

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques

Eau & Environnement

Mémoire de projet de fin d'études

Performance des filtres plantés à roseaux pour le traitement des eaux usées du Douar Asselda, Commune d'Asni (Marrakech)

Réalisé par :

ADARDOUR Meryem

BEN ABBAD Ayoub

BOUJAJA Sara

Sous la Direction de :

Mr. RHOUJJATI Ali (FST, Marrakech)

Mr. BEN ADDI Rabia (ABHT, Marrakech)

Soutenu le 19 juin 2023 devant la commission d'examen composée de :

Pr. RHOUJJATI Ali (FST, Marrakech)

Pr. KHAMLI Nadia (FST, Marrakech)

Mr. BEN ADDI Rabia (ABHT, Marrakech)

Remerciement

Tout d'abord, ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr. ALI RHOUJJATI**. On le remercie pour ça patience, sa rigueur et sa responsabilité durant notre préparation de ce projet.

Nos remerciements s'adressent aussi à notre encadrent externe **Mr. RABIA BEN ADDI**, qui malgré son emploi du temps surchargé, a toujours été à l'écoute du moindre de nos besoins et pris de temps de nous orienter tout au long de notre travail de fin d'études.

Nos sincères remerciements vont également aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

Ce projet n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif des membres de notre famille, surtout nos parents qu'ils nous ont toujours encouragé moralement et matériellement et qui on tient à les remercier.

Enfin, merci à toutes les personnes de la faculté des sciences et techniques qui ont participé à notre formation ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'agence hydraulique.....	11
Figure 2 : Situation géographique du bassin versant de Tensift (Y. Hajhouji).....	12
Figure 3 : Carte lithologique du bassin du Tensift (A. COCHET).....	14
Figure 4 : Carte d'occupation de sol et de végétation du bassin versant de Tensift (AHATTAB 2016)..	15
Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tensift (JICA,2008).	16
Figure 6 : Photo De la Vallée de Ghighaya.....	17
Figure 7 : Entretien au niveau des rampes d'alimentation de la surface d'un filtre.....	23
Figure 8 : Curage au fond de bassin de stockage (dégrilleur).....	23
Figure 9 : Schéma explicative de FPR horizontal	25
Figure 10 : schéma explicative de PFR vertical	26
Figure 11 : Station de traitement des eaux usées ASSELDA.....	29
Figure12 : Dégrilleur de station Asselda.....	30
Figure 13 : Siphon mécanique (Asselda)	30
Figure 14 : Image de siphon mécanique.....	31
Figure 15 : Regard de décompression (à gauche)et de répartition (à droite)	31
Figure 16 : Bassin d'infiltration d'Asselda (A et B)	33
Figure 17 : Regard de communication.....	34
Figure 18 : Schéma explicatif de nitrification et dénitrification sur un PFR vertical.....	34
Figure 19 : bassin de maturation (Asselda)	35
Figure 20 : Bassin de stockage Asselda.....	36
Figure 21 : Bassin stockage.....	36
Figure 22 : Irrigation par les eaux traitée	37
Figure 23 : Structure de la station d'épuration Asselda	37
Figure 24 : Paramètre Physico-chimiques	40
Figure 25 : Matière en suspension	41
Figure 26 : Taux d'abattement	41
Figure 27 : Charges polluantes	42
Figure 27 : température.....	43
Figure 28 : potentiel hydrogéné	43
Figure 29 : O ₂ dissous.....	44
Figure 30 : Conductivité.....	45
Figure 31 : Résultats d'Analyses et valeurs limites de rejet.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Géologie du bassin versant Tensift.....	13
Tableau 2 : Caractéristique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de STEP Asselda	39
Tableau 3 : Taux d'abattement	47
Tableau 4 : Charges polluantes.....	47
Tableau 5 : Résultats d'Analyses et valeurs limites de rejet	47

Liste des abréviations

FPR : Filtre planté à roseau

ABHT : Agence du Bassin Hydraulique du Tensift.

STEP : Station de Traitement des Eaux d'Épuration.

DBO₅ : Demande biologique en oxygène sur 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

MES : Matières en suspension.

BO : Bulletin Officiel

pH : Potentiel hydrogène

Résumé

Le PFE se concentre sur l'utilisation des filtres plantés à roseaux comme méthode de traitement des eaux usées domestiques dans le douar Asselda. L'objectif principal est de concevoir un système de filtres adaptés aux caractéristiques de l'eau brute et aux besoins de la communauté locale.

Une fois les systèmes de filtres plantés à roseaux mis en place, des tests et des échantillonnages réguliers sont effectués pour évaluer son efficacité. Les paramètres de qualité de l'eau telle que la réduction de la demande biochimique en oxygène (DBO), de la demande chimique en oxygène (DCO).

Outre l'évaluation de la performance, le PFE examine également les aspects économiques et environnementaux des filtres plantés à roseaux. Une analyse coût-bénéfice est réalisée pour évaluer la viabilité financière du système, tandis qu'une évaluation de l'impact environnemental est effectuée pour mesurer les avantages écologiques de cette méthode de traitement des eaux usées.

En conclusion, le PFE vise à concevoir et d'évaluer la performance des filtres plantés à roseaux pour le traitement des eaux du douar Asselda. Il met l'accent sur l'adaptation du système aux besoins locaux, la mesure de son efficacité et l'évaluation de ses aspects économiques et environnementaux.

Sommaire

Introduction.....	9
I. Présentation de L'Agence du bassin hydraulique de Tensift (ABHT) Al Haouz, Marrakech :	10
I. 1 Objectifs de l'ABHT :	10
I. 2 Missions de l'ABHT :.....	10
I. 3 Organigramme de l'ABHT :	11
II. Situation géologique et climatique du bassin versant de Tensift el Haouz el le village Asselda, Commune Asni :	11
II. 1 Situation géographique :	11
II. 2 Cadre géologique :	12
II. 3 Topographie :	14
II. 4 Contexte climatique :.....	14
II. 5 Couverture végétale et sols :	15
II. 6 Réseau hydrographique.....	15
II. 7 Présentation du village Asselda :	16
II. 7. 1 Géographie :	16
II. 7. 2 Climat :.....	17
III. Filtre planté a roseau (FPR) :	18
III. 1 Station de filtration des eaux usées par plantation du roseau à l'échelle mondiale	18
III. 1. 1 Europe	18
III. 1. 2 Amérique du Nord.....	18
III. 1. 3 Amérique du Sud	18
III. 1. 4 Asie	18
III. 1. 5 Afrique	19
III. 2 Station de filtration des eaux usées par plantation du roseau au Maroc	19
III. 2. 1 Zones rurales	19
III. 2. 2 Stations balnéaires et hôtels	19
III. 2. 3 Projets pilotes	19
III. 2. 4 Projets pilotes mis en place au Maroc.....	20
III. 3 Mode de fonctionnement de station de filtration des eaux usées par plantation du roseau	21
III. 3. 1 Prétraitement	21
III. 3. 2 Bassins de traitement.....	21
III. 3. 3 Traitement biologique	21
III. 3. 4 Filtration et oxygénation	21
III. 3. 5 Désinfection.....	21

III. 3. 6	Rejet ou réutilisation	22
III. 4	Performance et l'efficacité d'une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux	22
III. 4. 1	Conception du système	22
III. 4. 2	Qualité de l'eau entrante.....	22
III. 4. 3	Climat et saisonnalité	22
III. 4. 4	Gestion et entretien	23
III. 4. 5	Objectifs de traitement	23
III. 4. 6	Choix de site :	24
III. 4. 7	Les types des FPR :.....	25
III. 4. 8	Avantages et inconvénient :	26
III. 5	Vérification de normes de qualité de l'eau traitée :	27
III. 5. 1	Analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO).....	27
III. 5. 2	Analyse de la demande chimique en oxygène (DCO).....	27
III. 5. 3	Analyse des nutriments	27
III. 5. 4	Analyse des matières en suspension (MES)	27
III. 5. 6	Analyse du pH.....	28
III. 5. 7	Analyse des métaux lourds et des substances toxiques.....	28
IV.	Performance de traitement des eaux usées par FPR au Douar Asselda	28
IV. 1	Station d'épuration des eaux usées (douar ASSELDA) :	28
IV. 2	Fonctionnement et dimensionnement (Asselda).....	29
IV. 3	Etude de performance de station Asselda	38
IV. 3. 1	Les Analyses effectuées	38
IV. 3. 2	Présentation des données analytique :	39
IV. 3. 3	Discussion des résultats.....	39
	CONCLUSION GENERALE :	46
	ANNEXE	47
	Références	48

Introduction

L'eau joue un rôle vital dans la vie humaine et le développement socio-économique de chaque pays, y compris le Maroc. Comme de nombreux pays dans le monde, le Maroc est confronté à une demande croissante en eau en raison de l'urbanisation rapide, de la croissance démographique et des activités économiques, ce qui a un impact négatif sur les ressources en eau disponibles. Par conséquent, la gestion efficace de l'eau est devenue une préoccupation majeure pour le pays.

Les eaux usées, provenant des activités domestiques, industrielles et agricoles, sont une source majeure de pollution de l'eau. Sans un traitement adéquat, elles peuvent contaminer les cours d'eau, les nappes phréatiques et les écosystèmes aquatiques, ce qui affecte la qualité de l'eau et entraîne des conséquences néfastes pour la santé humaine et l'environnement.

Dans ce contexte, il y a une recherche croissante de méthodes alternatives de traitement des eaux usées qui offrent des solutions efficaces, économiques et respectueuses de l'environnement. Parmi ces solutions, les filtres plantés de roseaux se révèlent être une technologie prometteuse pour le traitement des eaux usées domestiques, industrielles et agricoles.

L'objectif de ce projet de fin d'études (PFE) est de concevoir et d'évaluer les performances d'un filtre planté à roseaux adapté aux conditions spécifiques du Maroc. Le Maroc présente une grande diversité de zones climatiques et de types de sol, ce qui nécessite une adaptation de la conception du filtre planté de roseaux pour assurer son bon fonctionnement et son efficacité. De plus, il est essentiel de prendre en compte le contexte socio-économique du pays, ainsi que les contraintes techniques et environnementales, lors de la conception et de l'évaluation du système.

I. Présentation de L'Agence du bassin hydraulique de Tensift (ABHT) Al Haouz, Marrakech :

L'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT) est instaurée par le décret N° 2-00-479 du 14 Novembre 2000. Elle a pour mission d'évaluer, de planifier, de développer et de gérer les ressources en eau au niveau de sa zone d'action.

Cette dernière représente une aire d'investigation globale d'environ 24800 Km², comprenant deux ensembles hydrauliques :

- Bassins du Tensift (19800km²)
- Les bassins du Ksob-Igouzoulen (5000Km²).

I. 1 Objectifs de l'ABHT :

- La gestion des ressources en eaux régionales.
- Utilisation rationnelle et optimale de l'eau.
- Gestion intégrée, décentralisée et forcée des ressources en eau et du domaine public
- Planification cohérente et obligatoire à l'échelle du bassin hydraulique.
- La protection et la conservation quantitative et qualitative des ressources en eau.

I. 2 Missions de l'ABHT :

Elle compte administrativement :

- La totalité de la préfecture de Marrakech et des provinces d'Essaouira et de Youssoufia.
- La majeure partie des provinces d'Al Haouz et de Chichaoua.
- Une partie des provinces de EL Kelaa des Sraghna, de Rhamna et de Safi.
- Elaborer un plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau relevant de sa zone d'action.
- Réaliser toutes les mesures piézométriques et de jaugeage ainsi que les études hydrologiques, hydrogéologiques, de planification et de gestion de l'eau tant au plan quantitatif que qualitatif.
- Gérer et contrôler l'utilisation des ressources en eaux mobilisées.
- Réaliser les infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations en collaboration avec les Collectivités locales.
- Assurer l'approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau déclarée.

- Proposer et exécuter les mesures adéquates pour assurer l’approvisionnement en eau en cas de pénurie d’eau ou pour prévenir les risques d’inondations.
- Tenir un registre des droits d'eau reconnus et des concessions et autorisations de prélèvements d’eau accordées
- Réaliser toutes les mesures de qualité et appliquer les dispositions de la loi 10-95 et des lois en vigueur relatives à la protection des ressources en eau et à la restauration de leur qualité en collaboration avec l’autorité gouvernementale chargée de l’environnement.

I. 3 Organigramme de L’ABHT :

La direction d'ABHT (Figure 1) porte un intérêt particulier aux bassins hydrauliques de Tensift-Ksob-Igouzoulen, qui couvrent une superficie d'environ 24 800 km². Cette zone est divisée en quatre régions géographiques distinctes : le Haut Atlas au sud, la plaine du Haouz et le bassin de Mejjate au centre, les Jbilet au nord et le bassin d'Essaouira-Chichaoua à l'ouest.

