



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 محمد البشير الإبراهيمي برج بو عريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.



كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement hydro agricole

Intitulé

Etude des performances épuratoires du procédé Waste Water Garden (WWG) en traitement des eaux usées domestiques : cas de la station de Ksar Temacine - Touggourt

Présenté par : Benkara Mahammed Abdelouahed
Bencenna Walid

Soutenu le : 15/ 09/ 2021

Devant le jury :

Président :	Mme. Laoufi H.	(M.A.A)	Université El Bachir El Ibrahimi BBA
Encadrant :	Mr. Benyoucef N.	(M.C.B)	Université El Bachir El Ibrahimi BBA
Examineur :	Mme. Salamani A.	(M.C.B)	Université El Bachir El Ibrahimi BBA
Invité :	Mr. Zorai A.	(Doctorant)	Université Kasdi Merbah Ourgla

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Allah, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience.

Nous remercions par ailleurs l'ensemble des membres du jury, la présidente Madame Laoufi, notre encadreur monsieur Benyoucef et l'examineur Madame Salamani de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance de notre étude.

Je remercie également monsieur Zorai, pour son aide et ses conseils judicieux.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.



A decorative circular frame with a dashed border. At the top are three black graduation caps. On the left and right sides are yellow scrolls tied with red ribbons. At the bottom are blue flowers. The background is white with a subtle floral pattern.

Dédicaces

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

Mon père pour ses encouragements.

Ma très chère mère qui a consacré sa vie pour bâtir la mienne.

A tous mes frères et sœurs.

A tous mes amis et collègues.

BenKara



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents pour leurs soutiens.

Mes Sœurs et frères.

Mes amis.

Bencenna

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتقييم أداء تقنية WasteWater Garden في معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية بمحطة قصر تيماسين. دراسة نتائج تحليل المياه عند المدخل والمياه التي تم الحصول عليها عند مخرج المحطة خلال أعوام 2018 و2019 و2020، سمحت لنا بتقييم فعالية هذه التقنية في ازالة مؤشرات أساسية للتلوث والتي هي: NO_3 / NO_2 ، MES، DBO،DCO. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن كفاءة عملية التنقية باستعمال تقنية WWG مرضية للغاية حيث بلغت نسب التنقية: 85,45 %، 84,68 %، 88,3 % و 68,54%/79,65% على الترتيب.

اثبت نموذج محطة قصر تيماسين ان تقنية WWG هي تقنية واعدة جداً في معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية في التجمعات السكانية الصغيرة، كما انها تستحق التعميم في جميع أنحاء التراب الوطني نظرا لهذه الامكانيات، بالإضافة إلى العديد من المزايا المختلفة، على سبيل المثال: زيادة المساحات الخضراء والتنوع البيولوجي.

الكلمات المفتاحية: تقنية WasteWater Garden، المياه المستعملة، التصفية، الامكانيات.

Summary:

The objective of this work was to evaluate the performances of WasteWater garden process in treating domestic wastewater: case of the Ksar Temacine station.

Data analysis of water parameters at the inlet and the outlet of the station during the period from 2018 to 2020, allowed us to assess the effectiveness of this technique in the elimination of pollution expressed in terms of COD, BOD, MES and NO_3 / NO_2 . The results obtained showed that the efficiency of the WWG process is very satisfactory, with elimination rate of 85.45%, 84.68%, 88.3% and 68.54% / 79.65%, respectively.

From the model of Ksar Temacine station, the WWG process is very promising in the treatment of domestic wastewater in small communities, which deserves to be generalized throughout the national territory, due to his performances, as well as these various advantages, citing for example: the increase of green spaces and biodiversity.

Key words: Wastewater garden, Wastewater, Treatment, performance.

Résumé :

Le présent travail a pour objectif d'évaluer les performances épuratoires du procédé Waste Water Garden en traitement des eaux usées domestique : cas de la station de Ksar Temacine. L'analyse des données recueillies à l'entrée et à la sortie de la station durant les années 2018,2019 et 2020, nous a permis d'évaluer l'efficacité de cette technique dans l'élimination de la pollution exprimée en terme de DCO, DBO, MES et NO_3/NO_2 . Les résultats obtenus, ont montré que l'efficacité du procédé WWG est très satisfaisante, avec des rendements d'épurations de 85,45 %, 84,68 %, 88,3 % et 68,54%/79,65%, respectivement.

Depuis le model de la station de Ksar Temacine, le procédé WWG est très prometteur en traitement des eaux usées domestiques des petites collectivités, qui mérite d'être généralisé sur tout le territoire national, de part ces performances, ainsi que ces divers avantages, citant à titre d'exemple : l'augmentation des espaces vert et de la biodiversité.

Mots clés : Procédé WWG, Eaux usées, Traitement, performance.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé, Summary, ملخص	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	
PREMIERE PARTIE : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. Présentation du procédé WWG	01
I.1. Historique du système WWG	01
I.2. Généralité sur le système WWG	01
I.3. Phytoépuration	02
I.3.1. Types de la phytoépuration (Filtre plantés)	02
I.3.1.1. Filtres plantés à écoulement vertical	02
I.3.1.2. Filtres plantés à écoulement horizontal	03
I.3.1.3. Filtres plantés à écoulement hybride (horizontale + verticale)	04
I.3.2. Avantages de la phytoépuration	04
I.3.3. Inconvénients de la phytoépuration	04
I.4. Etapes de traitement WWG	05
I.4.1 Traitement primaire	05
I.4.2. Bassin WWG	05
I.4.3. Zone de drainage	05
I.5. Plantes du système WWG	05
I.6. Conclusion	06
II. Présentation et fonctionnement de la station de Temacine	07
II.1. Situation géographique	07
II.2. Présentation de la station (WWG) vieux Ksar de Temacine	08
II.2.1. Historiques de la station	08
II.2.2. Fonctionnement de la station	08
II.2.2.1. Traitement Primaire (Fosse septique)	09
II.2.2.2. Traitement Secondaire (Bassin WWG)	10
II.2.2.3. Zone de Drainage	10

DEUXIEME PARTIE : ANALYSE DES DONNEES

III. Etude des performances épuratoires de la station de Kser Temacine	11
III.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	11
III.2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)	12
III.3. Traitement de la pollution azotée : Nitrates/Nitrites	14
III.4. La matière en suspension (MES)	16
Conclusion général	
Références bibliographiques	

Liste des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	La page de la figure
Figure N°01	Schéma filtre planté à écoulement vertical	03
Figure N°02	Schéma filtre planté à écoulement horizontal	03
Figure N°03	Schéma filtre planté à écoulement hybride	04
Figure N°04	Situation géographique de la région de Temacine	07
Figure N°05	Photo et présentation schématique de la station de Temacine	09
Figure N°06	Fosse septique de la WWG de Temacine	09
Figure N°07	Photo du Bassin WWG	10
Figure N°08	Zone de Drainage	10
Figure N°9	Evolution de la demande chimique en oxygène pour la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a-DCO à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement de la DCO.	11
Figure N°10	Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO₅) pour la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a-DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement de la DCO₅	13
Figure N°11	Evolution de la charge azotée (nitrates/nitrites) des eaux traitées par la station WWG de Ksar Temacine : a-Nitrates/nitrites à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement des nitrates et des nitrites	14
Figure N°12	Profile des matières en suspension des eaux traitées par la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a- MES à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement des MES.	16

