

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université Kasdi Merbah Ouargla**



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

**Département de : Génie Civil et Hydraulique**

C:.....  
R:.....

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention  
du diplôme de Master, Filière: Hydraulique**

**Spécialité : Traitement des eaux**

**Thème**

**Dégradation de la pollution azotée des eaux usées  
domestique de la ville de N'GOUSSA (Algérie) par  
phytoépurations cas de station de N'GOUSSA**

**Présenté par :**

❖ **FARADJI Abla**

**Soumis au jury composé de :**

<b>BOUZIANE Lamya</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>BENLARBI D</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Examinateur</b>
<b>HAMMADI Balkacem</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Encadreur</b>

***Année Universitaire: 2021/ 2022***



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université Kasdi Merbah Ouargla**



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

**Département de : Génie Civil et Hydraulique**

C:.....  
R:.....

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention  
du diplôme de Master, Filière: Hydraulique**

**Spécialité : Traitement des eaux**

**Thème**

**Dégradation de la pollution azotée des eaux usées  
domestique de la ville de N'GOUSSA (Algérie) par  
phytoépurations cas de station de N'GOUSSA**

**Présenté par :**

❖ **FARADJI Abla**

**Soumis au jury composé de :**

<b>BOUZIANE Lamya</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>BENLARBI D</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Examinateur</b>
<b>HAMMADI Balkacem</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U K M Ouargla</b>	<b>Encadreur</b>

***Année Universitaire: 2021/ 2022***

## Dédicaces

Aux personnes les plus chères et les plus proches de mon cœur, à mes honorables parents, qui m'ont aidé et soutenu, et leur supplication a eu le plus grand effet.

A tous mes frères, chacun en son nom

A celui qui m'a soutenu et a fait mes pas avec moi et a traversé les difficultés A mon cher époux, cela ne serait pas arrivé sans ses encouragements constants.

A ma princesse, et ma fille \* Nour sin \*

A mon oncle et à sa femme, que Dieu leur accorde une bonne progéniture.

A ma deuxième famille, chacun en son nom.

A mes compagnons, que Dieu les bénisse et leur accorde la paix.


A tous ceux qui n'ont ménagé aucun effort pour m'aider, à tous je dédie cet humble travail, en demandant au Seigneur de nous en faire bénéficier.



## Remerciements


Louange à Dieu, et cela suffit, et prières soient sur le Prophète bien-aimé, sa famille et ceux qui sont encore en vie

Dieu soit loué, qui m'a permis d'apprécier cette étape de mon parcours académique avec mes mémoires, fruit de l'effort et de la réussite, par sa grâce.




Des remerciements sont dus à chaque enseignant qui nous a fourni ses connaissances depuis les premières étapes de l'étude jusqu'à ce moment.

Je tiens à remercier le professeur encadrant « Hammadi Belkacem » pour tous les conseils et précieuses informations qu'il m'a donnés et qui ont contribué à enrichir le sujet de notre étude dans ses différents aspects.



Je tiens également à remercier les membres du comité de discussion estimé, ainsi que les professeurs de formation sur le terrain qui ne nous ont pas épargné leurs conseils et leurs orientations.

- En fin de compte, nous ne pouvons que prier Dieu Tout-Puissant de nous accorder le remboursement, la chasteté et la richesse, et de nous faire guider par le droit chemin.



## Liste des abréviations et symboles

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
ONA	Office National de l'Assainissement
STEP	Station d'Épuration des eaux usées
CE	Conductivité Electrique
DBO <sub>5</sub>	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
pH	Potentiel d'Hydrogène
MES	Matières En Suspension
EH	Equivalent habitats
OMS	Organisation mondiale de la santé
T	Température
°C	Degré Celsius
CI	continental intercalaire
FAO	Food and Agriculture Organisation
NO <sub>3</sub> -	Nitrate
NO <sub>2</sub> -	Nitrite
Mg/l	Milligramme par litre

## liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Tire</b>	<b>Page</b>
<b>1-1</b>	<b>Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines</b>	<b>12</b>
<b>3-1</b>	<b>Exploitation des filtres plantés à écoulement vertical</b>	<b>26</b>
<b>3-2</b>	<b>Exploitation des filtres plantés à écoulement horizontal</b>	<b>29</b>
<b>3-3</b>	<b>Rendements épuratoires</b>	<b>34</b>
<b>3-4</b>	<b>Bilan énergétique de la station</b>	<b>36</b>
<b>4-1</b>	<b>Les Paramètres d'analysés</b>	<b>38</b>
<b>5-1</b>	<b>Evaluation de pH durant les Cinq mois/ l'entrée du bassin</b>	<b>45</b>
<b>5-2</b>	<b>Evaluation de PH durant Cinq mois / sortie du bassin</b>	<b>45</b>
<b>5-3</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> durant les Cinq mois</b>	<b>46</b>
<b>5-4</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration maximal de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> durant les Cinq mois</b>	<b>47</b>
<b>5-5</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durant les Cinq mois</b>	<b>48</b>
<b>5-6</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration maximal de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durant les Cinq mois</b>	<b>49</b>
<b>5-7</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l durant les Cinq mois</b>	<b>50</b>

<b>5-8</b>	<b>Evaluation le taux d'épuration maximal de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> durant les Cinq mois</b>	<b>51</b>
------------	--	-----------



## Liste des figures et photos

<b>Figure</b>	<b>Titre des Figures et photos</b>	<b>Page</b>
<b>1-1</b>	<b>Le Dégrillage et tamisage</b>	<b>15</b>
<b>2-2</b>	<b>Le Dessablage, Déshuilage</b>	<b>16</b>
<b>2-3</b>	<b>décanteurs primaires circulaires alimentés par le centre</b>	<b>16</b>
<b>2-4</b>	<b>Un schéma montre le principe de traitement par boues activées</b>	<b>17</b>
<b>3-1</b>	<b>Schéma de conception des premier et second étages</b>	<b>23</b>
<b>3-2</b>	<b>coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical</b>	<b>24</b>
<b>3-3</b>	<b>coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal</b>	<b>28</b>
<b>3-4</b>	<b>Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical</b>	<b>31</b>
<b>3-5</b>	<b>Phragmites Communis trinius (STEP N'GOUSSA)</b>	<b>31</b>
<b>3-6</b>	<b>Schéma de principe : d'implantation des équipements</b>	<b>32</b>
<b>3-7</b>	<b>Applications de l'énergie électrique solaire</b>	<b>35</b>
<b>4-1</b>	<b>Carte géographique Ouargla</b>	<b>34</b>
<b>4-2</b>	<b>Carte géographique de N'goussa</b>	<b>35</b>
<b>4-3</b>	<b>STEP N'GOUSSA (Source: Google earth)</b>	<b>36</b>
<b>4-4</b>	<b>Eau usée brute</b>	<b>37</b>
<b>4-5</b>	<b>Eau usée traitée</b>	<b>37</b>

## SOMMAIRE

### PARTIE BIBLIOGRAPHIE

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations et symboles

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction général 2

### Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et leur Traitement

I-1	Introduction	5
I-2	Définition des eaux usées	5
I-3	Les principaux types des eaux usées	5
I-3-1	Les eaux usées domestiques	5
I-3-2	Les eaux usées agricoles	6
I-3-3	Les eaux usées pluviales	6
I-4	Les pollutions des eaux	6
I-4-1	Pollution minérale	7
I-4-2	Pollution microbiologique	7
I-4-3	Pollution organique	7
I-5	Propriétés des eaux usées	7
I-5-1	Les paramètres physico-chimiques	8
I-5-2	Les matières en suspension et les colloïdes (MES)	8
I-5-3	Les matières volatiles en suspension (MVS)	8
I-5-4	les matières minérales (MMS)	8
I-5-5	La conductivité (CE)	8
I-5-6	le PH (potentiel d'hydrogène)	8
I-5-7	La température	8
I-5-8	La turbidité	9
I-5-9	l'oxygène dissous	9
I-5-10	Les matières organiques	9
I-5-11	La Demande chimique en oxygène (DCO)	9
I-5-12	la demande biochimique en oxygène (DB05)	9
I-5-13	La biodégradabilité	10
I-5-14	L'Azote ammoniacal	10
I-5-15	Le Nitrites (NO <sub>2</sub> )	10

I-5-16	Le Nitrates (NO <sub>3</sub> )	11
I-5-17	Les phosphates	11
I-6	paramètres indicateurs de la pollution microbiologiques	12
I-6-1	Les coliformes totaux et fécaux	12
I-6-2	Les streptocoques fécaux	12
I-7	Les systèmes d'évacuation des eaux usées	13
I-7-1	Le système unitaire	13
I-7-2	Le système séparatif	13
I-8	Les effets des eaux usées non traitée	13
I-8-1	Sur les terres agricoles	13
I-8-2	risques sanitaires pour l'homme	13

## Chapitre II : Traitement des eaux usées

II-1	Introduction	15
II-2	Les phases de traitements	15
II-2-1	Prétraitement	15
II-2-1-1	Dégrillage et tamisage	15
II-2-1-2	Dessablage-déshuilage	15
II-2-2	Le traitement primaire	16
II-2-2-1	La décantation	16
II-2-3	Le traitement secondaire	17
II-2-3-1	Principe de la technique à boues activée	17
II-2-4	Traitement tertiaire	17
II-2-4-1	Le traitement physico-chimique	17
II-2-4-2	Le traitement biologique	18
II-2-4-3	Traitement bactériologique	18
II-2-4-4	Traitement bactériologique par rayonnement UV	18

## Chapitre III : La Phytoépuration

III-1	Introduction	20
III-2	Historique	20
III-3	Principe de traitement	20
III-4	L'épuration des eaux usées par bassins filtres plantés	20
III-4-1	Un traitement physique	20
III-4-2	Un traitement chimique	21
III-4-3	Un traitement biologique	21
III-5	Les différents systèmes de phytoépuration	21
III-5-1	Lagunage à microphytes	21
III-5-2	Lagunage à macrophytes	21
III-6	Mécanismes épuratoires et paramètres environnementaux	22
III-7	Types d'écoulement dans les filtres plantés	22
III-7-1	Les filtres plantés à écoulement vertical	23
III-7-2	Bases de dimensionnement	23
III-7-3	Matériau	24

III-7-4	Principe de fonctionnement	24
III-7-5	Evacuation	25
III-7-6	Plantation	25
III-7-7	Exploitation	25
III-7-8	Performances	26
III-7-9	Avantage techniques	26
III-8	Bases de dimensionnement	27
III-8-1	La section du filtre	27
III-8-2	La profondeur du filtre	27
III-9	Principe de fonctionnement	28
III-9-1	Matériaux	28
III-9-2	Végétaux	29
III-9-3	Exploitation	29
III-9-4	Performances	29
III-9-5	Avantages techniques	30
III-9-6	Inconvénients techniques	30
III-10	caractéristiques de la station d'épuration de N'GOUSSA	30
III-11	Fiche descriptives de l'espèce des plants utilisées	31

## PARTIE EXPERIMENTALE

### Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV-1	Aperçu	34
IV-2	Site d'étude et données de base	34
IV-3	Emplacement de la station d'épuration	34
IV-4	Présentation de la station (STEP N'goussa )	35
IV-5	Objectifs	36
IV-6	Echantillonnage	36
IV-7	Les deux points d'échantillonnage ont concerne	36
IV-7-1	Fréquence et mode d'échantillonnage	37
IV-7-2	les paramètres d'analyse et de suivi	38
IV-7-3	Méthodes des prélèvements	38
IV-8	Procédure d'analyse	38
IV-8-1	détermination de PH	38
IV-8-2	détermination de la température	39
IV-8-3	détermination de la teneur de $\text{NO}_2^-$ et $\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$	39
IV-8-4	détermination de la teneur de $\text{NO}_2^-$	39
IV-8-5	détermination de la teneur de $\text{NO}_3^-$	40
IV-8-6	détermination de la teneur de $\text{NH}_4^+$	42

## Chapitre V: Résultats et discussions

<b>V-1</b>	<b>Introduction</b>	44
<b>V-2</b>	<b>qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP</b>	44
<b>V-3</b>	<i>Evaluation de pH durant les cinq mois</i>	44
<b>V-3-1</b>	<i>Interprétation</i>	44
<b>V-4</b>	<b>Evaluation de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l dans le Temps</b>	46
<b>V-4-1</b>	<i>Discussion des Résultats</i>	46
<b>V-5</b>	<b>Evaluation de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l dans le Temps</b>	48
<b>V-5-1</b>	<i>Discussion des Résultats</i>	49
<b>V-6</b>	<b>Evaluation de N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l dans le Temps</b>	50
<b>V-6-1</b>	<b>Discussion des Résultats</b>	51

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

**Annexes**

## ***Introduction générale***

## **Introduction générale :**

Les accroissements démographique, économique et urbain sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, surtout dans les pays en voie développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées qui sont souvent rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Cette pollution génère de nombreuses maladies hydriques qui peuvent être à l'origine de certaines épidémies. La ville N'goussa n'échappe pas à cette règle. En effet, cette ville a connu pendant les dernières années un grand développement démographique ce qui a poussé la municipalité de la ville à entreprendre des travaux de réhabilitation de l'ancien réseau ainsi que son élargissement. Ce qui a permis l'augmentation du taux de branchement au réseau existant et par conséquent l'élévation du débit des eaux usées. D'où la nécessité de la réalisation d'une station d'épuration.

En effet, durant **2008** la ville s'est dotée d'une station d'épuration des eaux usées par les plants des réseaux. Et dans le but de s'appliquer aux normes Algériennes, d'augmenter le degré d'épuration et de valoriser les eaux épurées, la station a connu au cours de l'année **2010** des travaux de réhabilitation qui consistent à la réalisation d'une station de Lagune à macrophytes. Après avoir réalisé l'étude de la caractérisation des eaux brutes de la ville d'N'goussa et qui nous a conduit à cerner la nature des eaux usées domestiques, le présent travail s'inscrit dans la même optique à savoir l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées ce qui nous permettra d'évaluer la performance de la nouvelle station d'épuration.

Ce système est-il performant pour la dégradation de la pollution azotée des eaux usées de la région de N'goussa ?

Dans quels cas constitue-t-il une bonne solution pour l'épuration des eaux usées?

Pour répondre à toutes ces questions on a procédé à l'élaboration de cette recherche qui entre dans le cadre d'un mémoire de master visant l'étude de cette technique de traitement dans le cas du projet réalisé dans la région de N'goussa

Ce mémoire est composé de deux parties :

La première concerne le côté théorique, qui comprend les trois premiers chapitres

Le chapitre 1 décrit les généralités sur les eaux usées, chapitre 2 : étudie les différentes techniques de traitement des eaux usées, le troisième chapitre présente une étude détaillée sur

## Introduction générale

---

la phytoépuration . Et la deuxième partie concerne le cote pratique (expérimental) qui comprend le quatrième et cinquième chapitre dans le chapitre 4, on donne les différentes méthodes et le matériel utilisé pour la réalisation des différentes expériences et enfin le cinquième chapitre représente les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations, on termine notre mémoire par une conclusion.



***CHAPITRE I :***  
***Généralités sur les***  
***eaux usés et leur***

**I-1 : Introduction :**

Les eaux usées ou eaux usées proviennent des eaux domestiques (eaux noires des latrines et eaux usées domestiques des autres activités domestiques), des précipitations, ainsi que de l'activité industrielle.

Connaître l'origine des eaux usées est nécessaire pour déterminer quels polluants doivent être éliminés afin de mieux effectuer le traitement.

