



## MEMOIRE DE MASTER

*Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**Option: HYDRAULIQUE URBAINE**

THEME :

**Systeme de traitement des eaux usées domestiques passif et autonome**

**Présenté par :**  
**LARBI Aya**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
AMMARI Abdelhadi	M.C.A	Président
BELLABAS Salima	M.C.B	Examineur
BOUNNAH Younes	M.A.A	Examineur
SALAH Boualem	Professeur	Promoteur

Session Octobre 2023

## Remerciement

- Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.
- Un remerciement spécial pour Mr.SALAH Boualem mon encadreur pour son soutien, ses conseils, ses orientations ainsi que ses précieuses informations qui m'ont permis d'élaborer ce mémoire de fin d'étude.
- Je remercie Mr. Habib MERABET le Directeur Général Sarl ENVIROSTEP
- Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'équipe de la SARL Envirostep pour son soutien et sa contribution précieuse à la réalisation de cette étude.
- je remercie également les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail.

Enfin je tiens à remercier vivement toutes les personnes de prêt ou de loin qui m'ont apporté un soutien pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

## Dédicaces

Je dédie ce travail :

- ✚ A ma famille qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Particulièrement à mes très chers parents que je ne pourrais jamais assez les remercier car leur amour, leur affection, leur bienveillance, et leur présence à mes côtés sont la source de ma force.
- ✚ A ma très chère mère : pour ces sacrifices et son soutien moral et matériel, un gros merci pour ton immense amour, ta compréhension et ton dévouement. Ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et mon amour éternel.
- ✚ A mes frères MOUSSA ET MOHAMED et ma sœur HALIMA puisse dieu qui vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.
- ✚ A mes ami(e)s et collègues : AMEL, SABRINA, MOKHTARIA, RAYAN, YOUNES et SAMIR merci pour vos partages, vos aides, vos encouragements, et votre présence dans les moments difficiles

## ملخص

في هذه الدراسة، تم استقصاء ودراسة مدى فعالية تقنية معالجة المياه المستعملة، كما قارنا التقنية الجديدة بتقنيات المعالجة التقليدية المعمول بها و تم تسليط الضوء على التأثير البيئي الناتج عن استخدام هذه التقنية في سياق الجزائر، وذلك لفهم كيفية تأثيرها على البيئة وكيف يمكن الحفاظ على البيئة أثناء استخدامها.

**الكلمات المفتاحية:** معالجة -تقنية جديدة - محطة تطهير - انابيب تطهير.

## Résumé

L'efficacité de la technique Enviroseptic pour le traitement des eaux usées est étudiée, avec une comparaison des approches décentralisées et des stations d'épuration, en mettant en évidence leur impact environnemental en Algérie.

**Mots clés :** Technique – Epuration – envirostep –Système décentralisée-Station d'épuration

## Abstract

"In this master's thesis, the efficiency of the Enviroseptic technique for wastewater treatment is analyzed, and a comparison is drawn between decentralized approaches and sewage treatment plants, highlighting their environmental impact in Algeria."

**Keywords:** Wastewater treatment – Decentralized – Sewage treatment – new technique

Document téléchargé depuis: <http://dspace.ensh.dz>

Partie I :Synthèse bibliographique 1

INTRODUCTION .....	2
I.1 LES ORIGINES DE LA TECHNOLOGIE.....	2
I.2 L'ETAT DE L'ART .....	3
I.3 L'HISTORIQUE DE MISE EN ŒUVRE EN ALGERIE .....	5
I.4 ADVANCED ENVIRO-SEPTIC® : UNE REVOLUTION EN ASSAINISSEMENT.....	6
CONCLUSION .....	7

PARTIE II :ÉPURATION DECENTRALISEE..... 8

INTRODUCTION .....	9
II.1 SYSTEM O)) .....	9
II.1.1 DÉFINITION .....	9
II.1.2 LES CARACTERISTIQUES CLES DU SYSTEME O)) .....	9
II.1.3 LES AVANTAGES DE SYSTEM O)).....	10
II.1.4 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE TRAITEMENT ENVIRO-SEPTIC .....	11
II.1.4.1 Description sommaire de la filière de traitement non étanche .....	11
II.1.5 LES ETAPES DE TRAITEMENT .....	13
II.2 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME ENVIRO-SEPTIC <sup>MD</sup> .....	15
II.2.1 CONDUITE ADVANCED ENVIRO-SEPTIC.....	17
II.3 CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS.....	18
II.3.1 FOSSE SEPTIQUE TOUTES EAUX.....	18
II.3.2 CONDUITE CYLINDRIQUE .....	18
II.3.3 MASSIF FILTRANT .....	19
II.3.4 SYSTEME DE DISTRIBUTION .....	19
II.3.5 CANALISATION DE COLLECTE .....	20
II.3.6 SYSTEME DE VENTILATION .....	20
II.4 DURABILITE DU DISPOSITIF DE TRAITEMENT ENVIRO-SEPTIC <sup>MD</sup> .....	20
II.5 PERFORMANCES .....	21
II.6 EXIGENCES D'INSTALLATION, MANIPULATION DES COMPOSANTS ET PREPARATION DU SITE : .....	21
II.6.1 SYSTEME ENVIROSEPTIC ETANCHE .....	21
II.7 PROBLEMES D'EXPLOITATION .....	22
CONCLUSION .....	22

PARTIE III :ETUDE COMPARATIVE ENTRE LA TECHNOLOGIE DE STATION D'ÉPURATION A BOUES ACTIVEES ET LE SYSTEM O)) ..... 24

INTRODUCTION .....	25
III.1 LES COMPOSANTS CLES D'UNE STATION D'EPURATION A BOUES ACTIVEES.....	25
1. BASSIN DE DECANTATION : .....	25
2. BASSIN D'AERATION : .....	25
2. BASSIN DE SEDIMENTATION : .....	25

3. SYSTEME DE RECIRCULATION DES BOUES :	25
4. CONTROLE ET AUTOMATISATION.....	25
5. AUTRES COMPOSANTS IMPORTANTS :	25
III.2 AVANTAGES DE LA TECHNOLOGIE A BOUES ACTIVEES.....	26
1. AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX .....	26
2. EFFICACITE DE TRAITEMENT :	26
3. COUTS OPERATIONNELS :	26
4. DURABILITE ET MAINTENANCE :	26
III.3 INCONVENIENTS DE LA TECHNOLOGIE A BOUES ACTIVEES :	26
1. BESOINS EN ESPACE .....	26
2. COUTS INITIAUX ÉLEVES.....	27
3. SENSIBILITE AUX PERTURBATIONS .....	27
4. PRODUCTION DE BOUES .....	27
5. NECESSITE UNE EXPERTISE TECHNIQUE.....	27
III.4 COMPARAISON ENTRE LES TECHNOLOGIES D'EPURATION.....	27
III.5 CHOIX DE LA TECHNOLOGIE :	29
III.5.1 PRESENTATION DES CRITERES DE SELECTION :	29
1. Efficacité de Traitement.....	29
2. Coûts Opérationnels .....	29
3. Empreinte Environnementale .....	29
4. Simplicité Opérationnelle.....	30
III.5.2 JUSTIFICATION DU CHOIX :	30
1. l'efficacité de Traitement :	30
2. Des Coûts Opérationnels.....	30
3. de l'empreinte environnementale.....	30
4. de la Simplicité Opérationnelle .....	30
CONCLUSION .....	30
<b>PARTIE IV :ÉTUDE DE CAS.....</b>	<b>31</b>
INTRODUCTION .....	32
IV.1 PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION EN QUESTION :	32
IV.2 OBJECTIFS DE LA COMPARAISON :	32
IV.3 EXEMPLE D'EMPLACEMENT POUR LES RESULTATS D'ANALYSE CHIMIQUE :	33
IV.3.1(SYSTEME O)) .....	33
IV.3.2 STATION A BOUES ACTIVEES.....	33
IV.4 ANALYSE DES PARAMETRES CHIMIQUES A L'ENTREE ET A LA SORTIE DES STATIONS :	33
CONCLUSION .....	35

## Introduction générale

Dans le contexte actuel de préoccupation croissante pour la préservation de l'environnement et la gestion efficace des ressources naturelles, le traitement des eaux usées revêt une importance cruciale. La recherche bibliographique révèle l'émergence de la technique Enviroseptic comme une approche novatrice et respectueuse de l'environnement pour le traitement des eaux usées. Cette méthode se distingue par son efficacité, son faible besoin en énergie, et son utilisation de matériaux recyclés. L'objectif de ce mémoire est d'explorer en détail l'efficacité de la technique Enviroseptic, ses avantages et ses applications dans le cadre d'une stratégie d'assainissement décentralisé, tout en évaluant son impact potentiel sur la préservation des ressources naturelles et de la santé publique.