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre de tableau	La page de tableau
Tableau N°01	Données de base de la STEP de Temacine	08

Introduction générale

Environ 3 milliards de personnes à travers le monde vivent sans assainissement adéquat (OMS, 2006). En effet, de nombreux maisons et villages ont de graves problèmes de manque d'assainissement, en particulier les eaux usées domestiques. Ces derniers, si ne sont pas efficacement traités, provoquent la contamination des eaux potables et la dégradation de l'environnement. Cependant, il est bien connu aujourd'hui qu'il existe plusieurs types de procédés de traitement des eaux usées, mais la majorité utilise des manières complexes, énergétiques et très coûteuses, dont l'adoption d'une alternative économique est devenue une nécessité urgente. Une de ces alternatives possibles : les jardins de traitement WWG (Waste Water Garden), qui est une écotecnologie économique, efficace et durable, fut initialement développé en 1987 et est devenu une alternative respectueuse de l'environnement. En Algérie, la première expérience avec le procédé WWG a débuté en 2007 avec la station du vieux Ksar de Temacine (Touggourt), mise en service après trois ans de travail et d'expertise par des chercheurs de l'institut national de la recherche agricole (INRA) à Sidi Mahdi.

Le présent travail est une synthèse permettant d'évaluer l'efficacité de ce procédé dans le traitement des eaux usées domestiques des petites collectivités, par l'étude des résultats de traitement de la station de vieux Ksar de Temacine sur une période de 3 ans, afin de donner à la communauté universitaire et le grand public une idée claire sur l'importance de ce procédé dans le traitement des eaux usées des petites agglomérations, essentiellement les zones rurales, ainsi que son rôle dans la protection des ressources hydriques et de l'environnement.

Le présent mémoire sera structuré en 2 grandes parties :

- Une revue bibliographique du procédé WWG et de la station étudiée.
- La deuxième partie est une analyse des données avec leurs interprétations.

Enfin, on termine par une conclusion générale, résumant l'ensemble des résultats obtenus et les constations émises.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Présentation du procédé WWG

I.1. Historique du système WWG

Conjointement avec des scientifiques de la NASA, le membre de la première équipe qui a vécu dans la Biosphère 2 : le docteur NELSON Mark a mis au point les jardins Waste Water Garden. Le système WWG fut initialement développé en 1987, puis mis en fonctionnement de 1991 à 1994 dans le premier laboratoire d'écologie globale basé en ARIZONA, USA (Cattin, 2005).

Le système fut ensuite affiné par l'Institut of Ecotechnics conjointement avec la Planetary Coral Reef Foundation (PCRF) et sous la direction de l'éminent spécialiste de l'Ecologie des Systèmes, le Professeur H.T. Odum du Centre for Wetlands de l'Université de Floride (Hafouda et al., 2008).

I.2. Généralité sur le système WWG

Les jardins d'épuration des eaux usées Waste water Garden (WWG) sont une écotechnologie basée sur des principes d'épuration des eaux usées presque totalement écologiques (Kumer et Garde, 1989).

A cause de leur grande capacité d'épuration dans le traitement de la pollution et des eaux usées, les conditions des zones humides naturelles reproduites par le bassin WWG sont appelées 'Reins de la terre' (Hafouda et al., 2008).

Dans le système Waste water Garden les eaux ne sont jamais en contact avec l'air, ce qui empêche tout contact humain accidentel, les proliférations de moustiques et les mauvaises odeurs (Cattin, 2005).

En plus de sa simplicité et de son efficacité, cette écotechnique permet de solutionner plusieurs problèmes de l'environnement et de nombreux problèmes de gestion des eaux usées. Ce système a une grande capacité d'épuration, de nettoyage et de protection de l'environnement grâce à l'intense activité des plantes et des microbes (Kumer et Garde, 1989).

Le procédé phytoépuration c'est la technique utilisée dans les jardins d'épuration des eaux usées (WWG) (Kumer et Garde, 1989).

I.3. Phytoépuration (Filtre plantés)

La phytoépuration est un système basé sur le pouvoir épurateur des plantes. Il rassemble un ensemble de techniques, chacune mettant à profit des processus naturels d'une combinaison végétaux, sol, et micro-organismes dans un système créé artificiellement pour le traitement des eaux usées (**Bonnin, 1986**).

Les plantes aquatiques fournissent l'oxygène par leurs racines aux bactéries aérobies, en retour les bactéries transforment les matières organiques en matières minérales assimilables par les plantes (**Stottmeister et al., 2003**).

I.3.1. Types de la phytoépuration

Il existe des systèmes utilisés dans le traitement des eaux usées par phytoépuration, classés suivant le sens de l'écoulement (**Lienard et al., 2005**) :

- Les filtres plantés à écoulement vertical
- Les filtres plantés à écoulement horizontal
- Les filtres plantés à écoulement hybride

I.3.1.1. Filtres plantés à écoulement vertical

Les bassins sont remplis de gravier de manière homogène et contiennent une couche supérieure de sable plantée d'espèces aquatiques. L'eau traitée est recueillie par une grille de tube de drainage souterrain ou par d'autres méthodes, telles que l'aération de conduit directe de la surface par l'utilisation de pompes. L'oxygène est absorbé de l'air vers le bas du bassin et distribué par les racines. Par conséquent, l'oxygène requis pour le processus de nitrification est disponible, mais une petite partie du nitrate est convertie en azote gazeux. Ce système nécessite un repos régulier pour la destruction de la matière organique installée dans le milieu filtrant. Le filtrage est utilisé par les bassins d'écoulement basal dans le cas de nombreuses eaux (**Baali et Boussebssi, 2018**).

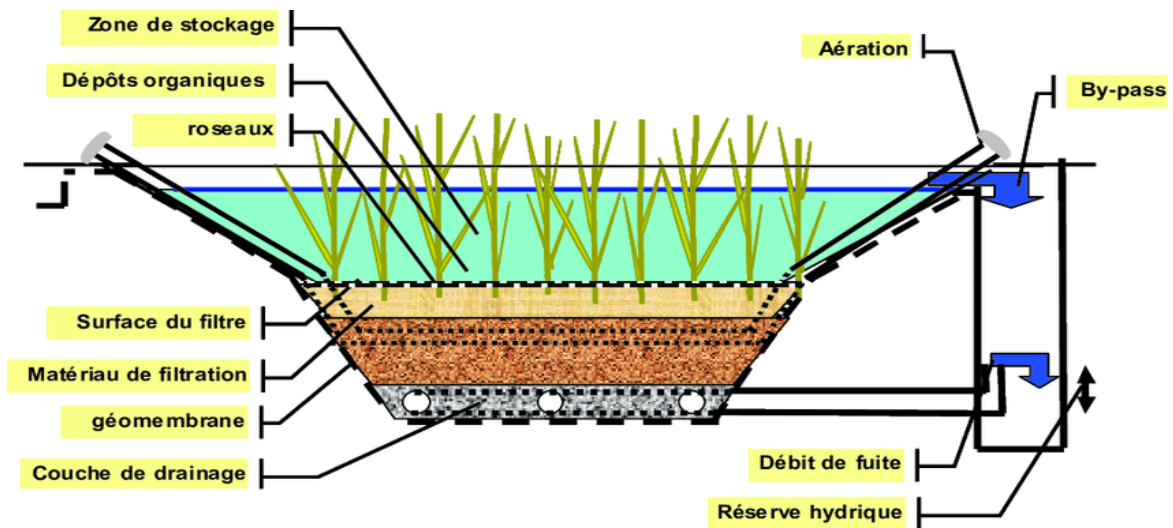


Figure 01 : Schéma filtre planté à écoulement vertical

I.3.1.2. Filtres plantés à écoulement horizontal

Les bassins sont remplis de façon homogène de gravier ou de sable grossier et de sol, où les plantes sont plantées. Les eaux usées qui entrent dans le filtre et occupent toute la zone du bassin, sortent par un système de distribution situé en face de l'entrée du bassin. Le transport s'effectue par une méthode horizontale qui permet une alimentation des bassins d'une manière continue avec la survie du matériau du garnissage toujours saturé d'eau. Ce type de système est très efficace pour éliminer les solides en suspension, les pathogènes, les matières organiques (Vymazal et Lenka, 2008).

