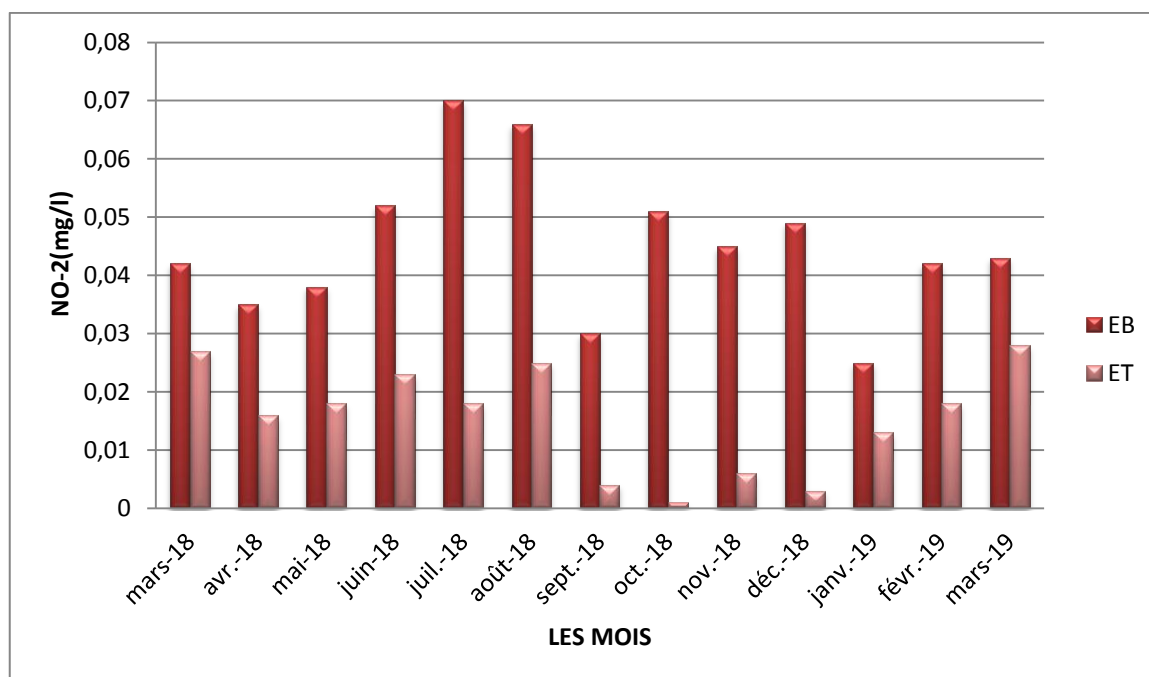


Figure N°22: La variation temporelle des ions (NO_2^-)

Selon les résultats obtenus, on peut dire que :

- ❖ La teneur moyenne en NO_3^- à l'entrée est de 29,36 mg/l.
- ❖ La concentration moyenne d'ions NO_3^- à la sortie est de 2,92 mg/l.
- ❖ La concentration moyenne d'ions NO_2^- à l'entrée est de 0,0452 mg/l.
- ❖ La teneur moyenne en NO_2^- à la sortie est de 0,0153 mg/l.
- ❖ Les valeurs des ions NO_3^- et NO_2^- ne sont pas définies dans les normes algérienne de rejet .
- ❖ Les concentrations en NO_2^- sont conformes aux normes OMC (0,1mg/l). (**BABAY, SOUFI;2018**)
- ❖ La diminution des valeurs en sortie peut être due à l'absorption par les plantes du bassin WWG et la dénitrification par les bactéries.

III-1-2-10- La performance épuratoire de la station : pour donner une bonne détermination des rendements épuratoires des éléments polluants des eaux du système, il faut fixer les variables (débit, analyses de l'eau, équipements et les outils d'échantillonnage et des analyses, mode épuratoire des analyses.....) durant toute l'année.