Dans ce chapitre, nous apprendrons les types et les caractéristiques des eaux usées et comment les traitements .

**I-2 : Définition des eaux usées :**

L'eau usée est la combinaison de liquides ou déchets transportés dans l'eau provenant de diverses sources y compris les zones résidentielles, l'industrie et les activités agricoles. Des concentrations élevées de la demandes en oxygène, des matières organiques et inorganiques sont généralement associés avec les eaux usées [51] .

Les eaux usées sont considérées comme polluées et doivent être traitées avant tout rejet dans les milieux récepteurs pour résoudre les différents problèmes de la pollution de ces milieux.

**I-3: Les principaux types des eaux usées :**

Il en existe plusieurs types:

Les eaux usées proviennent de différentes usines de la ville, dont la quantité varie d'une usine à l'autre. Si l'on constate que l'eau utilisée pour le refroidissement est quasiment exempte d'impuretés, on constate également que la fabrication de vieux papiers, par exemple, contient une très forte concentration de matières en suspension, tant organiques qu'inorganiques. Cette eau diffère par sa nature de l'eau domestique car elle contient des produits chimiques et des substances toxiques provenant des usines, des laboratoires et des hôpitaux . Cette eau dégage des odeurs désagréables et toxiques, surtout lorsque sa température augmente. :

**I-3-1: Les eaux usées domestiques :**

Elle provient de divers usages domestiques de l'eau et porte la propriété de pollution organique et se divise en deux parties :

L'eau domestique provient des salles de bain, des cuisines, et en général elle est riche en détergents et en graisses Savon et autres impuretés.

Eaux usées qui transitent par les toilettes, riches en diverses substances organiques

azotées (déchets humains et urine) et virus dangereux .

### **I-3-2: eaux usées agricoles :**

Il s'agit d'eau qui a été polluée par divers matériaux d'origine industrielle ou agricole, dont certains affectent l'environnement, notamment la qualité de l'eau.

### **I-3-3: Les eaux pluviales :**

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux

mécanismes : Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées :

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entrainés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui

favorise le dépôt de matières décantables . Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts [46] .

### **I-4: les pollutions des eaux :**

- Engrais (engrais minéraux commerciaux ou déchets animaux produits ou non produits sur l'exploitation).
- Produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, etc.) [22].

Cette eau provient :

- Les apports directs résultant du traitement des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau et des zones inondables (désherbage chimique) des tranchées, et la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (mares et marécages).
- Intrants indirects résultant notamment des ruissellements, des eaux de rinçage des équipements de traitement, des résidus dans les emballages mal rincés ou endommagés, des eaux usées des usines de fabrication et de conditionnement [22].

**I-4-1: Pollution minérale :**

C'est l'augmentation des ions minéraux dans l'eau, et cela a des conséquences sur les organismes vivants. L'augmentation accidentelle de la teneur en plomb dans la consommation quotidienne peut entraîner de graves intoxications des organismes vivants.

**I-4-2: Pollution microbiologique :**

Est une autre forme de pollution organique. Les déchets organiques, en particulier les excréments, contiennent des germes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) véhiculés par l'eau. Ces germes peuvent provoquer des maladies aussi graves que le choléra, la typhoïde, la dysenterie...

**I-4-3: Pollution organique :**

Ce sont les eaux usées qui transportent les déchets des toilettes avec leurs déchets organiques Impuretés, détergents industriels, bactéries, virus, micro-organismes... et eaux ayant servi à des usages divers comme les usines... Cette eau est évacuée dans de nombreux pays en la rejetant dans divers plans d'eau sans la traiter malgré ses dangers. Cette eau est contaminée par des matières organiques et des produits chimiques (tels que des savons et des détergents) Et certains types de bactéries nocives, en plus des métaux lourds et des hydrocarbures toxiques, entraînant l'apparition de dommages graves tels qu'une teneur réduite en oxygène dans l'eau, la mort massive de poissons et d'organismes aquatiques et la putréfaction .

L'eau contribue également à la transmission de nombreuses maladies graves d'origine hydrique qui peuvent atteindre. Aux humains et à leurs blessures résultant de la contamination des sources d'eau par des eaux usées (non traitées

**I-5: Propriétés des eaux usées :**

La composition des eaux usées varie fortement en fonction de leur origine ( industrielle , domestique ...etc.). Il peut contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. Selon leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques et les risques qu'elles présentent pour la santé, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments minéraux ou organiques et les nutriments.

**I-5-1: Les paramètres physico-chimiques :**

Pour un bon traitement des eaux usées il faut connaître la quantité, la qualité et les variations temporelles de la composition de l'effluent. Pour cela certaines analyses sont utilisées pour mesurer la pollution de l'effluent : la température , pH, DCO, DBO et les MES .

**I-5-2: Les matières en suspension et les colloïdes (MES) :**

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau [21] , Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton .

Les MES s'expriment par la relation suivante :  $MES = 30\% MMS + 70\% MVS$

**I-5-3: Les matières volatiles en suspension (MVS) :**

Elles présentent environ **70%** des MES, elles sont constituées par la partie organique des MES et mesurées par calcination.

**I-5-4: les matières minérales ( MMS) :**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec », constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc

**I-5-5: La conductivité (CE) :**

L' eau naturelle contient de faibles concentrations de sels minéraux ionisés, et donc tous participent à la

Conductivité électrique Une conductivité élevée résulte d'une forte salinité due aux polluants minéraux.

**I-5-6: le PH (potentiel d'hydrogène) :**

Le pH est la mesure du caractère acide ( $1 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8.5 unités de pH.

En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique conséquent influence l'auto-épuration du milieu naturel .

**I-5-7: La température :**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels

dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, ...etc. [44]

#### **I-5-8: La turbidité :**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau .

#### **I-5-9: l'oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques .

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  [46] .

#### **I-5-10: Les matières organiques :**

Ils existent sous différentes formes physiques, ils peuvent être :

- Grosses ou petites molécules telles que : sucres (amidon, cellulose), acides organiques volatils , urée .

Colloïdes dissous : ils sont principalement constitués de composés d'azote, de carbone et d'oxygène .

Oxygène , Soufre , Phosphore et matière organique sont évalués par Détermination du rapport DCO, DBO<sub>5</sub>

#### **I-5-11: La Demande chimique en oxygène (DCO) :**

Il est défini comme la quantité d'oxygène consommée pour l'oxydation chimique de la matière organique causant la pollution de l'eau Pour chaque litre d'eau, celle-ci n'est pas affectée par les micro-organismes et n'est pas biodégradable, par exemple Matériaux cellulosiques.

Afin d'oxyder ces matériaux, des oxydants forts tels que le dichromate de potassium sont utilisés, et en mesurant le DCO, des résultats rapides peuvent être obtenus, et ce processus ne nécessite pas d'incubation d'échantillons .

#### **I-5-12: la demande biochimique en oxygène (DBO5) :**

C'est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies pour décomposer ou décomposer la matière organique avec la consommation d'oxygène dissous. La quantité d'oxygène perdu est estimée en calculant DBO<sub>5</sub> plus La demande biochimique en

oxygène  $DBO_5$  plus le pourcentage de matière organique est élevé, c'est-à-dire plus le pourcentage de pollution des eaux sales est élevé .

Ses objectifs peuvent également se résumer comme suit :

- Détermination de la quantité de matière organique représentée et dégradable .
- Connaître la capacité du médium à mener à bien le processus d'auto-épuration .
- Déterminer le degré de pollution organique .
- Le taux de  $DBO_5$  dans les eaux usées domestiques (150-500) mg/L .

### **I-5-13: La biodégradabilité :**

Les eaux usées contiennent la flore : la somme des micro-organismes, en particulier les bactéries fécales du côlon Bactérie Coliformes Fécaux, qui comprend Les Entérobactéries telles que : Escherichia cholé Nitrobacter klebsiellam, Entérobactérie, qui est représentée par : Les coliformes Totaux, et Les coliformes Fécaux en plus des les bactéries Escherichia coli sont représentées dans : Des nageurs fécaux ( les Streptocoques fécaux ) tels que : S. faecalis , S. faecium , S. bovis sont présents

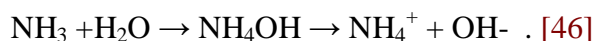
Bactéries anaérobies obligatoirement en plus grand nombre qu'aérobies dans les eaux usées non traitées à raison de  $10^4$  à  $10^5$  dans 1 ml. Il est impossible de lister tous les genres, espèces ou groupes qui existent

On le sait car les excréments humains contiennent 300 à 400 sexes différents, et on trouve aussi des bactéries Aeromonas à une concentration égale ou supérieure à celle d'Entérobactérie, malgré sa source non fécale) de  $10^5$  à  $10^6$  dans 1 ml)

### **I-5-14: L'Azote ammoniacal :**

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond au formes ionisées ( $NH_4^+$ ) et non ionisées ( $NH_3$ ) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac ( $NH_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné soit sous forme ionisée ( $NH_4^+$ ). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



### **I-5-15: Le Nitrites ( $NO_2^-$ ) :**

Les ions nitrite représentent une étape de transition entre les ions nitrate et les ions ammonium dans le processus d'oxydation

Les ions nitrites présents dans le milieu aqueux résultent du retour des nitrates ou de l'oxydation des ions ammonium et il n'y a pas de source naturelle de nitrite.

### **I-5-16: Le Nitrates ( $\text{NO}^{-3}$ ) :**

La recherche médicale a prouvé les effets néfastes des nitrates sur la santé, notamment chez les enfants

Les nitrates sont considérablement augmentés dans les eaux souterraines et de surface en raison de la forte expansion de l'utilisation des engrais azotés et chimiques.

La détermination de la pollution de l'eau par les nitrates est un processus difficile en raison des transformations continues de l'azote dans une boucle intégrée

Connu sous le nom d'anneau d'azote, cet anneau montre que le nitrate représente l'étape finale de l'oxydation des composés organiques

Azote donc, sa présence dans l'eau polluée indique l'avancement du processus d'auto-épuration. Il s'accompagne de nitrates présents.

Dans les eaux naturelles, à la suite du ruissellement de l'eau à la surface du sol au stade de la formation de la rivière, des nitrates y sont ajoutés. Venant avec les eaux usées, les nitrates issus de l'oxydation bactérienne des déchets organiques azotés.

### **I-5-17: Les phosphates :**

Le phosphate provient des eaux de surface d'une source naturelle et industrielle, comme les engrais, les détergents industriels

Les ions phosphate sont présents dans l'eau sous différentes formes en fonction de la valeur du pH du milieu. Le pH entre 1 et 2 contient des mono- et dihydrogéné phosphates ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) il est considéré

Le phosphate dissous dans l'eau d'irrigation est une substance nutritive pour les plantes, mais une augmentation de son pourcentage de plus de 60 mg/L entraîne une modification

Dans la structure de certaines plantes, les poissons se nourrissent de phosphate dissous dans l'eau.



**Tableau 1-1 : Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines [23]**

Paramètres	Concentrations
MES	100 à 500 mg/L
DCO	250 à 1000 mg/L
DBO5	100 à 400 mg/L
Cadmium	1 à 10 mg/L
Cuivre	83 à 100 mg/L
Plomb	5 à 78 mg/L
Zinc	100 à 570 mg/L

### **I-6: paramètres indicateurs de la pollution microbiologiques :**

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes .

#### **I-6-1: Les coliformes totaux et fécaux :**

Les eaux usées contiennent toutes sortes de micro-organismes, en particulier des bactéries coliques Bactérie Coliformes Fécaux, qui comprend Les Entérobactéries telles que : Escherichia cholé Nitrobacter klebsiellam, Entérobactérie, qui est représentée par : Les coliformes Totaux, et Les coliformes Fécaux est représentée par : Escherichia coli

#### **I-6-2: Les streptocoques fécaux :**

Tels que : S. faecalis, S.faecium, S.bovis Les bactéries anaérobies sont obligatoires en plus grand nombre que les aérobies dans les eaux usées non traitées à raison de  $10^4$  à  $10^5$  pour 1 ml.

Il est impossible de lister tous les genres, espèces ou groupes qui existent On le sait car les matières fécales humaines contiennent 300 à 400 sexes différents, et on trouve aussi des bactéries Aeromonas

à une concentration égale ou supérieure à celle d'Entérobactérie, malgré sa source non fécale) de  $10^5$  à  $10^6$  dans 1ml

**I-7: Les systèmes d'évacuation des eaux usées :**

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration . On distingue :

**I-7-1: Le système unitaire :**

L'assainissement des eaux se fait au moyen d'un seul collecteur qui recueille les eaux usées et les eaux pluviales. Appelé aussi « tout-à-l'égout » La notion de « tout-à-l'égout » est aujourd'hui à proscrire, car elle suggère que tout et n'importe quoi peut être rejeté dans le réseau d'assainissement unitaire

**I-7-2: Le système séparatif :**

L'assainissement des eaux se fait cette fois-ci au moyen de deux collecteurs, l'un étant réservé aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales [26] .

Il consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents .Ce système présente, par ailleurs certains avantages :

- il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur ;
  - il assure à la station d'épuration qui traite les eaux collectées un fonctionnement régulier [27] .

**I-8: Les effets des eaux usées non traitées :****I-8-1: Sur les terres agricoles :**

- Augmentation de la salinité.

Transport et transmission de substances toxiques.

- Le danger de contamination des eaux souterraines par filtration et entrée directe dans les eaux usées.

**I-8-2: risques sanitaires pour l'homme :**

- Maladies d'origine hydrique
- Infections bactériennes (maladies causées par des bactéries)
- Le choléra: (Vibron cholera.)
- Typhoïde Les fièvres typho - paratyphiques et la bactérie qui en est responsable est la salmonelle.
- Diarrhée bacillaire et intoxication botulique, et les bactéries qui en sont responsables sont : Clostridium

En plus des infections virales, les infections parasitaires.

***CHAPITRE II :***  
***Traitement des***  
***Eaux usées***

**II-1: Introduction :**

Les eaux usées également appelées « effluents » sont des « eaux polluées » par les usages humains, et sont constituées de toutes les eaux susceptibles de polluer les milieux dans lesquels elles sont rejetées, par des polluants physiques, chimiques ou biologiques. Dans ce chapitre, nous découvrirons leurs types, propriétés et méthodes de traitement

**II-2: Les phases de traitements :****II-2-1: Prétraitement:**

Les composants du traitement préliminaire sont : Dégrillage, dessablage, dégraissage déshuilage

**II-2-1-1: Dégrillage et tamisage :**

Dans celui-ci, les impuretés qui viennent des réseaux de pompage vers la station sont éliminées et tamisées, et cela se déroule en deux étapes : une étape de réseau automatisé et une étape automatique.



**Photo 2-1 : Le Dégrillage et tamisage**

**II-2-1-2: Dessablage-déshuilage :**

Dans ce processus, l'eau résultant du processus de tamisage, transportant la poussière et les huiles, est pompée dans le bassin, et au moyen d'une pompe à air, les huiles et la poussière sont séparées de sorte que la poussière est éliminée dans un bassin qui est plus grand que le bassin de séparation d'huile.



**Photo 2-2 : Le Dessablage, Déshuilage**

## **II-2-2: Le traitement primaire :**

### **II-2-2-1: La décantation :**

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité.

La vitesse lente d'eau permettra le dépôt des matières en suspension au fond du décanteur constituant des boues primaires fraîches celles-ci doivent rapidement éliminées afin d'éviter la fermentation. Elles rejoindront alors les boues secondaires (provenant du traitement secondaire) qui seront traitées par la suite.