Au cœur de cette exploration se trouve l'épuration décentralisée, une approche révolutionnaire du traitement des eaux usées. Les systèmes d'assainissement décentralisés opèrent à petite échelle, de manière autonome, sans nécessiter de raccordement à un réseau d'égouts centralisé. Ils exploitent des processus naturels et des technologies simples pour traiter efficacement les eaux usées. Nous plongerons dans la mécanique sous-jacente de ces systèmes, en révélant comment ils réduisent la pollution de l'eau et contribuent à la préservation de nos précieuses ressources naturelles.

De plus, nous aborderons la station d'épuration à boues activées, une technologie de traitement des eaux usées qui repose sur l'aération biologique. Cette méthode utilise des micro-organismes pour décomposer les contaminants organiques, améliorant ainsi la qualité de l'eau. Cette technologie a évolué au fil du temps pour devenir une solution sophistiquée et efficace, en accord avec les normes environnementales et la conservation des ressources en eau.

Enfin, nous examinerons l'impact de l'industrialisation croissante sur l'environnement, en mettant en évidence la corrélation entre le développement industriel et l'impact environnemental. Notre analyse comparative explorera différentes approches de traitement des eaux usées, mettant en lumière les avantages et inconvénients des stations d'épuration par rapport aux systèmes autonomes et passifs. Ce mémoire vise à fournir un aperçu complet de ces méthodes, avec une étude de cas comparative entre une station d'épuration à boues activées située à Illizi, en Algérie, et la technique du système o)). Cela nous permettra d'évaluer de manière approfondie leurs implications environnementales et leur contribution à la gestion durable de l'eau dans cette région."

# Partie I : Synthèse bibliographique

## Introduction

La recherche bibliographique montre que la technique Enviroseptic est une technologie innovante de traitement des eaux usées qui se caractérise par son approche respectueuse de l'environnement, son absence de consommation d'énergie et son utilisation de matériaux recyclés. A travers ce chapitre, nous analyserons son efficacité, ses avantages et ses applications dans le cadre d'une stratégie d'assainissement décentralisé, tout en examinant son impact potentiel sur la préservation des ressources naturelles et de la santé publique.

### I.1 Les Origines de la Technologie

Le système de traitement passif et autonome System O)), initialement connu sous le nom d'Advanced Enviroseptic, a vu le jour aux États-Unis en 1985 lorsque David Presby, un inventeur et entrepreneur, a fondé Presby Environmental Inc. (PEI). PEI a révolutionné le traitement des eaux usées en introduisant le système Enviro-Septic (AES), qui a rapidement acquis une renommée mondiale pour son efficacité et sa capacité à offrir une solution écologique et durable pour le traitement des eaux usées. (David Presby, 2000)

Au Canada, l'histoire de System O)) a pris une nouvelle dimension grâce à Benoit Boucher. En 2018, après des essais réussis au Québec, Boucher a fondé System O)), une entreprise dédiée à l'amélioration continue de la technologie Advanced Enviro))Septic. Cette nouvelle itération du système a suscité une forte demande pour des projets pilotes internationaux. Pour soutenir cette expansion et faire face aux nouveaux défis, il est devenu essentiel de permettre au directeur général en fonction d'acquérir la part canadienne de l'entreprise, marquant ainsi une étape significative dans l'histoire de System O)). (Benoit Boucher,2020)

L'expansion en Algérie est également une étape importante dans l'évolution de System O)). Habib Merabet (2010), fondateur de la Sarl Envirostep, a joué un rôle clé en introduisant la technologie développée par DBO Expert en Algérie. En 2010, avec l'accord des Canadiens, Merabet a créé sa propre société, la Sarl Envirostep, devenant ainsi le représentant exclusif local dans le domaine du traitement des eaux usées en appliquant le concept innovateur de System O)). Cette collaboration fructueuse entre le Canada et l'Algérie a ouvert la voie à l'adoption réussie de ce procédé d'assainissement autonome dans le pays, marquant une étape significative dans son histoire. Ainsi,

System O)) est passé d'une invention aux États-Unis à une technologie mondialement reconnue, grâce à des améliorations continues au Canada et à une expansion réussie en Algérie, soutenue par des partenariats stratégiques.

## **I.2 l'état de l'art**

Cet inventaire concerne les systèmes de traitement des eaux usées, mettant en évidence un conduit cylindrique spécialement conçu pour la gestion des eaux usées liquides. Ce conduit utilise des découpes et des rainures pour disperser l'humidité par action capillaire, s'infiltrant dans des matériaux environnants tels que le sable et le gravier. Il est applicable aux systèmes septiques, y compris ceux sans gravier, ainsi qu'au traitement de l'eau contaminée par l'huile et l'eau contaminée chimiquement. (David Presby, 2000)

Un nouvel outil d'évaluation en ligne qui permet aux entreprises d'évaluer leurs antécédents environnementaux et offre des conseils pour améliorer leurs performances environnementales et économiques. À l'échelle internationale, les consommateurs et les parties prenantes exigent des entités qu'elles démontrent activement leur engagement envers la durabilité. Le questionnaire en ligne d'Envirostep est une manière simple pour les entreprises de toute taille de progresser vers cet objectif. Envirostep est gratuit. Les entreprises répondent à une série de questions adapter, puis reçoivent un rapport avec une liste de mesures pratiques pour les aider à améliorer leurs performances. (Article envirostep up and running, Wellington: New Zealand Society of Accountants Chartered Accountants Journal of New Zealand, 2009, Vol.88 (7), p.9)

L'article met en avant les avantages des systèmes alternatifs de traitement des eaux usées par rapport aux méthodes traditionnelles. Ces systèmes ont démontré des performances fiables et supérieures au fil du temps, avec des certifications tierces à l'appui. Plusieurs facteurs, tels que la capacité de traitement des eaux usées, les débordements des égouts combinés, la proximité du bassin versant, la pollution des eaux souterraines, la conformité réglementaire et la croissance communautaire à long terme, influencent la prise de décision quant à l'adoption de ces systèmes.

De plus, l'article met en lumière la technologie Enviro-Septic, qui a permis à l'installation de Blodgett Landing de réduire considérablement divers contaminants des eaux usées, notamment les coliformes fécaux, l'azote total (TN), la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO5) et les solides en suspension totaux (TSS). Cette approche s'est révélée économiquement viable, comme en témoigne l'initiative "Reclaim Our Water" du Suffolk County Health Department, axée sur la réduction de l'azote en remplaçant les systèmes septiques traditionnels par des systèmes alternatifs individuels de traitement des eaux usées. (The American City & County, 2021)

Un système de traitement des eaux usées novateurs conçus pour traiter les eaux usées provenant de fosses septiques. Ce système inclut un traitement tertiaire visant à éliminer passivement le phosphore, l'azote et les coliformes des flux d'eaux usées. Il se compose d'une fosse septique, d'un système enviro-septique, d'un système de déphosphatation, d'un système de dénitrification et d'un champ de polissage, avec des systèmes de distribution et de pompage de tuyauterie associés. Le système enviro-septique comprend un tuyau enviro-septique avancé, un milieu de filtration, un drain de collecte et des systèmes de distribution connexes. Le champ de polissage intègre également un tuyau enviro-septique avancé, un drain de collecte, un milieu de filtration, un drain de collecte et des systèmes de distribution associés. Enfin, un système de déphosphatation et un système de dénitrification utilisent des milieux de filtration respectifs pour éliminer le phosphore, les coliformes et l'azote. Ce procédé de traitement des eaux usées peut être employé pour le traitement des eaux usées domestiques, industrielles et commerciales. (BOUCHER Benoit, 2020)