Les performances épuratoires des différents paramètres (**Tableau N°03 et la Figure N°23**) sont calculées par la formule suivante :

$$\text{Performances épuratoires (\%)} = [(\text{entrée} - \text{sortie}) / \text{entrée}] \times 100$$

Tableau N°03: La performance épuratoire de la station Temacine

	MAR 2018	AVR 2018	MAI 2018	JUN 2018	JUIL 2018	AOUT 2018	SEP 2018	OCT 2018	NOV 2018	DEC 2018	JAN 2019	FEB 2019	MAR 2019	Moyen
MES (%)	95,41	86,36	91,21	87,44	94,51	89,11	98,57	97,35	86,16	90,9	95,93	96,45	88,17	92,12
DCO (%)	90,04	91,78	86	85,52	77,27	84,78	88,88	88,58	91,59	92,52	81,93	90,53	90,04	87,65
DBO₅ (%)	89,67	93,33	87,5	96,66	91,11	94	93,03	86,25	91,28	91,13	95,86	89,15	89,67	91,43
NO₂ (%)	35,71	54,28	52,63	55,76	74,28	62,12	86,66	98,03	86,66	93,87	48	57,14	34,88	64,62
NO₃ (%)	97,45	95,62	89,67	76,22	83,78	95,93	90	82,51	69,12	82,95	91,54	96,	95	89,16
PO₄ (%)	84,75	92,99	95,14	95,14	0	99,31	99,28	98,96	99,46	98,57	89,10	91,05	84	86,75

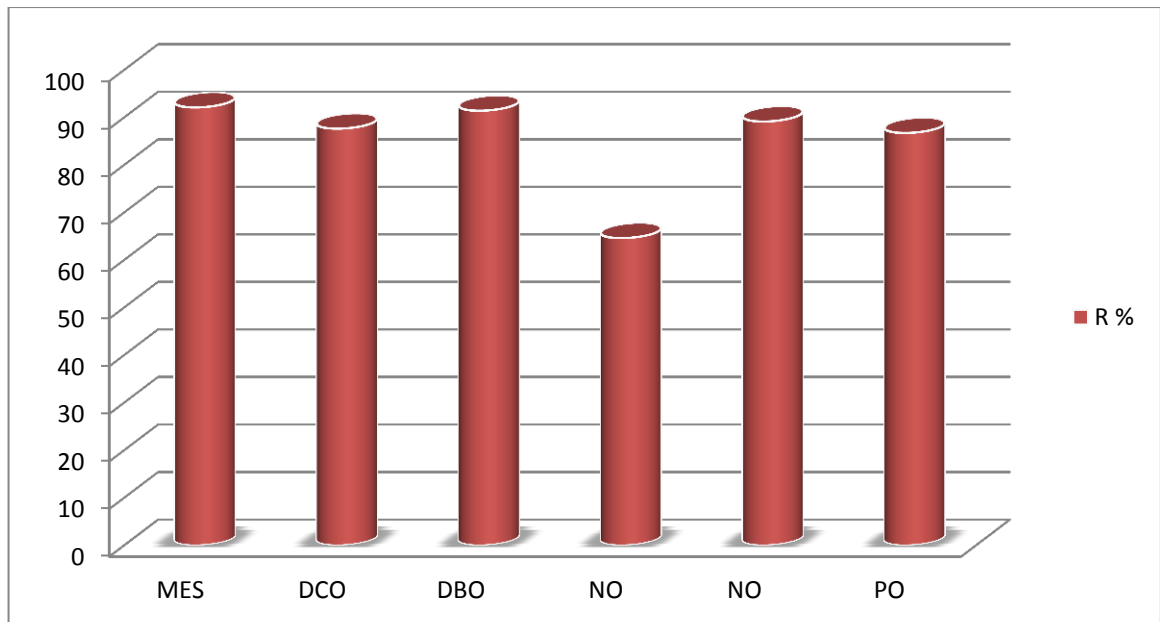


Figure N°23: La performance épuratoire de la station

Selon nos résultats obtenus, les rendements épuratoires du système sont généralement bons pour la plupart des paramètres.

Les performances moyennes du MES et du DBO₅ ont généralement dépassé 90%, le rendement moyen du MES est de l'ordre de 92,12%, et 91,43 pour DBO₅.

Pour les performances du DCO, NO₃⁻, et PO₄ ont généralement dépassé 80%, la moyenne est de 87,65% pour DCO, 89,16% pour NO₃⁻ et de l'ordre de 86,75% pour PO₄.

Le rendement épuratoire moyen du NO₂⁻ ne dépasse pas généralement 65%, et il est de l'ordre de 64,62%.