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires , muni de racleurs de fond et de surface pour extraire les boues recueillies.



**Photo 2-3 : décanteurs primaires circulaires alimentés par le centre**

**II-2-3: Le traitement secondaire :****II-2-3-1: Principe de la technique à boues activées :**

Le procédé boues activées consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases eaux épurées et boues épuratrices sont séparées (*Agences de l'Eau - 1999*).

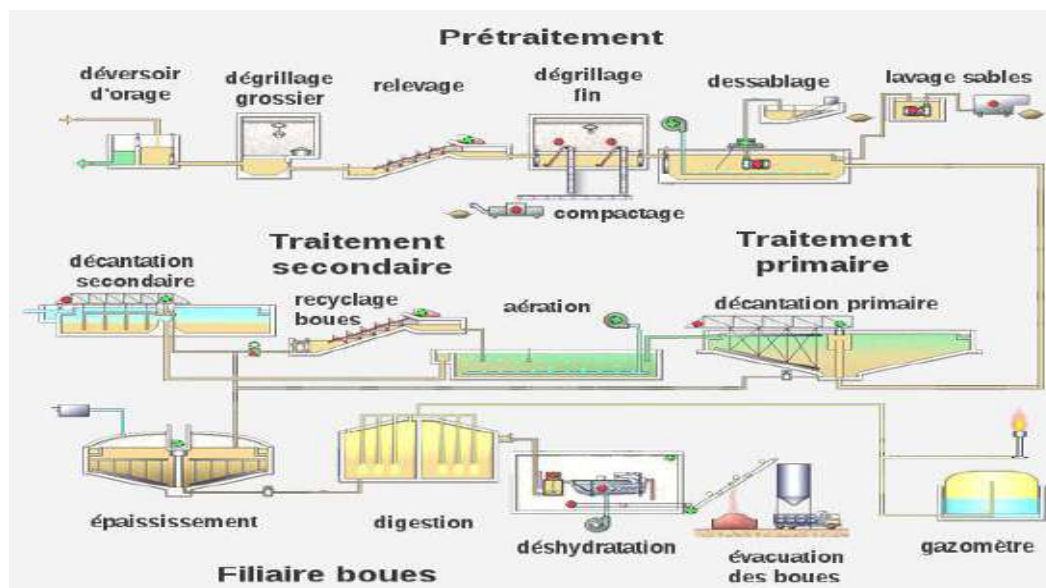


Figure 2-4 : Un schéma montre ( le principe de traitement par boues activées )

**II-2-4: Traitement tertiaire :****II-2-4-1: Le traitement physico-chimique :**

Utilisés en général comme moyens de traitement complémentaires, ces procédés combinent les principes de la chimie et de la physique [25].

Certaines substances comme les colloïdes sont particulièrement stables en suspension et leur durée de décantation peut être trop longue. Afin de favoriser leur décantation, le décanteur est probablement conditionné avec les réactifs chimiques qui facilitent l'agglomération des particules [11].

Deux techniques sont utilisées [25] :

- La coagulation annule les charges électriques des particules en suspension par l'ajout de réactifs minéraux.

- La floculation provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floes peut être améliorée par addition de flocculant.

Ces procédés permettent d'obtenir des abattements de 50 à plus de 90 % des matières en suspension. La charge polluante organique est réduite dans des proportions bien supérieures à ce que procure une simple décantation primaire. L'élimination des coliformes fécaux et des virus est fonction de la valeur du pH qui résulte de l'ajout de flocculant [20].

#### **II-2-4-2: Le traitement biologique :**

Généralement, le taux d'épuration exigé pour le rejet des effluents dans le milieu naturel n'est pas atteint après une simple épuration préliminaire. Les traitements secondaires ont pour objet de poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire, par voie biologique. Les procédés les plus couramment utilisés mettent en oeuvre des installations biologiques ; quand classe généralement en [16] :

- Procédés biologiques naturels .
- Procédés biologiques artificiels.

#### **II-2-4-3: Traitement bactériologique :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux . [11]

#### **II-2-4-4: Traitement bactériologique par rayonnement UV :**

Le dispositif de traitement, bactéricide, a pour principe de générer des rayons ultraviolets au sein d'une chambre d'irradiation. Ces rayons que l'on explicitera plus loin, irradient les cellules vivantes contenues dans le liquide traversant l'appareil . [52]

***CHAPITRE III :***  
***La Phytoépuration***



**III-1: Introduction:**

La phyto -épuration est un système d'assainissement par bassin de filtres plantés. Les plantes assurent le développement d'un milieu qui permet d'assainir l'eau.

Au niveau individuel, ce système est mis en place pour ne traiter que les eaux grises (douche, vaisselle, lave linge...) ; et des eaux noires il est donc associé à l'utilisation de toilettes .

**III-2: Historique :**

Connaît un large développement depuis l'antiquité et par le monde entier sont connus les phénomènes naturels d'auto épuration des mares étangs et des marécages. A partir de 1920, le lagunage travers le monde. Mais en 1950 des études ont été lancées pour mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes. En Californie et en 1960 la première lagune fut construite ; elle mettait en jeu la culture d'algues

Ce système est évalué en répondant à des problèmes particulièrement dans les moyennes communes notamment dans la période estivale. Par conséquent, deux systèmes ont émergé :

- Le système de filtres plantés de macrophytes qui demande de la technicité et un coût plus élevé pour sa mise en place.
- Le lagunage proprement dit, utilisé dans les pays en voie de développement contrairement aux filtres qui se répandent dans les pays avancés comme la France.

**III-3: Principe de traitement :**

Les eaux usées (ou eaux grises) provenant de la salle de bains et de la cuisine chargées en détergents, graisses, solvants, débris organiques, ainsi que les eaux vannes provenant des toilettes chargées de divers matières organiques azotées et de germes fécaux vont être collectées puis dirigées vers :

- un prétraitement (ou traitement primaire)... qui va permettre de débarrasser les eaux des matières en suspension ainsi que des graisses (une fosse toutes eaux étant le dispositif le plus courant).
- un traitement secondaire qui va jouer le rôle d'épurateur final avant l'évacuation dans le milieu naturel.

**III-4: L'épuration des eaux usées par bassins filtres plantés :**

Après avoir été prétraités, les eaux usées vont subir trois principaux traitements simultanés en s'écoulant dans des bassins filtres :

**III-4-1: Un traitement physique :**

filtration au travers de graviers, de pouzzolane et des systèmes racinaires, rétention

d'une partie des matières solides en suspension.

#### **III-4-2: Un traitement chimique :**

précipitation des composés insolubles, absorption par les plantes des nitrates, des phosphates, décomposition des divers polluants ménagers sous l'action d'exsudats racinaires des roseaux, ces plantes développant un réseau racinaire très dense ( la rhizosphère ).

#### **III-4-3: Un traitement biologique :**

les bactéries fixées sur les racines de roseaux vont décomposer les dépôts accumulés en éléments simple solubles dans l'eau et nutritifs pour les plantes (en se nourrissant de cet oxygène, elles vont transformer les matières organiques de l'eau en matières minérales assimilables par les plantes).

#### **III-4-4: Et en fin :**

des plantes vont compléter cette filtration en éliminant les phosphates et en réduisant le taux de certains polluants ( dont l'azote et le phosphore).

### **III-5: Les différents systèmes de phytoépuration :**

Les bassins de traitement sont disposés généralement en série. Selon l'essence végétale utilisée dans les lagunes, on distingue le lagunage à macrophytes :

#### **III-5-1: Lagunage à microphytes :**

Appelé « lagunage naturel », le lagunage à macrophytes consiste à soumettre les bassins (remplis d'eaux usées à traiter) à l'air sous l'action du vent, les microorganismes permettent l'abattement de la pollution organique. Selon [35] . le lagunage à macrophytes a connu le plus d'application en Afrique. Ce procédé permet d'obtenir des performances dans l'abattement des bactéries pathogènes, des virus. Cependant, cette technique d'épuration des eaux usées présente des inconvénients. En effet, la prolifération des algues dans les bassins augmente les matières en suspension, de plus, les rendements pour l'élimination de la pollution carbonée sont très faibles. C'est ainsi que le lagunage à macrophytes se développe de plus en plus.

#### **III-5-2: Lagunage à macrophytes :**

Dans ce procédé, diverses plantes aquatiques appelées macrophytes (plantes aquatiques vasculaires, mousses aquatiques et quelques grandes algues) sont utilisées [14] . La fonction la plus importante des macrophytes, en rapport avec le traitement des eaux usées, est les effets physiques que leur présence engendre. En effet, selon [14] .

les macrophytes stabilisent la surface du lit des bassins, fournissent de bonnes

conditions pour la filtration physique et offre une énorme surface de contacts (sites spécifiques) pour la croissance bactérienne. Les macrophytes, de par leurs systèmes racinaires, procurent

L'oxygène qui permet la dégradation de la matière organique par les microorganismes. Les composés minéraux issus de ces activités bactériennes sont utilisés à leur tour par les macrophytes pour la synthèse des éléments (p.ex. sucres) nécessaires à leur développement. Cependant [01] . la quantité d'oxygène libérée aux alentours de la rhizosphère des plantes est trop limitée. Cette aération limitée autour de l'environnement racinaire des plantes implique qu'au sein des bassins de lagunages, les conditions sont le plus souvent anaérobiques, à moins que la charge organique des eaux traitées soit faible ou les bassins soient peu profonds.

Selon l'essence végétale utilisée, on distingue le lagunage à «macrophytes flottants » et le lagunage à « macrophytes plantés ». Ce dernier consiste à utiliser des plantes qui peuvent se fixer à l'intérieur des bassins. En effet, les bassins sont remplis, sur une épaisseur d'environ 25cm, de sables, de graviers ou de tourbes [01] .

où se fixent les racines des plantes. Selon les performances recherchées, diverses plantes sont exploitées : les phragmites, la canne, l'Iris, le jonc, les cyprès et L'olim. Les typha sont aussi utilisés [49] .

### **III-6: Mécanismes épuratoires et paramètres environnementaux :**

Les mécanismes réactionnels des bassins à macrophytes sont toujours discutés dans la littérature car, leur déroulement est influencé par les paramètres physico-chimiques du milieu. Cependant, on peut retenir de cette revue bibliographique que :

- l'abattement de la pollution carbonée est contrôlé par une action physique, de filtration par les racines et de décantation de la matière en suspension et une dégradation bactérienne (anaérobie et aérobie). L'oxygène est fournit au milieu par les racines des plantes.
- la matière azotée, principalement sous forme d'ammonium dans les effluents domestiques, est élimée par nitrification/dénitrification et par le prélèvement des plantes. Ces différentes réactions sont contrôlées par la concentration en oxygène dissous du milieu. L'élimination du phosphore est due en grande partir au prélèvement des plantes.

### **III-7: Types d'écoulement dans les filtres plantés :**

En réalité il existe deux types d'écoulement :

- Ecoulement horizontal.
- Ecoulement vertical.

Des fois on trouve les deux écoulements associés.

### III-7-1: Les filtres plantés à écoulement vertical :

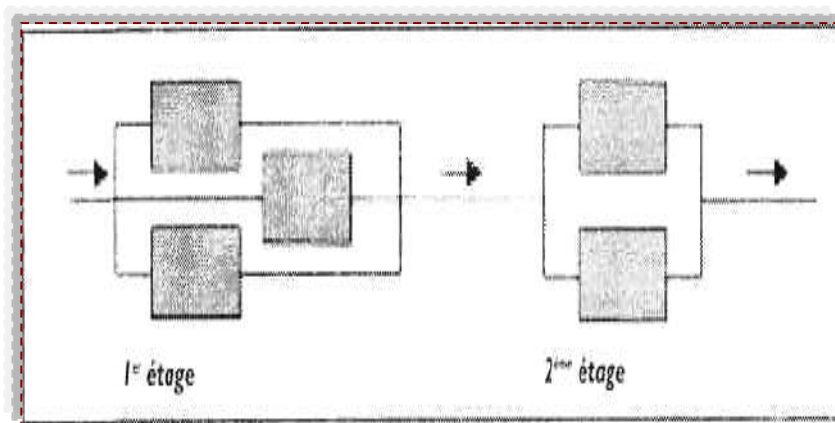
Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter

### III-7-2: Bases de dimensionnement :

Le dimensionnement des filtres verticaux a été établi empiriquement en définissant les charges organiques surfaciques journalières limites acceptables (20 à 25 g DBO<sub>5</sub> m<sup>2</sup>.j<sup>-1</sup> de surface totale plantée).

Le premier étage est dimensionné pour recevoir environ 40 g DBO<sub>5</sub> m<sup>2</sup>.j<sup>-1</sup> représentant ainsi 60 % de la surface totale, soit environ 1,2 m<sup>2</sup>/EH. Quand le réseau est unitaire ou partiellement unitaire, le dimensionnement du premier étage est porté à 1,5 m<sup>2</sup>/EH. Cet étage est compartimenté en un nombre de filtres multiple de 3, ce qui permet d'obtenir des périodes de repos de 2/3 du temps.

La surface du deuxième étage est généralement de 40 % de la surface totale soit environ 0,8 m<sup>2</sup>/EH. A cet étage, le temps de repos nécessaire est égal à celui du fonctionnement, nécessitant donc la mise en place d'un nombre de filtres multiple de 2 et égal au 2/3 du nombre de filtres utilisés pour le premier étage



**Figure 3-1 : Schéma de conception des premier et second étages**

**III-7-3: Matériau :**

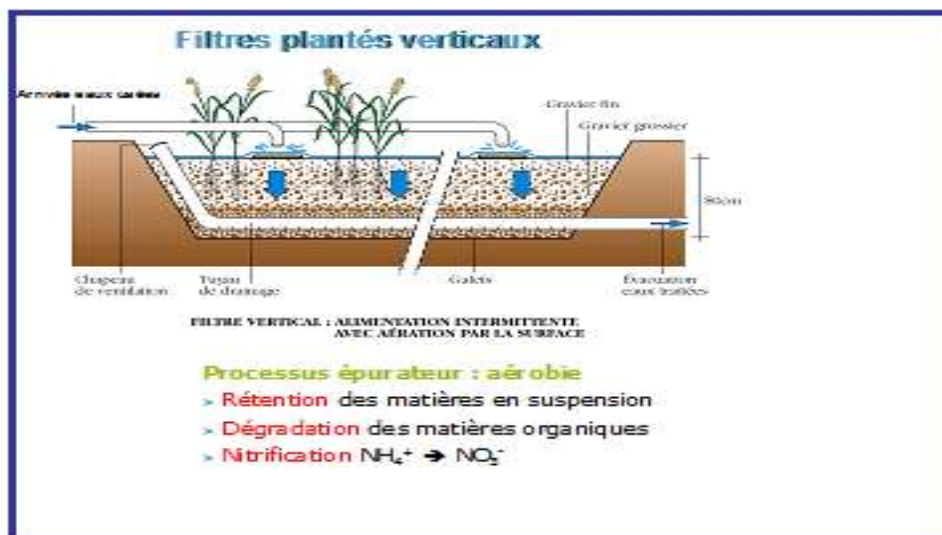
Les matériaux de garnissage du premier étage se composent de plusieurs couches de gravier. La couche active est du gravier présentant une granulométrie de 2 - 8 mm, pour une épaisseur de l'ordre de 40 cm. Les couches inférieures sont de granulométrie intermédiaire (10 - 20 mm) permettant d'atteindre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

Le deuxième étage affine le traitement. Les risques de colmatage sont moindres. Il est composé d'une couche de sable (cf. infiltration percolation) d'une hauteur d'au moins 30 cm.