Dans le cadre de l'évaluation des performances de la station d'épuration des eaux usées domestiques de GRN, qui utilise une nouvelle technique d'épuration appelée "Système EnviroSeptic" basée sur un processus biologique à 100%. Des analyses ont été réalisées en Algérie entre octobre 2019 et mars 2020. Les résultats montrent des rendements épuratoires satisfaisants, avec des réductions significatives des paramètres clés tels que la demande chimique d'oxygène (DCO), la demande biochimique d'oxygène (DBO5) et les matières en suspension (MES), atteignant jusqu'à 92%, 99% et 86% respectivement pour la base de vie principale BDV GRN, et jusqu'à 79%, 83% et 95% pour la base de vie annexe de 58 cabines. Cette méthode de traitement combine des conduites Advanced EnviroSeptic avec un massif filtrant à base de sable, nécessitant un entretien minimal. (TEBIB Fadila, 2020)

La technologie de traitement et de dispersion combinée (CTD) offre une méthode écologique et efficace pour le traitement des eaux usées domestiques aux normes secondaires et leur dispersion dans le sol naturel. Elle repose sur des processus chimiques naturels et des micro-organismes pour dégrader la matière organique, répondant ainsi aux normes de qualité de l'eau. (David Lentz, 2022)

De nouvelles technologies ont été développées pour améliorer les performances des systèmes septiques classiques, notamment le système de filtration Enviro-Septic® de Presby Environmental, Inc., qui semble surpasser les systèmes de filtration traditionnels pour le traitement des eaux usées. Les recherches ont comparé les performances des systèmes Enviro-Septic® à ceux des systèmes de filtration classiques en utilisant des modèles à petite échelle en laboratoire et des modèles à grande

échelle. Les résultats ont montré que le système Enviro-Septic® excelle dans l'élimination de divers composants des eaux usées, offrant ainsi une meilleure performance de traitement et une distribution plus étendue des effluents dans le sol par rapport aux systèmes classiques. (Joselle Germano-Presby, 2004)

L'US Air Force envisage la construction d'un système septique à la New Boston Air Force Station, New Hampshire, pour le traitement des eaux usées sanitaires, supprimant ainsi la nécessité d'un permis NPDES. Cette action se déroulerait principalement dans la zone opérationnelle et ses environs, au nord-est de la station. Une évaluation environnementale examine les impacts potentiels sur divers aspects, tels que la qualité de l'air, le bruit, la géologie, les ressources en eau et la socioéconomie. Les conséquences prévues sont principalement limitées et de courte durée sur l'environnement. (ARGONNE NATIONAL LAB IL ENVIRONMENTAL ASSESSMENT DIV, 2004)

L'épuration des eaux usées résidentielles utilise des dispositifs tels que les traitements secondaires avancés Enviro-Septic et les champs de polissage pour améliorer la qualité de l'effluent. Ces systèmes sont disponibles en trois tailles différentes en fonction des besoins, avec des exigences de qualité de l'effluent spécifiques. Ils contribuent à réduire l'impact environnemental des eaux usées domestiques tout en préservant la qualité de l'eau dans les systèmes d'assainissement. (Christian VEZINA, juin 2013)

Ce projet a analysé les apports d'eau de ruissellement dans le lac Wickaboag et a identifié un site problématique présentant des niveaux élevés de matières en suspension totales et de phosphore. Pour remédier à cette pollution, différentes pratiques de gestion ont été évaluées en termes d'efficacité, d'applicabilité et de coût, aboutissant à la recommandation d'un système d'infiltration pour contrôler les eaux de ruissellement sur le site identifié. (Guerra and Bryan Watkins, 2011)

### **I.3 l'historique de mise en œuvre en Algérie**

Plusieurs projets de systèmes d'épuration des eaux usées ont été réalisés en Algérie au fil des ans. Parmi ces réalisations notables figurent la mise en place d'un système épuratoire au centre médico-psycho-pédagogique de Beni Ourtilane, wilaya de Sétif, avec une capacité de traitement équivalente à 180 habitants, initié en février 2014 et livré en mars 2014. De plus, un système d'épuration à Aïn-Djenane, commune de Ouillen, wilaya de Souk-Ahras, a été achevé en janvier 2015, avec une capacité de traitement prévue pour un équivalent de 250 habitants, après un démarrage du chantier en octobre 2014. D'autres projets notables comprennent la réalisation de deux stations d'épuration à Bettaḥ, wilaya

de Taref, en juin 2016, avec une capacité de traitement de 25 m<sup>3</sup>/jour chacune, ainsi qu'une station d'épuration au siège de la Société FADIBIO SARL à Hammamet, wilaya d'Alger, en juillet 2017, avec une capacité de traitement de 1000 litres/jour et une récupération des eaux traitées.

D'autres projets de stations d'épuration ont également été réalisés en Algérie pour répondre aux besoins croissants en gestion des eaux usées. Par exemple, une station d'épuration a été érigée à la base vie de Khrechba, dans la wilaya de Ghardaïa, avec une capacité de traitement équivalente à 200 habitants et une capacité de 50 m<sup>3</sup>/jour, initiée en 2017. De même, une station d'épuration a été conçue pour les besoins de la station services Tamezguida Nord, située dans la wilaya de Blida, avec une capacité de traitement de 50 m<sup>3</sup>/jour, en avril 2017.

Par ailleurs, en juillet 2020, SARL ENVIROSTEP a été chargée de la réalisation de plusieurs stations d'épuration pour l'usine d'Arzew, située dans la wilaya d'Oran. Ces stations ont contribué à la gestion efficace des eaux usées industrielles de la région.

Enfin, un projet de station d'épuration a été planifié pour Oum Ali, dans la wilaya de Tébessa, en avril 2023, démontrant l'engagement continu envers l'amélioration de l'infrastructure de traitement des eaux usées à travers l'Algérie pour préserver l'environnement et améliorer la qualité de vie des habitants.

#### **I.4 Advanced Enviro-Septic® : Une Révolution en Assainissement**

Le système Advanced Enviro-Septic® offre une solution novatrice au traitement des effluents de fosses septiques en éliminant efficacement les solides en suspension. En utilisant des processus naturels simples, il évite de surcharger les bactéries, d'entraver l'aération du système, et de sceller le sol sous-jacent. Ce système retient les solides dans un tuyau perforé breveté et offre une vaste zone de traitement bactérien. Son cycle continu favorise la croissance bactérienne, créant ainsi un écosystème unique qui excelle en termes d'efficacité, de longévité, et d'impact environnemental minimal.

La technologie brevetée au cœur d'Advanced Enviro-Septic® repose sur un tuyau en plastique perforé, entouré de trois couches de filtrage, de traitement, et de dispersion. Cette technologie est totalement passive, ne nécessitant ni électricité, ni moteurs, ni composants électroniques. Les tuyaux sont installés dans un lit de sable spécifié et peuvent être enterrés ou en surface, offrant une solution de traitement des eaux usées efficace et écologique.

Le tuyau Advanced Enviro-Septic est le composant clé d'un système de traitement autonome des eaux usées certifié NSF 40, classe I, et répondant à plusieurs normes de qualité internationales. Ce système crée un écosystème dédié à la purification et à la dispersion des effluents après le traitement primaire par une fosse septique. Il incorpore le Bio-Accelerator, une amélioration brevetée qui filtre les solides supplémentaires, accélère le traitement, assure une distribution uniforme, et offre une surface bactérienne étendue.