III-1-3-Les analyses bactériologiques:

Le risque sanitaire représenté par les eaux résiduaires, résulte de la présence éventuelle d'un certain nombre de germes infectieux en majorité, mais non obligatoirement, d'origine intestinale. **(BABAY et SOUFI ; 2018)**

Dans les matières fécales, on trouve une grande quantité de microorganismes d'espèces différentes. On peut distinguer deux groupes de bactéries indicatrices de contamination fécale: les indicateurs spécifiques (par exemple les coliformes et les streptocoques fécaux), et les indicateurs non spécifiques (telle que les coliformes et streptocoques totaux). **(BACHI; 2010)**

Les caractéristiques bactériologiques des eaux sont représentées dans **le Tableau N°04**

Tableau N°04: Les caractéristiques bactériologiques des eaux

	CT	CF	Ec	ST	SF	CSR	ST
EB	4500 /ml	600 /ml	600 /ml	9500/ml	2500/ml	indénombrable	Absence
ET	6/ml	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

D'après les résultats des caractéristiques bactériologiques des eaux, on peut conclure que :

- ❖ Les nombres des germes recherchés (les coliformes totaux et fécaux, L'Escherichia-coli, les streptocoques totaux et fécaux) dans les eaux brutes sont importants.
- ❖ Un nombre indénombrable pour les germes clostridiums sulfito-réducteurs dans les eaux d'entrée.
- ❖ Les bactéries Clostridium sulfito-réductrices ne peuvent pas vivre en présence d'oxygène. Leur présence dans un milieu, indique son appauvrissement en oxygène, elles sont aussi très résistantes aux conditions de l'environnement (chaleur, radiations ultraviolettes, désinfection chimique et hautes salinités de 2,5 à 6 %). **(FRANCK ; 2002)**
- ❖ Une absence totale des bactéries recherchées dans les eaux traitées sauf un nombre de 6 germes par un millilitre des coliformes totaux dans un millilitre d'eau traitée, ce qui indique l'efficacité du traitement.
- ❖ Les bactéries Clostridiums ne sont pas responsables de la mauvaise odeur des eaux traitées d'après leur absence dans les eaux de sortie.
- ❖ Le temps de séjour de l'eau dans le système est un paramètre essentiel comme l'ont démontré KHATIWADA et POLPRASERT (1998) : le rendement d'élimination passant de 58% à plus de 99% pour des temps de séjour moyen respectifs de 1,5 et 6 jours. En effet, les bactéries d'origine humaine sont placées dans un milieu très différent de celui dans lequel elles prolifèrent normalement, et un séjour prolongé dans des conditions "inadaptées" limite les chances de survie **(BACHI ; 2010)**

- ❖ Selon BACHI en 2010, la température c'est un facteur très important dans le métabolisme des micro-organismes (il est plus intensif à température élevée), et aussi pour l'activité métabolique générale (elle est augmenté en été dans la rhizosphère, avec l'augmentation des températures, il y'aurait donc plus de «biocides» sécrétés par les racines des plantes et plus de prédation bactérienne).

III-2-les paramètres de plante :

D'après le suivi du bassin WWG, généralement, les plantes placées en amont, se développent mieux que celles situées en aval du bassin.

Les matières sèches des plantes : le papyrus, la massette, et la canna sont plus importants (dépassé 70%) que la matière sèche du jonc (inferieure de 60%) (Le Tableau N°05 et la Figure N°24).

Tableau N°05: Les biomasses végétales produites par les plantes du bassin WWG

	Le jonc	Le papyrus	La massette	Le canna
MS (%)	57,36	78,86	79,71	79,11
NF/AN	4	4	4	4
BVP (t/ha/an)	53,45	281,24	252,75	270,2