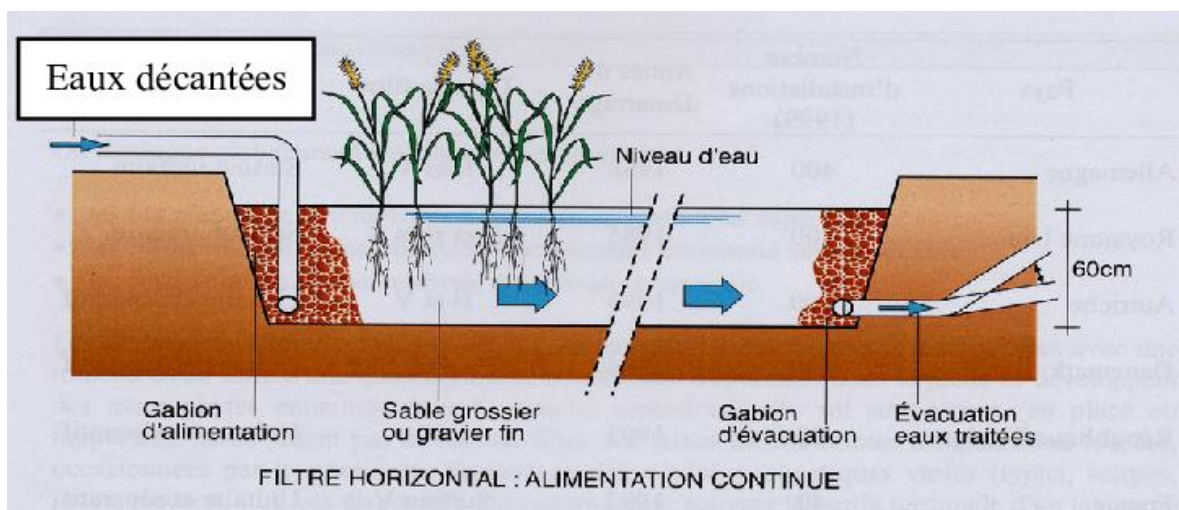


Figure 02 : Schéma filtre planté à écoulement horizontal

I.3.1.3. Filtres plantés à écoulement hybride

Le système mixte est une série de bassins verticaux et horizontaux, ce système des bassins verticaux à deux couches suivis de deux ou trois bassins horizontaux à l'avantage d'améliorer le processus de nitrification dans les bassins verticaux.

Les bassins horizontaux permettent d'éliminer les matériaux organiques les matériaux en suspensions, tandis que les bassins verticaux sont mieux aérés ce qui favorise la nitrification et recycle l'eau pour éliminer les nitrates (dénitrification), ce qui a pour inconvénient d'avoir besoin des pompes et de la programmation (Baali et Boussebssi, 2018).

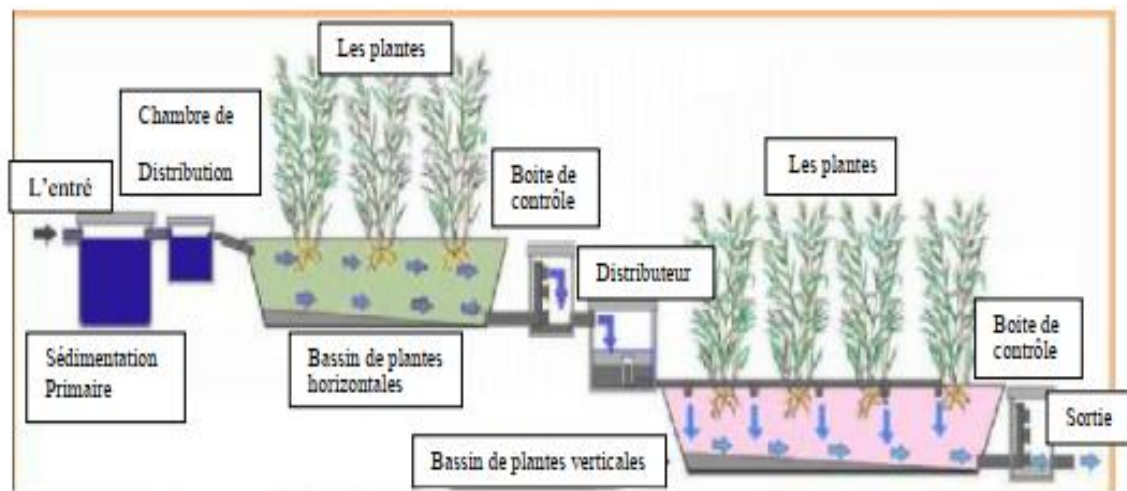


Figure 03 : Schéma filtre planté à écoulement hybride

I.3.2. Avantages de la phytoépuration (Bonnin, 1986)

- Coût de fonctionnement plus faible que les autres steps.
- Pas de production de déchets et pas de consommation d'énergie.
- La durabilité de structure et la simplicité de mise en œuvre et d'entretien.
- Création des espaces verts et bonne intégration dans le paysage.
- Une diversifié et haute qualité environnemental

I.3.3. Inconvénients de la phytoépuration (Haut-L, 1999)

- Adapté aux petites collectivités (capacité inférieure de 2000 habitant).
- L'impossibilité de l'installation dans les zones sensibles (les zones inondables..etc)

I.4. Etapes de traitement WWG

Le traitement Waste Water Garden se fait en 3 étapes :

I.4.1. Traitement primaire

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

Pour assurer que seule l'eau passe par le lit de gravier de l'unité WWG, les eaux usées devront passer par un filtre (www.wastwatergardens.com).

I.4.2. Bassin waste water garden

L'unité WasteWater Garden est un bassin imperméabilisé rempli de gravier et de plantes dont les racines sont tolérantes aux conditions d'immersion d'eau (www.wastwatergardens.com).

Les nutriments organiques sont filtrés par le gravier où les microbes également présents sur les racines des plantes. Les nutriments de l'eau sont collectés par les plantes des bassins à travers leurs racines, puis par la transpiration de leurs feuilles, la matière organique est rejetée dans l'atmosphère sous forme de CO₂ (ONA, 2007).

I.4.3. 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.wastwatergardens.com).

I.5. Plantes du système WWG

Les plantes fournissant l'oxygène à leurs racines, permettent le développement d'une population de microbes (bactéries aérobies). En effet, les plantes sont donc les aérateurs du système (Wang et al., 2009).

La plupart des plantes utilisées sont des espèces des zones humides naturelles, ils aiment l'eau, et s'épanouiront dans le bassin, tant qu'elles sont adaptées au climat local (Kickuth, 1990).