**III-7-4: Principe de fonctionnement :**

L'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexations...) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées. Les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées. Pour un même étage, la surface de filtration est séparée en plusieurs unités permettant d'instaurer des périodes d'alimentation et de repos.

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins [12] ,



*Figura 3-2: coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical*

**III-7-5: Evacuation :**

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

**III-7-6: Plantation :**

Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées (Scirpes spp. Typha...), mais les roseaux (de type Phragmites australis), par leur résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, périodes sèches, fort taux de matières organiques), et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés [13]. La densité de plantation est de 4 plantes/m<sup>2</sup>.

**III-7-7: Exploitation :**

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

**III-7-8: Performances :****Tableau n°3-1 : Exploitation des filtres plantés à écoulement vertical**

Tâches	Fréquence	Observations
Désherbage	1 <sup>ère</sup> Année	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Désherbage manuel des adventices (<b>Kardec, R.H. Knight 2000</b>) . Une fois la prédominance établie, cette opération n'est plus nécessaire.</li> </ul>
Faucardage	1/an(automne)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faucardage et évacuation des plantes . Les évacuer permet d'éviter leur accumulation à la surface des filtres. Dans le but de réduire ce temps d'entretien, les plantes peuvent éventuellement être brûlés si l'étanchéité n'est pas réalisée par une géo membrane, et si les tuyaux d'alimentation sont en fonte (<b>Reddy K R (1984 b)</b>).</li> </ul>
Suivi et entretien régulier	1 / trimestre 1/semaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyer le siphon d'alimentation du premier étage au jet d'eau sous pression.</li> <li>*Des analyses régulières de nitrates dans l'effluent permettent de donner une indication sur la santé de la station.</li> <li>• Des analyses régulières de nitrates dans l'effluent permettent de donner une indication sur la santé de la station*.</li> </ul>
Entretien courant	1 à 2/semaine 1/semaine 2/semaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyer le dégrilleur .</li> <li>• Vérifier régulièrement le bon fonctionnement des appareils électromécaniques et détecter les pannes le plus rapidement possible,</li> <li>• Manœuvre des vannes.</li> </ul>
Autres opérations d'entretien	Chaque visite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenir un cahier d'entretien notant toutes les tâches effectuées, les mesures de débit (canal débit métrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux. Cela permet en outre de produire des bilans de fonctionnement.</li> </ul>

- DBO<sub>5</sub> 25 mg/l.
- DCO 80 mg/l.
- MES 30 mg/l.
- NTK (N organique + NH<sub>4</sub>\*)10 mg/l en général avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l.
- Phosphore : Abattement normalement faible (dépend de la capacité d'adsorption du substrat et de l'âge de l'installation ).
- Germes pathogènes : élimination limitée (abattement : 10 à 100).

**III-7-9: Avantage techniques :**

- Facilité et faible coût d'exploitation. Aucune consommation énergétique si la topographie le permet.
- Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes.
- Gestion réduite au minimum des boues.
- Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.
-

**III-7-10: Inconvénients techniques :**

- Exploitation régulière, fauchage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux.
- Utiliser cette filière pour des capacités supérieures à 2 000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classiques. Une conception pour des tailles supérieures ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée concernant l'adaptation des bases de dimensionnement et les conditions à remplir pour s'assurer de la maîtrise de l'hydraulique.
- Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.

**III-8: Bases de dimensionnement :**

Pour définir la surface nécessaire, les valeurs empiriques ci-après fournissent les résultats d'épuration attendus [53] .

Pour des concentrations initiales de l'ordre de 150 à 300 mg/l de DBO5, les surfaces plantées sont de l'ordre de 5 m<sup>2</sup>/EH en traitement secondaire.

- Pour des concentrations plus élevées ou pour utiliser les sols en place, ce qui est rarement recommandé, il semble préférable d'opter pour la pratique danoise qui consiste à dimensionner le filtre à 10 m<sup>2</sup>/EH.
- En traitement d'effluents de réseaux pluviaux . l'emprise est de 0,5 m<sup>2</sup>/EH.

**III-8-1: La section du filtre :**

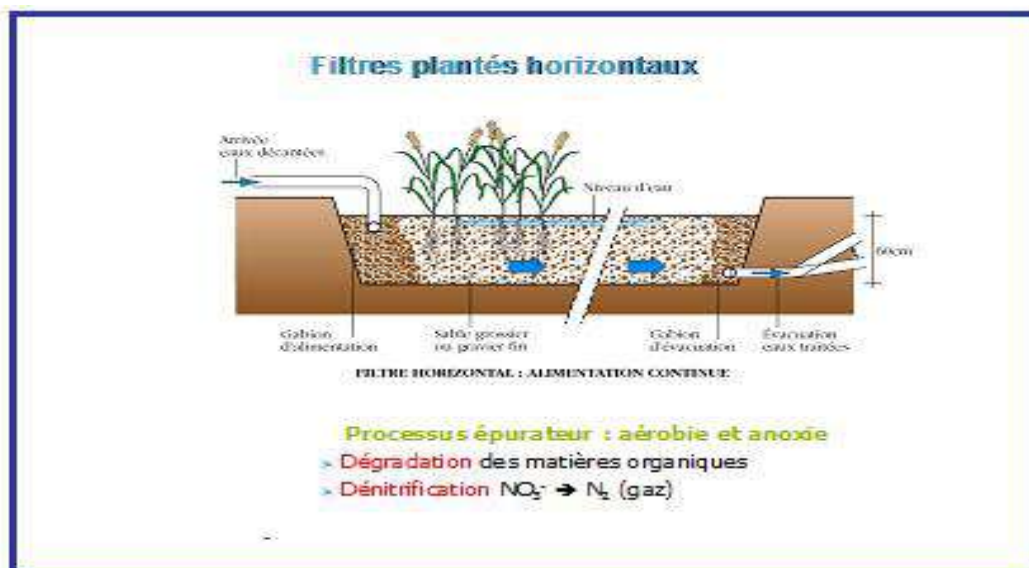
doit être définie par un bureau d'études. Elle est fonction de la perméabilité initiale du matériau choisi .

**III-8-2: La profondeur du filtre :**

sera égale à la profondeur maximale de pénétration des racines. Cette profondeur est de 60 cm pour les phragmites [39] , .

L'hypothèse d'une amélioration notable de la conductivité hydraulique initiale, suite au développement racinaire intense des roseaux, tant en densité qu'en profondeur, n'a pas été confirmée [31] En fait, l'augmentation de la conductivité hydraulique grâce au développement racinaire est compensée en partie par l'accumulation de MES et de matière organique [29]. Il est donc important que le support choisi dispose d'une perméabilité de 1 à 3.10<sup>3</sup> m/s. La plupart des sols sont donc à exclure.





**Figur n°3-3: coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal**

### **III-9: Principe de fonctionnement :**

Dans les filtres à écoulement horizontal, le massif filtrant est quasi-totalement saturé en eau. L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin ; il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat. La plupart du temps, l'alimentation s'effectue en continu car la charge organique apportée est faible.

L'évacuation se fait par un drain placé à l'extrémité opposée du lit, au fond et enterré dans une tranchée de pierres drainantes. Ce tuyau est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de surverse, et donc celle de l'eau dans le lit, de façon à ce qu'il soit saturé pendant la période d'alimentation. Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface pour ne pas court-circuiter la chaîne de traitement ; il n'y a donc pas d'eau libre et pas de risque de prolifération d'insectes

#### **III-9-1: Matériaux :**

A l'origine, le procédé s'est développé en utilisant du sol en place, tout en préconisant d'atteindre, à terme, une conductivité hydraulique de  $3 \cdot 10^3$  m/s. Bon nombre de filtres ont été construits en faisant l'hypothèse que la conductivité hydraulique augmenterait avec le développement racinaire.

Suite à de mauvaises expériences, il est désormais préconisé d'utiliser des graviers lavés, de granulométries différentes suivant la qualité des eaux entrantes (3-6, 5-10, 6-12 mm) [53].

**III-9-2: Végétaux :**

La variété la plus largement utilisée est le roseau *Phragmites Australs* en raison de sa vitesse de croissance, de développement racinaire et de sa résistance aux conditions de saturation du sol. La plantation peut se faire à l'aide de graines, de jeunes pousses ou de rhizomes avec une densité de l'ordre de 4 par m<sup>2</sup>.

**III-9-3: Exploitation :**

**Tableau n°3-2: Exploitation des filtres plantés à écoulement horizontal**

<b>Tâche</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Observations</b>
Entretien des ouvrages de prétraitement	1/semaine	Le but est de s'assurer de leur bon fonctionnement et qu'ils ne rejettent pas trop de MES pouvant provoquer un colmatage.
Ajustement du niveau de sortie	1 /semaine	L'ajustement régulier du niveau d'eau de sortie permet d'éviter les écoulements de surface, Pour des stations importantes (> 500 m <sup>3</sup> /j), la vérification du niveau de sortie pourrait demander un passage quotidien . L'hydraulique de ce genre de procédé est un point clef. Il convient de vérifier la bonne distribution de l'effluent dans le filtre. Le curage du dispositif d'alimentation doit être prévu lors de la conception.
Végétation Désherbage Faucardage	1 <sup>re</sup> année inutile	Lors de la première année il est utile de réaliser un désherbage manuel des adventices pour ne pas gêner le développement des plantes. [36]. Cette opération peut également se faire en noyant légèrement la surface du filtre (10 cm) au détriment des rendements d'épuration [54] . Une fois la prédominance établie, cette opération n'est plus nécessaire. L'absence d'écoulement de surface permet d'éviter le faucardage. Les végétaux morts ne gênent en rien l'hydraulique des filtres et de plus permettent d'isoler thermiquement le filtre.
Autres opérations d'entretien	Chaque visite	Tenir un cahier d'entretien notant toutes les tâches effectuées et les mesures de débit (canal débit métrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux. Cela permet en outre de produire des bilans de fonctionnement.

**III-9-4: Performances :**

En terme de performance sur la DBO5 pour des concentrations d'entrée variant de 50 à 200 mg/l, et pour un dimensionnement de 3 à 5 m<sup>2</sup>/EH, des systèmes à écoulement de type horizontal et garni de gravier obtiennent des rendements de l'ordre de 70 à 90 %. Ces concentrations sont cependant trop faibles pour être considérées comme représentatives d'une eau usée urbaine D'une manière générale, en traitement secondaire, la nitrification est

limitée mais la dénitrification est très bonne.

Les rendements sur le phosphore sont dépendants du type de sol utilisé, mais restent relativement faibles.

### III-9-5: Avantages techniques :

- Faible consommation énergétique : ne nécessite pas une pente importante pour l'écoulement par gravité.
- Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien.
- Bonne réaction aux variations de charge.

### III-9-6: Inconvénients techniques :

- L'emprise au sol est importante.
- Une installation pour des tailles d'environ 4.000 EH ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique.

### III-10: caractéristiques de la station d'épuration de N'GOUSSA :

La station d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical est constituée par quatre bassins en parallèle planté de roseaux, chaque bassin est divisé en trois parties égales fonctionnant en alternance. Chaque bassin est composé de trois entrées principales uniformément répartis le long du bassin (une entrée à chaque partie), où chaque entrée de fourchette des tubes destiné à l'alimentation par bâchés. L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans l'arrosage des arbres de la station et le reste est jeté vers la Sebkhha de N'goussa. **Procédé d'épuration:** filtre planté de roseaux (Phragmites Communisa Trinius ).

- **Type :** filtre à écoulement vertical
- **Capacité :** 11000 Eq /hab. ;
- **Débit nominal:** 1743 m<sup>3</sup> / j ;
- **Débit moyen traité :** 800 m<sup>3</sup> / j
- **Temps de séjour :** 03 jour chaque bassin ;
- **Densité de plantation:** entre (200-250) planté de Roseaux par m<sup>2</sup>.
- **Surface de chaque bassin :**  $S = 2268 \text{ m}^2$  et **Surface total des bassins :**  $St = 2268 * 4 = 9072 \text{ m}^2$  **Surface total de la station:**  $ST = 22750 \text{ m}^2$  **Taux de**
- **raccordement réseau assainissement:** 80% **Caractéristiques des réseaux :** Linéaire de collecteurs gravitaires 26 km

- **Profondeur de bassin : 80 cm ; La pente du fond du lit : 8 %** l'écoulement gravitaire (doit permettre de vidanger complètement le filtre). Figure 3

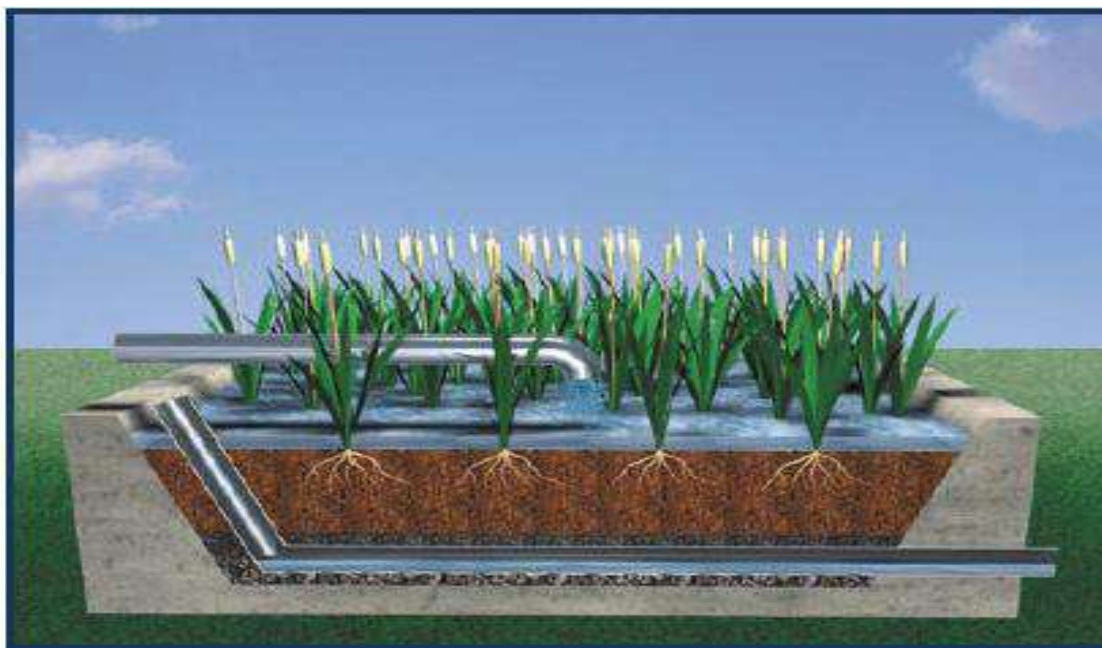


Figure 3-4 : Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical

### III-11: Fiche descriptives de l'espèce des plants utilisées :

Roseau *Phragmites communisa* trouve dans la station d'étude. Et s'installe dans les stations naturelles très humides et dans les terrains salés Photo 3-5 :



Photo 3-5 : Phragmites Communis trinius (STEP N'GOUSSA).