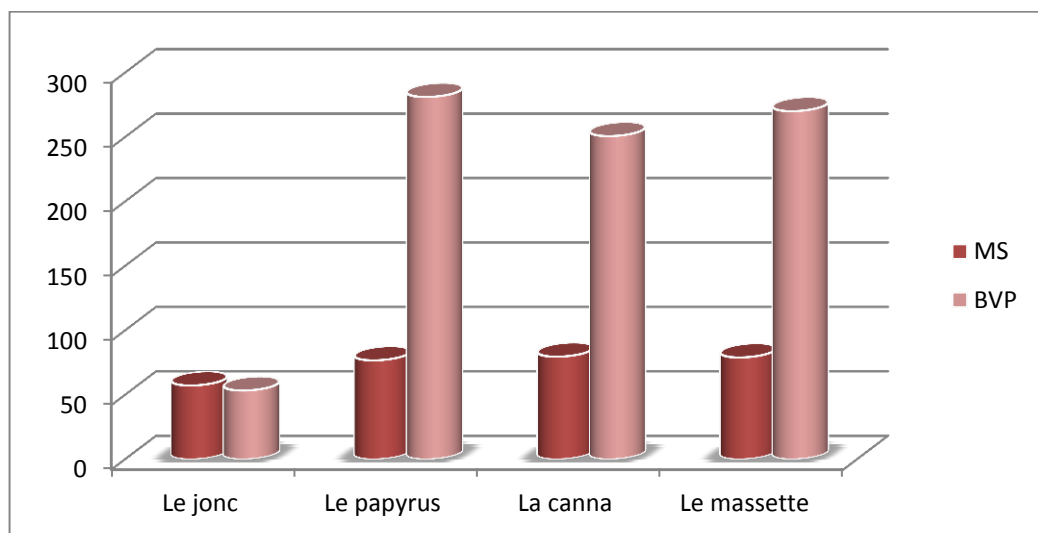


Figure N°24: Les biomasses végétales des plantes du bassin WWG

Les biomasses végétales produites durant une année et dans un hectare par ces plantes (le papyrus, le massette, et la canna) sont aussi très importants (plus de **250 t/ha/an**) que celles produites par le jonc (moins de **55 t/ha/an**) (**le Tableau N°05 et la Figure N°24**).

Les biomasses végétales produites par les plantes du bassin WWG (qui sont très importants), sont des valeurs ajoutées pour la station pilote Temacine, en vue de sa valorisation directe ou indirecte (Vannerie, composte, construction....), donc il faut profiter de ce paramètre

CONCLUSION

Conclusion

Plusieurs travaux ont prouvé l'efficacité de système phyto épuration dans le monde, mais en Algérie cette technique est encore restreinte, la première expérience dans notre pays est celle du vieux Ksar de Temacine (Touggourt). (**HAFOUDA ; 2013**)

Ce présent travail, c'est une étude sur cette station pilote qu'elle est traitée 15 m³ par jour d'eaux usées. Le traitement au niveau de la station de vieux Ksar de Temacine à l'aide du système d'épuration Waste Water Garden passe par deux étapes : un traitement primaire dans une fosse septique suivi d'un traitement secondaire dans un bassin WWG

Nos résultats de suivi de ce système pilote à macrophyte de Temacine, montrent que les eaux épurées de la station WWG de Temacine ont les caractéristiques suivantes :

- Ce sont des eaux **claires et limpides** avec une **mauvaise odeur**
- Un **pH** conforme aux normes algériennes de rejet, avec une moyenne générale de l'ordre de **7,14**.
- Une conductivité électrique est de l'ordre moyen **3,96 ds/m**, donc les eaux épurées de la station sont des eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation; exceptionnellement pour les plantes très tolérantes aux sels.
- Ce qui concerne les charges organiques, le système assure une élimination importante de ces derniers : **92,12%** pour **MES**, **91,43 %** pour **DBO₅**, et **87,65%** pour **DCO**.
- Une bonne élimination pour le bilan ionique: (**86,75 %**) pour les ions **phosphates**, (**89,16%**) pour les **nitrites** et (**64,62%**) pour les **nitrites**.
- Les teneurs en **MES**, **DBO₅**, **DCO**, **PO₄**, sont conformes aux normes algériennes de rejet.
- Les coefficients **K** sont indiquée que la biodégradabilité est facile
- Les analyses bactériologiques, donnent de bons résultats pour les germes recherchés.
- Un pourcentage d'ordre de **100 %** d'éliminations des bactéries recherchées pour : les coliformes fécaux, l'*Escherichia-coli*, les streptocoques totaux et fécaux, les clostridiiums sulfito-réducteurs; et un pourcentage d'ordre de **99,86%** pour les coliforme totaux.
- Une absence totale des salmonelles a été remarquée dans les eaux de la station (l'eau brute et traité).

- Une biomasse végétale très importante produite par les plantes du bassin WWG surtout pour la massette, le papyrus et la canna.