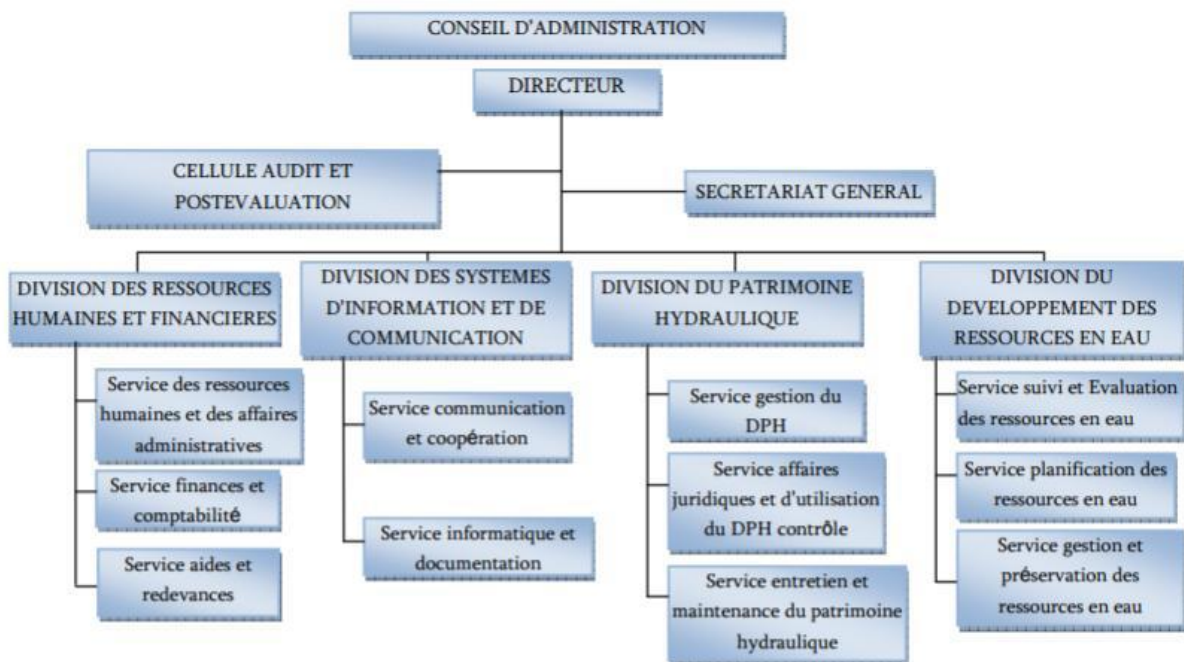


Figure 1 : Organigramme de l’agence hydraulique

II. Situation géologique et climatique du bassin versant de Tensift el Haouz et le village Asselda, Commune Asni :

II. 1 Situation géographique :

Le bassin versant de Tensift est situé dans la région centrale-ouest du Maroc, entre les latitudes 32° 10' et 30° 50' Nord, et les longitudes 9° 25' et 7° 12' Ouest. Il s'étend sur une superficie de 19295 km². Au nord, il est délimité par les montagnes de faible altitude du massif des « Jbilet

». Au sud, il est bordé par la chaîne du Haut Atlas, une zone de production d'eau caractérisée par une hydrologie de surface active et des précipitations abondantes. À l'est, il est séparé du bassin de la Tessaout, un affluent de l'Oum Errabiâ, par une ligne de partage des eaux peu marquée. À l'ouest, son exutoire se trouve dans l'océan Atlantique (Agence Japonaise de coopération internationale (JICA), Mars2008) (Figure 2)

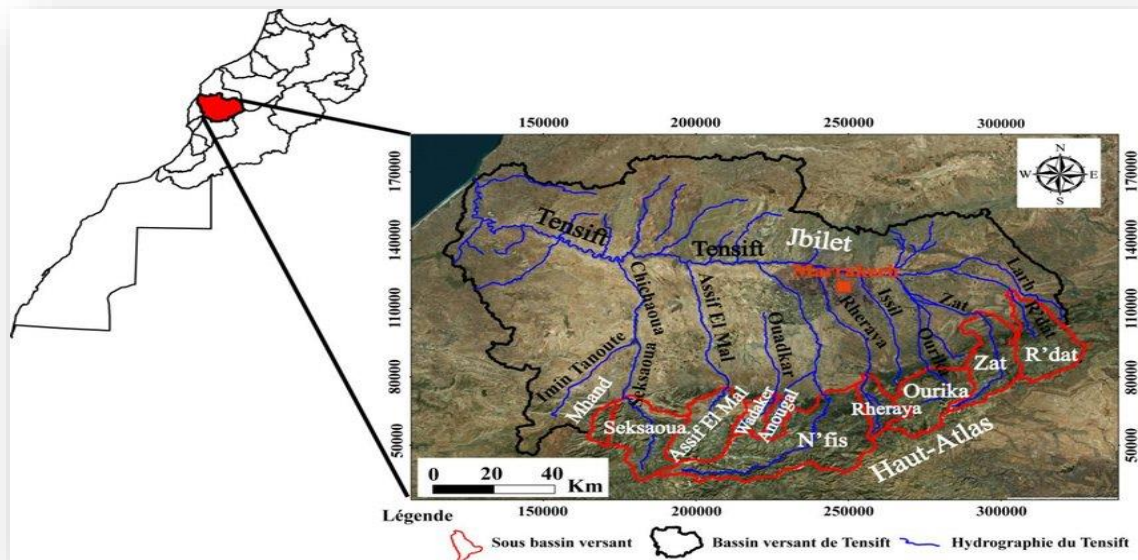


Figure 2 : Situation géographique du bassin versant de Tensift (Y. Hajhouji)

II. 2 Cadre géologique :

La géologie du bassin du Tensift est influencée par l'organisation du socle primaire qui est visible dans le Haut Atlas, les Jbilet et les Rehamna. Au fil du temps, ces régions ont subi des contraintes géologiques, des phases de soulèvement et d'affaissement, ainsi que des périodes d'érosion et de sédimentation, ce qui a contribué à leur structuration géologique (M. SIRTOU et al...) (Tableau 1), (figure2) :

La répartition des régions dans le bassin de Tensift	Lithologie	Perméabilité
Le haut Atlas	<ul style="list-style-type: none"> - Roches éruptives et métamorphiques précambriennes (granites, diorites, dolérites, andésites et rhyolites). - les roches métamorphiques Schistes primaires, se sont formées à partir de roches préexistantes soumises à des conditions de chaleur et de pression élevées. - Formations secondaires rougeâtres dominées par des grès, des calcaires, des marnes et des argiles) sont les formations les plus courantes 	Faible
Les Jbilets	<p>Dans la région, on trouve des schistes sombres souvent stratifiés, ainsi que des schistes argileux. On peut également observer des schistes gréseux contenant des bancs épais de grès ou de quartzites.</p> <p>En plus de ces formations schisteuses, il existe des formations moins répandues, telles que des conglomérats, des affleurements calcaires et siliceux, ainsi que des roches éruptives telles que les granites et les gabbros datant du Précambrien</p>	Très faible
La plaine du Haouz	<p>La région présente un socle primaire composé de schistes, recouvert par des formations secondaires et tertiaires variées. Parmi celles-ci, on trouve des grès rouges du Permo-Trias, ainsi que des calcaires, des marnes et des grès du Crétacé et de l'Eocène. Le remplissage quaternaire est constitué de dépôts alluviaux comprenant des galets, des limons et du sable. Les couches les plus anciennes de ces dépôts sont surmontées d'une couche calcaire, notamment dans la région de la plaine du Haouz. Ainsi, la région présente une succession de formations géologiques allant du socle schisteux primaire aux dépôts plus récents du quaternaire</p>	Moyenne-haute

Tableau 1 : Géologie du bassin versant Tensift

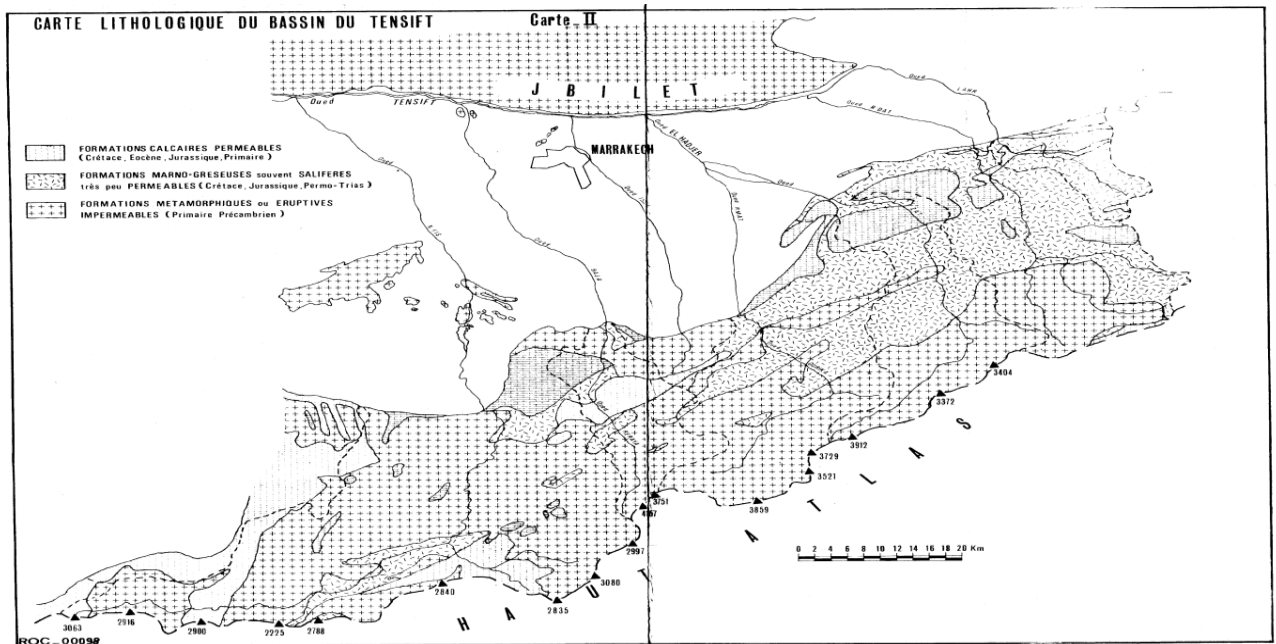


Figure 3 : Carte lithologique du bassin du Tensift (A. COCHET)

II. 3 Topographie :

La région de Tensift présente un relief assez irrégulier et contrasté du point de vue topographique. Sur le plan altimétrique, on observe la présence de deux pentes principales :

1. Une pente transversale qui s'étend généralement du sud au nord, entre le massif montagneux de l'Atlas et les Djebilettes. Cette pente est plus marquée près du massif axial de l'Atlas, puis s'atténue progressivement à mesure que l'on s'éloigne vers l'ouest. Cependant, elle demeure relativement importante et supérieure aux autres régions environnantes.
2. Une pente longitudinale qui s'étend d'est en ouest. Cette pente est moins prononcée que la pente transversale, mais elle reste tout de même de niveau moyen. (Sirtou Mohammed.1995)

II. 4 Contexte climatique :

Le climat du bassin versant de Tensift est principalement aride à semi-aride, à l'exception de la région du Haut Atlas où il est plus humide. Les précipitations dans la région sont très irrégulières et présentent une variabilité importante tant dans l'espace que dans le temps. En revanche, les températures sont relativement stables au fil des saisons. L'évaporation annuelle moyenne est minimale pendant les mois les plus froids, c'est-à-dire en décembre et janvier (D'après, Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau), En ce qui concerne les vents, la région de Tensift est dominée par trois types de vent. Le "Chergui" souffle de l'est, le vent du sud est

chaud et sec, tandis que le "Gharbi" est humide et apporte de la pluie en soufflant de l'ouest. Ces vents ont des caractéristiques différentes et jouent un rôle dans les conditions météorologiques de la région (Zakaria Smajj, Juin 2011)

II. 5 Couverture végétale et sols :

Le bassin versant de Tensift (Figure 4) présente une diversité de couverture végétale et de types de sols. Les zones arides et semi-arides abritent une végétation résistante à la sécheresse, tandis que les régions plus humides du Haut Atlas sont caractérisées par une végétation diversifiée avec des forêts de cèdres, de chênes et de pins. Les sols varient en fonction des formations géologiques, allant des sols rocheux aux sols alluviaux plus fertiles. Cependant, l'activité humaine, telle que l'agriculture et la déforestation, peut avoir un impact sur ces ressources

Une gestion durable des terres est donc essentielle pour préserver la couverture végétale et maintenir la qualité des sols dans la région.