- **Nom scientifique :** phragmites communisa
- **Nom vernaculaire :** Gueusa (roseaux)
- **Type biologique :** Vivace
- **Description: :** ( MILOUDI A, 2009) Plante pérenne à rhizomes rampants et portant de nombreuses tiges élevées pouvant atteindre quatre (04) mètres de hauteur. Tiges droites et dures feuilles glauques, à lignine courtes et ciliées, elles sont alternées et longuement acuminées.
- **Inflorescence :** brune jaunâtre, composant de très nombreux épillets
- **La biogéographie :** dans les endroits humides, dans les lits d'oued, les guettas et drains, à proximité des palmerais
- **Période de végétation:** floraison en Avril Mai
- **Utilisation:** les longues cannes (tiges) sont taillées et assemblées pour utilisation comme abris du soleil et comme instrument entrant dans confection des tapis traditionnels. Elles sont aussi utilisé pour fabriqué des "Kalam" plumes pour écrire sur les tablettes coraniques. C'est un bon pâturage pour les animaux d'élevage .

### III-12: la station d'épuration de N'GOUSSA :

#### III-12-1: Comment ça marche ?

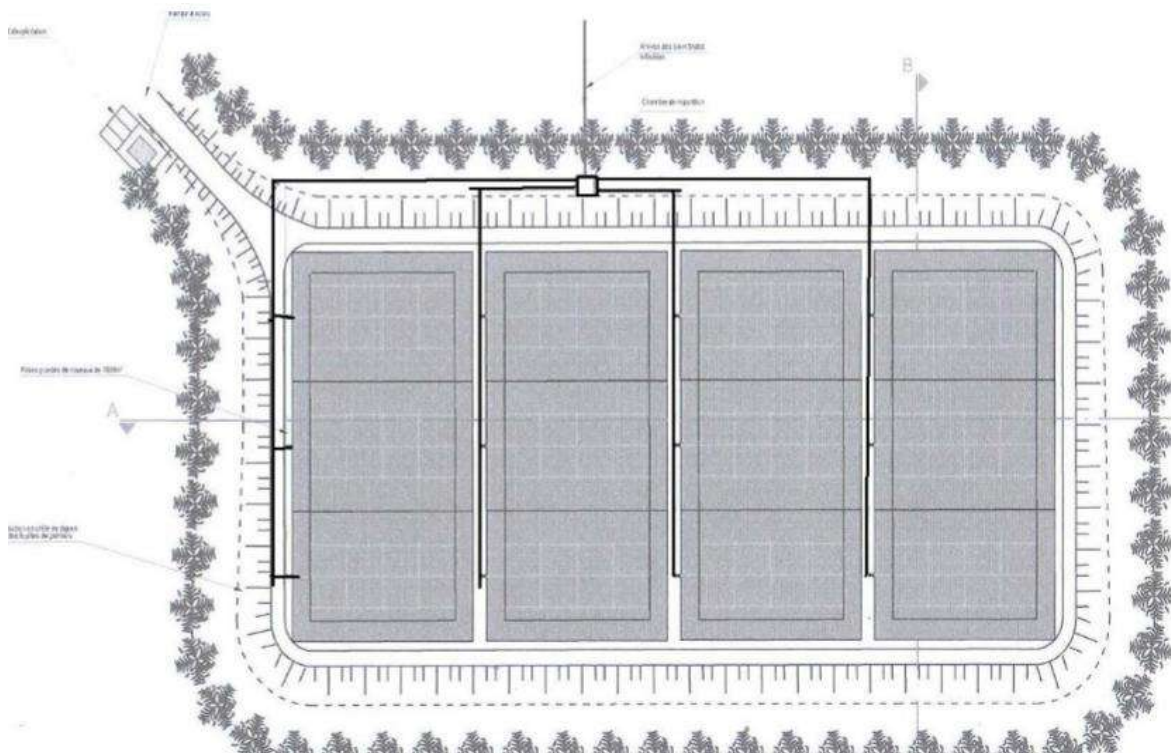


Figure 3-6 : Schéma de principe : d'implantation des équipements

Combinant des zones de vie liées à l'eau et différents graviers à Granulométrie croissante, les lits filtrants associent une série d'étages de traitement plantés de roseaux.

Utilisant les capacités épuratoires naturelles des végétaux supérieurs, leur action se combine à celle des micro-organismes et à différents massifs filtrants.

Outre le faible impact environnemental de ce type de processus, l'un des principaux atouts est la quantité d'énergie minimale utilisée pour obtenir de très bons résultats épuratoires.

Rhizosphère: Zone humide artificielle épuratoire combinant les différentes composantes d'un milieu de vie constitué de végétaux supérieurs (roseaux), de micro-organismes (bactéries) et leurs supports (substrats):les filtres plantés de roseaux.

Elle permet de traiter les eaux usées issues des activités domestiques

### **III -12-2: Le rôle des micro-organismes :**

Particulièrement proliférâtes en milieu humide, les bactéries se nourrissent des matières dnt sont chargées les eaux usées.

Véritables « ciseaux biologiques » elles les transforment en molécules inoffensives.

### **III-12-3: Le rôle des roseaux (macro-phytes) :**

Roseaux = macro-phytes

Ces plantes disposent d'un système racinaire très dense qui améliore l'oxygénation des filtres, une condition sine qua non au développement des micro-organismes adéquats.

Poursuivant leur croissance même en hiver, les rhizomes assurent le fonctionnement permanent de la station d'épuration.

Les oscillations des roseaux, sous l'action des vents, entraînent un mouvement des tiges et racines dans la masse des boues et au sein du massif. Ainsi, les boues ne risquent pas de colmater les lits filtrants.

### **III-12-4 : RENDEMENTS EPURATOIRES :**

Les effluents perdent par filtration jusqu'à 90% de leurs matières en suspension (MES) en traversant un massif de granulats adaptés (contre seulement 50% par décantation classique).

Les MES (boues) retenues sont déshydratées et compostées sur place grâce à l'action conjuguée des bactéries et des plantes. Dans ce processus, leur volume diminue très fortement et le résidu est transformé en terreau qui s'accumule très lentement sur la surface des filtres.

- Une station d'épuration à «filtres plantés de roseaux» permet d'atteindre des niveaux d'épuration supérieursà90%
- Ci après les valeurs du mois de juin 2013 ( analyses assurées par le laboratoire de la STEP de Ouargla)

**Tableau 3-3 : Rendements épuratoires**

Volume épuré du mois en M3	Débit moyen traité en M3/J	Paramètres de l'auto surveillance	MES en mg/l	DBO5 en mg/l	DCO en mg/l
20 388	658	Eaux brutes (entrée station)	93	100	303
		Eaux épurées (sortie station)	21	16	57

**III-12-5 : NUISANCES :****III-12-5-1 : Aucune nuisance olfactive :**

- Un échantillon de terreau prélevé en surface, c'est-à-dire au contact de l'effluent, a une odeur de terre mouillée.
- La cheminée d'aération permet l'aération de tout le volume du massif filtrant, ce qui évite les phénomènes de fermentation producteurs d'odeurs.
- Les roseaux ont la propriété de transporter, en grande quantité, de l'oxygène depuis leurs feuilles vers leurs racines et radicelles.

Ainsi, tout l'environnement racinaire, et donc la masse des boues, devient un milieu oxygéné (aérobie) propice à la dégradation de la matière organique, sans odeurs (pas de fermentation).

**III-12-6: EXPLOITATION :****III-12-6-1 : Une exploitation simple et d'entretien réduit :**

- Elle ne nécessite qu'un minimum d'installation électromécanique, et est facilement extensible par l'adjonction d'un ou plusieurs lits.
- Le seul entretien annuel nécessaire est une fauche des lits : « le faucardage ». Il évite le pourrissement des roseaux et ainsi un relargage de pollution.

**III-12-7 : Une Station 100% Ecologique :****III-12-7-1: Une station écologique :**

Aucune nuisance olfactive. Une production de boues très réduite (~1 cm de boues à la surface du lit, par an).

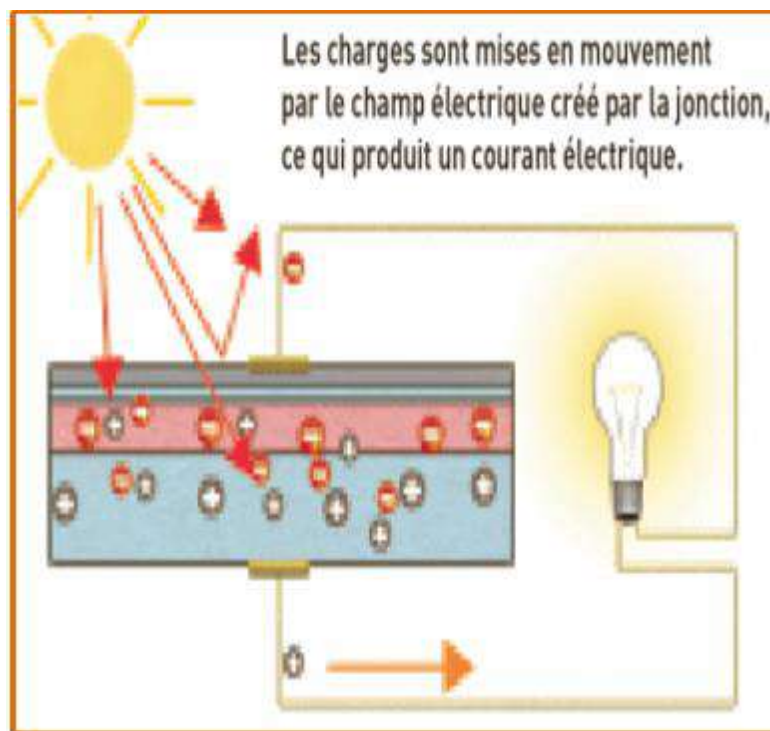
Une station d'épuration qui fonctionne de manière rustique, et requiert peu d'énergie.

Cette énergie est produite par le solaire photovoltaïque pour : L'éclairage extérieur et l'électrification du bâtiment d'exploitation Elle s'inscrit parfaitement dans la politique de développement durable.

**III-12-7-2 : Applications de l'énergie électrique solaire :**

Les installations électriques solaires de toute la station ont été réalisées par le centre UDES de Bous mail qui relève du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

- En effet, toute l'énergie électrique de la station est fournie par le photovoltaïque



**Figure 3-7 :** Applications de l'énergie électrique solaire

Les panneaux solaires photovoltaïques regroupent des cellules photovoltaïques reliées entre elle en série et en parallèle.



**Tableau 3-4: Bilan énergétique de la station**

	Eclairage extérieur	Bâtiment d'exploitation
Surfaces des panneaux	6x1m2 (06 candélabres)	18x1,2 m2 (toiture)
Puissances installées en Wc	6x120Wc	2800 Wc
Capacités de stockage des accumulateurs en Ah	6x110 Ah	1100 Ah
Puissances des récepteurs en W	6x33 W (lampes éco)	1400 W (éclairage et PdC)
Puissance totale installée en Wc	<b>3 520 Wc</b>	
Puissance des récepteurs en W	<b>1 598 W</b>	

**III-12-7-3: Applications de l'énergie solaire :****III-12-7-3-1: Avantages :**

- Énergie électrique non polluante à l'utilisation et s'inscrit dans le principe de développement durable,
- Source d'énergie renouvelable car inépuisable à l'échelle humaine,
- Utilisables dans des sites isolés tels que le site de la STEP de N'Goussa où il n'a pas été possible de se raccorder au réseau électrique de Sone gaz.

**III-12-7-3-2 : inconvénient :**

- Le coût dépend de la puissance de crête, le coût actuel du watt crête est d'environ 700,00 DA soit environ 110 000 da/m<sup>2</sup> de cellules solaires,
- La production d'électricité ne se fait que le jour alors que la plus forte demande se fait la nuit,

**III.13: Conclusion :**

- Innovant, le traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux est un procédé optimisant le cycle naturel d'épuration de l'eau.
- Ecologique, il s'intègre parfaitement au paysage, ne requérant qu'une emprise au sol de 1.5m<sup>2</sup> à 2m<sup>2</sup> par équivalent/habitant. Sans nuisance visuelle, sonore ou olfactive pour les riverains, sans problème de stockage et de traitement de boues.
- Economique, l'entretien est réduit par rapport à des « stations d'épuration classiques » et les installations étant économes en énergie, l'utilisation des énergies propres est facilement applicable.

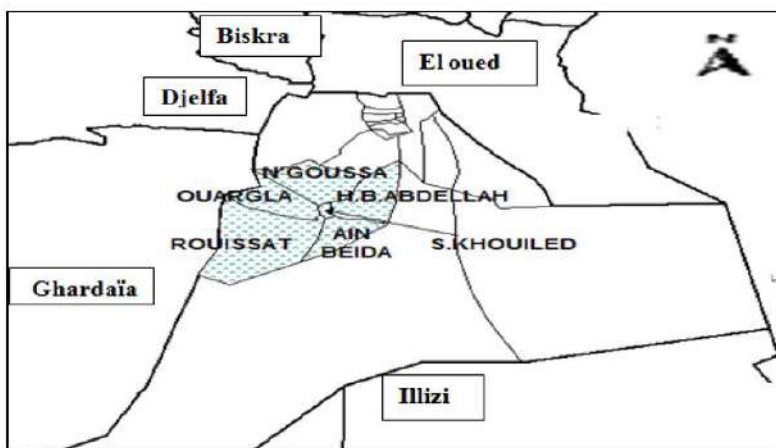
***CHAPITRE IV :***  
***Matériel***  
***Et méthodes***

**IV-1 : Aperçu :**

Durant les premiers cinq mois de l'année 2022 le protocole expérimental à concerné la station de traitement de N'goussa ou des prélèvements ont été menées à différentes profondeurs en vu d'apprécier la dynamique épuratoire sur la hauteur d'eau du bassins

**IV-2 : Site d'étude et données de base :**

La région d'Ouargla est située au Sud- Est de l'Algérie, à une distance de 850 Km de la capitale Alger. Elle couvre une superficie de 163.233Km<sup>2</sup> .Elle se trouve dans le Sud-est de (5° 19' longitude Est, 31°57' latitude Nord), elle limitée au Nord par les wilayas de Djelfa, Biskra et d'El-Oued, au Sud par les wilayas de d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (ANDI, 2014). **figure4-1**



**Figure 4-1: Carte géographique Ouargla**

**IV-3 : Emplacement de la station d'épuration :**

La commune de N'goussa située au Nord-Ouest de la wilaya d'Ouargla à une distance de 20 Km de la ville d'Ouargla. Elle couvre une superficie de 2961 Km<sup>2</sup>, Nombre d'habitant 17561 Eq /hab. N'goussa Municipalité se compose de trois grands groupes de la population sont: siège municipaux N'goussa, Elboure, Afrane. Pour cinq domaines secondaires sont: Alkhbna, Gharse Bougofala, Oglate Larbaa, Dbiche, Alkame. Figure 4-2

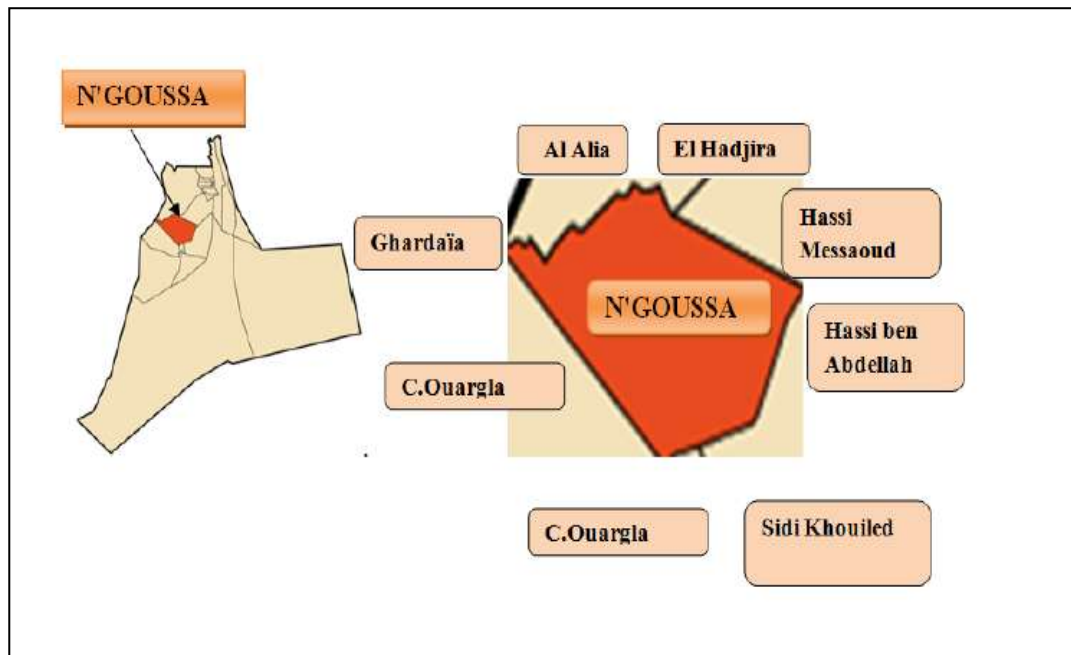


Figure 4-2 : Carte géographique de N'goussa

Elle est limitée par :

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

Elle se trouve dans  $[(4^{\circ},45)$  et  $(5^{\circ},44')$ ] longitude Est,  $[(31^{\circ},2')$  et  $(32^{\circ},39')$ ] latitude. Altitude de 115 m à 129 m (ANDI-2014).