Selon ces données, nous pouvons conclure que :

- + La phyto épuration élimine tous les risques de contamination.
- + Elle s'intègre parfaitement au paysage, sans nuisance visuelle, sonore ou olfactive pour les riverains, sans problème de stockage et de traitement de boues.
- + L'eau de la station d'épuration de Temacine, est de bonne qualité bactériologique, mais elle est très saline. il est donc conseillé d'installer des cultures tolérantes à la salinité.
- + Une bonne élimination des paramètres de pollution a été réalisée dans ce système.
- + les plantes du bassin (le jonc, la massette, le canna et le papyrus) sont les plus résistantes à la salinité et aux différents polluants présents dans les eaux usées.
- + Les eaux épurées provenant de la station de Temacine peuvent être réutilisées dans l'irrigation des cultures précises telles que le palmier et les arbres fruitiers .
- + La station pilote donne une valeur ajoutée très importante, vu sa biomasse végétale produite par les plantes du bassin WWG.
- + Il faut valoriser les biomasses végétales produites (valorisation direct ou indirect) surtout comme composte pour les cultures.
- + La réutilisation de ces eaux épurées dans nouvelles expériences telle que la pisciculture.

Enfin, il serait souhaitable de poursuivre ce travail, en analysant d'autres éléments soit pour l'eau ou pour les plantes, et tester d'autres espèces végétales dans la zone d'irrigation.

Il faut bénéficier de toutes les valeurs ajoutées de la station pilote, et réutiliser les eaux traitées dans des différentes nouvelles expériences.

Nous inspirons ainsi, l'installation d'autres stations d'épuration par les plantes (système WWG), en zones sahariennes, pouvant servir à l'irrigation des palmeraies.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Les références bibliographiques

- ACOURENE S, HETTAL S, HETTAL A, t ALLOUACHE A; 1992.** Incidences des facteurs climatiques sur le rendement et la qualité de la datte de variété Deglet - Nour à Touggourt, 12p
- AIT ABDELOUAHAB N; 2001.** Microbiologie alimentaire. Ed.OPU, Alger, 147p.
- AMIR S; 2005.** Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage: devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse
- ANONYME; 2009.** Encyclopédie Encarta 2009.
- ANONYME; 2007.** Unité pilote d'épuration des eaux usées par zone humide artificielle vieux ksar de Temacine, compte rendu de la commune de Temacine.
- APC Temacine; 2019.** Données statistiques sur la région de Temacine.
- BABAY O, et SOUFI A ; 2018.** Etude technique comparative entre deux procédés d'épuration (lagunage à macrophyte et lit plante) utilisés pour le traitement des eaux usées de vieux Ksar de Temacine. Thèse de master. Université Ouargla
- BACHI O E; 2010.** Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de Temacine. Thèse de magister. Université Ouargla
- BARITSE L; 1989.** L'assainissement de la lagune de Lomé : un problème permanent, Faculté de Gembloux, pp 65 – 72.
- BECHAC J.P, BOUTIN P, MERCIER B, NUER P; 1983.** Traitement des eaux usées. Ed. EYROLLES,
- BENBRAHIM F; 2006.** Evaluation de la durabilité de la céréaliculture sous pivot par l'étude de la salinité du sol dans la région de Ouargla (Cas de Hassi Ben Abdellah). Thèse de Magister. Université Ouargla.
- BONNIN J; 1986.** Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Ed. EYROLLES.
- BOULIFA A, THABET F ; 2013.** Etude technique de deux procédés de traitement des eaux usées (boue activées et phyto épuration) de la région Touggourt .Thèse de master. Université Ouargla.
- BOULLARD B; 1997.** Dictionnaire des plantes et champignons. Ed. ESTEM, 875p