Ce système révolutionnaire présente une liste impressionnante de caractéristiques qui en font une solution écologique et économique sans précédent. Il fonctionne sans nécessiter d'énergie, éliminant ainsi les coûts de fonctionnement associés à d'autres systèmes. De plus, son absence totale de maintenance continue et de pièces de rechange garantit une tranquillité d'esprit à long terme pour les propriétaires. L'utilisation de ce système est respectueuse de l'environnement, grâce à l'absence de produits chimiques, d'émissions de gaz à effet de serre, d'odeurs ou de bruit, et il ne génère pas de boue. De plus, étant un système 100 % enterré, il s'intègre harmonieusement dans l'environnement. En ce qui concerne ses performances épuratoires, il offre d'excellents résultats en termes de réduction de la DBO5, des MES, de la DCO et de la bactériologie. De plus, il est soutenu par une garantie de service de 20 ans, attestant de sa fiabilité à long terme, et sa durée de vie des équipements atteint 50 ans, faisant de ce système une solution exceptionnelle pour l'assainissement et la protection de l'environnement.

## **Conclusion**

En conclusion, Advanced Enviro-Septic® représente une avancée significative dans le domaine de l'assainissement des eaux usées. Cette technologie novatrice élimine les solides en suspension de manière efficace, tout en préservant l'environnement grâce à son approche passive et durable. Certifié selon les normes les plus rigoureuses, ce système offre une solution écologique de premier ordre pour le traitement des effluents de fosses septiques, marquant ainsi une étape essentielle vers un assainissement plus efficace et respectueux de notre planète.

## **Partie II : Épuration Décentralisée**

## Partie II : Épuration décentralisée

### Introduction

Au cœur de ce chapitre, nous plongeons dans le domaine de l'épuration décentralisée, une approche novatrice du traitement des eaux usées. Les systèmes d'assainissement décentralisés opèrent à petite échelle, de manière autonome, sans nécessiter de raccordement à un réseau d'égouts centralisé. Ils tirent parti de processus naturels et de technologies simples pour traiter efficacement les eaux usées.

Notre exploration se concentrera sur la mécanique sous-jacente de ces systèmes, en dévoilant comment ils réduisent la pollution des eaux et préservent nos ressources naturelles. Plongeons dans le fonctionnement ingénieux de l'épuration décentralisée et examinons de près les avantages qu'elle offre à l'environnement.

### II.1 System o))

#### II.1.1 définition

Un système de traitement des eaux usées passif et autonome est un dispositif conçu pour traiter les eaux usées de manière efficace sans nécessiter une alimentation en énergie externe ni une intervention humaine constante. Ces systèmes utilisent des processus naturels et mécanismes passifs pour purifier les eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement ou de les réutiliser.

#### II.1.2 Les caractéristiques clés du système o))

1. Autonomie énergétique : Ils ne dépendent pas d'une source d'énergie externe, comme l'électricité, pour fonctionner. Ils tirent leur énergie des processus biologiques ou physico-chimiques naturels.

2. Passivité : Ils ne nécessitent pas d'intervention humaine constante pour leur fonctionnement. Une fois installés et en service, ils traitent les eaux usées de manière autonome.

## Partie II : Épuration décentralisée

3. Processus naturels : Il utilise un processus naturel tel la décomposition biologique aérobie et anaérobie pour éliminer les contaminants des eaux usées.

4. Faible entretien : Le système de traitement des eaux usées passifs et autonomes est conçu pour nécessiter un entretien minimal une intervention par an, ce qui les rend adaptés aux zones éloignées ou peu accessibles.

5. Réutilisation possible : ce système est conçu pour permettre la réutilisation des eaux traitées à des fins non potables vue son rendement épuratoire avancé, comme l'irrigation ou la chasse d'eau.

Ce système est souvent utilisé dans des endroits éloignés, hors réseau, ou dans des zones où l'accès à l'électricité est limité, mais où le traitement des eaux usées est essentiel pour des raisons environnementales et sanitaires. Il contribue à réduire l'impact environnemental des eaux usées tout en conservant les ressources en eau.

### II.1.3 les avantages de system o))

#### 1- Traitement sans énergie et sans bruit

- Ni pompe ni moteur électrique requis.
- Le dispositif est silencieux et fonctionne sans électricité.
- L'installation ne nécessite pas d'outils spéciaux sauf pour les équipements Advanced enviro))septic.

#### 2- Traitement sans entretien continue

- Aucun remplacement de support bactériologique.
- Aucune répartition des pièces mécanique défectueuses ou défectueuses.

#### 3- Traitement naturel

- Procèdes biologique par le que les bactéries aérobies et anaérobies traitent les eaux usées.

Le précédé facilite le régénéscence des bactéries et est adapté aux variations climatiques (-10 °C à +50 °C) et d'utilisation une réduction de la DBO5, MES et DCO jusqu'à 99%.

#### 4- Traitement sans soucis

- Fiabilité éprouvée, un choix logique face en enjeux écologiques d'aujourd'hui.
- S'intègre facilement dans le paysage et l'environnement.
- Contribue au développement durable.

## Partie II : Épuration décentralisée

- Un traitement sans production de déchet (boue).
- Les composants sont en partie fabriqués à partir de plastique recyclé.
- La technologie est testée au Etats-Unis au canada en Belgique et en France.
- Possibilité de récupérer l'eau traité pour la réutilisation.
- Une garantie de 20 ans sur le composant par le fabricant.

### II.1.4 Principe de fonctionnement du dispositif de traitement Enviro-Septic

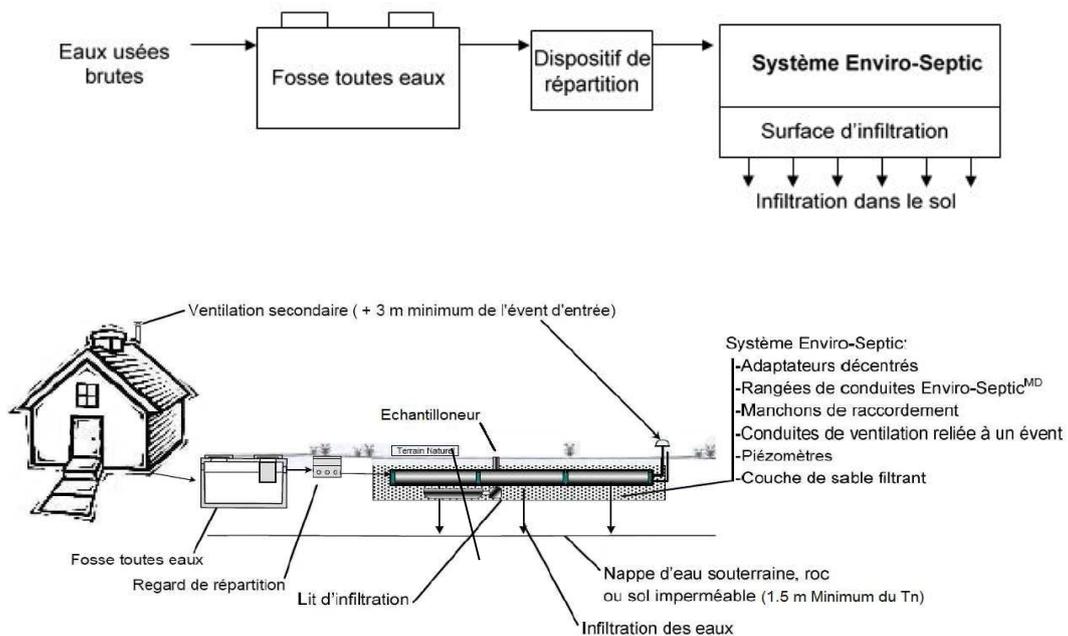
Le Système Enviro-Septic est une technologie passive conçue pour encourager la croissance des bactéries responsables du traitement des eaux usées. Il se compose de deux phases de traitement essentielles : la première phase de prétraitement, qui utilise une fosse septique, et la seconde phase de traitement principal, qui repose sur l'utilisation de conduites Advanced Enviro-Septic.