#### **IV-4 : Présentation de la station (STEP N'goussa) :**

La station d'épuration des eaux usées par végétation située dans la commune de N'goussa. La station se situe au point le plus bas du réseau d'évacuation des eaux usées. Installé en 2010 et fonctionne depuis 2011. Utilisation de l'énergie solaire projet pilote de la STEP. Les caractéristiques des rejets sont typiquement celles d'un rejet domestique. Photo 4-3



**Photo 4-3 : STEP N'GOUSSA (Source: Google earth)**

#### **IV-5 : Objectifs :**

Les objectifs de ce chapitre est de préciser les méthodes d'analyse et présenter le matériel d'analyse, des indicateurs de pollutions (pH, la température T,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ).

#### **IV-6 : Echantillonnage :**

L'échantillonnage a porté sur les cinq premiers mois de suivi de l'année 2022. Les deux points d'échantillonnage ont été fixés en aval. De toutes les composantes de la filière de traitement.

#### **IV-7 : Les deux points d'échantillonnage ont concerne :**

- La sortie du prétraitement au niveau du répartiteur du débit (photo 4-4) pour connaître la qualité des effluents de la STEP. (Eau usée brute)
- La sortie de station . Au niveau du regard de sortie. pour connaître la qualité des effluents de la STEP après traitement. (photo 4-5 : Eau usée traitée)



**photo 4-4 Eau usée brute**



**photo 4-5 :Eau usée traitée**

Les prélèvements ont été effectués à 80 cm en dessous de la surface de l'eau et à environ 1,20m des bords dans les regards de sortie, que soit au niveau du répartiteur et au niveau de regard de sortie de la station.

#### **IV-7-1: Fréquence et mode d'échantillonnage :**

Durant les cinq mois de suivi de l'année 2022, la fréquence d'échantillonnage a été trois fois par mois au niveau des deux regards de prélèvement.

Pour avoir un échantillon moyen, des prélèvements d'un volume d'eau de deux litre sont effectués au niveau des pions de prélèvement ou trois échantillons sont à chaque fois prélevés et mélangés. C'est l'échantillon moyen.

**IV-7-2: les paramètres d'analyse et de suivi :**

Les paramètres de suivi ont concerné pour toute la filière les paramètres reportés sur le tableau (4-1)

**Tableau 4-1: Les Paramètres d'analysés**

	<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Désignation</b>	<b>Méthodes de référence</b>
05	<i>L'Ammonium</i>	mg/l	$N - NH_4$	Par la méthode (spectrophotométrie) spectrophotomètre DR.2800 Hach Lange.
07	<i>Nitrite</i>	mg/l	$N - NO_2$	
08	<i>Nitrate</i>	mg/l	$N - NO_3$	
10	<i>Température</i>	°C	<i>T</i>	Thermométrique : thermomètre électronique type Hanna
11	<i>Potentiel hydrogène</i>	Unité pH	<i>pH</i>	électrométrique PH mètre type WTW 340 I /Set , portatif et Electrode Sen Tix 41-3

**IV-7-3: Méthodes des prélèvements :**

Les prélèvements ont été réalisés conformément à la norme AFNOR NF EN 25667 (ISO 5667). Cette norme précise la méthode de prélèvement, les réactifs de fixation à utiliser, les précautions à prendre lors du transport des échantillons (réfrigération à 4 °C), etc. ....Les mesures de pH et température ont été réalisées in situ. Les échantillons prélevés ont été conditionnés selon la norme AFNOR NF EN 25667 (ISO 5667) et les résultats ont été obtenus à partir de la station de Ngoussa .

**IV-8: Procédure d'analyse :**

Les procédés d'analyse des paramètres physico-chimiques indiqués dans le tableau (4-1)

**IV-8-1: détermination de PH :**

La mesure de pH a été effectuée directement par un électrométrique PH mètre type WTW 340 I /Set , portatif et Electrode Sen Tix 41-3.

➤ **But d'analyse:**

Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

➤ **Appareillage :**

- Un pH- mètre potable.
- Solution étalon 4.7 et 10.
- Pissette eau déminéralisé



➤ **Procédure :**

- On vérifie le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- On plonge l'électrode dans la solution a analysé.
- On lit le pH à température stable
- On rince bien l'électrode après chaque usage et on conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.

**IV-8-2: détermination de la température T :**➤ **Principe:**

La valeur de la température est mesurée par la méthode électrochimique de résistance à l'aide Thermométrique : thermomètre électronique type Hanna avec sonde de température intégrée).

**IV-8-3: détermination de la teneur de  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  :**

Les nitrates et les nitrites, l'ammonium ont été dosés par spectrométrie UV/ visible (DR.2800Hach Lange.). ISO 7150/1-1984 (F)

**IV-8-4: détermination de la teneur de  $\text{NO}_2^-$  :****Réactifs :**➤ **Solution de nettoyage :**

Solution d'acide chlorhydrique (à  $d= 1.12 \text{ g} = 25\%$ ).

➤ **Solution du réactif :**

Sulfamide  $\text{C}_6\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2\text{S} \dots \dots \dots 20\text{g}$

A dissoudre dans un mélange de 50 ml d'acide phosphorique ( $d= 1.71 \text{ g/ml} = 85\%$  de masse) et 250 ml d'eau distillée.

Dans cette solution on dissout 1 g de N-(1-naphtyl)- éthylénediamine-dichlorohydrate ( $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ )

Et on complète avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de 500 ml solution est stable pendant un mois si l'on garde à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et  $4^\circ\text{C}$  au réfrigérateur.

➤ **Solution d'acide phosphorique :**

Dans une fiole jaugée (de 250 ml) on dissout 25 ml d'acide phosphorique ( $1.71 \text{ g/ml} = 85\%$  en masse) dans 150 ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250 ml.

➤ **Solution standard de 100 mg/l :**

On dissout 0.492 de Nitrites de Sodium ( $\text{NaNO}_2$ ) séché pendant 2h à  $105^\circ\text{C}$  dans 750 ml d'eau distillée et on la complète à 1l.  $1\text{ml} = 100\text{gr} = 0.1\text{ mg de N-NO}_2^-$ . Cette solution est stable pendant un mois à l'obscurité et à  $4^\circ\text{C}$ .

➤ **Prélèvement et préparation des échantillons**

On conserve l'échantillon à  $4^\circ\text{C}$  et on effectue le dosage dans les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, on ajoute une goutte de chloroforme à l'échantillon. Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre.

➤ **Mode opératoire :**

Dans le cas d'échantillons troublés, il faut filtrer ceux-ci sur un filtre à membrane de 0,45Mm. Et on a introduit 40ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugée de 50ml.

On ajoute 1ml de la solution du réactif, bien mélangé. Et on vérifie que le PH soit 1,9 (à un PH on ajoute de l'acide phosphorique). On complète avec de l'eau distillée à 50ml et bien mélangée.

Et on mesure l'extinction après 20 à 30 mn à une longueur d'onde = 540 nm dans une cuvette de 1 cm. Le blanc étant composé d'eau distillée, traité de la même manière que les échantillons.

➤ **Expression des résultats :**

La valeur donnée par le Spectrophotomètre correspond à la concentration en  $\text{N-NO}_2^-$  donc pour avoir la concentration en  $\text{NO}_2^-$  on doit multiplier la valeur par 3,29.

**IV-8-5: détermination de la teneur de  $\text{NO}_3^-$  :**

**Réactifs :**

➤ **Mélange acide :** On mélange avec précaution 500 + ou - 5ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

( $d = 1,84$ ) et 500 + ou - 5ml d'acide ortho phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$   $d=1,69$ ) dans un bêcher en verre de 2 litres de capacité, on ajoute 0,040g d'acide amidosulfonique. Et on la conserve dans une bouteille bouchée en verre. Cette solution est indéfiniment stable.

➤ **Diméthyle-2,6 phénol :** solution à 1,2g/l : on dissout 1,2 + ou -0,1g de dimethyl-2,6 phénol

( $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$ ) dans 1000 + ou -10ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$   $d=1,05$ ).

➤ **Gamme d'étalonnage :**

➤ **Solution-mère :** On dissout 7,218 + ou - 0,001g de nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ), préalablement séché à  $105^\circ\text{C}$  pendant au moins 2 H, dans 750 ml d'eau environ dans une

fiolle jaugée de 1000 ml. Et on complète le volume avec de l'eau. On conserve la solution dans une bouteille en verre pendant 2 mois seulement.

- **Solution intermédiaire à 100mg/l :** On transvase à la pipette 50ml de la solution-mère dans une fiolle jaugée de 500mg/l et on complète le volume avec de l'eau. On conserve cette solution dans une bouteille en verre pendant un mois seulement, 1ml de cette solution correspond à 1,1 mg d'azote de Nitrate.
- **Solutions standards :** Dans une série de fioles jaugées de 100 ml on prépare à partir de la solution intermédiaire, des solutions filles à des concentrations allant de 01 à 25mg/l d'Azote de Nitrate comme suit :

- 1mg/l : on prélève 1 ml	15mg/l : on prélève 15 ml
- 5mg/l : « « 5 ml	20mg/l : « « 20 ml
- 10mg/l : « « 10 ml	25mg/l : « « 25ml

On complète à 100ml et on conserve ces solutions dans des bouteilles en verre pendant 1 semaine.

- **Mode opératoire :** A l'aide d'une pipette pourvue d'une poire, on introduit 35 ml du mélange acide dans série de fioles coniques sèches de 100 ml. On introduit dans chaque fiolle à l'aide d'une pipette ,5ml des solutions d'étalonnage, puis 5ml de la solution de diméthyle-2,6 phénol. Et on mélange soigneusement le contenu de la fiolle

par agitation circulaire et on laisse reposer pendant 10 à 60mn. On effectue un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5ml d'eau à la place de la prise d'essai, ainsi que pour l'échantillon

- **Expression des résultats :** La concentration en Azote Nitrate est la valeur donnée par le Spéctro à une longueur d'onde de 324 nm, quant à la concentration en Nitrate =  $N-NO_3^- * 4,427$

#### IV-8-6: détermination de la teneur de $NH_4^+$ :

*L'ammonium constitue la forme réduite de l'azote*

- **Détermination :** Il existe plusieurs méthodes de détermination de la concentration de l'ammonium. Nous avons utilisé la méthode potentiométrique. (DR/ 2800 Hach Lange spectrophotométrie)
- **Mode opératoire :**
- **Solutions étalons :** chlorures d'ammonium  $(NH_4)_2SO_4^-$  ou le sulfate d'ammonium
- **Etalonnage :** Préparation des solutions – étalons :

Pour préparer une solution de 0,1 g/l d'azote ammoniacal, on pèse 0,4717 g de sulfate

d'ammonium sécher à 105°C pendant 1 heure qu'on dissout dans 1 L d'eau distillée.

On aura ainsi une solution –mère de 100 mg/L (0,1 mg/ml).

On pipette 10 ml de la solution –mère qu'on met dans 1 L d'eau distillée pour avoir une solution intermédiaire de 1 mg/l.

On prend dans une série de fiole jaugée de 50 ml :

4ml ; 8ml ; 12ml ; 16ml ; 20ml et 24ml de la solution intermédiaire.

On complète à 40 ml avec de l'eau distillée.

On aura les concentrations suivantes : 0,1mg/l ; 0,2mg/l ; 0,3mg/l ; 0,4mg/l ; 0,5mg/l et **0,6** mg/l.

On ajoute 4,00 +/- 0,05 ml de réactif coloré et homogénéiser. On ajoute ensuite 4,00 +/- 0,05ml de la solution dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Diluer au trait de repère avec de l'eau. Agiter vigoureusement la fiole et la placer dans un bain d'eau maintenu à 25°C. On Laisse au repos pendant au moins 60 mn.

- **Essai à blanc** : On procède comme décrit précédemment, mais en utilisant 40 ml d'eau distillée à la place de prise d'essai.
- **Préparation de l'échantillon** : On Filtre, selon la teneur en ammonium attendue, jusqu'à 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml de la solution de salicylate et mélanger. Le PH de la solution doit être de 12,6 ; ce qui est le cas pour les eaux neutres puis ajouter, comme pour les solutions standard, 4 ml de la solution de réactif et, compléter la fiole jusqu'à la jauge. Garder la fiole dans un bain-marie à 25°C pendant 1 heure et mesurer ensuite à une longueur d'onde de 655 nm avec le spectrophotomètre.(DR 2800 Hach Lange )

**V-1 : Introduction :**

Pour faire une lecture générale des tendances évolutives des concentrations des différents paramètres (Température,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , pH) .Nous avons procédé aux présentées de leur évolution en fonction du temps à l'entrée et la sortie de la STEP allant de (5-1)à (5-5).

Les performances épuratoires ont été appréciées sur la base des abattements des différents paramètres entre la sortie et l'entrée de la STEP. Les abattements ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{Abattement (\%)} = \frac{C_E - C_S}{C_E} \times 100 = 100 \quad (5-1)$$

Avec :

- $C_E$  concentration moyenne de pollution à l'entrée de la STEP.
- $C_S$  concentration de pollution à la sortie de la STEP.