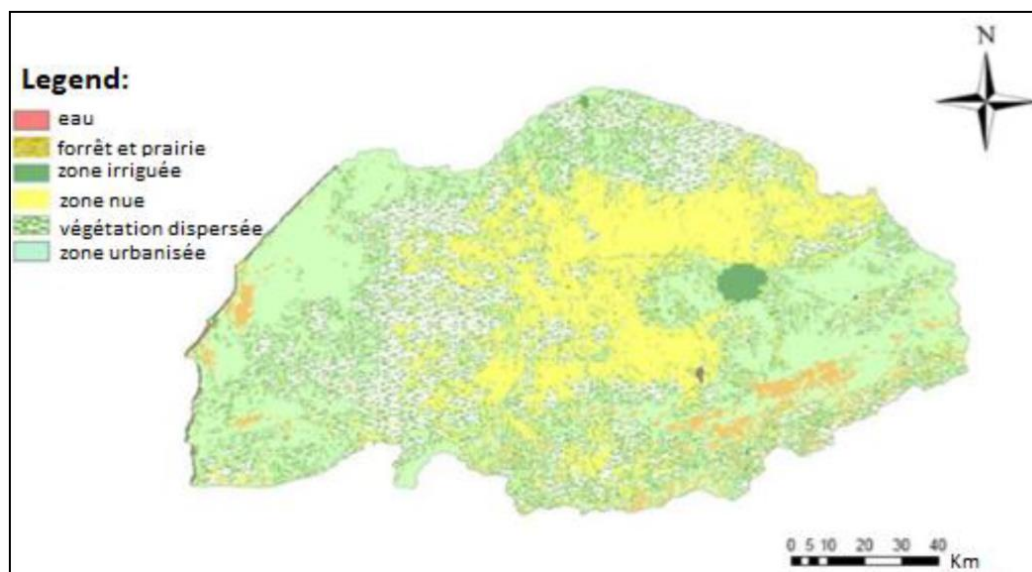


Figure 4 : Carte d'occupation de sol et de végétation du bassin versant de Tensift (AHATTAB 2016).

II. 6 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin de Tensift (Figure 5) est constitué de plusieurs cours d'eau, rivières et oueds qui drainent la région. Voici quelques-uns des principaux cours d'eau du bassin de Tensift :

1. Oued Tensift : C'est le principal cours d'eau du bassin. Il prend sa source dans le Haut Atlas et traverse la région avant de se jeter dans l'océan Atlantique près de la ville d'Essaouira.

2. Oued N'fis : Il prend sa source dans le Haut Atlas et rejoint l'Oued Tensift à proximité de Marrakech. Il joue un rôle important dans l'approvisionnement en eau de la région.
3. Oued Rdat : C'est un affluent de l'Oued Tensift qui coule dans la partie nord-est du bassin.
4. Oued Ourika : Il prend sa source dans le Haut Atlas et traverse la vallée de l'Ourika avant de rejoindre l'Oued Tensift.
5. Oued Zat : Il prend sa source dans le Haut Atlas et se jette dans l'Oued Tensift à proximité de la ville de Demnate.

Ces cours d'eau contribuent à l'approvisionnement en eau de la région et jouent un rôle vital dans l'agriculture et l'écosystème local.

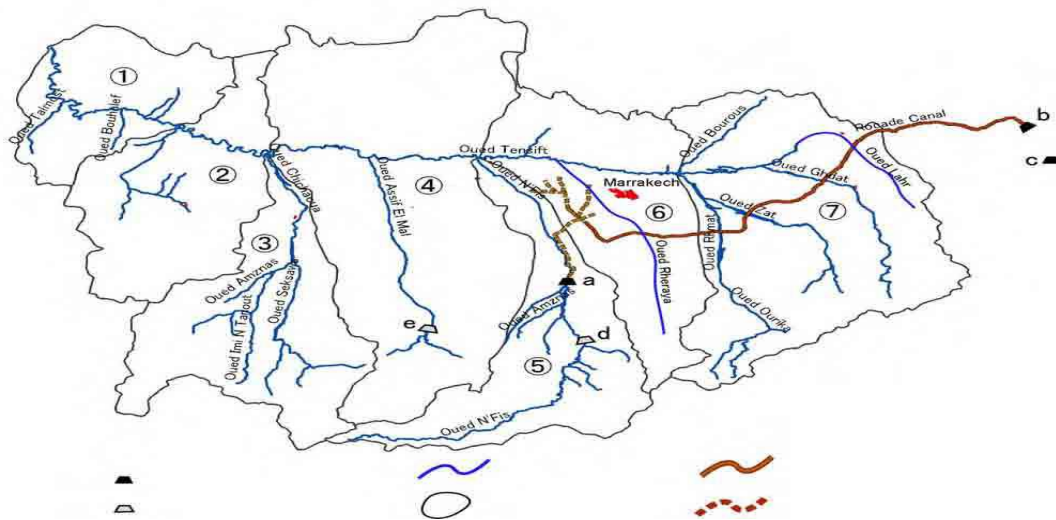


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tensift (JICA,2008).

II. 7 Présentation du village Asselda :

II. 7. 1 Géographie :

Asselda se situe à environ 50 km au Sud de Marrakech, dans le haut Atlas à plus de 1000m d'altitude. Asselda fait face à Asni dans la vallée de Ghighaya (Figure 6). Asselda se situe sur le versant Nord du haut Atlas, à l'endroit où ce massif s'élève au-dessus de la plaine du Haouz.



Figure 6 : Photo De la Vallée de Ghighaya

II. 7. 2 Climat :

La plaine du Haouz, située à une altitude moyenne de 465 mètres, bénéficie d'un climat aride caractérisé par des hivers modérés. En revanche, en raison de son altitude élevée dépassant les 4000 mètres, le Haut Atlas présente un climat subhumide avec des hivers froids.

Les températures moyennes et les précipitations varient en fonction de l'altitude. Dans la plaine du Haouz, la température moyenne s'élève à 19,9°C, avec des records de températures minimales pouvant descendre jusqu'à -3°C et des records de températures maximales atteignant jusqu'à +49°C. En revanche, à la station d'Agaiouar, située à 1800 mètres d'altitude, la température moyenne est de 12,7°C, avec des records de températures minimales pouvant atteindre -10°C et des records de températures maximales de +40°C. L'isotherme 0, qui indique la limite de la température de gel, varie de 3200 mètres en hiver à 4300 mètres en été.

Les précipitations augmentent à mesure que l'on s'éloigne de la plaine. À Marrakech, la moyenne annuelle des précipitations est de 242 mm, tandis qu'à Agaiouar, cette moyenne atteint 592 mm. Cependant, les variations locales sont beaucoup plus prononcées en montagne qu'en plaine. Les massifs montagneux reçoivent davantage de précipitations que les vallées qui les séparent. On observe une augmentation des précipitations jusqu'à une altitude d'environ 2800 mètres, suivie d'une diminution au-delà de cette altitude. Les précipitations sont irrégulièrement réparties dans le temps, avec des pics en mars-avril et en novembre. Le mois de juillet est généralement le plus sec. Les précipitations en montagne sont généralement moins intenses qu'en plaine, mais le nombre de jours de pluie est plus élevé.

Dans une grande partie de la montagne, les précipitations se produisent sous forme de neige, mais la neige ne persiste que pendant quelques jours au-dessus de 1500 mètres. L'enneigement dure plus longtemps au-dessus de 2500 mètres.

III. Filtre planté a roseau (FPR) :

Avant d'aborder le vif du sujet, nous allons examiner de manière exhaustive la mise en œuvre de stations de filtration par plantation à roseau pour le traitement des eaux usées, tant au niveau mondial que national.

III. 1 Station de filtration des eaux usées par plantation du roseau à l'échelle mondiale

Les systèmes de filtration des eaux usées par plantation de roseaux, également connus sous le nom de systèmes de FPR, sont utilisés à l'échelle mondiale comme une méthode naturelle et écologique de traitement des eaux usées. Leur utilisation varie d'un pays à l'autre en fonction des besoins, des ressources disponibles et des réglementations locales. Voici quelques exemples de l'utilisation de ces systèmes à l'échelle mondiale :

III. 1. 1 Europe

Les systèmes de FPR sont couramment utilisés en Europe, où ils sont reconnus pour leur efficacité dans le traitement des eaux usées domestiques et industrielles. Des pays tels que la France, l'Allemagne et les Pays-Bas ont développé des technologies de FPR avancées et les ont intégrées dans leurs pratiques de gestion des eaux usées.

III. 1. 2 Amérique du Nord

Les systèmes de filtration par plantation de roseaux sont également utilisés en Amérique du Nord, en particulier dans les zones rurales et les petites communautés. Des projets pilotes et des installations commerciales existent aux États-Unis et au Canada pour traiter les eaux usées domestiques et les effluents industriels de manière durable.

III. 1. 3 Amérique du Sud

Certains pays d'Amérique du Sud, tels que le Brésil et l'Argentine, ont adopté des systèmes de FPR pour traiter les eaux usées dans les zones rurales et les communautés éloignées. Ces systèmes offrent une alternative rentable aux méthodes conventionnelles de traitement des eaux usées.

III. 1. 4 Asie

Dans de nombreux pays asiatiques, les systèmes de filtration par plantation de roseaux sont utilisés pour le traitement des eaux usées dans les zones rurales et les zones urbaines non desservies par des infrastructures de traitement centralisées. Des exemples incluent l'Inde, la Chine et les pays d'Asie du Sud-Est.

III. 1. 5 Afrique

En Afrique, les systèmes de FPR sont utilisés dans plusieurs pays pour traiter les eaux usées dans les zones rurales et les petites communautés. Ces systèmes offrent des solutions économiques et durables pour améliorer l'accès à l'assainissement de base.

Il convient de noter que l'adoption et l'utilisation des systèmes de filtration des eaux usées par plantation de roseaux peuvent varier d'un pays à l'autre en fonction de divers facteurs, tels que les ressources financières disponibles, les contraintes environnementales et les politiques nationales en matière de gestion des eaux usées.

III. 2 Station de filtration des eaux usées par plantation du roseau au Maroc

Au Maroc, les systèmes de filtration des eaux usées par plantation de roseaux sont également utilisés pour le traitement des eaux usées dans certaines régions du pays. Ces systèmes offrent une alternative écologique et économique pour le traitement des eaux usées, en particulier dans les zones rurales et les communautés éloignées qui ne sont pas desservies par des infrastructures de traitement centralisées. Voici quelques exemples d'utilisation de ces systèmes au Maroc :

III. 2. 1 Zones rurales

Les systèmes de FPR sont souvent utilisés dans les zones rurales du Maroc, où l'accès à l'assainissement de base peut être limité. Ces systèmes permettent de traiter les eaux usées domestiques de manière naturelle et durable, réduisant ainsi l'impact sur l'environnement et améliorant la qualité de l'eau.

III. 2. 2 Stations balnéaires et hôtels

Dans certaines stations balnéaires et complexes hôteliers du Maroc, les systèmes de filtration par plantation de roseaux sont utilisés pour le traitement des eaux usées. Ces installations offrent une solution respectueuse de l'environnement en éliminant les contaminants des eaux usées avant de les rejeter ou de les réutiliser à des fins non potables, comme l'irrigation des jardins.

III. 2. 3 Projets pilotes

Le Maroc a également mis en place des projets pilotes pour évaluer l'efficacité des systèmes FPR dans divers contextes. Ces projets visent à démontrer les avantages de ces systèmes en termes de coûts, d'efficacité et de durabilité, et à encourager leur adoption à plus grande échelle.

Il convient de noter que l'utilisation des systèmes de filtration des eaux usées par plantation de roseaux peut varier selon les régions du Maroc et les besoins spécifiques de chaque communauté. Les autorités marocaines, telles que l'Office National de l'Eau Potable (ONEP),

jouent un rôle clé dans la promotion de technologies durables de traitement des eaux usées et dans l'élaboration de réglementations pour assurer la conformité et la qualité de l'eau traitée.

III. 2. 4 Projets pilotes mis en place au Maroc

Au Maroc, plusieurs projets pilotes ont été mis en place pour évaluer l'efficacité des systèmes de FPR dans le traitement des eaux usées. Ces projets ont pour objectif de démontrer les avantages de cette méthode de traitement naturelle et durable, ainsi que son applicabilité dans différents contextes locaux. Voici quelques exemples de projets pilotes au Maroc :

III. 2. 4. 1 Projet pilote à Marrakech

Un projet pilote a été réalisé à Marrakech pour évaluer l'utilisation des systèmes de FPR dans le traitement des eaux usées domestiques. Le projet visait à démontrer l'efficacité de cette méthode dans une zone urbaine densément peuplée. Les résultats ont montré que le système était capable de traiter les eaux usées de manière satisfaisante, réduisant la charge polluante et améliorant la qualité de l'eau.