- BOUZIANI M; 2000.** L'eau (de la pénurie aux maladies). Ed, IBN KHALDOUN, 247 p.
- BRUNETON J; 2005.** Plantes toxiques (végétaux dangereux pour l'homme et les animaux) 3ème Ed Lavoisier Paris, 618p.
- CANLER, et al; 1999.** Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. Ed. Cemagref, 155p.
- CATTIN; 2005.** Wastewater Gardens (WWG) planetary coral reef foundation, Institute of echotecnics.
- CHARBONNEL Y; 1989.** Manuel du lagunage à macrophytes en région tropicale, France, 37p.
- CHEHMA A; 2006.** Catalogue des plantes spontanées du Sahara algérien, Ed Dar El Houda140p.
- DUBOST D; 2002.** Ecologie, aménagement et développement agricole des Oasis algériennes. Ed.C.R.S.T.R.A. Biskra.
- FAO; 2003 :** L'irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation, 73p.
- FRANCK R; 2002.** Analyse de l'eau (Aspects réglementaires et techniques). Ed, Collection biologie technique.
- GAÏD A; 1984 .** Epuration biologique des eaux usées urbaines, Tome 2. OPU Alger.
- HAFOUDA L;2013.**Bilan final du projet PNR développement durable (épuration des eaux usées par plantes en zones saharienne)
- HAUT-LIGNON;1999.** Jardins et paysages du la phytoepuration, un assainissement écologique par filtres plants de roseaux
- HAZOURLI S, BOUDIBA L, ZIATI M.** Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'EL-HADJAR, ANNABA, journal, n° 06, Décembre 2007, pp45-55
- <http://fr.wikiédia.org/wiki/laWashingtonian>**
- <http://www.google.com>.** La localisation de la station WWG Temacine
- <http://www.google.com>.** le procédé de traitement des eaux usées
- <http://www.wastewatergardens.com>.** Waster Water Garden (WWG) : manuel de maintenance.

<http://www.wastewatergardens.com>. Waster Water Garden : jardin d'épuration des eaux usées, traitement des eaux usées _ zone humides artificielles : conception et construction ; manuel de formation.

INRA; 2005. Programme d'activités de la Station, institut national de recherches agronomiques.

JORA; 1993. Journal Officielle de la République Algérienne, Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels

KUMER P, GARDE RT; 1989. Potential of water lyacinth for sewage treatment, journal water pollution control federation

LADJEL F, et BOUCHEFER S; 2005. Exploitation d'une station d'épuration à Boues Activées Niveau II. ONA, 72 p.

LEBRES D, MOUFOUK F, MAKHLOUF B; 1992. Guide technique pour l'analyse bactériologique des eaux. Laboratoire de bactériologie alimentaire et des eaux, IPA, 35p.

MEYER S; 2004. Botanique (biologie et physiologie végétales). Ed. MALIONE. Paris, 461p

MOLL D; 2002. Rapport sur les paramètres d'analyses de la pollution des eaux

ONA; 2007. Fiche technique, Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration

ONA; 2017. Fiche technique, mode opératoire de mesure de l'azote

ONM. Office Nationale de la Météorologie, Ouargla, station Touggourt : les données météorologiques de la Région de Touggourt de l'année 2018 et les mois Janvier, février, mars 2019.

OUALI M.S; 2001. Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Ed. OPU, 156 p.

RAMADE F;2002. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. DUNOD, 690 p.

SALGHI R; 2000. Différents filières de traitement des eaux. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir, 22p.

SLIMANI R; 2006. Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines), thèse de magister. Université Ouargla

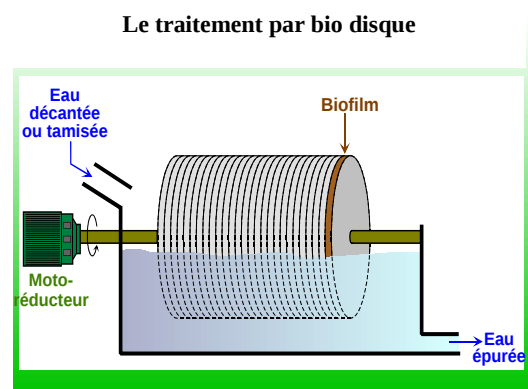
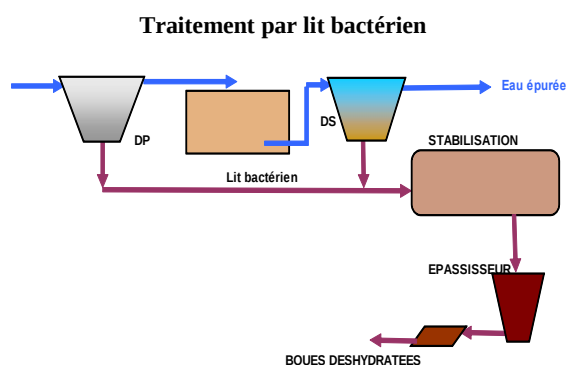
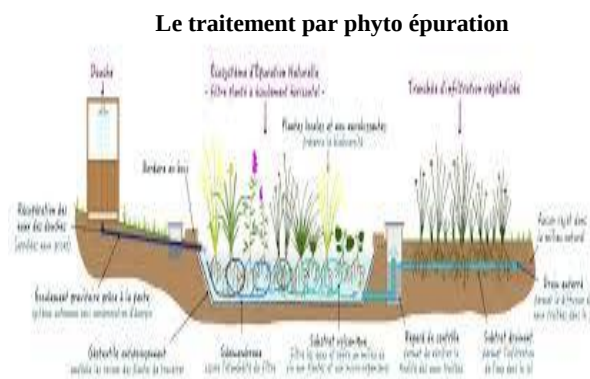
SPICHIGER R, SAVOLAINEN V, FIGEAT M, JEANMONOD D; 2002. Botanique systématique des plantes à fleurs. Ed. OPUR, 413p