I.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une généralité sur la technique d'épuration par les jardins d'épuration (Waste Water Garden), le procédé utilisé, ses avantages et ses inconvénients, ainsi que les types des filtres plantés : filtre planté à écoulement vertical, filtre planté à écoulement horizontal et filtre planté à écoulement hybride. Le système WWG est une technologie simple et efficace basée sur des principes écologiques, il permet de résoudre plusieurs problèmes de l'environnement et de nombreux problèmes de gestion des eaux usées.

II. Présentation et fonctionnement de la station de Temacine

II.1. Situation géographique

La région de Temacine est l'une des communes de la nouvelle wilaya de Touggourt, région d'Oued Righ, située à 10 km au sud-ouest de Touggourt, à 160 km au nord-est d'Ouargla, à 225 km au sud de Biskra et à 600 km environ au sud-est d'Alger (Figure 04). La ville est une oasis du nord du Sahara algérien, à l'intersection de 33° 16' 19'' de latitude Nord et de 6° 01' 22'' de longitude Est à 70 mètres d'altitude, elle occupe une superficie de 300 km², avec une population de 20 067 hab et d'une densité de 57 hab/ km² (ONS, 2008) Délimitée par :

- Au Nord par la commune de Nezla.
- A l'Ouest par la commune d'EL-alia et.
- Au Sud par la commune de Blidet amor.
- A l'Est par la commune de M'naguer



Figure 04 : Situation géographique de la région de Temacine

Les quatre cités qui constituent la commune de Temacine sont vieux ksar, Sidi amer, Tamelaht et Lebour.

II.2. Présentation de la station (WWG) vieux Ksar de Temacine

II.2.1. Historiques de la station

Après la rencontre organisée entre Cheikh de la Zaouïa Tidjania de Temacine et l'association SHEMS en Novembre 2004, il a été envisagé d'étudier les conditions de développement d'une station d'épuration par macrophytes en zones arides. Sous l'égide et l'orientation du ministère des ressources en eaux, les autorités locales et les scientifiques de Temacine ont contactés un bureau d'étude Belge pour concrétiser cette initiative, qui après des discussions et des échanges de vues, le procédé WasteWater Gardiens (WWG) a été choisi pour la construction d'une station d'épuration pilote dans la région de Temacine. Elle a été mise en service en juillet 2007 (ONA, 2007).

II.2.2. Fonctionnement de la station

L'unité pilote de traitement des eaux usées du Vieux Ksar de Temacine (Figure 05) a été dimensionnée pour traiter 15 m³ d'eaux principalement fécales par jour, correspondant à la production de 100 personnes environ à raison de 150 eq / hab. La surface totale du bassin de traitement est de 400 m², le niveau de gravier dans le bassin est de 0,70 cm rempli par de l'eau de telle manière à ce que le niveau supérieur de l'eau soit de 10-15 cm au-dessous du gravier. Le bassin WWG de Temacine comporte environ 941 plantes reconnues pour leurs capacités à vivre dans un milieu saturé d'eau citant à titre d'exemple : Laurier rose, Hibiscus, Cana, Papyrus, Grenadier, Jonc...etc., Les données de base, sont regroupées dans le tableau 01 (ONA, 2007).

Tableau 01 : Données de base de la STEP de Temacine (ONA, 2007).

Paramètres	unité	valeurs
Débit traité par jour : Q	m ³ /j	15
Filtre de la fosse septique fibre de palmier (LIF) : D	mm	500
Superficie du bassin d'épuration : A	m ²	400
Volume de l'eau dans le bassin : V	m ³	88
Epaisseur de la couche de gravier : h	cm	10-15
Longueur de réseau de drainage : L	m	468
Diamètre des conduites de drainage : Ø	mm	63



Figure 05 : Photo et présentation schématique de la station de Temacine

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

II.2.2.1. Traitement primaire (Fosse septique)

De point de vue fonctionnel, le traitement par WWG retenu pour la ville de Temacine est mise en œuvre dans une installation comprenant un traitement physique qui est assuré par une fosse septique (Figure 06), composé de trois pièces d'un volume de 45 m³, ce qui correspond à un temps de séjour de l'eau dans la fosse de trois jours. À la sortie, l'eau est filtrée à travers un filtre de fibre de palme (lif). (Hammadi et al., 2013). La fosse septique assure une bonne décantation des MES et une bonne rétention des matériaux flottants tel que les sables, les argiles, le limon, les huiles, bios, plastiqueetc.



Figure 06 : Fosse septique de la WWG de Temacine

II.2.2.2. Traitement secondaire (bassin WWG)

Le traitement secondaire est un traitement biologique et physico chimique qui est réalisée dans un réservoir de 400 m² rempli de gravier avec un volume de 260 m³. Le bassin est rempli d'eau de sorte que le niveau de l'eau soit de 10 à 15 cm en dessous du gravier, l'écoulement souterrain ne peut à aucun moment les eaux usées sont en contact avec l'air, cela a l'avantage d'éviter les odeurs, ou la prolifération des moustiques Fig 07a. À l'intérieur du bassin des parois pour le ralentissement Fig 07b permet à l'eau de rester pendant 5 jours, 941 plantes réparties parmi 23 espèces végétales reconnues par leur capacité à vivre dans un environnement saturé d'eau. L'eau rejetée est dirigée vers les fossés de drainage du bassin qui alimentent une zone verte (ONA, 2007).

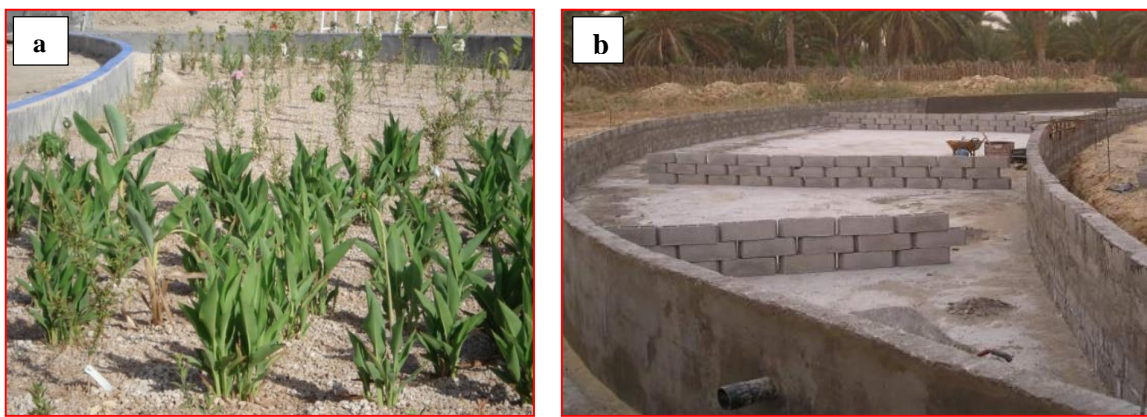


Figure 07 : Photos du Bassin WWG

II.2.2.3. Zone de drainage

L'eau traitée secondaire évacuée du bassin WWG est dirigée vers des tranchées de drainage pouvant servir à alimenter une zone verte (des plantes de décoration et des arbres fruitiers essentiellement) dont les plantes bénéficient également des nutriments toujours présents dans l'eau (Rezzag et Ziad, 2019). Le système de drainage comporte, un réseau gravitaire de 468 m réparti en 06 zones principales.