#### II.1.4.1 Description sommaire de la filière de traitement non étanche

Le Le dispositif de traitement Enviro-Septic comprend plusieurs composants essentiels :

- Une fosse toutes eaux.
- Un dispositif de répartition.
- Le Système Enviro-Septic proprement dit.
- Une zone d'infiltration dans le sol située sous la surface du filtre.

La figure II.1 schéma descriptif le cheminement normal des eaux

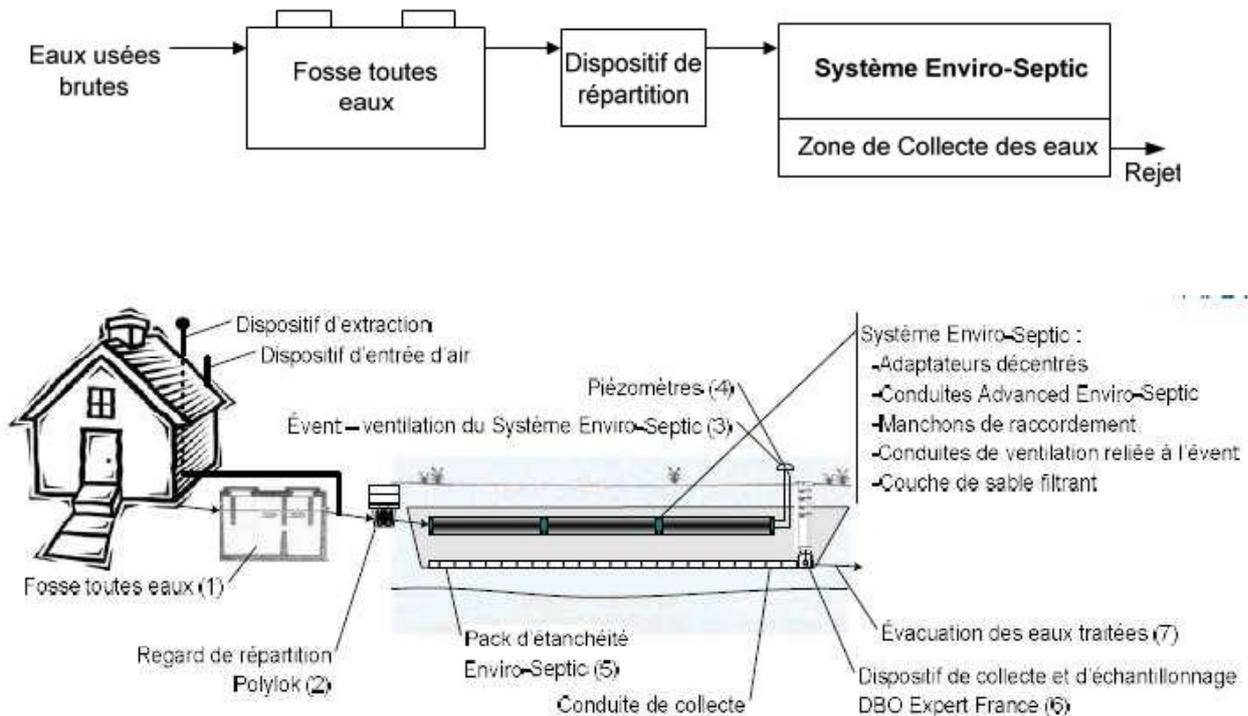


## Partie II : Épuration décentralisée

### II.1.4.2 Description sommaire de la filière de traitement étanche

Le dispositif de traitement Enviro-Septic est composé par :

- une fosse toutes eaux ;
- un dispositif de répartition ;
- le Système Enviro-Septic avec membrane étanche.
- un dispositif d'évacuation des eaux traitées via une zone de collecte



**Figure II.1** – Cheminement des eaux dans le dispositif de traitement Enviro-Septic

Le système de traitement Enviro-Septic comprend plusieurs éléments clés :

- Une fosse toutes eaux avec préfiltre : Cette fosse sert de prétraitement en permettant la décantation des matières solides en suspension et favorisant l'activité bactérienne anaérobie.
- Un regard de répartition Polylok : Ce dispositif est utilisé pour distribuer de manière uniforme l'effluent provenant de la fosse toutes eaux vers les conduites Advanced Enviro-Septic. Il comprend plusieurs égalisateurs.
- Des rangées de Conduites Advanced Enviro-Septic : Ces bioréacteurs sont l'endroit où les bactéries responsables de l'oxydation de la pollution organique s'attachent et traitent les eaux

## Partie II : Épuration décentralisée

usées. Les rangées de conduites sont composées d'adaptateurs décentrés, de conduites de 3,05 mètres et de manchons de raccordement.

- Un événement de ventilation : Cet événement favorise la circulation de l'air à l'intérieur des rangées de conduites Advanced Enviro-Septic. Il est équipé d'un chapeau de ventilation Distribution Pro.

- Un piézomètre : Le piézomètre est relié à une ou plusieurs rangées de conduites Advanced Enviro-Septic par le bas d'un double adaptateur décentré. Il est utilisé pour mesurer le niveau des liquides dans une rangée de conduites et est équipé d'un bouchon de marque Distribution Pro.

- Une couche de sable filtrant : L'eau traitée s'infiltré à travers cette couche de sable, où une partie des microorganismes pathogènes est retenue. Ensuite, l'eau traitée continue son infiltration vers le sol naturel ou peut être récupérée et drainée vers un exutoire ou un réservoir de stockage, selon les besoins.

- Un dispositif d'échantillonnage et une boîte de collecte : Le dispositif d'échantillonnage DBO Expert France est installé dans le sable sous l'une des conduites pour le mode non étanche, tandis qu'une boîte de collecte est mise en place pour le mode étanche. Cela permet de prélever des échantillons pour contrôler la qualité des eaux rejetées.

- Évacuation de l'eau traitée : Les eaux usées traitées sont évacuées par infiltration dans le sol sous-jacent à la surface du filtre, conformément à l'arrêté du 7 septembre 2009 modifié. Dans le mode "étanche", une zone de collecte composée d'un pack d'étanchéité DBO Expert France et de conduites de collecte est aménagée sous le système de traitement pour recueillir les eaux traitées avant leur évacuation.

### II.1.5 les étapes de traitement

#### 1<sup>er</sup> étape : traitement primaire par la fosse toutes eaux

Le prétraitement des eaux usées domestiques brutes, composées des eaux vannes et ménagères, est une étape cruciale avant d'intégrer le système Enviro-Septic. Cette étape est assurée par une fosse toutes eaux, qui remplit deux fonctions essentielles :

1. Rétention des matières solides : La fosse toutes eaux utilise des phénomènes hydrauliques de décantation et de flottation pour retenir les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les matières plus légères peuvent flotter naturellement ou s'associer à de fines bulles produites par les fermentations pour former un "chapeau de digestion." La flottation est essentiellement une décantation inversée, et les mêmes principes s'y appliquent.

2. Hydrolyse et méthanisation des boues : Les matières retenues dans la fosse sont solubilisées et gazéifiées. Ces transformations sont le résultat de phénomènes biologiques de digestion anaérobie, effectués par des microorganismes anaérobies naturellement présents dans la fosse. Le processus comprend plusieurs phases, notamment l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse, et enfin, la méthanogénèse. Ces phases aboutissent à la production de gaz (principalement du méthane et du dioxyde de carbone) à partir de produits organiques complexes insolubles. Il convient de noter que ce processus génère également du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), un gaz toxique.

L'effluent résultant de la fosse toutes eaux contient encore des matières en suspension ainsi que des composés solubles, à la fois organiques et minéraux (comme l'azote ammoniacal et le phosphore). Les performances de la fosse toutes eaux sont généralement de l'ordre de 50 à 60

## Partie II : Épuration décentralisée

% pour les matières en suspension (MES), de 20 à 30 % pour la demande biochimique en oxygène (DBO), et de la demande chimique en oxygène (DCO). Cependant, les taux de réduction de l'azote et du phosphore sont plus modestes, avec environ 10 % pour l'azote et jusqu'à 45 % pour le phosphore. La fosse toutes eaux entraîne également une ammonification de l'azote organique, produisant environ 80 % d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en sortie.