**V-2 : qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP :**

les concentrations des paramètres de polluants des eaux usées étudiées à l'entrée et à la sortie de la STEP fluctuent entre des Valeurs minimales et des Valeurs maximales regroupés dans les :

Tableaux allant de (5-1 à 5-5)

**V-3 : Evaluation de pH durant les cinq mois :****V-3-1 : Interprétation :**

L'évolution du pH est présentée dans les *Tableaux...5-1 et 5-2*

Les moyennes pour l'entrée du bassin sont calculées pour 11a profondeur 30 cm le pH se basifie au cours du temps, il augmente et atteint 8.48 après 5 mois (mai) cette augmentation s'explique par l'activité photosynthétique des algues dans l'entrée du bassin. Dans le bassin le profil du pH évolue légèrement vers des valeurs acides (6.60- 7.20 ) à la sortie du bassin avec une diminution de 1.28

Ces résultats sont en accord avec les travaux de *Awuah et al.* qui montrent que l'ordre de décroissance du pH peut atteindre 2 unités lorsque la durée de culture atteint 4 semaines. [54],[55]

La baisse de pH ne pas affecter le développement de la plante car c'est en milieu acide que sa croissance est optimale [56],[57],[58].;Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette

baisse de PH. On peut citer :

- l'accumulation de  $H^+$  suit a l'activité des bactéries nitrifiantes.
- l'accumulation de  $CO_2$  due au métabolisme des plantes où a la dégradation de la matière organique par les bactéries hétérotrophes.[05],[50]; [18].
- la production d'ions  $H^+$  par la plante. [15], [42].

Pour compenser le prélèvement de certains cations (nutrition minérale).

et enfin la sécrétion d'exsudats (acides organiques) au niveau des racines des plantes [15], [24].

**Tableau 5-1 : Evaluation de pH durant les Cinq mois/ l'entrée du bassin**

	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI
pH	07,75	07,77	07,77	07,88	08,48

**Tableau 5-2 : Evaluation de PH durant Cinq mois / sortie du bassin :**

	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI
pH	06,90	07,10	06,88	06,88	07,20

**V-4 : Evaluation de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>mg/l dans le Temps****Tableau 5-3 : Evaluation le taux d'épuration de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> durant les Cinq mois**

<i>Les Résultats d'analyses</i>					
t=0j le 22/01/2022 le teneur de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> à l'entrée du bassin = 10.8 mg/l					
<i>Mois</i>	<i>Date</i>	<i>Entrée du bassin</i>	<i>sortie du bassin</i>	<i>Charge éliminée</i>	<i>Taux d'épuration</i>
janvier	22/01/2022	10.8	1	9.25	86 %
<b>fevrier</b>	01/02/2022	12.9	1.19	9.22	72 %
	08/02/2022	11.3	1.04	9.20	82 %
	15/02/2022	8.70	0.8	7.90	91 %
<b>Mars</b>	02/03/2022	14.2	1.3	12.90	91 %
	09/03/2022	12.6	1.16	11.44	91 %
	16/03/2022	13.9	1.28	12.62	91 %
<b>Avril</b>	02/04/2022	10.7	0.99	9.71	91 %
	09/04/2022	10.2	0.94	9.26	91 %
	16/04/2022	9.8	0.90	8.90	91 %
<b>Mai</b>	02/05/2022	12	1.11	10.89	91 %
	09/05/2022	14	1.29	12.71	91 %
	16/05/2022	16	1.48	14.52	91 %
MOY	/	12.09	1.12	10.97	91 %

$$\text{Charge éliminée} = C_S / C_E \times (100)$$

**V-4-1 : Discussion des Résultats :**

Le suivi d'élimination des matières polluantes des eaux usées à l'aide des plantes, à travers (les bassins de macrophytes de N'goussa) démontre l'élimination de teneur des  $\text{N-NH}_4^+$  de l'entrée des bassins vers la sortie des bassins ceci a été prouvé par les valeurs obtenues du **tableau 5-3** qui correspondent totalement aux charges éliminées durant les cinq mois du suivi et on a constaté les résultats suivants à l'annexe au tableau (5-4):

**Tableau 5-4 : Evaluation le taux d'épuration maximal de  $\text{N-NH}_4^+$  durant les Cinq mois**

Temps	Taux d'épuration maximal
Janvier	86 %
Février	81.67 %
Mars	91 %
Avril	91 %
Mai	91 %

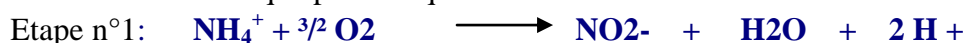
Le taux d'épuration pendant les cinq mois est limité par une valeur maximale 91% ce qui nous permet de juger que l'épuration des eaux usées domestiques dans les bassins en ce qui concerne *L'Azote ammoniacal* est excellente

Celle-ci revient aux fonctions faites par les plantes dans les bassins, et on va les résumer comme suit :

L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs. En général l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation

Les rendements d'élimination de  $\text{N-NH}_4^+$  augmentent régulièrement avec le temps de séjour, et ceci quelle que soit le Volume d'eau usée dans les bassins jusqu'à un taux maximal le 100% ce résultat peut être justifié par les raisons suivantes :

- la cinétique d'élimination de l'ammonium est souvent approchée par une cinétique de premier ordre [33], [30], [38]
- Par ailleurs, le prélèvement d'azote par les plantes est constant quelle que soit le volume d'eau dans le bassin.
- Les conditions de nitrification de l'azote est l'une des réactions qui contribuent à l'élimination de l'ammonium dans le bassin d'épuration, elle transforme l'ammonium en nitrate qui peut être ensuite éliminé par dénitrification. La nitrification se déroule en deux étapes réalisées par deux groupes de bactéries, comme indiqué par les équations.





Etape n° 2:  $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$

La première étape est effectuée par les bactéries du genre nitrosomonas et la seconde étape par le genre Nitrobacter.

### V-5 : Evaluation de $\text{N-NO}_3^-$ mg/l dans le Temps :

Tableau 5-5 : Evaluation le taux d'épuration de  $\text{N-NO}_3^-$  durant les Cinq mois

<i>Les Résultats d'analyses</i>					
t=0j le 22/01/2022 le teneur de $\text{N-NO}_3^-$ à l'entrée du bassin = 29.16 mg/l					
<i>Mois</i>	<i>Date</i>	<i>l'entrée du bassin</i>	<i>sortie du bassin</i>	<i>Charge éliminer</i>	<i>Taux depuration</i>
janvier	22/01/2022	29.16	12	17.16	59 %
<i>fevrier</i>	01/02/2022	30	13	17	57 %
	08/02/2022	18	0.64	17.36	97 %
	15/02/2022	17.9	0.60	17.30	97 %
<i>Mars</i>	02/03/2022	32.5	9.3	23.20	72 %
	09/03/2022	23.8	16.9	6.90	29 %
	16/03/2022	29	09.01	19.99	69 %
<i>Avril</i>	02/04/2022	28.6	17.8	10.80	38 %
	09/04/2022	33.4	16.91	16.70	50 %
	16/04/2022	32.8	19.01	13.79	42 %
<i>Mai</i>	02/05/2022	32	23.25	8.64	27 %
	09/05/2022	30	17.6	12.40	42 %
	16/05/2022	31	20.8	10.20	33 %
MOY	/	28.32	13.61	14.71	52 %

**V-5-1 : Discussion des Résultats :**

La charge éliminée pendant le suivi dans le laboratoire durant les cinq mois concernant le polluant  $\text{N-NO}_3^-$  varient entre une valeur 29.36 mg / l maximale et une valeur 9.20 mg / l minimale on les démontre comme suit :

**Tableau 5-6 : Evaluation le taux d'épuration maximal de  $\text{N-NO}_3^-$  durant les Cinq mois**

Temps	Taux d'épuration maximal
Janvier	59 %
Février	83.67 %
Mars	43.34 %
Avril	43.34%
Mai	34 %

Ces variations concernant les charges éliminées et les taux d'épuration relatifs à ces variations reviennent aux plusieurs facteurs, on cite à titre d'exemple les facteurs suivants :

- L'assimilation des nitrates semble être contrôlée par un processus enzymatique [40], [41]
- le prélèvement des nitrates par les plantes se déroule seulement le jour lors de la photosynthèse. Une autre étude montre par ailleurs qu'une forte concentration d'ammonium peut inhiber la formation des nitrates réductases et empêcher ainsi l'assimilation des nitrates par la plante. [48]
- L'évolution de nitrate indique une diminution de leur quantité après phytoépuration s'explique par les quantités d'azote organique éliminées dans les bassins par piégeage dans les racines par mécanisme varie entre 34 % et 83.67 % **Tableau 5-6**
- Les mécanismes responsables de l'élimination de l'azote organique restant peuvent être la nitrification dénitrification ou l'oxydation anaérobie de l'a

**V-6 : Evaluation de N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l dans le Temps :****Tableau 5-7 : Evaluation le taux d'épuration de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l durant les Cinq mois**

<i>Les Résultats d'analyses</i>					
t=0j le 22/01/2022 le teneur de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> à l'entrée du bassin = 2.34 mg/l					
<i>Mois</i>	<i>Date</i>	<i>l'entrée du bassin</i>	<i>sortie du bassin</i>	<i>Charge éliminer</i>	<i>Taux d'épuration</i>
<b>janvier</b>	22/01/2022	2.34	0.17	2.17	93 %
<b>fevrier</b>	01/02/2022	0.71	0.28	0.43	61 %
	08/02/2022	2.1	0.38	01.72	56 %
	15/02/2022	1.15	0.31	0.84	73 %
<b>Mars</b>	02/03/2022	1.03	0.54	0.49	48 %
	09/03/2022	0.181	0.075	0.11	61 %
	16/03/2022	0.125	0.060	0.07	56 %
<b>Avril</b>	02/04/2022	1.04	0.09	0.95	92 %
	09/04/2022	1.21	0.21	1.00	83 %
	16/04/2022	2.1	0.65	1.45	69 %
<b>Mai</b>	02/05/2022	0.915	0.641	0.28	31 %
	09/05/2022	0.981	0.667	0.32	33 %
	16/05/2022	0.952	0.612	0.34	36 %
MOY	/	0.99	0.36	0.63	64 %

Charge éliminer = C<sub>S</sub> / C<sub>E</sub>

**V-6-1 : Discussion des Résultats :**

Le degré d'épuration du polluant  $N-NO_2^-$ . Le montre les pourcentages d'épuration selon les valeurs des teneurs éliminées obtenues du ( **tableau 13** ) et le taux maximal d'épuration est présenté ci-dessous

**Tableau 5-8 : Evaluation le taux d'épuration maximal de  $N-NO_2^-$  durant les Cinq mois**

Temps	Taux d'épuration maximal
Janvier	93 %
Février	63.34 %
Mars	81.34 %
Avril	81.34%
Mai	33.34 %

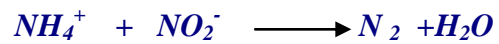
la charge éliminée la plus élevée de  $N-NO_2^-$  était dans le mois de Janvier 2.17 mg/l pour un pourcentage d'épuration maximal 93 % mais la valeur minimale de teneur éliminée est de 0.07 mg/l dans le mois de mars pour à un pourcentage d'épuration 56 %. Le taux d'épuration pendant les cinq mois est limité entre une valeur maximale 93 % et une valeur minimale de 33.34 %, ce qui nous permet de juger que l'épuration des eaux usée domestique dans les bassins plantées en ce concerne  $N-NO_2^-$  est excellente

Ce qui prouve que les plantes ont un rôle efficace dans l'épuration des eaux de la matière  $N-NO_2^-$ . Ce dernier est relatif ou bien revient aux facteurs suivants :

-Les différentes réactions qui conduisent à l'élimination de l'azote sont l'ammonification (transformation de l'azote organique en ammonium), la nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrate), la volatilisation (transformation de l'ammonium en ammoniac) et la dénitrification (réduction des nitrates en azote gazeux,  $N_2$ ). Chacune des ces réactions est dépendante de l'état d'oxydation du milieu et de la disponibilité en oxygène dissous. En présence de plantes, les principales réactions d'élimination de l'azote sont la nitrification/dénitrification et l'assimilation par les végétaux [07], [14], [47].

- La dénitrification suivant la réaction :  $NO_2^- + 0.5 O_2 \longrightarrow NO_3^-$

- Et l'oxydation de l'ammonium en azote élémentaire suivant la réaction :



- L'évolution de nitrite indiquée qu'une dénitrification a lieu est effectuée par le genre Nitrobacter. Ces bactéries utilisent l'énergie générée par des réactions pour leur métabolisme. Ce sont des réactions strictement aérobies. Comme toute réaction effectuée par les micro-organismes, le rendement de la dénitrification est directement proportionnel à la croissance des bactéries dénitrifiantes. S'explique par la diminution de la matière organique car le nitrite provient de la matière organique présente dans les eaux usées.

**Conclusion générale**

### *Conclusion générale :*

Notre travail qui a porté sur l'évaluation de l'efficacité épuratoire du projet d'épuration des eaux usées de la ville de N'goussa par phytoépuration.

Les résultats que nous avons obtenu durant un suivi qui a duré du mois de janvier au mois de Mai, démontrent clairement l'efficacité d'un tel système pour des le traitement des usées urbaines d'une petite agglomeration.

L'abattement de la pollution particularized atteint L'abattement de la pollution azotée atteint 89.63 % pour les nitrites et 67.93 % pour les nitrates.. et pour le  $\text{NH}_4^+$  et totalement réduit 100%.

Vu ces résultats nous recommandons, que cette expérience soit élargie à d'autres localités.

***Références  
bibliographiques***



### Références bibliographiques :

[01]- Ayaz, S.: Akca, L. 2001: Treatment of Wastewater y natural systems. Environnement international.26, 189-195..

[02]- (ANDI-2014)

[03]- AGENCES DE L'EAU, (1993) : Groupe français « macrophytes et traitement des eaux », Agences de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse et Rhin Meuse, juin 2005, Épuration des eaux usées

domestiques par filtres plantés de macrophytes – Recommandations techniques pour la conception et la réalisation.

[04]- AERM, 2007. Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse.120p. Témacin.Ouargla, 105P

[05]- Action, R. H. (1976). "Some effects of water lettuce (*Pistia stratiotes*, L.) On its habitat." 6 p Hydrobiologie 50(3): 245-254.

[06]- BACHI O, 2010. Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de TEMACINE .mémoire de Magister, uni d'Ouargla, 11p

[07]- Bricks, H. (I 994).Functions of macrophytes in constructed wetlands. "Water Science and Technology" 29 (5):11-17.

[08]- Bricks. H. (1997). " Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands ? " Water Science and technology 35(5) : 11-17.

[09]- BACHI O.E.K, 2010. Mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister thème diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du gardian d'épuration de station du vieux ksar.

[10]- BOUHANNA A, 2014. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister sur Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne..

[11]- BERLAND J.M., BOUTIN C., MOLLE P., COOPER P. (2001): Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 éq-hab): mise en oeuvre de la directive du Conseil n° 91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Luxembourg: Office international de l'eau, 41p.

- [12]- Boon A.G. (1985), Report of a visit by members and staff of WRc to Germany to investigate the root zone method for treatment of wastewaters. WRc Report 376-S/I , Stevenage, UK.
- [13]- Brix, H. (1987) , Treatment of wastewater in the rhizosphère of wetland plants - the roots-zone method, Wat. Sci. Tech. 19, 107- 118.
- [14]- Brix, H.1997 : Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands ? Water science and technology. 35, 11-17.
- [15]- Bowes, G. and Beer, S. (1987). Physiological plant processes : photosynthesis. Aquatic plant for wastewater treatment and resource recovery. Smith, W. H. Orlando, Magnolia publishing Inc. :311-335.
- Cooper P (1996) , Reed beds & Constructed Wetlands for wastewater treatment. S.T.VV.VVRC, Ed.
- [16]- Deshayes, M., (2008). Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés. Mémoire de Projet de Fin d'Etudes, Université de Starsbourg, France.79p
- [17]- DOULAYE K, 2002 : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement, thèse N2653. DEP en sciences de l'environnement, fondation universitaire luxembourgeoise, Arlon Belgique et de matonalite ivoirien, 170 P.
- [18]- Edeline, F. (1993). L'épuration biologique des eaux théorie et technologie des réacteurs. Liège, Cebedoc Editeur (etc.) 303p.
- [19]- -FELIX M, BRUNO NANTOINE R ,2013 . Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort p7.
- [20]- Faby, J.A., (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Document technique, FNDAE, Hors série n°11, 80 pp.
- [21]- Gomella, C et Guérée, H., (1978). Les eaux usées dans les agglomérations(traitement).Edition Eyrolles
- [22]- Grosclaude, G., (1999). L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p
- [23]- Grommaire-Mertz, M.C., (1998). La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire, Caractéristiques et origines. Thèse. Ecole nationale de ponts et chaussées.
- [24]- Good, B. J. and Patrick Jr., W. H. (1987). Root-Water-Sediment Interface Processes. Aquatic ci)plant for wuter treatment and resource recovery. Reddy, K.