TOM et ILEDADU ; 1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines, Alger Traité l'environnement. Technique de l'ingénieur. Volume G1210.

TOUTAIN G; 1979. Eléments d'agronomie saharienne. 2ème Ed. Jouve, Paris, 276p

WOLVERTON B C; 1987. Aquatic plants for wastewater treatment: An overview. In: Aquatic plants for water treatment and Ressource recovery, Magnolia, pp 3-16.

ANNEXES



**Annexe N°02: Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants
(BACH;2010)**

Polluants	Mécanismes d'élimination
Matières en suspension	Filtration
Matière organique	Dégradation microbienne aérobie Dégradation microbienne anaérobie
Composés azotés	Ammonification suivie d'une nitrification et d'une dénitrification microbienne Volatilisation de l'ammoniac Assimilation végétale Adsorption sur la matrice
Phosphore	Adsorption sur la matrice Assimilation végétale

**Annexe N°03: Exemple de résultats d'épuration d'une unité WWG (Birdwood Downs
homestea d, Derby, Australie) (CATTIN ;2005)**

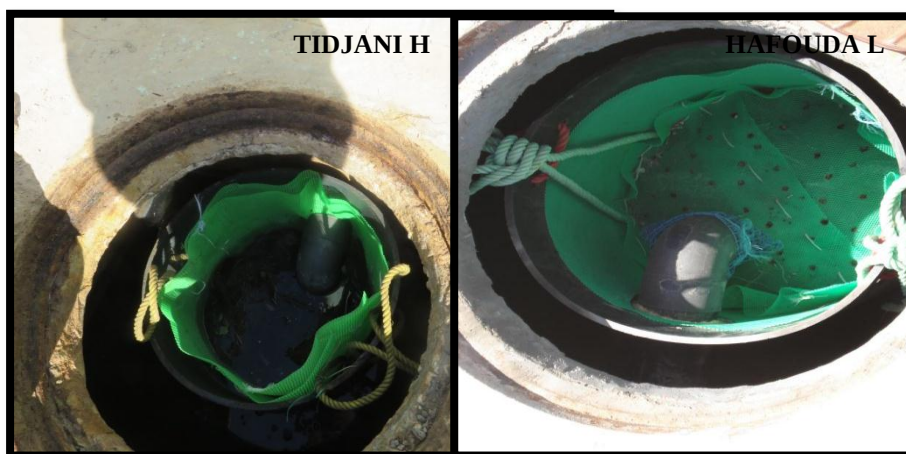
Paramètres	Eau fosse septique	Eau de sortie WWG
DBO5 (mg d'O2/l)	147	19
MES (mg/l)	152	22
N total (mg/l)	48	10
P total (mg/l)	8	1,9
Coliformes totaux (/100 ml)	920	1

**Annexe N°04 : Exemple de résultats d'épuration d'une unité WWG (Krempna, Pologne)
(CATTIN ;2005)**

Paramètres	Eau fosse septique	Eau de sortie WWG	Niveau d'épuration exigé par les autorités locales
DBO5 (mg d'O2/l)	55	11	40
DCO (mg d'O2/l)	88	32	150
MES (mg/l)	74,5	49	50
N total (mg)	73,7	24	30
P total (mg)	7,2	2	5