### 2<sup>e</sup> étape : distribution par le dispositif de répartition

Le système Enviro-Septic repose sur l'utilisation de plusieurs rangées de conduites en parallèle pour le traitement des eaux usées. Pour que ce dispositif fonctionne de manière optimale, il est essentiel d'assurer une répartition uniforme de l'effluent provenant de la fosse toutes eaux entre ces différentes rangées de conduites Advanced Enviro-Septic. Cette répartition uniforme garantit que chaque rangée de conduites travaille de manière équilibrée et efficace dans le traitement des eaux usées.

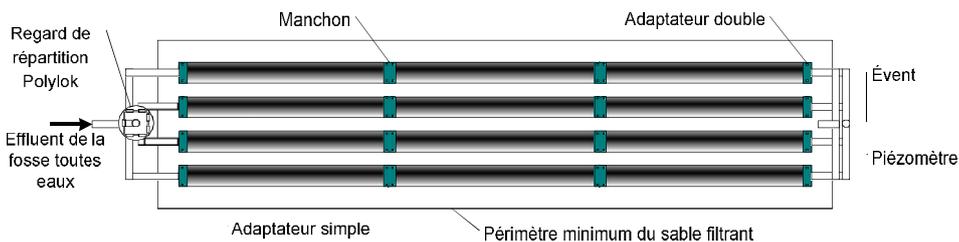


Figure II.2

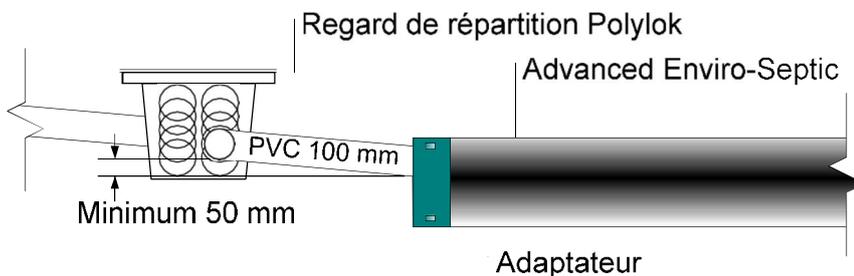


Figure II.3

La répartition uniforme de l'effluent provenant de la fosse toutes eaux vers les différentes rangées de conduites Advanced Enviro-Septic est assurée à l'aide d'un ou plusieurs regards de répartition équipés d'égalisateurs Polylok. Ces égalisateurs,

## Partie II : Épuration décentralisée

munis de vannes à déversoir ajustable et de molettes à crémaillère, permettent de garantir une distribution équilibrée de l'effluent vers chaque conduite Enviro-Septic. Il est important de noter que l'installation Enviro-Septic fonctionne sans composants électriques lorsqu'elle reçoit les eaux usées par gravité, et que l'égalisateur Polylok est la seule pièce mécanique utilisée dans ce dispositif de traitement.

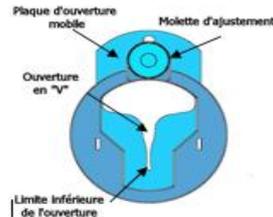


Figure II.4 – Égalisateur Polylok

### 3<sup>e</sup> étape : Système de traitement Enviro-Septic<sup>MD</sup>

Le traitement secondaire est réalisé par le Système Enviro-Septic composé par les conduites Advanced Enviro-Septic.

### 4 étapes : Dispositif d'évacuation via une zone de collecte

Les eaux usées traitées peuvent être évacuées de deux manières principales : soit par infiltration dans le sol, soit en les récupérant et en les déversant, que ce soit dans l'environnement naturel ou dans un réservoir en vue d'une utilisation ultérieure plus raffinée.

### 5<sup>e</sup> étape : Dispositif d'évacuation par infiltration

Les rejets des eaux usées traitées par ce dispositif se feront par infiltration dans le sol sous-jacent à la surface du filtre pour le système Enviro-Septic non étanche.

## II.2 Fonctionnement du Système Enviro-Septic<sup>MD</sup>

Le système de traitement Enviro-Septic utilise une approche multifonctionnelle pour retenir et dégrader les matières en suspension présentes dans ses conduites. Il combine des phénomènes aérobies et anaérobies pour favoriser la dégradation des contaminants. Les parois des conduites Advanced Enviro-Septic sont spécialement conçues avec des cannelures pour augmenter la surface disponible pour les bactéries aérobies. De plus, des encoches favorisent l'écoulement de l'eau, ce qui contribue à l'oxygénation du milieu.

## Partie II : Épuration décentralisée

À l'extérieur des conduites, un matelas de fibres grossières en polypropylène agit comme un support aéré pour la biomasse bactérienne, tout en servant de filtre biologique. Une membrane de polypropylène située sous les conduites assure une répartition uniforme de l'eau et crée une zone d'anoxie dans la partie inférieure des conduites, où les matières retenues sont minéralisées.

De plus, un géotextile est placé au-dessus du matelas de fibres pour empêcher les particules de sable de pénétrer dans les conduites. Il constitue également une surface supplémentaire pour la filtration et le développement des bactéries. Les variations continues du niveau d'eau dans les conduites, combinées à un dispositif passif d'aération du système, stimulent la croissance bactérienne.

Les eaux traitées par les conduites sont ensuite libérées à travers des perforations et rejoignent la couche de sable filtrant située sous les conduites. Cette couche de sable continue le traitement et facilite la répartition et l'évacuation de l'effluent.

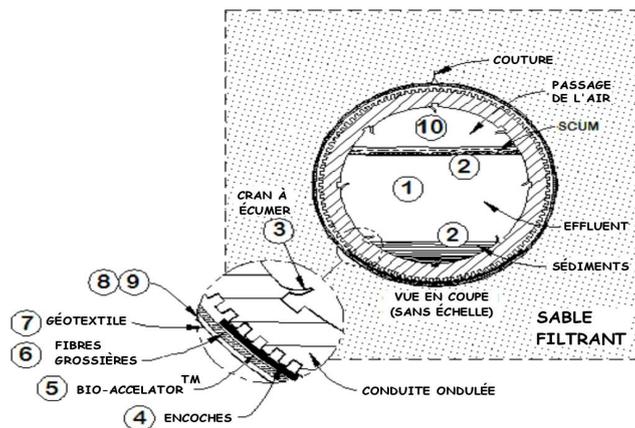


Figure II.5 : le processus du Système Enviro-Septic<sup>MD</sup>

## Partie II : Épuration décentralisée

- 1 : L'effluent de la fosse toutes eaux pénètre dans la conduite et est progressivement refroidi à la température du sol.
  - 2 : À ce stade, une partie des matières en suspension présentes dans l'effluent se sépare naturellement de celui-ci.
  - 3 : Les crans à écumer, présents sur la surface interne de la conduite, capturent une proportion supplémentaire des matières en suspension de l'effluent avant qu'il ne sorte de la conduite.
  - 4 : Des encoches obliques réparties tout autour de la circonférence de la conduite favorisent le libre passage de l'effluent, contribuent à son refroidissement, et permettent également la circulation de l'air.
  - 5 : Le Bio-Accelerator, une partie de la conduite, retient une autre portion des matières en suspension de l'effluent. Il aide également à ensemercer la conduite avec les bactéries responsables du traitement et assure une répartition uniforme de l'eau le long de la rangée de conduites.
  - 6 : Un matelas de fibres grossières, disposé de manière aléatoire autour de la conduite, sert de support aux bactéries impliquées dans le traitement.
  - 7 : L'effluent traverse ensuite une membrane géotextile extérieure qui agit comme une barrière, empêchant les particules de sable d'entrer dans la conduite. D'autres bactéries se fixent également à la surface de cette membrane.
  - 8 : Par capillarité, le sable s'imprègne du liquide provenant des géotextiles tout en permettant à l'air d'alimenter les bactéries qui se développent sur le pourtour de la conduite.
  - 9 : Le géotextile extérieur et le matelas de fibres fournissent une grande surface propice à la prolifération des bactéries, qui s'attaquent activement aux matières en suspension.
  - 10 : Un apport important en air, combiné aux variations du niveau de liquide dans la conduite, augmente l'efficacité des bactéries dans le traitement de l'effluent.
- ### II.2.1 Conduite Advanced Enviro-Septic

Enviro-Septic est un système modulaire polyvalent qui peut être adapté à diverses configurations. La conduite Advanced Enviro-Septic, un composant breveté essentiel du système, est composée de quatre éléments clés :

1. Une conduite cylindrique en polyéthylène haute densité, caractérisée par des parois ondulées qui augmentent la surface de contact thermique. Cette conduite est également perforée pour permettre le passage des effluents. Chaque perforation se termine par un cran écumeur qui retient certaines graisses à solubilité neutre à l'intérieur de la conduite. De plus, des encoches obliques situées le long des nervures de la paroi favorisent l'aération nécessaire à la croissance des bactéries responsables du traitement des eaux usées.
2. Une membrane de fibres de polypropylène non tressées enveloppe la conduite, facilitant ainsi l'apport en oxygène et servant de support à la biomasse bactérienne.