Figure 08 : Zone de Drainage

DEUXIEME PARTIE : ANALYSE DES DONNEES

III. Etude des performances épuratoires de la station de Kser Temacine

Les paramètres physico-chimiques des eaux traitées par la station de Kser Temacine entre janvier 2018 et décembre 2020 ont été étudiés, afin de déterminer les performances épuratoires du procédé WWG adopté pour traiter les eaux usées domestiques. En effet, divers paramètres ont été suivi à savoir : la demande chimique et biologique en oxygène, les matières en suspensions, les nitrates et les nitrites.

III.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans une eau usée. Les données de la station enregistrées durant la période considérée sont illustrées dans la figure 09.

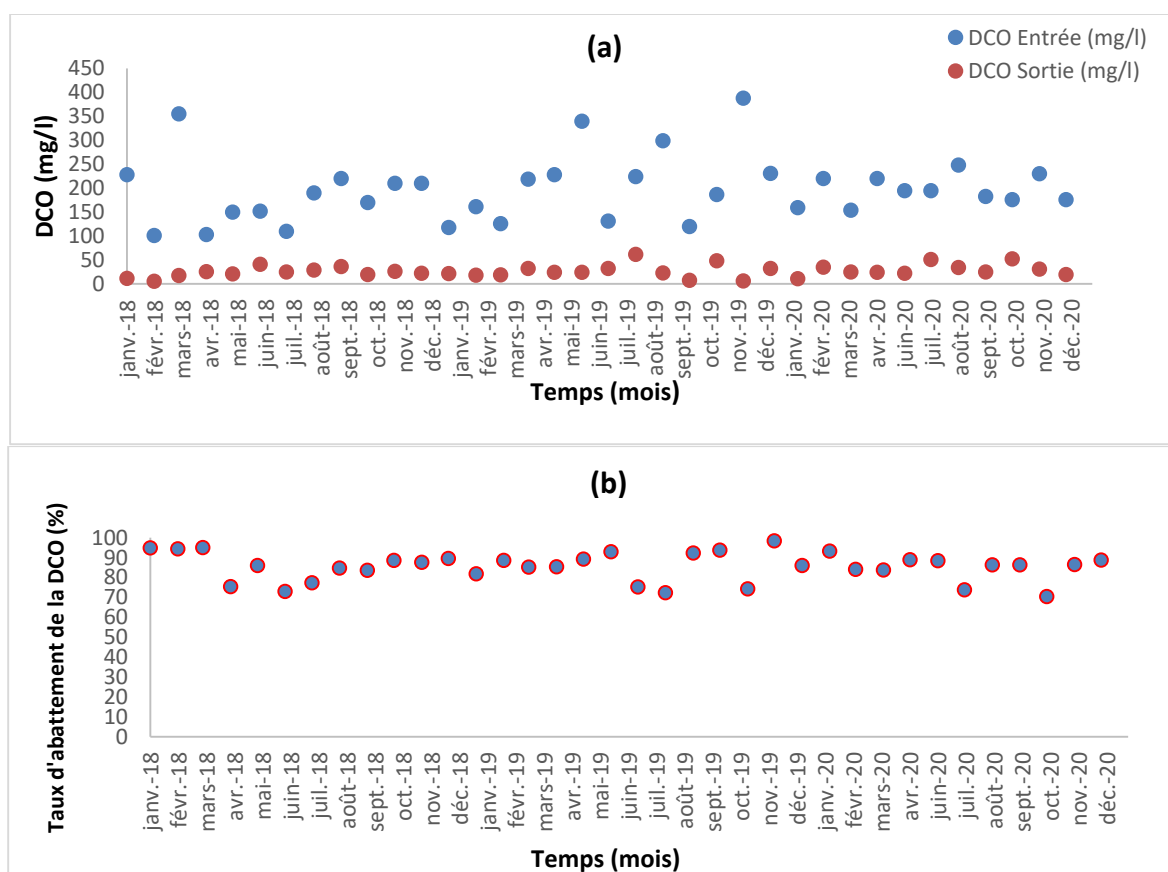


Figure 09 : Evolution de la demande chimique en oxygène pour la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a-DCO à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement de la DCO.

L'analyse de la figure 09 montre que la station de Kser Temacine reçoit une charge organique globale assez élevée exprimée en terme de DCO, qui varie entre 101-383 mg O₂.L⁻¹, avec une valeur moyenne 270,3 mg O₂.L⁻¹. Cette variation s'explique par les fluctuations des précipitations tout le long de l'année (conditions climatiques), ainsi que les conditions socioculturelles de la région de Temacine.

Le taux d'abattement moyen de la demande chimique en oxygène par le biofiltre WWG est de 85,45%, avec des DCO résiduelles entre 5,64-61,8 mg O₂.L⁻¹. Les niveaux de DCO obtenus après traitement sont conformes aux normes de rejets nationales (**JORA,2013**) et internationales (**OMS,2006**), qui ont fixé des valeurs DCO de 120 mg O₂.L⁻¹ et 90 mg O₂.L⁻¹, respectivement. En effet, le procédé WWG a montré une bonne performance en termes de traitement de la pollution organique, cela s'explique par le fait que les biofiltres aient de bonnes aptitudes à dégrader la pollution organique, ainsi que la compatibilité du procédé utilisé avec nature de l'effluent traité.

III.2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d' nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries). Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées. Les mesures de DBO₅ à l'entrée et la sortie de la station, ainsi que le rendement d'élimination de la DBO₅ sont représentées sur la figure 10.