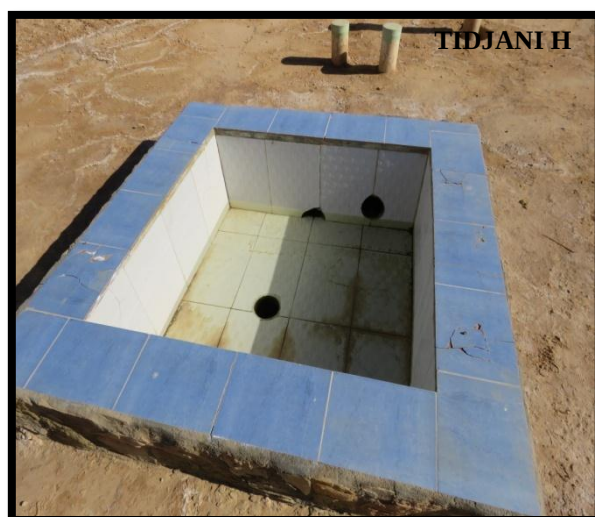
Annexe N°05:les compartiments de la fosse septique



Annexe N°06:Le filtre de la fosse septique



Annexe N°07: les murs alternes du bassin WWG



Annexe N°08:le bassin de sortie



Annexe N°9:les couches de sel dans la zone de drainage

Annexe N°10: La quantité d'eau à analyser en faveur de la DBO5

charge de DCO Conversion	Volume d'eau en ml	Coefficient de conversion
0 - 40	432	1
40 - 80	365	2
80 - 200	250	5
200 - 400	164	10
400 - 800	97	20
800 - 2000	43.5	50
2000 - 4000	22.7	100

Annexe 11 : Table de MAC-GRADY (FRANCK;2002)

Nombre de tubes positives			NPP par 100 ml
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	48
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100

Annexe N°12:les normes algériennes de rejet (JORA;1993)

Les paramètres	Les normes algériennes
La couleur	Couleur clair
L'odeur	inexistantes
pH	6,5<pH<8,5
T(c°)	30
MES(mg/l)	30
DCO	120
DBO5	40
P -Total	2
N-NO2	/
N-NO3	/

Annexe N°13: Le classement des eaux en fonction de leur salinité (BENBRAHIM;2006)

Classement	CE (ds/m) à 25 c°	Nature de l'eau	l'irrigation
Classe 1 (C1)	CE < 0,25	Les eaux non salines	la plus part des cultures
Classe 2 (C2)	0,25< CE < 0,75	eaux à salinité moyenne	les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent pousser dans la plupart des cas.
Classe 3 (C3)	0,75 < CE < 2,25	eaux à forte salinité	les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.
Classe 4 (C4)	2,25 < CE < 5	eaux à très forte salinité	Exceptionnellement pour les plantes très tolérantes aux sels.
Classe 5 (C5)	CE > 5	eaux à salinité excessive	sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes



Annexe N°14: le Ph mètre, le l'oxymétrie ,et le conductimètre

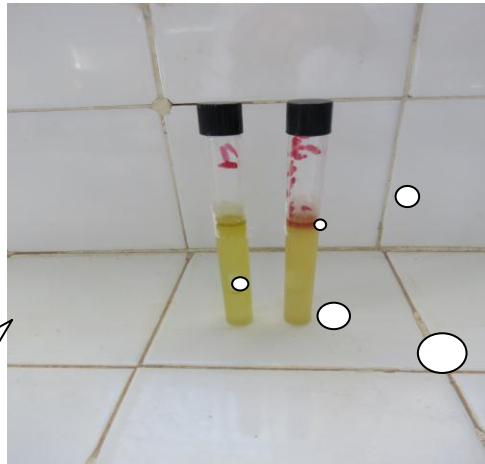


Annexe N°15: le spectrophotomètre DR 3900



Annexe N°15: le DBO mètre et les Bouteilles de DBO₅

**Présence des
coliformes totaux et
coliformes fécaux**



**Anneau
rouge**

**Virage du
couleur et
production de
gaz**

**Presences des
Streptocoques
totaux**



**Trouble
microbien
(resultants
positive)**

**Presence des
clostridium
sulfito-réacteur**



**Un nombre
indénombrabl
e des germes**

**Absence des
germes**