## Partie II : Épuration décentralisée

3. Un géotextile en polypropylène non tissé, cousu par-dessus la membrane fibreuse, empêche les particules de sol de pénétrer dans la conduite.

4. Une bande de membrane en polyéthylène de 25,4 cm de large, appelée Bio-Accelerator (non représentée sur la figure 6), est placée entre les fibres non tressées et la conduite en polyéthylène. Cette bande de géotextile permet une répartition plus uniforme des eaux sous la conduite, accélérant ainsi le processus de traitement.

### II.3 Caractéristiques des équipements

#### II.3.1 fosse septique toutes eaux

La fosse septique doit assurer un temps de rétention de 1 à 3 jours afin d'assurer un bon fonctionnement.

#### II.3.2 Conduite cylindrique

Chaque tuyau, ayant une forme cylindrique et un volume intérieur de 220 litres, est produit en utilisant du polyéthylène de haute densité par un processus d'extrusion. Les parois de ces tuyaux sont dotées d'ondulations perforées. Chaque perforation est munie d'un cran écumoire. De plus, des encoches obliques sont présentes au-dessus de chaque nervure (ondulation de la paroi), créant ainsi un espace d'air entre le tuyau et les membranes. La durée de vie annoncée pour ces tuyaux est de 50 ans.

Modèle	Fabriqué par DBO EXPERT France via un sous-traitant
Longueur d'une conduite	3.05 m
Diamètre extérieur d'une conduite	320 mm
Poids d'une conduite	9kg
Taille des ouvertures présentes sur les fentes	2 cm <sup>2</sup>
CR/SN	CR4
OIT	92 min

**Tableau II-1** : Caractéristiques dimensionnelles des conduites cylindriques

## Partie II : Épuration décentralisée

### II.3.3 Massif filtrant

Le massif filtrant utilisé pour le traitement secondaire est composé de sable siliceux, qui est stable au contact de l'eau et préalablement lavé. Il est agencé de la manière suivante, en partant du bas et en remontant :

- 30 cm en dessous des conduites, ou 60 cm dans des environnements plus sensibles,
- 30 cm incluant les conduites,
- 10 cm au-dessus des conduites.

Les caractéristiques du sable utilisé comme filtre dans le dispositif EnviroSeptic ES sont les suivantes :

**Tableau II-2** : Caractéristiques du sable média filtrant

D10	0,27 mm à 0,45 mm
D60	0,71 mm à 1,4 mm
Particules de $\varnothing$ inf. à 0,063 mm	Moins de 3%
Particules de $\varnothing$ sup. à 2,5 mm	Moins de 20%

### II.3.4 Système de distribution

L'effluent est distribué à l'aide d'une ou de plusieurs boîtes de distribution en polyéthylène. Chaque boîte de distribution est équipée d'égalisateurs et de vannes à déversoir ajustables, installés dans chaque orifice de sortie de la boîte. Cette configuration vise à assurer une distribution uniforme de l'effluent vers chaque conduite. Les égalisateurs ont également la fonction de compenser d'éventuels mouvements du sol, assurant ainsi une distribution stable de l'effluent.

## Partie II : Épuration décentralisée



**Figure II.7 :** Représentation de la boîte de distribution

### II.3.5 Canalisation de collecte

Dans le scénario de la filière "étanche", la collecte de l'effluent est réalisée au moyen d'un réseau de drain. Ces canalisations sont installées au fond du filtre, positionnées dans la couche de 10 cm de gravier ayant une granulométrie de 10/40 mm. Les tuyaux présentent des fentes de 5 mm orientées vers le bas, ce qui permet de recueillir l'effluent déjà traité.

### II.3.6 Système de ventilation

#### A. Système de ventilation des fosses septiques toutes eaux :

Les fosses septiques des dispositifs sont reliées à un système de ventilation secondaire, qui est connecté à un extracteur statique installé à une hauteur de 40 cm au-dessus du faîte du toit. Cette configuration permet l'évacuation des gaz produits lors de la fermentation.

#### B. Système de ventilation du filtre :

Chaque dispositif est équipé d'un évent d'aération doté de tuyaux et de raccords en PVC, ainsi que d'un chapeau de ventilation qui sert de point d'entrée d'air. L'air circule ensuite à travers les conduites, traverse la boîte de distribution et la fosse toutes eaux, pour finalement être évacué par le système de ventilation secondaire. Il est essentiel que le circuit d'air soit continu, de l'entrée à la sortie. Ce système de ventilation du filtre est intégré dans l'ensemble appelé "clarinette".

### II.4 Durabilité du dispositif de traitement Enviro-SepticMD

L'ensemble des composants du système de traitement Enviro-Septic, y compris les fosses toutes eaux, les regards Polylok, et le système Enviro-Septic lui-même, sont fabriqués à partir de matériaux résistant aux dégradations chimiques et mécaniques dans des conditions d'utilisation normales. Cette caractéristique garantit que aucun élément de la filière n'a besoin

## Partie II : Épuration décentralisée

d'être remplacé pendant toute sa durée de vie utile, qui dépasse 20 ans. Les fosses toutes eaux, autorisées dans le cadre de cet agrément, sont construites en polyéthylène ou en béton et répondent aux normes en vigueur. Le matériel est également fabriqué à partir de polyéthylène ou de polypropylène non dégradables. Un système Enviro-Septic correctement installé et utilisé ne nécessite aucun remplacement de ses composantes en raison de leur nature plastique et de leur utilisation spécifique. DBO Expert garantit une durée de vie du massif de 20 ans.

### II.5 Performances

Le système d'épuration en question assure des performances épuratoires garanties conformes aux seuils réglementaires établis pour les paramètres clés. Dans des conditions normales d'utilisation, il maintient la concentration de la Demande Biochimique en Oxygène (BDO5) à 30 mg/l, les Matières En Suspension (MES) à 35 mg/l, et il maintient les coliformes fécaux en dessous de 1000 U/UFC. De plus, il est capable de fonctionner dans une plage de température allant de -10°C à 60°C, avec une durée de vie estimée à 100 ans ou plus, garantissant une fiabilité à long terme.

En ce qui concerne les performances énergétiques déclarées, il est important de noter que ce système n'est pas équipé de composants électriques, ce qui le rend très économe en énergie et respectueux de l'environnement.

Enfin, en ce qui concerne le niveau sonore, il est essentiel de mentionner que le système ne comporte aucun équipement générant du bruit, ce qui contribue à maintenir un environnement de travail calme et paisible. Dans l'ensemble, ce système offre des performances épuratoires fiables, une efficacité énergétique remarquable et une absence totale de bruit, le tout dans le respect des normes réglementaires.