III. 2. 4. 2 Projet pilote à Agadir

Un autre projet pilote a été mené à Agadir pour évaluer l'utilisation des systèmes de FPR dans le traitement des eaux usées dans une région côtière. Le projet avait pour objectif de démontrer la faisabilité de cette méthode dans un environnement caractérisé par une forte présence touristique et des contraintes environnementales spécifiques. Les résultats ont montré que le système de FPR était efficace pour réduire la pollution et pouvait être utilisé pour l'irrigation des espaces verts.

III. 2. 4. 3 Projets pilotes communautaires

Des projets pilotes communautaires ont également été réalisés dans plusieurs zones rurales du Maroc. Ces projets visaient à fournir des solutions d'assainissement abordables et durables pour les populations rurales qui n'ont pas accès aux infrastructures de traitement centralisées. Les systèmes de FPR ont été mis en œuvre pour traiter les eaux usées domestiques et améliorer les conditions sanitaires des communautés.

Ces projets pilotes au Maroc ont permis de démontrer l'efficacité des systèmes de FPR dans le traitement des eaux usées dans différents contextes, que ce soit en milieu urbain, côtier ou rural. Ils ont contribué à sensibiliser aux avantages de cette approche écologique et à promouvoir son adoption dans la gestion des eaux usées à plus grande échelle.

III. 3 Mode de fonctionnement de station de filtration des eaux usées par plantation du roseau

La station de filtration des eaux usées par plantation du roseau est également connue sous le nom de système de traitement par les roseaux. Elle utilise des roseaux (ou d'autres plantes adaptées) pour traiter les eaux usées de manière naturelle et écologique. Voici comment fonctionne ce système :

III. 3. 1 Prétraitement

Les eaux usées provenant des bâtiments sont acheminées vers la station de filtration des eaux usées. Avant d'entrer dans le système de FPR, les eaux usées subissent généralement un prétraitement pour éliminer les grosses particules et les matières solides. Cela peut inclure des tamis, des décanteurs ou d'autres dispositifs de séparation.

III. 3. 2 Bassins de traitement

Les eaux usées prétraitées sont ensuite dirigées vers une série de bassins peu profonds appelés bassins de traitement. Ces bassins sont remplis de graviers ou de matériaux similaires pour créer un support de croissance pour les plantes, généralement des roseaux. Les roseaux sont plantés dans ces bassins et leurs racines se développent dans les graviers.

III. 3. 3 Traitement biologique

Les roseaux jouent un rôle essentiel dans le traitement des eaux usées. Lorsque l'eau traverse les bassins de traitement, les roseaux absorbent les nutriments tels que les nitrates et les phosphates présents dans les eaux usées. Les micro-organismes bénéfiques présents dans les racines des roseaux et les couches de graviers décomposent les matières organiques et éliminent les polluants.

III. 3. 4 Filtration et oxygénation

En plus du traitement biologique, les roseaux fournissent également une fonction de filtration et d'oxygénation. Les racines des roseaux créent un réseau dense qui agit comme un filtre naturel, piégeant les particules et les impuretés présentes dans l'eau. De plus, l'oxygène est fourni aux micro-organismes présents dans le système, favorisant ainsi leur croissance et leur capacité à décomposer les polluants.

III. 3. 5 Désinfection

Après avoir traversé les bassins de traitement, l'eau est généralement exempte de la plupart des contaminants. Cependant, dans certains cas, une étape supplémentaire de désinfection peut

être nécessaire pour éliminer les bactéries et les agents pathogènes restants. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques telles que la désinfection aux ultraviolets ou le chlore.

III. 3. 6 Rejet ou réutilisation

Une fois que l'eau a été traitée avec succès, elle peut être rejetée dans l'environnement naturel, généralement dans un cours d'eau ou un puits absorbant. Dans certains cas, l'eau traitée peut également être réutilisée à des fins non potables, comme l'irrigation des espaces verts ou l'utilisation industrielle.

Il est important de noter que la performance et l'efficacité d'une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la conception du système, la qualité de l'eau entrante, le climat et la gestion appropriée du système. Par conséquent, une surveillance régulière et un entretien adéquat sont nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de la station de filtration des eaux usées.

III. 4 Performance et l'efficacité d'une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux

La performance et l'efficacité d'une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs. Voici quelques éléments qui peuvent influencer ces aspects :

III. 4. 1 Conception du système

La conception de la station de filtration, y compris la disposition des bassins de traitement et la quantité de roseaux plantés, peut avoir un impact sur l'efficacité du système. Une conception bien pensée et adaptée aux conditions locales peut favoriser un meilleur traitement des eaux usées.

III. 4. 2 Qualité de l'eau entrante

La qualité initiale des eaux usées qui entrent dans le système peut affecter sa performance. Si les eaux usées sont fortement chargées en polluants ou contiennent des substances toxiques, cela peut réduire l'efficacité du traitement par les roseaux.

III. 4. 3 Climat et saisonnalité

Le climat local, y compris les températures, les précipitations et les variations saisonnières, peut influencer le fonctionnement de la station de filtration. Les roseaux sont généralement plus actifs et efficaces pendant les saisons plus chaudes, lorsque la croissance des plantes est optimale.

III. 4. 4 Gestion et entretien

Une gestion appropriée et un entretien régulier de la station de filtration sont essentiels pour assurer son bon fonctionnement. Cela peut inclure des activités telles que la taille des roseaux, le contrôle des mauvaises herbes, la surveillance de l'eau traitée et la maintenance des équipements. Une mauvaise gestion peut entraîner une diminution de la performance du système (Figure 7 et 8).



Figure 7 : Entretien au niveau des rampes d'alimentation de la surface d'un filtre



Figure 8 : Curage au fond de bassin de stockage (dégrilleur)

III. 4. 5 Objectifs de traitement

Les objectifs spécifiques de traitement des eaux usées peuvent varier d'un site à l'autre. Certains systèmes de FPR sont conçus pour atteindre des normes strictes de qualité de l'eau,

tandis que d'autres sont destinés à un traitement plus léger. Les performances de la station de filtration peuvent être évaluées en fonction de ces objectifs.

Il est important de réaliser que les systèmes de filtration par plantation de roseaux ne sont pas aussi efficaces que les installations de traitement des eaux usées plus avancées, telles que les usines de traitement municipales. Ils conviennent généralement mieux aux zones rurales ou aux petites communautés où les charges de pollution sont relativement faibles.

Pour évaluer précisément la performance d'une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux, il est recommandé de réaliser des analyses régulières de l'eau traitée afin de vérifier si les normes de qualité sont respectées. De plus, il est important de suivre les recommandations du concepteur du système et de se conformer aux réglementations locales en matière de traitement des eaux usées.

III. 4. 6 Choix de site :

Le choix du site dépend des accès, la disponibilité des terres, de la topographie, des sols, des ressources environnementales, et des nuisances possibles sur les voisins. Le site devrait être situé le plus près possible de l'évacuation des eaux usées, et le long d'une pente afin que l'eau puisse s'écouler en système gravitaire. Si un filtre planté peut être construit sur presque n'importe quel site, les coûts de construction deviennent prohibitifs si de vaste de terrassement sont nécessaires.

L'efficacité d'un filtre planté pour le traitement des eaux usées ou des eaux pluviales est liée au temps de rétention de l'eau dans la zone humide. Le site choisi doit être de taille suffisante pour répondre aux exigences actuelles et de l'extension future. Les sols doivent être suffisamment compacts pour minimiser l'infiltration des eaux souterraines et doivent se trouver au-dessus de la nappe phréatique et des plaines inondables.

Les éventuelles inondations, le niveau d'eau extrême des ruisseaux et la profondeur des nappes phréatiques sont à considérer pour éviter les problèmes de drainage du système lorsque l'eau s'évacue dans le milieu naturel.

Il faut aussi s'assurer que le site ne contienne pas de ressource environnementale importante, d'espèces menacées ou en voie d'extinction et qu'il n'ait pas de caractère archéologique ou historique. Si les odeurs ou les insectes peuvent être un problème, la zone humide doit être placé aussi loin que possible des habitations. Enfin le site doit être accessible au personnel, aux véhicules de livraison pour la construction et l'entretien.

III. 4.7 Les types des FPR :

De façon générale, il existe deux types de filtres plantés : les FPR à écoulement horizontal, et les FPR à percolation verticale. Ils diffèrent par leur mode d'alimentation, par le sens d'écoulement de l'effluent dans le marais artificiel, et par les conditions aérobies de traitement.

🌈 Le FPR horizontal :

Les filtres horizontaux sont des zones humides artificielles qui sont uniformément remplies de graviers, de sable ou de sol existant (de façon homogène), fournissant un substrat dans lequel les roseaux peuvent s'enraciner (Figure 9). Le principe du filtre horizontal consiste à ne pas recevoir directement les eaux usées brutes. Au préalable, ces eaux sont décantées en amont, puis redistribuées dans le filtre sur toute sa largeur et sa hauteur à l'aide d'un répartiteur placé à l'une des extrémités du bassin. L'eau s'écoule horizontalement à travers le substrat du filtre, généralement de manière continue, maintenant ainsi les massifs filtrants constamment saturés.

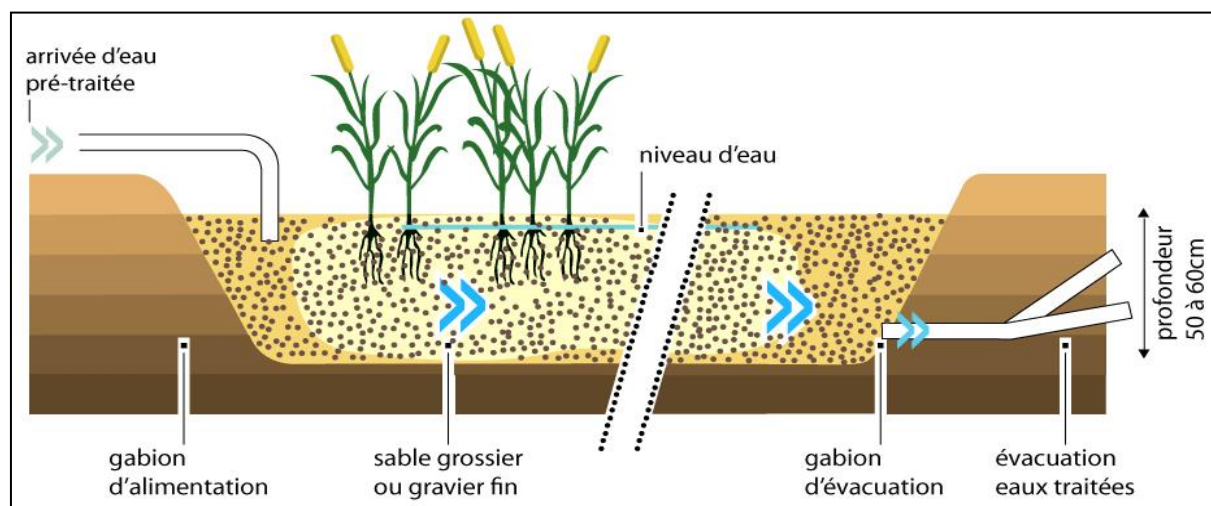


Figure 9 : Schéma explicative de FPR horizontal

🌈 Le FPR vertical :

Les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical sont des zones humides artificielles composées de différentes granulométries superposées, dans lesquelles les roseaux sont plantés. Ils peuvent être recouverts de sable ou non, et sont constitués d'au moins deux étages disposés en série. Chaque étage comporte trois filtres en parallèle pour assurer son bon fonctionnement. Le système fonctionne par alternance, avec une rotation de deux fois par semaine pour éviter le colmatage du filtre. Ces phases d'alternance et de repos visent à réguler la croissance

bactérienne et à maintenir des conditions aérobies dans le massif filtrant, permettant ainsi la minéralisation de la matière organique retenue à la surface du filtre.