R. and Smith, W. H. j Orlando, Mangnolia Publishing Inc.: 359-34.

[25]- HADJ-SADOK Z. M, (1999) : Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau, Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de

l'ingénieur, Université de Nice – Sophia Antipolis, France :

- Gérard Calvat « les réseaux et l'assainissement ».

- Guide Technique de l'assainissement 2eme édition .

[28]- U.N.E.S.C.O (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la

[29]- ( Culture ) , 2008 . Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de -l'UNESCO à Rabat , Bureau Multi-pays pour le Maghreb..

[30]- IWA (2000). International Water Association. Constructed Wetlands for pollution control 0 Process,

Performances, design and Operation. London, Iwa. 156 p.

[31]- Jetten, M. S.M.(2002). 'Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria- competitors or natural partners ?' FEMS Microbiology Ecology 39(3) :175-181.

[32]- Jetten, M. S., Wagner, M., Fuerst, J., van Loosdrecht, M., Kuenen, G. and Strous, M. (2001) . "Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process." Current Opinion in Biotechnology 12(3): 283-288.

[33]- Kadlec, R.H. and Knight, R.L. (1996). Treatment wetlands. Boca Raton, FL (etc.), Lewis Publishers.893p.

[34]- KHATTABI H, 2002.Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologique et hydrobiologique pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont(Belfort ,France).Thèse de Doctorat de 3ème cycle .L'Institut des sciences de l'Environnement .p152.

[35]- Koné, D. 2002. Epuration des usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement Thèse N°2653. Lausanne. EPFL. Pp :17-30-31.

[36]- Kadlec, R.H. Knight R.L.,Vymazal J., Brix H., Cooper P., Haber! R. (2000) Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation. IWA Publishing. Scientific and Technical Report N°8.

[37]- Kumar, P. and Garde R.J. (1989). : " Potentials of water hyacinth for sewage treatment. " Journal Water Pollution Control Federation 61(11-12) : 1702-1706.

- [38]- Lin, Y.-F., Jing, S.-R., Lee, D.-Y. and Wang, T.-W. (2002). 'Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system.' *Aquaculture* 209(1-4) :169-184.
- [39]- Marsteiner (1996) , The influence of macrophytes on subsurface flow . wetland hydraulics, 5' International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vienna.
- [40]- Musil, C. F. and Breen, C. M. (1977) . "The application of Growth kinetics to the control of *Eichhornia crassipes* (Marts) Sloms. through nutrient removal by mechanical harvesting." *Hydrobiol.* 53(2): 165-171.
- [41]- Nelson, S. G., Smith, B. D. and Best, B. R. (1981). "Kinetics of nitrate and ammonium uptake by the tropical freshwater macrophyte *Pistia stratiotes* L." *Aquaculture* 24: 11-19
- [42]- Ndzomo, G. T., Ndoumou, D. O. and Awah, A. T. (1994). 'Effect of Fe-2+, Mn-2+, Zn-2+, and Pb-2+ on H<sup>+</sup>/k<sup>+</sup> fluxes in excised *Pistia stratiotes* roots.' *Biologia Plantarum Prague* 36(4) :591-597.
- [43]- Rejsek, F., (2002). *Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques*. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- [44]- Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Chambon P, Champsaur H, Rodi L. (2005). *The analysis of water: natural water, wastewater, seawater 8ème édition*. DUNOD. Paris, p. 1383.
- [45]- Reddy, K. R. ( 1984 b) :“ Water Hyacinth (*Eichhornia-Crassipes*) Biomass Production in Florida.” *Biomass* 6(1-2) : 167-181.
- [46]- Regsek F, (2002), *analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques*, Edition scréréen CRDPA quitaine, Bordeaux.
- [47]- Reddy, K. R. and D'Angelo, E. M. (1997) ."Biogeochemical indicators to evaluate pollutantremoval efficiency in constructed wetlands." *Water Sci. Technol.* 35(5): 1-10.
- [48]- Reddy, K. R. and Debusk , T. A. (1987) . Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*. Reddy, K. R. and Smith, W. D. Orlando, Mangnolia Publishing Inc. : 337-357.
- [49]- Scholz, M. ; Hohn, P and al. 2002. Mature experimental constructed welandts treating urban water receiving high metal moads. *Biotechnol. Prog.* 18:1257-1264.
- [50]- Sridhar, M. K. C. and Sharma, B. M. (1985) . Some observations on the oxygen changes in

a lake covered with *Pistia stratiotes* L." *Water Res* 19(7): 935-939.

[51]-Sonune, A., Ghate, R., (2004). Developments in wastewater treatment methods.

*Desalination* 167, 55e63.

[52]- Sites internet :[https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich19\\_1.htm](https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich19_1.htm).

[53]- Vyamazal.J. et al (1998), constructed wastewater treatment in Europe; Backhuys Publisher, Leiden.

[54]-Awuah, E., Anohene, F., Asante, K., Lubberding, H. and Gijzen, H. (2001). "Environmental 4conditions and pathogen removal in macrophyte - and algal-based domestic wastewater

[55]-Awuah, E., Lubberding , H. J., Asante, K. and Gijzen , H. J. (2002). The effect of pH on a enterococci removal in *Pistia* , duckweed- and algae-based stabilization ponds for :domestic wastewater treatment." *Water Sci Technol* 45(1): 67-74.

[56]-Goal , B. (1987). *Water hyacinth*. Amsterdam [etc.], Elsevier. 471 p.

[57]-Sharma, B. M. and Sridhar, M. K. C. (1989). "Growth-Characteristics of Water Lettuce ( *Pistia-Stratiotes* L) in Southwest Nigeria." *Archly Fur Hydrobiologie* 115(2): 305-312.

[58]- Khedr , H. A. and Serag, M. S. (1998). 'Environmental influences on the distribution an Abuandance of Water lettuce ( *Pistia stratiotes* L.) in Egypt.' *Limnologica* 28(4) : 387-393.

# ***Annexes***

**Annexe (01) : Les normes****Tableau N° 01 : Normes de rejet de l'OMS et celle de l'Algérie (in Ladjel, 2006).**

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

Tableau N°02 : Prescriptions relatives aux rejets provenant des stations d'épuration des eaux urbaines résiduaires, d'après le journal officiel des communautés européennes (S.T.E.P.Ouargla, 2012).

Paramètre	Concentration	Pourcentage minimal de réduction(1)	Méthode de mesure de référence
Demande biochimique en oxygène (DBO5 à 20°C) sans nitrification (2)	25mg/l O2	70-90	Échantillon homogénéisé, non filtré, non décanté. Détermination de l'oxygène dissous avant et après une incubation de 5 jours à 20°C + 1°C dans l'obscurité complète. Addition d'un inhibiteur de nitrification.
demande chimique en oxygène DCO	125mg/L O2	75	Échantillon homogénéisé, non filtré, non décanté. Bichromate de potassium.
Total des matières solides en suspension	35mg/l(3)	90(3)	-filtration d'un échantillon représentatif sur une membrane de 0.45 µm, séchage à 105°C et pesée. -Centrifugation d'un échantillon représentatif (pendant 5 minutes au moins, avec accélération moyenne de 2 800 à 3 200g, séchage à 105°C, pesée.

1. Réduction par rapport aux valeurs à l'entrée.

2. Ce paramètre peut être remplacé par un autre : carbone organique total (COT), ou

Demande totale en oxygène(DTO), si une relation peut être établie entre la DBO5 et le Paramètre de substitution.



Tableau N° 03 : les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JournalOfficiel de la République Algérienne ,1993).

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Température	°C	30
pH		6,5-8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphor total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercuré total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluors et composés	mg/l	15

**Annexe(02) : photos des appareils et réactifs :**



**Photo N° 01: pH mètre**



**Photo N° 02 : Oxymètre**



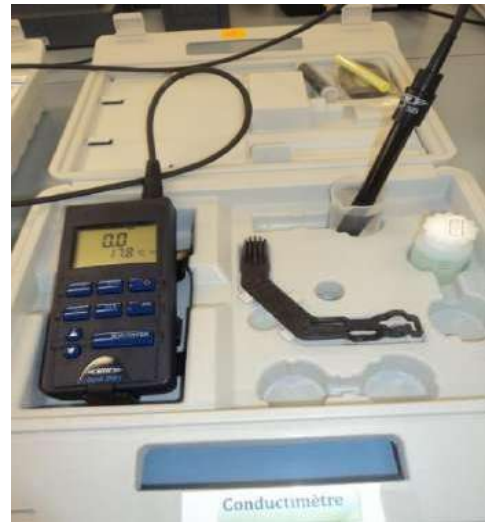
**Photo N° 03 : Étuve (MEMMERT, UNB)**



**Photo N°04: Balance de précision  
Électronique (KERN, ABT)**



**Photo N° 05 : DBO-mètre**



**Photo N°06 : Conductimètre**



**Photo N° 07: Réacteur**  
Spectrophotomètre(HACH, LANGE)



**Photo N° 08 : Réactifs**



**Photo N° 09:**  
(DR2800)

---

## *Dégradation de la pollution azotée des eaux usées domestique de la ville de N'GOUSSA (Algérie) par phétoépuration cas de station de N'GOUSSA*

### **Résumé :**

La station de purification de N'goussa est une station de zones humides souterraines à grande échelle qui a été conçue, mise en œuvre et exploitée pendant près de 10 ans pour le traitement de véritables eaux usées municipales. Une unité fonctionne en écoulement vertical (VFCW) d'une superficie de 22750 m<sup>2</sup>, l'unité de zones humides fonctionne à une charge hydraulique de 1743 m<sup>3</sup> / j et à une température variant de 15 à 38 degrés C. Sa **capacité d'épuration: est de** 11000 Eq/hab.

L'unité de N'goussa a été plantée avec un type de plante à savoir; **plantés de roseaux** (*phragmites australis*). Le suivi et l'évaluation des performances de l'unité ont été réalisés par le biais d'analyses physico-chimiques et biologiques régulières des eaux usées d'entrée et de sortie. De plus, l'absorption d'éléments nutritifs dans les plantes a également été mesurée. Les résultats ont indiqué des suppressions significatives de différents polluants dans les HFCW en termes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Les efficacités d'élimination moyennes dans les VFCW étaient de 100 %, 67,93 % et 89,63%, respectivement. Cependant, le VFCW s'est avéré plus efficace non seulement pour l'élimination de la DCO, de la DBO<sub>5</sub> et (MES) mais aussi pour la nitrification en raison du flux vertical de marée, qui permet la pénétration de plus d'oxygène, en plus de sa petite taille et de sa longue durée de rétention. Le taux d'élimination de l'ammoniac par nitrification a atteint 73,81% dans le VFCW.. De plus, les résultats indiquent que les plantes ont survécu pendant près de 5 mois et que leur croissance dépend du type de terres humides construites (CW) utilisées. En conclusion, le VFCW s'est avéré plus efficace pour le traitement des eaux usées.

---

## Degradation of nitrogen pollution of domestic wastewater in the city of N'GOUSSA

### (Algeria) by pheto-purification case of N'GOUSSA station

#### **Abstract:**

The N'goussa East wastewater treatment plant. a large-scale underground wetland station was designed, implemented and operated for almost 10 years for the treatment of real municipal wastewater. A unit operates in vertical flow (VFCW) with an area of 22750 m<sup>2</sup>, The wetland unit operates at a hydraulic head of 1743 m<sup>3</sup> / d and at a temperature varying from 15 to 38 degrees C. Its purification capacity : is 11000 Eq/inhab.

The N'goussa unit was planted with one type of plant namely; planted with reeds (*phragmites australis*). Monitoring and evaluation of the unit's performance was carried out through regular physico-chemical and biological analyzes of the inlet and outlet wastewater. In addition, nutrient uptake in plants was also measured. The results indicated significant removals of different pollutants in HFCWs in terms of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. The average removal efficiencies in VFCWs were 100%, 67.93%, and 89.63%, respectively. However, VFCW was found to be more effective not only for COD, BOD<sub>5</sub> and (SS) removal but also for nitrification due to the vertical tidal flow, which allows more oxygen to enter, in addition to its small size and long retention time. The rate of ammonia removal by nitrification reached 73.81% in the VFCW. Moreover, the results indicate that the plants survived for nearly 5 months and their growth depends on the type of constructed wetlands. (CW) used. In conclusion, VFCW was found to be more effective for wastewater treatment.

**Key words:** wastewater, treatment, phyto-purification, N'goussa, station

## نزع التلوث الأزوتي من المياه المستعملة المنزلية بواسطة نبات القصب الأسترالي دراسة حالة محطة أنقوسة ورقلة ( جنوب الجزائر )

### الملخص :

إن إنشاء محطات و وحدات تطهير المياه المستعملة حول أهم نقاط تمركز التجمعات الحضرية أو الريفية أصبح ضروري كتدابير للوقاية و للتخلص من أخطار تلوث المحيط.

و تظهر الأعمال المنجزة في المدكرات و الرسائل نتائج حسنة في تطهير المياه بواسطة النباتات، و لكن لم تشتغل أية محطة حقيقة بمستوى جيد، لأسباب مختلفة منها: غياب المعلومات عن مردود التصفية لهذا النوع من المحطات. التجربتان الوحيدتان لمعالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات تتمثل في محطة القصر العتيق لتمامسين ( ورقلة )، و محطة أنقوسة حيث إبانته هذه الأخيرة عن مردودية التصفية الحالية بشكل مقبول، بالإضافة إلى كون التركيب، التوظيف، و الصيانة أقل تكلفة و أكثر نفعا للمحيط.

أن أداءات التصفية لجهاز التصفية لمحطة أنقوسة ، منذ تشغيله أو وضعه في الخدمة (في سنة 2008) يعمل بمردود جيد حيث تفوق 100 بالنسبة لأغلبية العوامل الملوثة المستهدفة، و بنسب جيدة للتخفيضات المحسوبة هي على الترتيب الآتي : %نسبة الأداءات 80  $(NO_3^-)$  ، 67,93 %  $(NO_2^-)$  ، 89,63 %  $(NH_4^+)$  %

و هذه الأداءات في العموم قريبة من الأداءات المطلوبة في التشريع الجزائري، و يمكن تحسينها بتطوير تغطية جيدة للحوض بالنباتات . كما نسجل في هذا النظام البيئي لتصفية المياه المنزلية المستعملة لمدينة أنقوسة عدة إيجابيات: عدم استهلاك الكهرباء المضخات و المواد الكيميائية.

الكلمات المفتاحية : مياه الصرف الصحي - المعالجة - التنقية النباتية - نقوسة - محطة