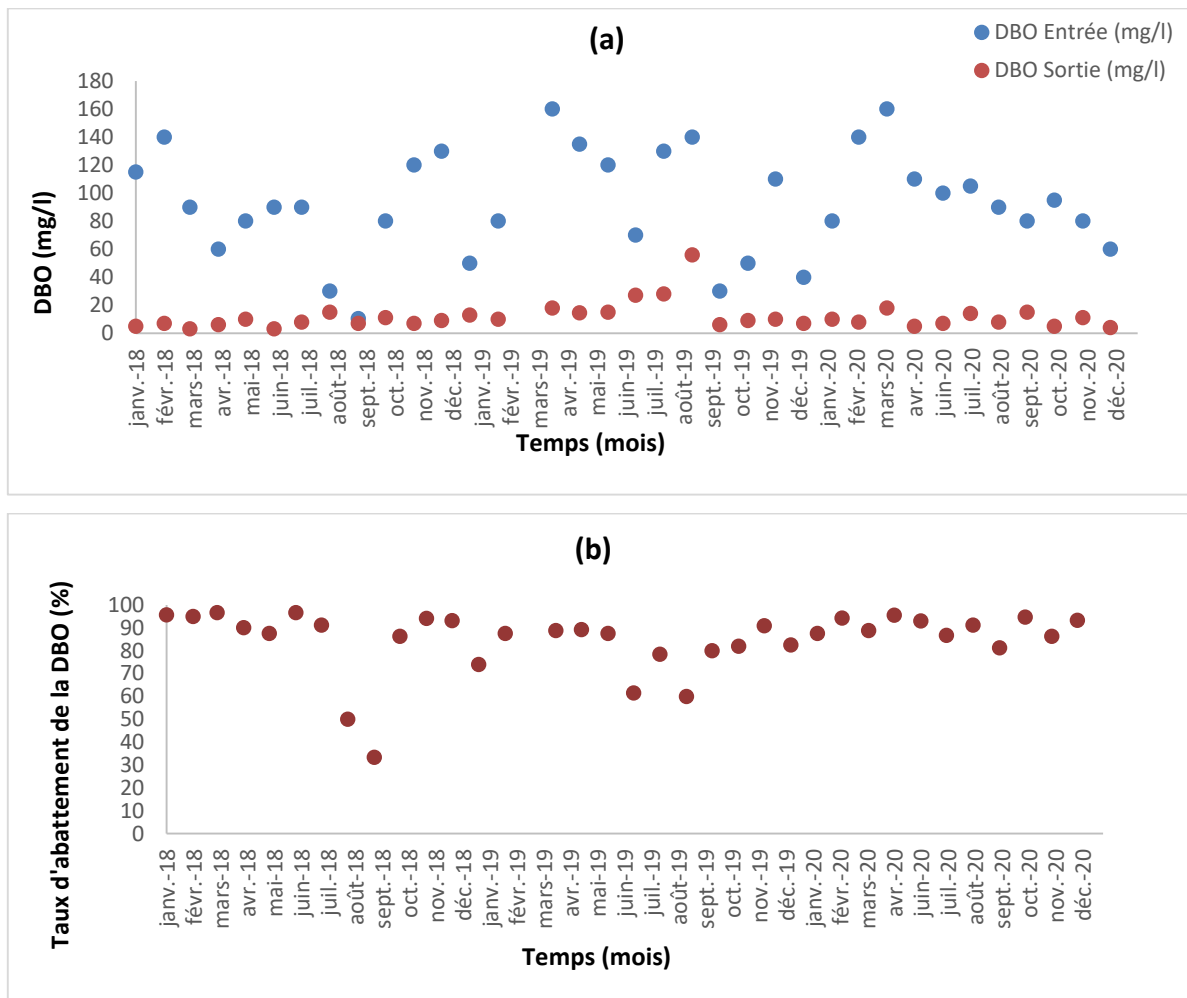


Figure 10 : Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO₅) pour la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a-DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement de la DBO₅

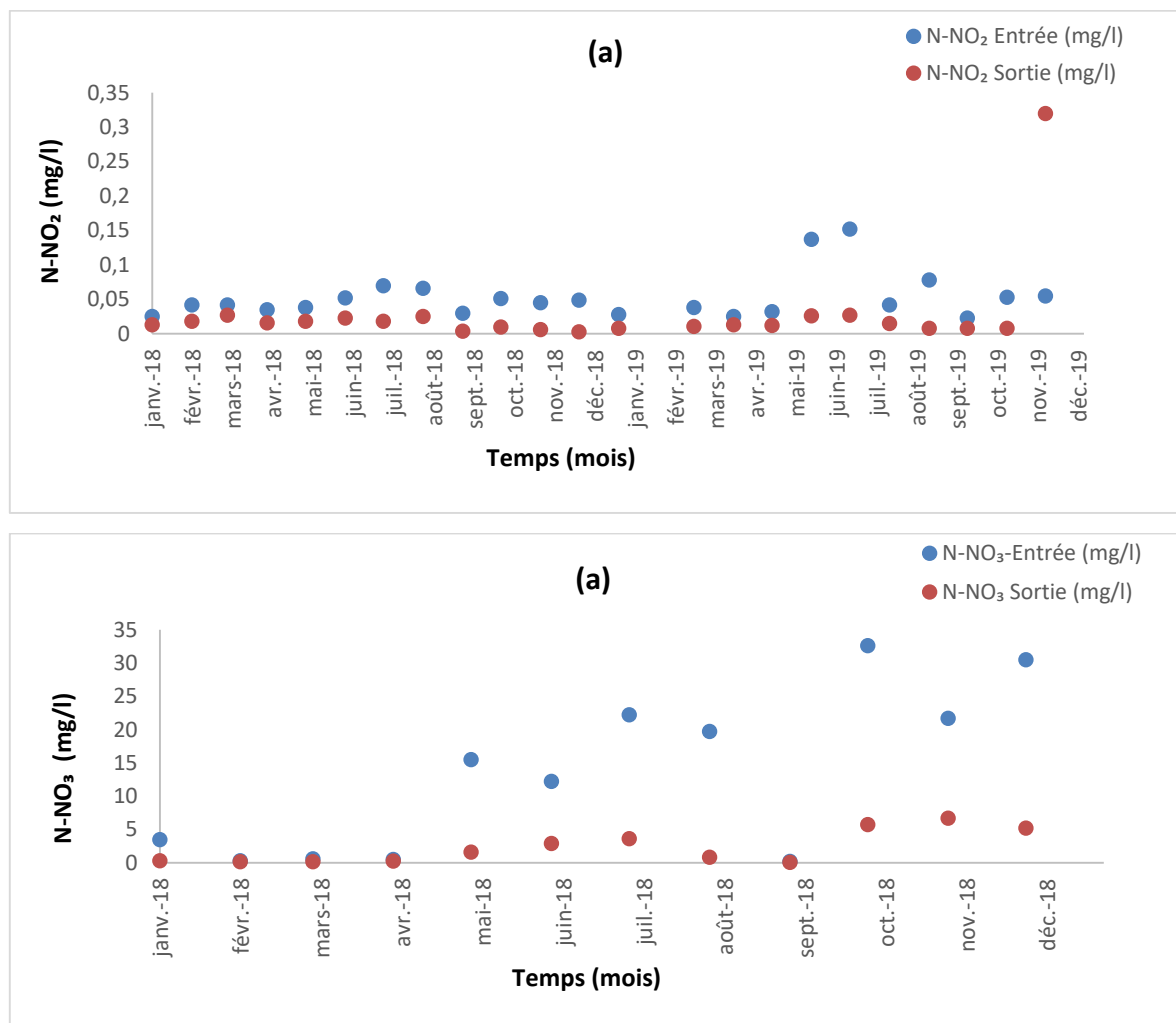
La lecture de la figure 10 permet de constater que la station de Temacine reçoit une charge organique biodégradable variable tout le long de l'année, avec des DBO₅ allant de 10,5 à 160 mg O₂.L⁻¹, avec une moyenne de 92,87 mg O₂.L⁻¹. Cette variation est due probablement à l'effet de la dilution provoqué par les précipitations enregistrées, surtout durant la période hivernale. Le procédé WWG a montré une bonne efficacité pour l'élimination de la pollution organique biodégradable, avec un rendement moyen de 84,68%, avec des DBO₅ à la sortie de la chaîne de traitement allant de 3 à 56 mg O₂.L⁻¹ et une moyenne de 11,7 mg O₂.L⁻¹.

En comparaison par rapport aux normes de rejets rapportées par le journal officiel de la république algérienne (**JORA, 2013**), qui fixent un seuil de DBO₅ <35 mg O₂.L⁻¹, et les normes de l'OMS (<30 mg O₂.L⁻¹), les eaux traitées par la station de Temacine sont efficacement traitées car la DBO₅ résiduelle enregistrée était toujours inférieur à la norme de rejet. Il est à noter que, l'efficacité d'un procédé biologique en traitement des eaux usées par

biofiltration, dépend étroitement des caractéristiques de l'effluent à traiter, ainsi que les paramètres associés au procédé tel que le temps de rétention hydraulique (TRH) (Rocher et al., 2006). A cet effet, il est clair, que le fonctionnement de la station a bien été maîtrisé pendant la période considérée et les eaux recueillies n'ont pas été perturbées par des effluents toxiques, perturbant ainsi le fonctionnement du processus biologique d'épuration.