Le premier étage est composé de trois lits disposés en parallèle, et le deuxième étage en compte deux, montés de la même manière. La masse filtrante du premier étage est principalement constituée de graviers de différentes granulométries, favorisant le mouvement de l'air par diffusion gazeuse, qui est supérieur à celui du sable. (Figure 10)

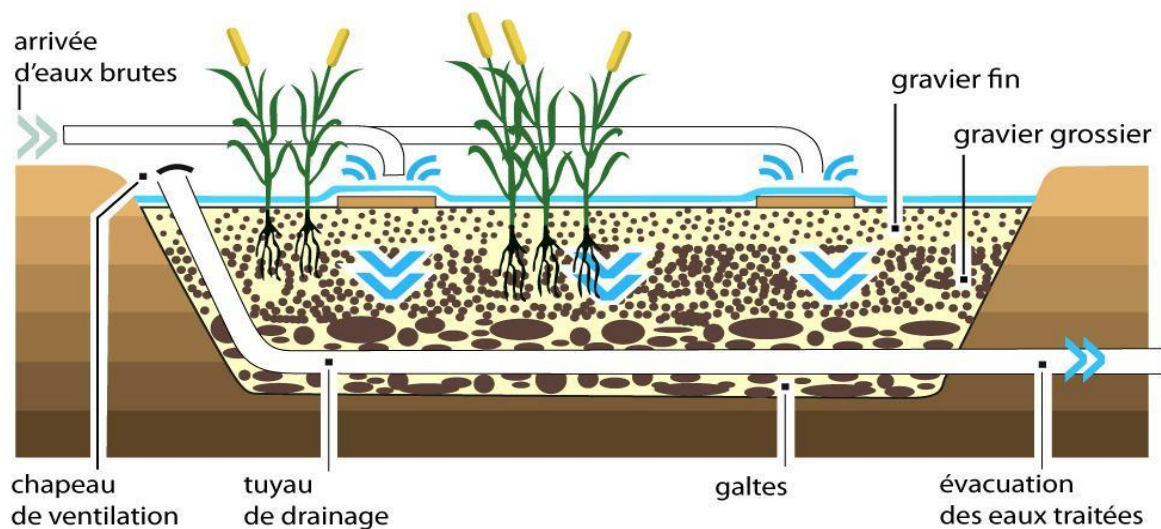


Figure 10 : schéma explicative de PFR vertical

III. 4. 8 Avantages et inconvénient :

▪ Les avantages :

- Ils constituent une solution écologique et plutôt esthétique qui, en général, ne dégage pas d'odeurs.
- Ils conviennent bien pour des petites villes ou pour des zones périurbaines.
- Leur coût de réalisation est modéré et celui de leur exploitation est très faible.
- Pas d'odeur, bonne épuration.
- Aspect paysager de cette partie du jardin.
- L'eau filtrée peut être récupérée pour l'arrosage du jardin.
- Adaptation à tous types de terrain, notamment aux terrains peu perméables.
- La filière la plus utilisée évite d'avoir une fosse toutes eaux.

▪ **Les inconvénients :**

- Les filtres plantés nécessitent soit un terrain relativement important et légèrement en pente, soit une pompe pour pouvoir rehausser l'eau traitée au niveau du sol.
- Ils sont peu efficaces pour la nitrification et la phosphatation. Ils ne permettent d'ailleurs qu'un traitement partiel et doivent donc être associés à d'autres dispositifs.
- Leur conception doit être confiée à des spécialistes.
- Les filtres verticaux doivent être alimentés par un système de bâchées.
- Pour les filtres horizontaux, il existe un risque de colmatage si l'eau entrante contient trop d'impuretés solides.

III. 5 Vérification de normes de qualité de l'eau traitée :

Dans une station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux, plusieurs analyses régulières de l'eau traitée peuvent être effectuées pour vérifier si les normes de qualité sont respectées. Voici quelques-unes des analyses couramment réalisées :

III. 5. 1 Analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO mesure la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes lorsqu'ils décomposent les matières organiques présentes dans l'eau. Une diminution de la DBO indique une réduction de la charge organique et une meilleure efficacité de traitement.

III. 5. 2 Analyse de la demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO mesure la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques et inorganiques présentes dans l'eau. Cela permet d'évaluer l'ensemble de la charge polluante dans l'eau traitée.

III. 5. 3 Analyse des nutriments

Les nutriments tels que les nitrates et les phosphates sont souvent présents dans les eaux usées. Une analyse des nutriments permet de vérifier si les concentrations de ces substances sont suffisamment réduites par le processus de traitement.

III. 5. 4 Analyse des matières en suspension (MES)

Les MES mesurent la quantité de particules solides en suspension dans l'eau traitée. Une réduction significative de MES indique une efficacité de filtration satisfaisante.

III. 5. 5 Analyse des bactéries et des agents pathogènes

Il est important de vérifier la présence de bactéries et d'agents pathogènes dans l'eau traitée pour s'assurer qu'elle est exempte de contaminants dangereux pour la santé humaine. Des tests tels que les coliformes fécaux et les Escherichia coli (E. coli) peuvent être réalisés.

III. 5. 6 Analyse du pH

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité de l'eau traitée. Il est important de maintenir un pH équilibré, car des valeurs extrêmes peuvent affecter la survie des micro-organismes bénéfiques impliqués dans le traitement.

III. 5. 7 Analyse des métaux lourds et des substances toxiques

Si les eaux usées contiennent des métaux lourds ou d'autres substances toxiques, des analyses régulières peuvent être réalisées pour vérifier leur présence et leur concentration dans l'eau traitée.

Ces analyses permettent d'évaluer la performance de la station de filtration des eaux usées par plantation de roseaux et de s'assurer que les normes de qualité requises sont respectées. Les fréquences d'analyse peuvent varier en fonction des réglementations locales et des exigences spécifiques du site. Il est recommandé de consulter les experts en traitement des eaux usées et de se conformer aux réglementations en vigueur.

IV. Performance de traitement des eaux usées par FPR au Douar Asselda

IV. 1 Station d'épuration des eaux usées (douar ASSELDA) :

Le projet de la station de traitement des eaux usées par FPR est un projet d'envergure lancé en 2012, avec un coût initial de 7 millions de dirhams. Les partenaires impliqués dans ce projet comprennent l'AMSSSED, Associate Asselda, la province d'AlHaouz et le CT Asni. En 2016, l'ONEE est devenu l'exploitant de la station, assurant ainsi la gestion du réseau d'assainissement. Cette installation moderne et innovante, dotée d'un niveau de traitement secondaire, garantit une qualité d'eau atteignant le niveau B. Elle est conçue pour répondre aux besoins d'une population de plus de 2000 habitants ainsi que des établissements environnants, traitant quotidiennement un volume impressionnant de plus de 63 mètres cubes d'eau par jour. Les eaux traitées sont ensuite utilisées de manière écologique pour l'irrigation d'une zone de 5 hectares, favorisant ainsi la croissance des arbres. Ce projet témoigne de l'engagement des partenaires et de l'importance accordée à la préservation des ressources en eau et à l'amélioration de l'environnement local.

La deuxième phase du projet est réalisée par Al Omrane Marrakech, avec un coût de 7,54 millions de dirhams. Son objectif est d'améliorer l'environnement du douar rural en mettant en

place des réseaux d'assainissement et de voirie, favorisant ainsi l'intégration du douar dans son paysage environnant et contribuant à la lutte contre l'exclusion sociale (Figure 11).



Figure 11 : Station de traitement des eaux usées ASSELDA

IV. 2 Fonctionnement et dimensionnement (Asselda)

Les filtres plantés sont des systèmes de traitement des eaux qui favorisent les échanges avec les micro-organismes en établissant un contact prolongé avec une masse complexe de matières organiques et inorganiques. Ils tirent parti des interactions physiques, chimiques et biologiques telles que la filtration, la sédimentation, l'absorption et la dissolution. Ces processus permettent de réduire de manière efficace la demande biochimique en oxygène (DBO5) et les solides en suspension, avec une élimination pouvant atteindre de 60 à 90%. La nitrification est utilisée pour traiter l'azote et l'ammoniac, tandis que le phosphore s'accumule simplement dans le sol.

En outre, les filtres plantés contribuent à la diminution des virus et des bactéries pathogènes grâce à l'activité antibiotique des racines et à la prédation exercée par les micro-organismes présents dans le système.

Alors, le traitement se fait par 4 étapes principales :

Prétraitement :

Avant même d'implanter le filtre, un système de prétraitement des eaux usées doit être prévu. Celui-ci se compose d'un dégrillage, déshuilage

- **Le dégrillage** consiste à retenir tous les gros déchets, déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, les feuillages... Le système comprend une série de grilles, espacées d'environ 50 mm avec les mailles de plus en plus serrées (Figure 12). Dès que

les grilles sont encombrées par les déchets, un racleur (ou simplement un râteau) monte le long des grilles et les retire, ces déchets peuvent être triés puis compostés ou envoyés en décharge.



Figure12 : Dégrilleur de station Asselda

- **Le déshuilage par écumage des graisses**, élimine les huiles par un principe de la flottation (siphon mécanique). Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait aussi par raclage et pompage de la surface

Les eaux usées domestique sont stockées dans un bassin fonctionnant avec un siphon auto-amorçant (Figure 13,14) qui alimente la STEP du débit arrivant sur filtre sous forme de bâchées avec un volume de 6 mètres cube.



Figure 13 : Siphon mécanique (Asselda)



Figure 14 : Image de siphon mécanique

Le rôle de siphon, est de pousser l'eau et alimenté la STEP sous forme de bâchée, pour deux raisons d'une part assure la distribution de tous la surface de filtre, d'autre part facilité le calcule de volume d'entrée (volume mensuel et annuel).

Après cette étape les eaux sortant du regard de décompression (Figure 15 a gauche) arrivent dans un regard de répartition (Figure 15 à droite) des eaux équipées de 3 tuileaux escamotable pour alimenter 3 filtres.



Figure 15 : Regard de décompression (à gauche)et de répartition (à droite)

Infiltration sur les bassins de FPR :

Une fois ce traitement primaire terminé, les eaux usées sont acheminées vers le filtre planté (3 filtres en parallèle) (Figure 16). Celui-ci est constitué d'un bassin artificiel rempli d'eau, de substrat et de plantes vasculaires.

Le filtre vertical est alimenté en surface par une bêche et est composé de plusieurs étages (l'alimentation se fait en **alternance**, **3** ou **2** jours pour chaque filtre). Au premier étage, les matières en suspension sont retenues par une masse filtrante de graviers fins, où les tiges des roseaux émergent à travers la boue formée. Le liquide percole à travers les graviers et est collecté au fond du filtre par une couche drainante de gros graviers reliée à l'atmosphère par des cheminées d'aération. **L'oxygénation** se fait par diffusion gazeuse et convection, favorisant le développement de la biomasse bactérienne pour dégrader les substances carbonées et permettant une nitrification partielle. Le deuxième étage affine cette dégradation et permet une **nitrification totale (Figure 18)** selon les conditions d'oxygénation, de température et de pH. Cependant, la dénitrification et la **dé-phosphatation** ne sont pas réalisées dans ce système. Pour optimiser l'oxygénation, une répartition uniforme des bûchées est essentielle. Les filtres verticaux, étant aérobies, ne produisent pas de mauvaises odeurs.

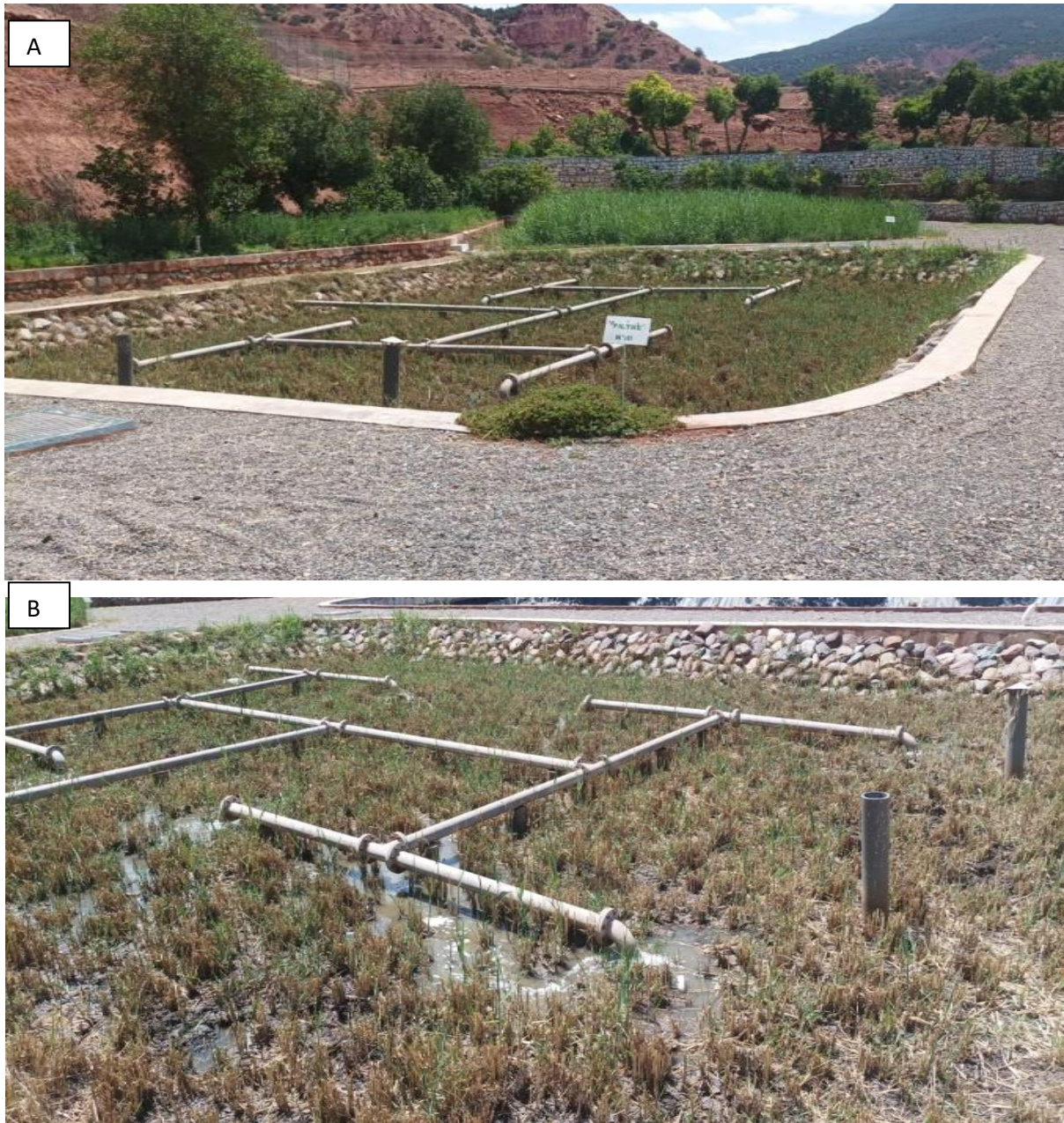


Figure 16 : Bassin d'infiltration d'Asselda (A et B)

- Les filtres sont communiqués avec le bassin de maturation par des regards de communication ou les regards intermédiaire (figure 17)



Figure 17 : Regard de communication

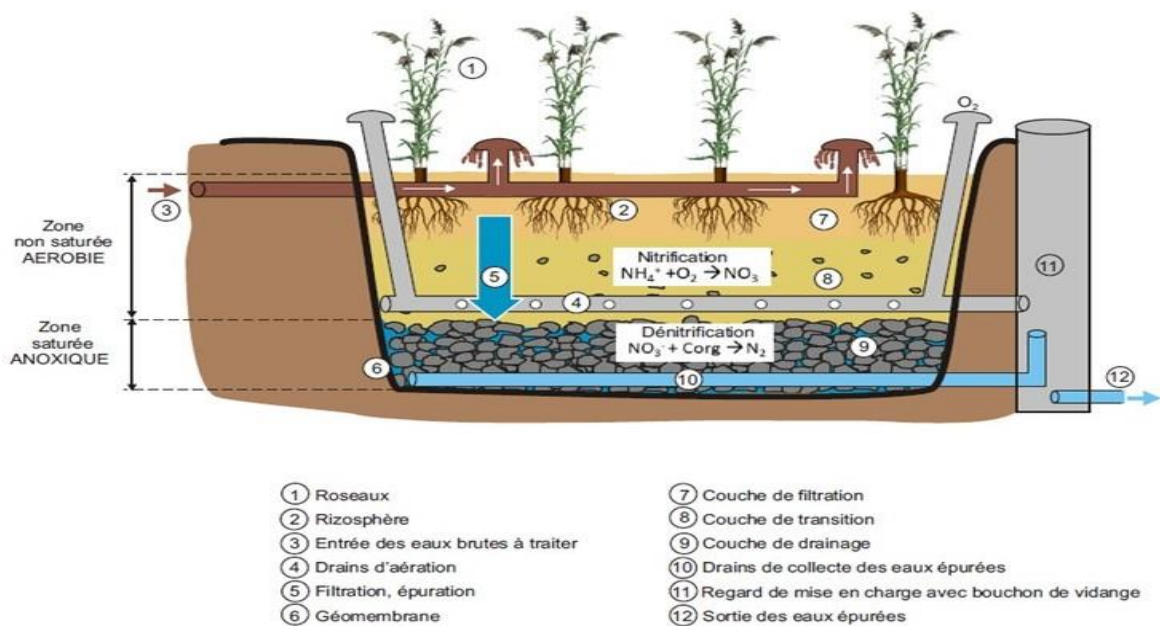


Figure 18 : Schéma explicatif de nitrification et dénitrification sur un PFR vertical

✚ Maturation (bassin facultatif) :

L'étape de maturation des eaux dans les bassins de maturation (Figure 19) est une phase finale cruciale du processus de traitement des eaux usées. Les bassins de maturation sont conçus pour permettre une décantation supplémentaire des particules en suspension, ainsi qu'une réduction supplémentaire de la charge organique et des micro-organismes pathogènes présents dans l'eau traitée. Pendant cette étape, l'eau est laissée au repos dans les bassins pendant une période

prolongée, ce qui permet aux processus naturels de se dérouler. Les particules fines se déposent au fond des bassins, formant une couche de boues, tandis que l'eau clarifiée s'accumule en surface. Ce temps de repos permet également aux micro-organismes bénéfiques de continuer à dégrader les substances organiques résiduelles présentes dans l'eau, favorisant ainsi une meilleure qualité de l'eau traitée. Les bassins de maturation jouent donc un rôle important dans la purification finale de l'eau avant sa réutilisation ou son rejet dans l'environnement, contribuant ainsi à la préservation des ressources en eau et à la protection de la santé publique.



Figure 19 : bassin de maturation (Asselda)

Stockage (bassin de stockage) :

Une fois que les eaux ont été sorte a traversé le bassin de maturation, il est essentiel de stocker les eaux traitées temporairement avant leur réutilisation dans l'agriculture ou leur rejet dans l'Oued quand c'est nécessaire en s'assurant que les objectifs de qualité minimale pour les eaux superficielle soient respectés. (Figure 20)



Figure 20 : Bassin de stockage Asselda



Figure 21 : Bassin stockage



Figure 22 : Irrigation par les eaux traitées

Tous les bassins (les filtre, le bassin facultatif, le bassin de stockage) sont enveloppés par une membrane plastique pour éviter l'infiltration des eaux usées dans la nappe phréatique.

✓ **Dimensionnement :**

La station est composée de trois bassin d'infiltration, chaque bassin a **17m** de longueur et **12m** de largeur, un bassin de maturation de **30m** de longueur et **10m** de largeur, Pour le bassin de stockage a **10m*10m** (Figure 23).

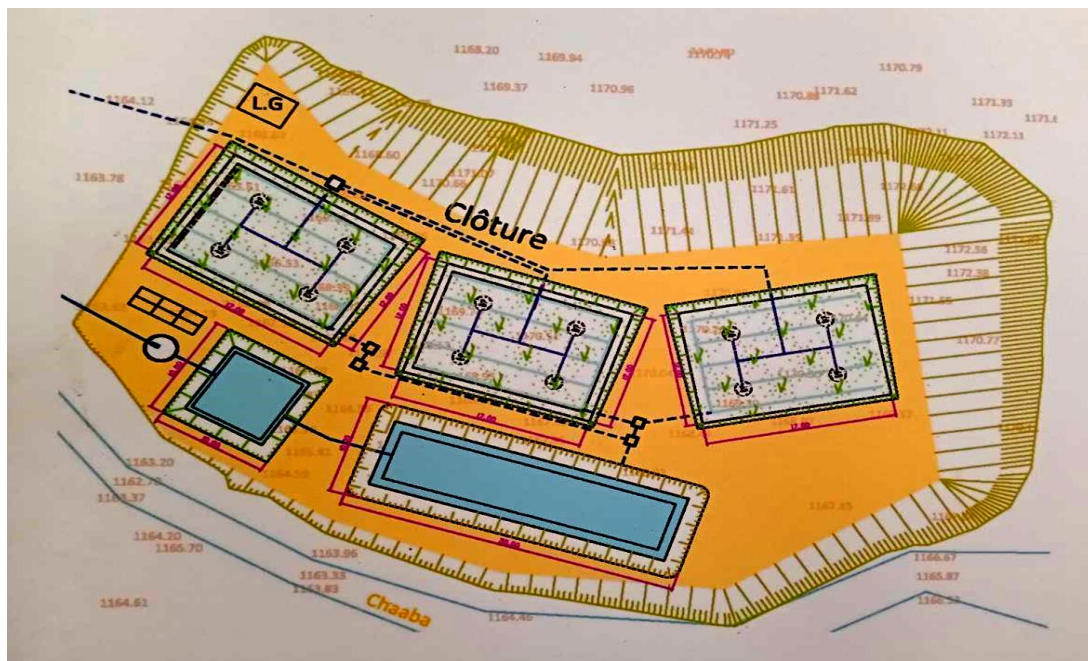


Figure 23 : Structure de la station d'épuration Asselda

IV. 3 Etude de performance de station Asselda

IV. 3. 1 Les Analyses effectuées

+ La Demande chimique en oxygène (DCO) :

L'évaluation de la quantité de substances chimiques capables de consommer de l'oxygène lors de la décomposition biologique est essentielle pour évaluer la qualité de l'eau et détecter les polluants organiques.

Mode opération pour l'analyse de **DCO** :

- Incorporer un réactif adéquat dans le tube à essai
- Après avoir minéralisé l'effluent pendant 2h à 145°C, procédez à son placement
- Utilisez une spectrophotométrie pour mesurer les variations de couleur de la solution.

+ La demande biologique en oxygène (DBO5) :

DBO5 mesure la quantité d'oxygène utilisée par les microorganismes pour dégrader les matières organiques dans l'eau usée, permet de quantifier la charge polluante de l'eau et vérifier l'efficacité du processus de traitement biologique.

Mode opératoire pour l'analyse de **DBO5** :

- Inoculez l'échantillon d'eau usée avec des microorganismes.
- Placer l'échantillon inoculé dans une cellule noire, à l'abri de la lumière.
- Maintenir la température à 20°C pendant une durée de 5 jours
- Mesurer la consommation d'oxygène de l'échantillon.

+ La matière en suspension MES :

La mesure de la MES est utilisée pour évaluer la concentration de particules solides présentes dans l'eau.

Mode opératoire pour l'analyse de MES :

- Prélever un échantillon représentatif de bassin de stockage
- Insérer le filtre dans une étuve réglée à 105°C pendant une durée de 24h afin d'assurer le séchage complet des matières en suspension.
- Retirer le filtre de l'étuve avec précaution et mesurez la MES

En utilisant la formule suivante :

M_1 : la masse du filtre après utilisation

M_2 : la masse du filtre avant utilisation

V : Volume de l'eau utilisé en ml

$$\frac{(M_2 - M_1)}{V}$$

IV. 3. 2 Présentation des données analytique :

Pour pouvoir évaluer les performances de traitement des eaux usées de la STEP, nous avons effectué des analyses à l'entrée et à la sortie de la station. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux suivants. (Tab 2)

	Température (Eau) °C	pH	Conductivité à 20°C µs/cm	MES mg/l	DBO5 mgO ₂ /l	DCO mgO ₂ /l
Entrée STEP	27,0	8,30	1372	308	68,8	307
Sortie STEP	26,0	7,40	1154	8,75	15,1	46,1

	Date et Heure de prélèvement	O ₂ dissous mgO ₂ /l
Entrée STEP	14/09/2022	0,0
Sortie STEP	à 13h00	5,52

Tableau 2 : Caractéristique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de STEP Asselda
Débit journalier pendant 24h est à l'entrée 53 m³/j et à la sortie 49 m³/j.

IV. 3. 3 Discussion des résultats

❖ Biodégradabilité

Concernant la biodégradabilité, nous remarquons que l'eau est généralement biodégradable, sa valeur est 4,5 à l'entrée.

A la sortie du traitement, le rapport DCO/DBO₅ est 3,1 et les concentrations des DBO₅ et DCO diminuent ce qui explique la dégradation de la matière organique le long du traitement biologique, ce qui implique une bonne efficacité du traitement.