III.3. Traitement de la pollution azotée : Nitrates/Nitrites

Le problème de la pollution azotée, essentiellement les nitrites est aujourd'hui reconnu par l'ensemble des acteurs de traitement des eaux, car elles sont à l'origine de beaucoup de problèmes sanitaires et environnementaux. Les stations d'épuration, sont conçues non seulement pour traiter la pollution organique, mais aussi la pollution azotée. Le suivi de l'élimination de la pollution azotée par la station WWG de Kser Temacine est présenté dans la figure 11.



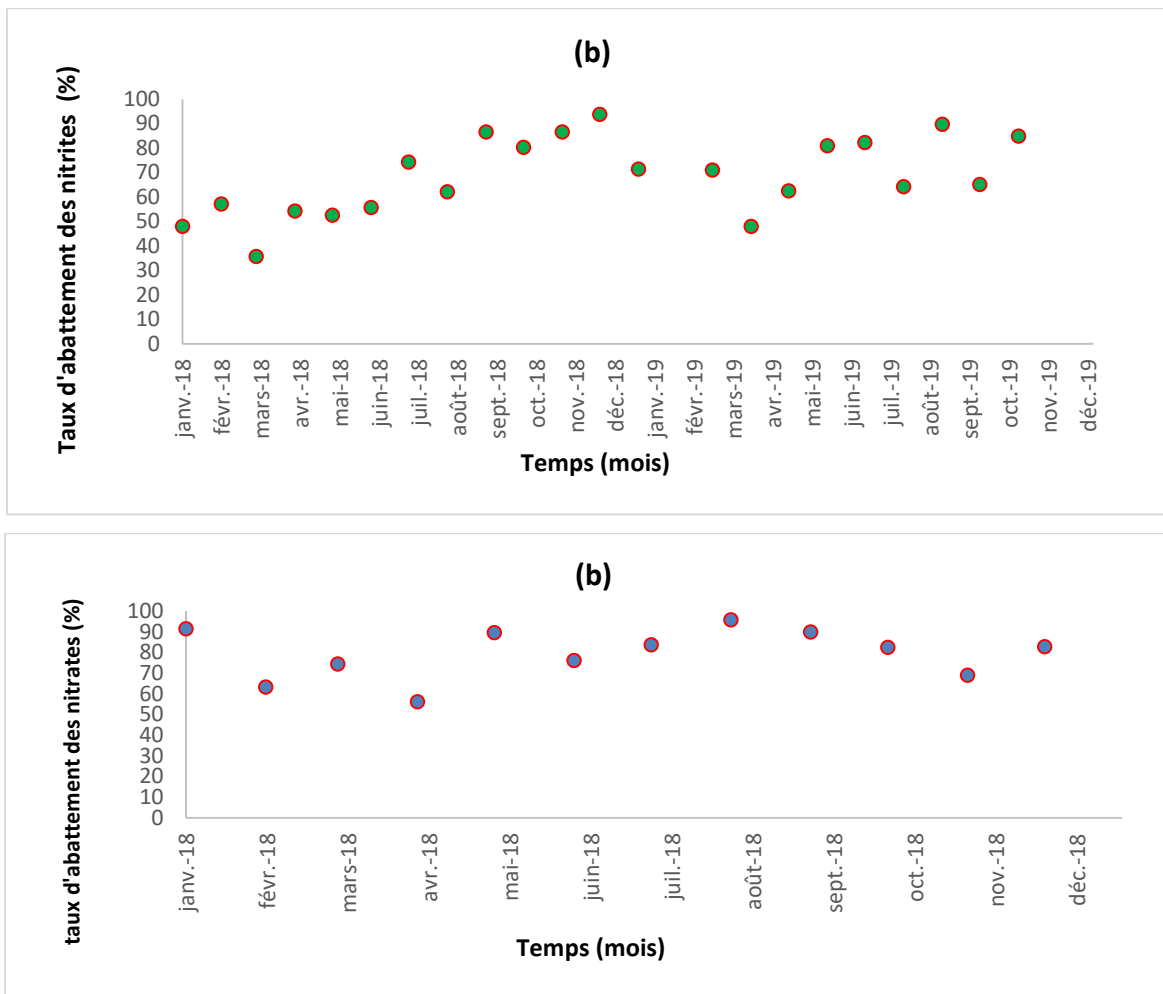


Figure 11 : Evolution de la charge azotée (nitrites / nitrates) des eaux traitées par la station WWG de Ksar Temacine : a-Nitrates/nitrites à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement des nitrates et des nitrites

L'analyse de la figure 11 permet de tirer les constatations suivantes :

- La concentration en NO_3^- des eaux usées avant le traitement se situe entre 0,2 mg/l et 32,6 mg/l, avec une moyenne de 13,28 mg/l.
- La concentration des NO_3^- à la sortie de la station varie de 0,02 mg/l à 6,7 avec une moyenne de 2,27 mg/l et un rendement moyen d'élimination des nitrates de 79,65%. L'élimination des nitrates en chaîne de traitement par procédé WWG peut être due à l'absorption par les plantes associées et à la transformation très probable des nitrates en nitrites via la dénitrification.

Il a été rapporté que, les phénomènes liés à l'apparition des nitrites en aval des stations de traitement des eaux usées par biofiltration, constituent l'un des problèmes majeurs du traitement de la pollution azotée par dénitrification. Les concentrations des nitrites à

l'entrée et à la sortie de la station de kser Temacine demeurent toujours en dessous des normes de rejet (1mg/L), ceci est dû probablement au bon déroulement des réactions de dénitrification et absence d'accumulation des nitrites, qui d'après la littérature scientifique est due aux phénomènes de limitations par le substrat carboné ou phosphoré (Rocher et al., 2006).

III.4. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont définies comme étant les résidus retenus sur une membrane filtrante de 1,5 µm de porosité nominale, après séchage à 105°C. Elles sont soit d'origine naturel en relation avec les précipitations, soit d'origine anthropiques. Les mesures des MES à l'entrée et à la sortie de la station, ainsi que le rendement de leurs élimination par le procédé WWG sont illustrées sur la figure 12.