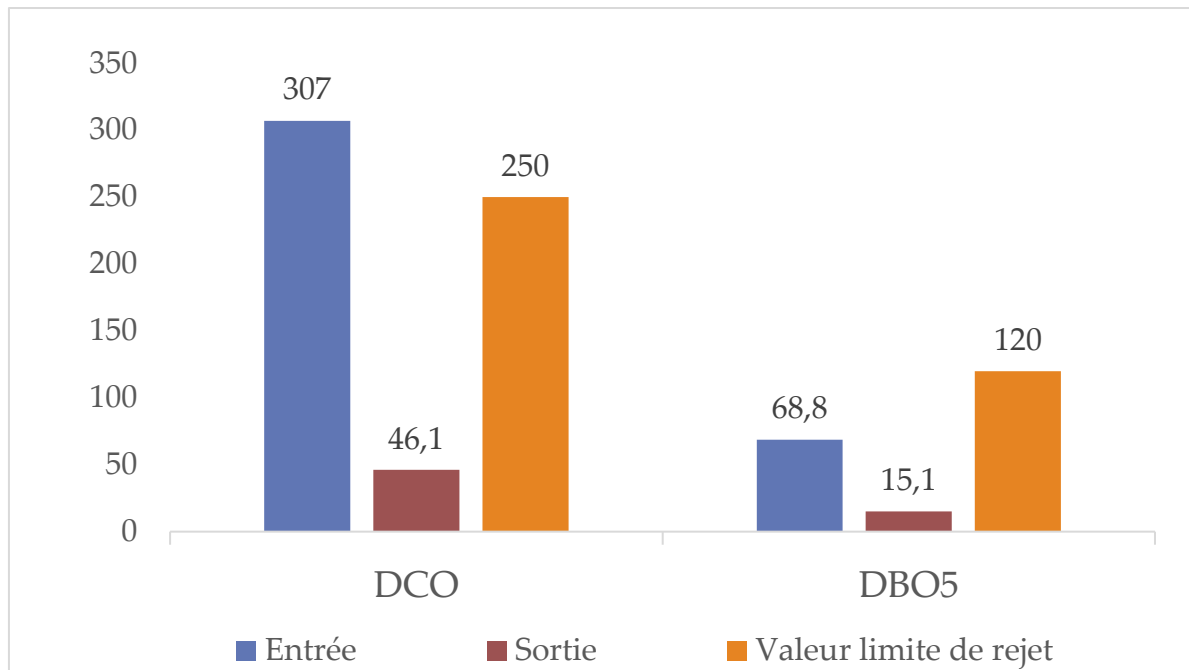


Figure 24 : Paramètre Physico-chimiques

❖ **Matières en suspension (MES)**

Les valeurs de MES à l'entrée du traitement secondaire est 308 mg/l. A la sortie du traitement ces valeurs sont 8,75 mg/l. Généralement on enregistre des valeurs de MES en accord avec les normes de rejet. (Figure 25)

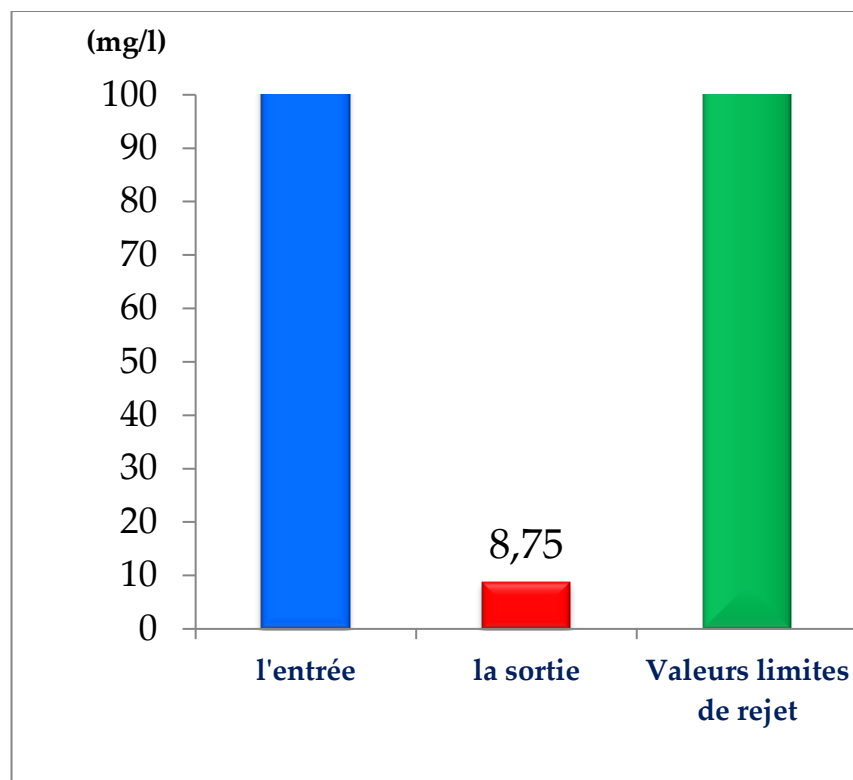


Figure 25 : Matière en suspension

❖ Taux d'abattement

On remarque que les performances de la STEP ont été bonnes au niveau des rendements d'abattement des polluants (figure 26).

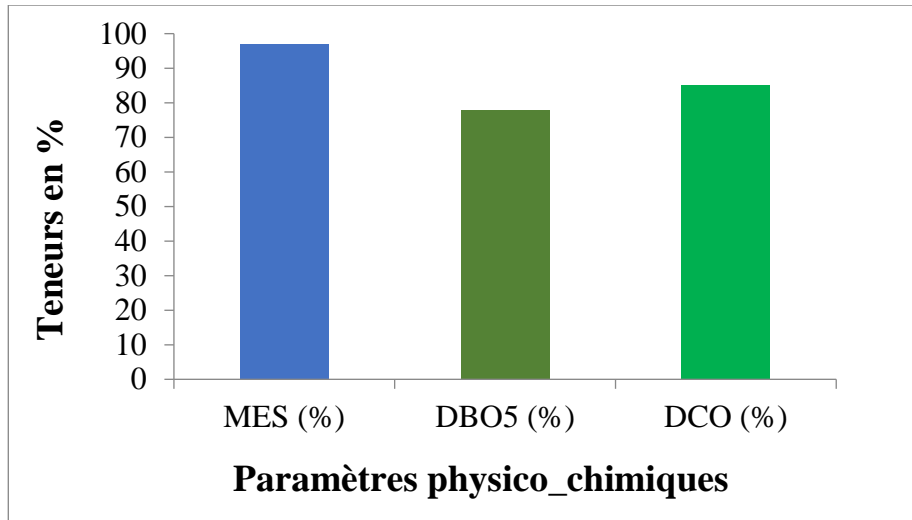


Figure 26 : Taux d'abattement

Exemple de calcul :

$$\text{MES (\%)} = \frac{308-9}{308} \times 100 = 97,07\%$$

❖ Charges polluantes

Les charges polluantes (%) de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de STEP Asselda sont les suivantes (figure 27) :

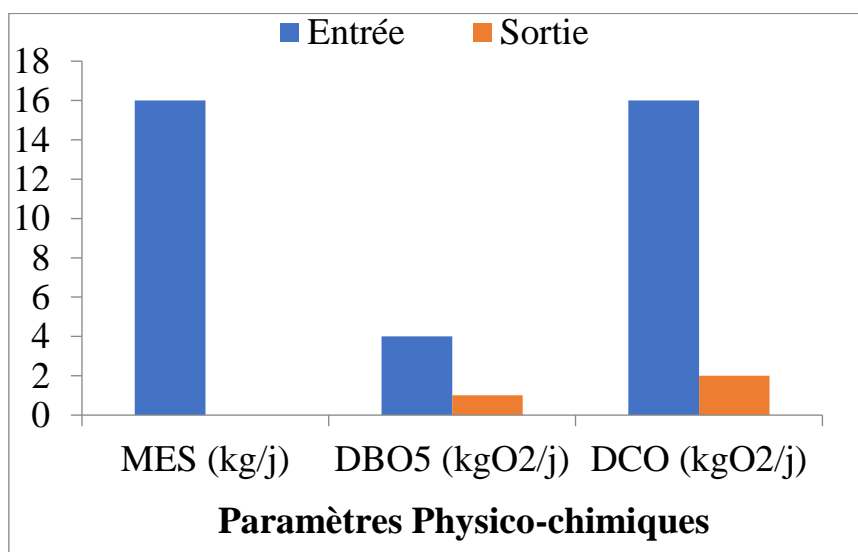


Figure 27 : Charges polluantes

Les valeurs mesurées à la sortie d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) indiquent la quantité de matières en suspension, de demande biologique en oxygène (DBO) et de demande chimique en oxygène (DCO) présentes dans l'eau traitée. Un niveau de matières en suspension de 0 kg/j à la sortie signifie que le processus de traitement a été efficace pour éliminer les particules solides de l'eau usée, améliorant ainsi sa clarté. Une DBO5 de 1 KgO₂/j à la sortie indique que la demande biologique en oxygène a diminué de 3 KgO₂/j par rapport à l'entrée, ce qui suggère une dégradation des matières organiques grâce à des processus biologiques. Une valeur plus faible de DBO5 à la sortie est considérée comme bénéfique car elle indique une réduction de la pollution organique dans l'eau traitée. Quant à la DCO, une valeur de 2 kgO₂/j à la sortie indique une réduction de 14 kgO₂/j par rapport à l'entrée, ce qui suggère une élimination partielle ou une transformation des substances chimiques présentes dans l'eau usée. Ces résultats indiquent que le processus de traitement à la STEP a été efficace pour réduire les charges polluantes, améliorant ainsi la qualité de l'eau à la sortie de la station. Cependant, il est important de vérifier si ces valeurs respectent les normes environnementales spécifiques pour évaluer leur conformité aux exigences réglementaires.

❖ Température

Les analyses indiquent que la température de l'eau usée à l'entrée d'une station d'épuration (STEP) est de 27 °C, tandis qu'à la sortie de la STEP, elle est de 28 °C. Cette légère augmentation de température peut être due à divers facteurs, tels que les processus de traitement biologique générant de la chaleur par l'activité microbienne. (Figure 27)

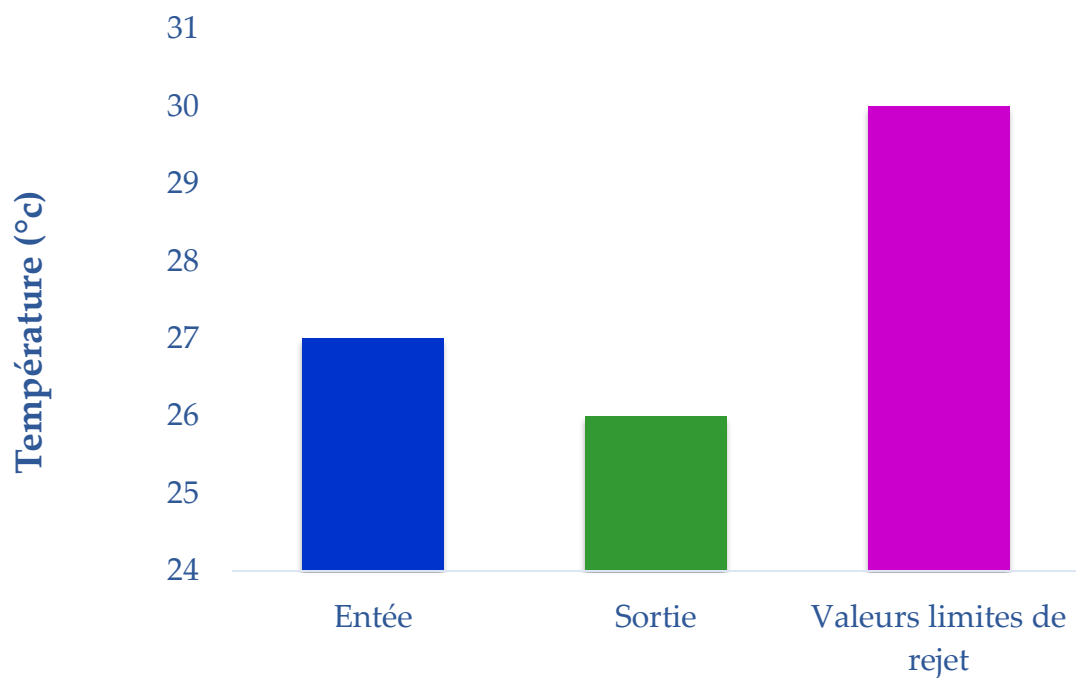


Figure 27 : température

❖ pH

Les données indiquent un changement de pH pendant le processus de traitement à la STEP. Le pH de l'eau usée à l'entrée est de 8,3, indiquant une légère tendance alcaline due à la présence de substances alcalines. À la sortie, le pH est de 7,4, indiquant une légère neutralisation, bénéfique pour le rejet dans l'environnement. Les variations de pH peuvent avoir des impacts sur la qualité de l'eau et les organismes aquatiques. Il est essentiel de surveiller et de contrôler attentivement le pH à la sortie pour respecter les normes environnementales et ajuster les processus de traitement si nécessaire.

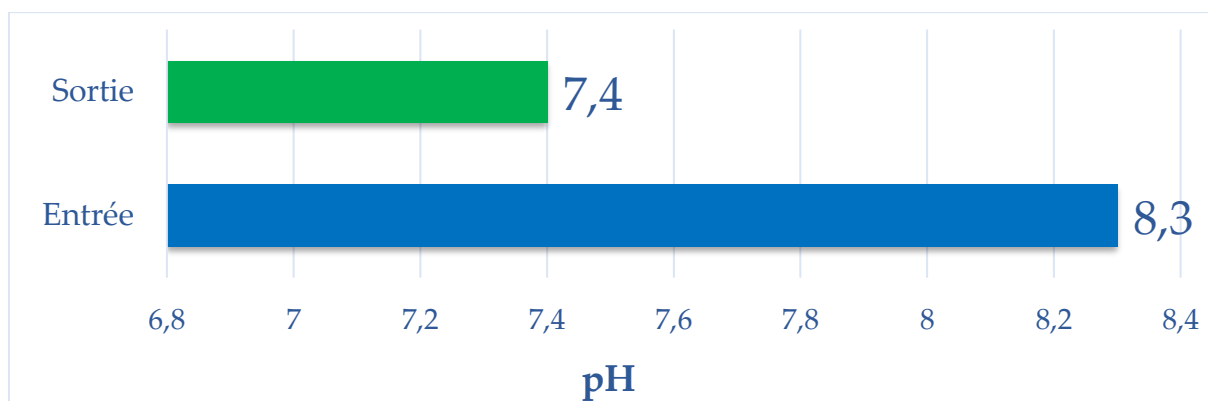


Figure 28 : potentiel hydrogéné

❖ O₂ dissous

Les données indiquent un changement significatif de la concentration en oxygène dissous pendant le processus de traitement à la STEP. À l'entrée, la concentration est de 0 mg/L, indiquant un manque d'oxygène dans l'eau usée. À la sortie, la concentration augmente à 5,52 mg/L grâce au traitement.

Une augmentation de la concentration en oxygène dissous à la sortie est bénéfique pour la qualité de l'eau traitée, favorisant la survie des organismes aquatiques et la dégradation des substances organiques.

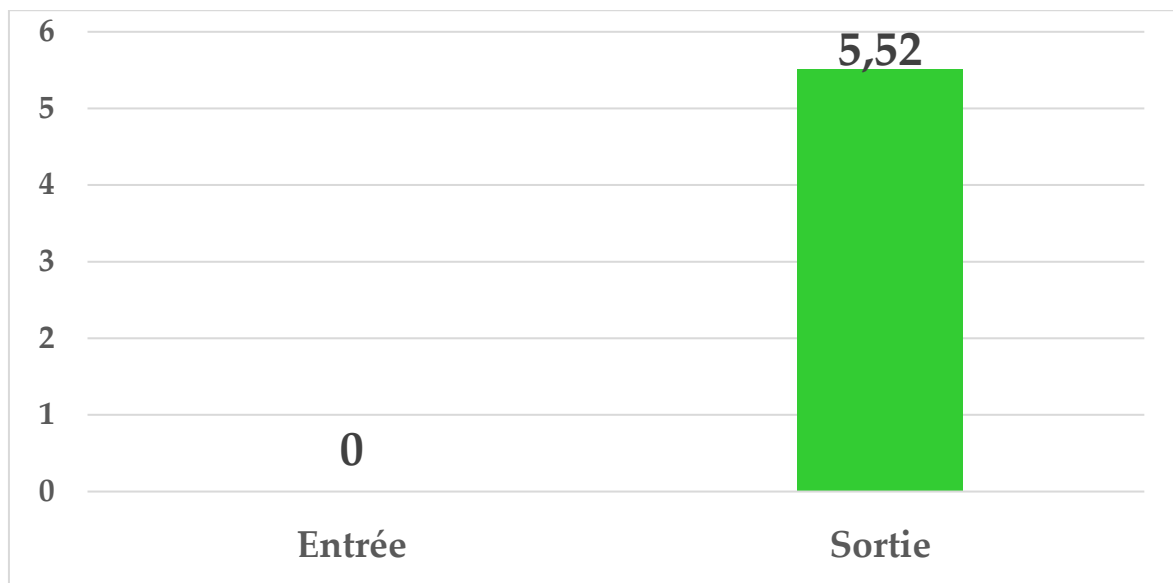


Figure 29 : O₂ dissous

❖ Conductivité

La différence de conductivité de l'eau usée entre l'entrée et la sortie d'une station d'épuration (STEP) peut être attribuée aux processus de traitement de l'eau à l'intérieur de la station. L'eau usée à l'entrée contient généralement des matières organiques, des sels dissous et des microorganismes, ce qui augmente sa conductivité. La STEP utilise diverses étapes de traitement pour éliminer ces contaminants, réduisant ainsi la conductivité de l'eau à la sortie.

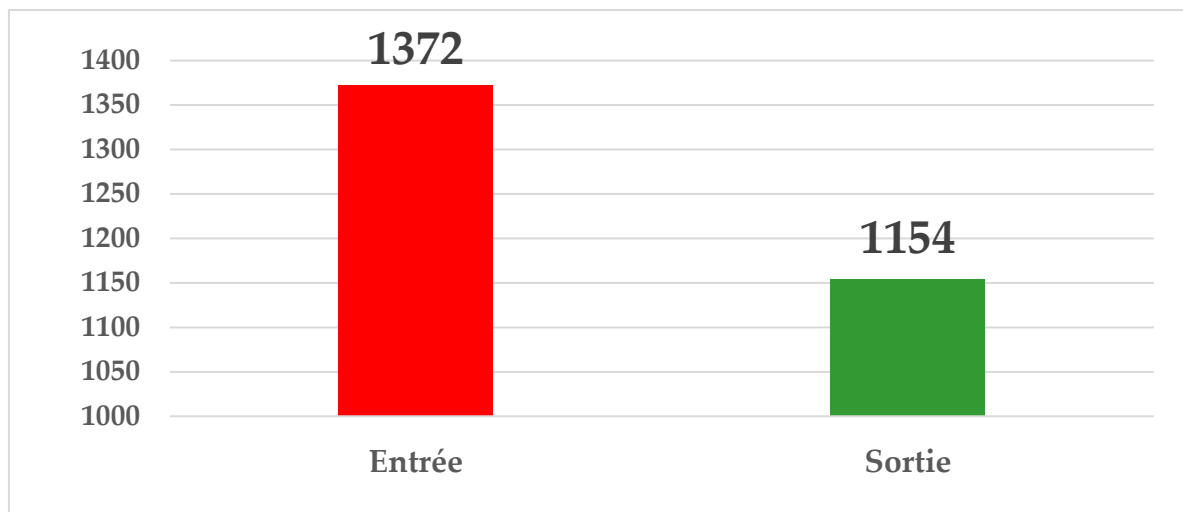


Figure 30 : Conductivité
❖ Observation

Nous constatons que l'eau traitée est conforme aux normes de rejet régissant les eaux usées pouvant être déversées dans l'environnement, tous les valeurs Inférieur à la valeur limite comme la montre la figure suivant (figure 31)

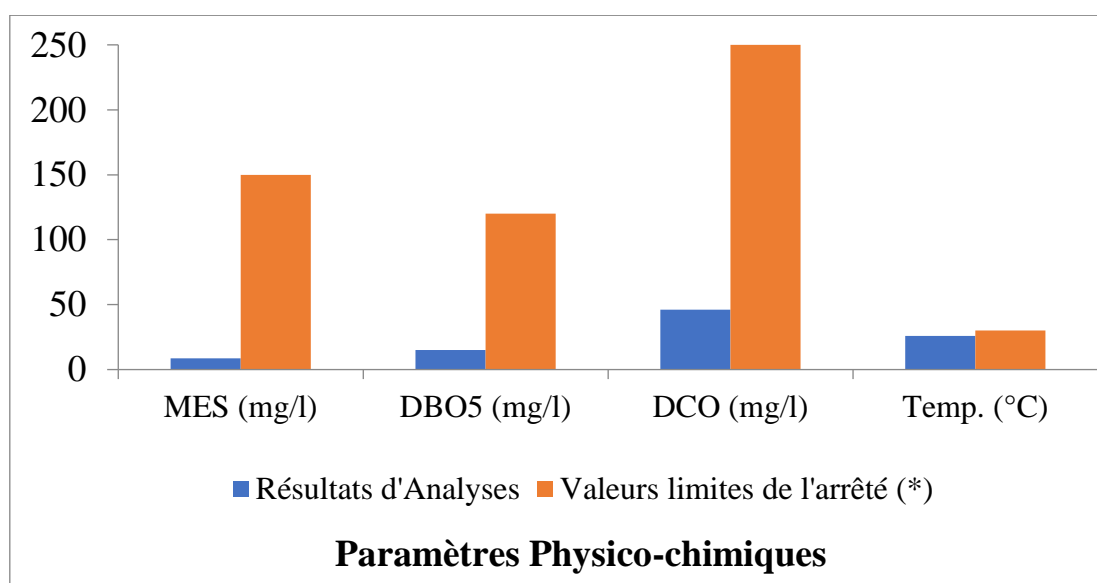


Figure 31 : Résultats d'Analyses et valeurs limites de rejet

(*) : Valeurs limites à partir d'aout 2016 selon l'article 2 de l'arrêté n°1607-06 du 25 juillet 2006 portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements d'eaux usées des agglomérations urbaines.

CONCLUSION GENERALE :

Ce travail avait pour objectif de concevoir et d'évaluer les performances des filtres plantés de roseaux (FPR) pour le traitement des eaux usées du Douar Asselda, une petite collectivité rurale située dans la Commune d'Asni au Maroc. Les filtres plantés de roseaux sont des systèmes écologiques et économiques qui utilisent les propriétés épuratoires des plantes et du sol.

Les résultats obtenus montrent que les filtres plantés à roseaux sont capables de réduire de manière significative les niveaux de polluants, tels que les matières organiques et les nutriments, présents dans les eaux usées. Les échantillons d'eau prélevés régulièrement ont montré une amélioration notable de la qualité de l'eau traitée, répondant aux normes environnementales et sanitaires.

Outre leurs performances de traitement des eaux usées, les filtres plantés à roseaux présentent des avantages économiques et environnementaux considérables. Ils nécessitent des investissements initiaux abordables, des coûts d'exploitation et d'entretien réduits par rapport à d'autres technologies. Leur utilisation contribue à la préservation des ressources en eau et à la protection de l'environnement local.

Enfin, ce projet a démontré que les filtres plantés à roseaux offrent une solution viable et efficace pour le traitement des eaux usées dans le Douar Asselda dans la Commune d'Asni aux environs de Marrakech. Leur conception adaptée au contexte local et leurs performances de purification des eaux usées en font une option recommandée pour répondre aux besoins croissants de traitement des eaux usées de manière durable tout en respectant les différentes composantes de l'environnement.

ANNEXE

Tableau 3 : Taux d'abattement

MES (%)	DBO ₅ (%)	DCO (%)
97	78	85

Tableau 4 : Charges polluantes

	MES	DBO ₅	DCO
	kg/j	KgO ₂ /j	
Entrée	16	4	16
Sortie	0	1	2

Tableau 5 : Résultats d'Analyses et valeurs limites de rejet

Paramètres	Résultats d'Analyses	Valeurs limites de l'arrêté (*)
MES (mg/l)	8,75	150
DBO ₅ (mg/l)	15,1	120
DCO (mg/l)	46,1	250
Température (eau)	26,0	30

Références

Bibliographie

- **Boram KIM** (2014). Devenir du phosphore dans les filtres plantés de roseaux : étude de sa rétention /libération et des facteurs d'influence, **Thèse**, L'institut national des sciences appliquées de Lyon
- **Youssef Hajhouji** (2018), Modélisation hydrologique du bassin versant de l'oued Rheraya et sa contribution à la recharge de la nappe du Haouz (bassin du Tensift, Maroc), **Thèse**, Centre d'études spatiales de la biosphère, Toulouse
- **SIRTOU Mohammed**, (1995) Etude hydro-climatologique des bassins du n'fis, du rheraya, de l'oiruka et da zat (Maroc), **Thèse**, Université Paul Verlaine - Metz, 1995. Français.
- **André, P.** (2008), Le filtre planté de roseaux : ou le versant vert de l'épuration des eaux usées, **Thèse**, du Rouergue, 2008 ;
- **Nahzi, J.** (2005), Adaptation du filtre planté de roseaux à écoulement horizontal (Constructed Wetlands) pour l'épuration des eaux usées des petites communautés au Maroc : caractéristiques hydrauliques, performances et dimensionnement. **Mémoire de 3eme cycle**, IAV Hassan II, Rabat ;
- **Yves, P. Daniel, B.** (1994), Le Lagunage écologique, **Thèse**, Economica, Paris, 1994 ;

Webographie

<https://www.hqe.guidenr.fr/cible-5-hqe/filtres-plantes-roseaux-traitement-eaux-usees.php>

<https://wikiwater.fr/a20-les-filtres-plantes-de>

<https://www.encyclopedie-environnement.org/zoom/filtres-plantes-roseaux/>

[Thème de recherche n°7 : Efficacité des filières de ...Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains \(Leesu\)](#)

http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201_LES%20EAUX%20USEES_.pdf

<https://hal.inrae.fr/tel-02583262/document>

<https://www.palvamar.net/presentation.html>