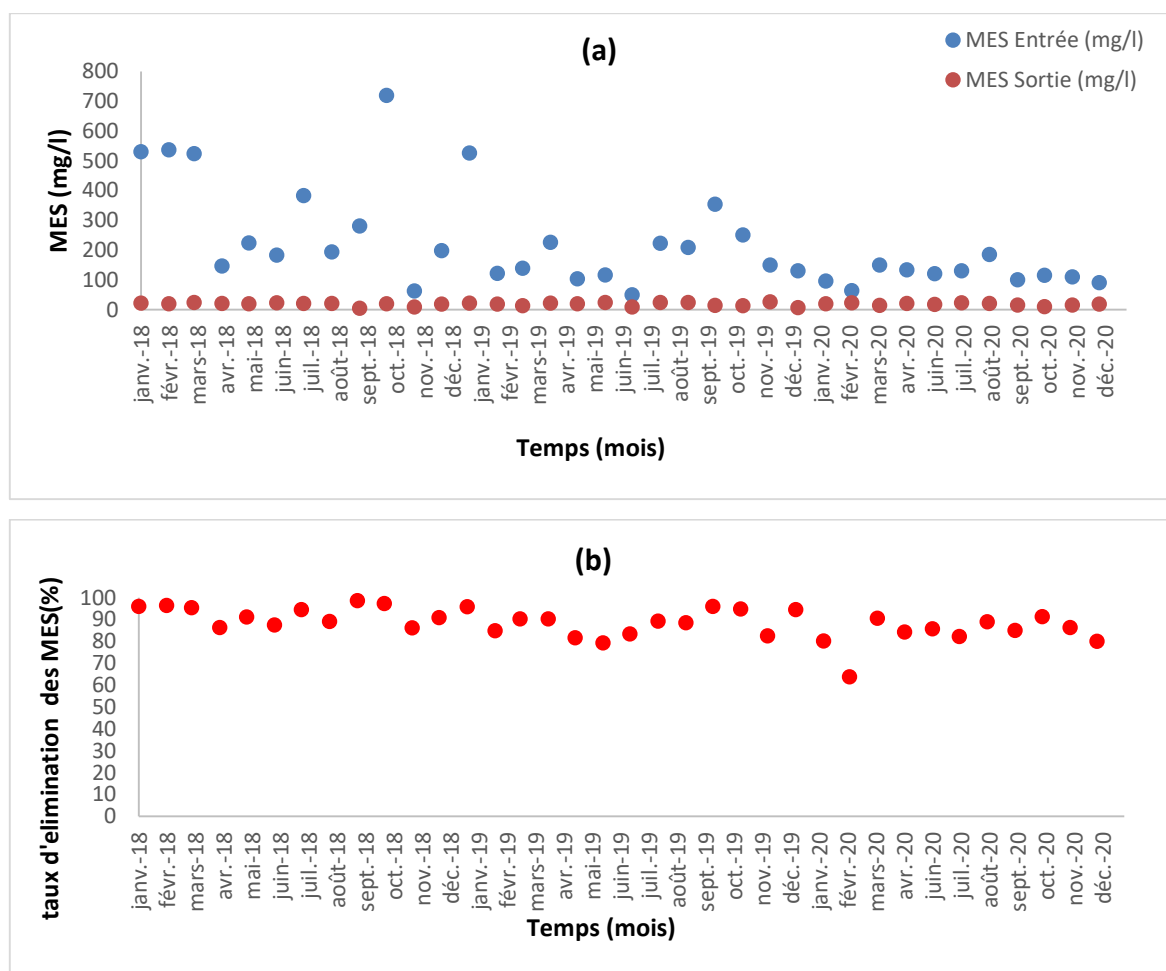


Figure 12 : Profile des matières en suspension des eaux traitées par la station WWG de Kser Temacine entre janvier 2018-Décembre 2020 : a- MES à l'entrée et à la sortie de la station ; b-Taux d'abattement des MES.

Il est très remarquable que, les MES ont subi une variation très importante durant la période considérée, avec une valeur minimale de 50mg/l en juin 2019, et une valeur maximale de 719 mg/l en octobre 2018 avec une moyenne de 218,5 mg/l en MES. La comparaison des valeurs à l'entrée et à la sortie de la station montre clairement que le procédé WWG permet une bonne élimination des MES avec un rendement moyen de 88,3%. Ces valeurs sont largement en dessous des normes fixées par la réglementation algérienne (**JORA, 2013**). Il est à noter que les MES dans un système WWG sont éliminées soit par filtration à travers les filtres utilisés en traitement primaire, soit par piégeage dans la porosité des matériaux support utilisé pour la fixation des populations bactériennes et des végétaux épurateurs.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail était d'étudier l'efficacité du procédé WWG : cas de la station de Ksar Temacine dans le traitement des eaux usées domestique sous un régime d'écoulement horizontal. Les résultats obtenus permettent de distinguer une grande différence entre les valeurs de pollution des eaux usées à l'entrée de la station et celles obtenus en sortie (eaux traitées), ceci dénote que le traitement par le procédé WWG est très adapté pour l'épuration des eaux usées domestiques où il donne des rendements satisfaisants. En effet, nous avons enregistré des taux d'éliminations de 85,45 % pour la demande chimique en oxygène (DCO), 84,68 % pour la demande biochimique en oxygène (DBO5), 68,54% et 79,65 % pour les Nitrites (NO_2^-) et les Nitrates (NO_3^-), respectivement et 88,31% Pour la matière en suspension (MES).

A l'issue de ces résultats, on peut conclure que le traitement des eaux usées par le procédé WWG a prouvé son efficacité, ou il assure une élimination très importante des paramètres polluants sans consommation de l'énergie et avec un faible cout. L'application de ce système dans le traitement des eaux usées permet aussi d'éliminer les mauvaises odeurs et fournit des eaux claires selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé et les normes du Journal Officielle de la République Algérienne.

Références Bibliographiques

Baali S., Boussebssi W. (2018). Etude comparatif entre l'efficacité de deux stations d'épuration utilisant l'épuration par filtres plantés de macrophytes, Mémoire de MASTER, Université de Kasdi Merbah Ouargla 82.

Bonnin J. (1986). Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Ed. EYROLLES.

Cattin; (2005). Wastewater Gardens (WWG) planetary coral reef foundation, institute of echotecnics.

Hafouda L., Hadad., Arif Y., Djafri K., Balleche O., Talab B., Debba M., Dr. Mark N., Florence C. (2008). Colloque international sur l'aridoculture, optimisation des productions agricoles et développement durable centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA), Biskra.

Hammadi B., Bebba A A., Zineb H., Saad Z. (2013). Gardens Planted with Macrophytes Filters, Purification Performance in an Arid Climate – Pilot Station of Temacine, Ouargla (Algeria). International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy.

JORA. (2013). Journal Officiel de la République Algérienne.

Haut-L. (1999). Jardins et paysages de la phytoépuration, un assainissement écologique par filtres plantés de roseaux.

Kickuth R. (1990). L'épuration des eaux usées des par la rhizosphère (par culture de roseaux). Phragmitech Inc 25.

Kumer P., Garde RT. (1989). Potential of water lyacinth for sewage treatment, journal water pollution control federation.

Lienard A., Molle P., Boutin C., Dodane P. (2005). Traitement des eaux usées par marais artificiels : action des plantes et développement de la technique en France.

OMS. (2006). WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water, volume II, wastewater use in agriculture, 222.

ONA. (2007). Fiche technique, présentation de l'unité pilote de traitement des eaux usées du Vieux Ksar de Temacine, organisation nationale de l'assainissement.

ONS. (2008). Données du recensement général de la population et de l'habitat sur le site de l'ONS. Organisation nationale de la statistique.

Rezzag B k., Ziad M. (2019). Etude Comparative entre les 03 stations d'épuration des eaux usées urbaines « Ouargla - Touggourt – Temacine », Mémoire de MASTER, Université KASDI MERBAH Ouargla 96.

Rocher V., Paffoni C., Gonçalves A., Azimi S., Gousailles M. (2008). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 475-485.

Stottmeister U., Wiener A., Kusch P., Kappelmeyer U., Kastner M., Bederski O., Muller R.A., Moormann H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. Biotechnology advances 117.

Vymazal J., Lenka K. (2008). Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow, 203-322.

Wang R., Korboulewsky N., Prudent P., Baldy V., Bonin G. (2009). Can vertical-flow wetland systems treat high concentrated sludge from a food industry 1A microcosm experiment testing three plants species ecological engineering, 230- 237.

WWW.WASTWATERGARDENS.COM