### II.6 Exigences d'installation, manipulation des composants et préparation du site :

#### II.6.1 Système EnviroSeptic étanche

Les différentes étapes d'installation du système ES étanche consistent en :

- Préparation du sol récepteur
- Déploiement et positionnement de la géomembrane
- Pose de la collerette étanche et positionnement des rangées de drains
- Couverture par une couche de gravier avec grille de filtration et sable filtrant

#### II.6.2 Système EnviroSeptic non étanche

## Partie II : Épuration décentralisée

Les étapes d'installation du système ES non étanche

- Terrassement de la surface d'infiltration
- Positionnement du bac échantillonneur et du drain chaussette
- Couverture de sable filtrant
- Installation des conduites EnviroSeptic et les manchons
- Installation de la colonne de ventilation, les piézomètres et les conduites d'alimentation
- Positionnement des égalisateurs à l'intérieur du regard de répartition
- Couverture de sable filtrant et enfin pose d'une couche de remblai perméable à l'air

### II.7 Problèmes d'exploitation

Le système requiert un minimum de maintenance suite aux problèmes d'exploitation

Problèmes	Maintenances
Premier compartiment de la fosse septique rempli de détritiques solides	Un curage est nécessaire une fois tous les 1 à 2 ans.
Conduites bouchées	Vérification périodique et débouchage
Regard de distribution bouché	Vérification périodique et débouchage
Niveau d'eau au-dessus de celui de l'arrivée conduit à la stagnation de l'eau dans les conduites Enviroseptic	Vérification du niveau d'eau traitée et vider le réservoir si nécessaire

**Tableau II.3 :** les problèmes d'exploitation de système

### Conclusion

Pour conclure ce chapitre axé sur l'épuration décentralisée, nous pouvons retenir l'importance croissante de cette approche pour le traitement des eaux usées. Nous avons examiné en détail les systèmes O d'Enviroseptic, mettant en lumière leur conception novatrice et leur capacité à fournir des performances épuratoires de haute qualité tout en respectant l'environnement. Leur longévité, leur efficacité de fonctionnement et leur facilité d'installation les positionnent comme des solutions prometteuses pour relever les défis liés à l'assainissement des eaux usées dans divers contextes. La section suivante approfondira davantage cette approche en explorant un

## Partie II : Épuration décentralisée

exemple concret d'épuration décentralisée, mettant ainsi en évidence son impact réel et ses avantages pratiques.

**Partie III :**  
**Etude comparative entre la technologie**  
**de Station d'Épuration à Boues**  
**Activées et le system o))**

## Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))

### Introduction

La station d'épuration à boues activées est une technologie de traitement des eaux usées basée sur l'aération biologique. Elle utilise des micro-organismes pour décomposer les contaminants organiques, améliorant ainsi la qualité de l'eau. Cette technologie a évolué depuis le début du XXe siècle, devenant une solution sophistiquée et efficace pour répondre aux besoins modernes en gestion des eaux usées. Elle contribue à préserver les ressources en eau et à respecter les normes environnementales.

### III.1 Les composants clés d'une station d'épuration à boues activées

#### 1. Bassin de décantation :

Un bassin de décantation dans une station d'épuration sépare les particules solides des eaux usées en les laissant se déposer au fond, améliorant ainsi la qualité de l'eau traitée.

#### 2. Bassin d'aération :

C'est le cœur de la station où les micro-organismes en suspension dans les eaux usées sont activement exposés à l'oxygène pour décomposer les contaminants organiques. Cela se fait à travers des réacteurs biologiques qui assurent l'aération et le mélange constant des boues activées.

#### 2. Bassin de sédimentation :

Après la phase d'aération, les eaux usées traitées entrent dans ce bassin où les boues activées se sédimentent, se séparant ainsi de l'eau clarifiée. Les boues épaissies sont généralement recyclées dans le bassin d'aération, tandis que l'eau épurée est évacuée.

#### 3. Système de recirculation des boues :

Pour maintenir une population de micro-organismes saine et active, un système de recirculation des boues est souvent utilisé. Il renvoie une partie des boues activées du bassin de sédimentation vers le bassin d'aération pour favoriser la croissance microbienne et maintenir l'efficacité du traitement.

**4. Contrôle et automatisation :** Les stations modernes sont équipées de systèmes de contrôle et d'automatisation avancés pour surveiller en temps réel les conditions de traitement, ajuster l'aération, gérer le flux d'eaux usées et réguler d'autres paramètres essentiels. Cela permet une exploitation efficace et une réponse rapide aux variations de charge.

**5. Autres composants importants :** En plus des éléments clés, une station d'épuration à boues activées peut inclure d'autres équipements tels que des systèmes de déshydratation des boues, des dispositifs de désinfection pour tuer les micro-organismes pathogènes, des filtres supplémentaires pour une purification avancée, et des dispositifs de surveillance de la qualité de l'eau.

## **Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))**

Ces composants travaillent de concert pour assurer le traitement efficace des eaux usées, éliminant les contaminants et produisant de l'eau épurée conforme aux normes environnementales.(vezina,2013)

### **III.2 Avantages de la Technologie à Boues Activées**

#### **1. Avantages Environnementaux**

- Réduction de la pollution : La technologie à boues activées élimine efficacement les contaminants organiques et les nutriments des eaux usées, contribuant ainsi à la réduction de la pollution des cours d'eau et des écosystèmes aquatiques.

- Préservation des ressources en eau : En produisant de l'eau épurée de haute qualité, elle peut être réutilisée dans des applications non potables, préservant ainsi les ressources en eau douce.

#### **2. Efficacité de Traitement :**

- Large spectre de contaminants : Elle peut traiter une variété de contaminants, y compris les matières organiques, les nutriments comme l'azote et le phosphore, et même certains polluants émergents, assurant ainsi une purification complète.

- Résilience aux variations de charge : La technologie à boues activées est capable de s'adapter aux fluctuations de la charge organique, ce qui en fait une option flexible pour les installations de traitement des eaux usées.

#### **3. Coûts Opérationnels :**

- Efficacité énergétique : Les avancées dans la conception des stations permettent d'optimiser la consommation d'énergie, ce qui réduit les coûts d'exploitation.

- Faibles coûts en produits chimiques : Elle nécessite moins de produits chimiques de traitement par rapport à certaines autres technologies, ce qui économise des ressources et réduit les coûts.

#### **4. Durabilité et Maintenance :**

- Longue durée de vie : Les composants des stations d'épuration à boues activées sont conçus pour être durables et résistants à l'usure, ce qui prolonge leur durée de vie.

- Maintenance préventive : Un entretien régulier et préventif permet de minimiser les temps d'arrêt et de maintenir un fonctionnement optimal (michellehavich, 2021)

### **III.3 Inconvénients de la Technologie à Boues Activées :**

**1. Besoins en Espace :** Les installations de traitement à boues activées nécessitent généralement plus d'espace que certaines autres technologies, ce qui peut poser des défis dans les zones urbaines densément peuplées.

## Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))

**2. Coûts Initiaux Élevés :** La construction initiale d'une station d'épuration à boues activées peut être coûteuse en raison de la complexité des composants nécessaires.

**3. Sensibilité aux Perturbations :** Bien qu'elle soit résiliente aux fluctuations de charge, une perturbation importante, comme un déversement accidentel de produits chimiques toxiques, peut affecter négativement le fonctionnement du système.

**4. Production de Boues Résiduelles :** La technologie génère des boues résiduelles qui doivent être gérées correctement, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires.

**5. Nécessite une Expertise Technique :** Le fonctionnement et la maintenance de la technologie à boues activées exigent une expertise technique, ce qui peut poser des défis dans les régions où les compétences nécessaires sont limitées.(Toubal,2011)

En résumé, la technologie à boues activées présente de nombreux avantages, notamment sur le plan environnemental, d'efficacité de traitement et de coûts opérationnels, mais elle comporte également quelques inconvénients, notamment des coûts initiaux élevés et des besoins en espace. Le choix de cette technologie dépendra des besoins spécifiques de chaque installation de traitement des eaux usées et des ressources disponibles.

### III.4 comparaison entre les technologies d'épuration

Aspect	Technologie system o))	Station d'épuration à boues activées
<b>Fonctionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilise des bactéries aérobies et anaérobies pour épurer les eaux usées.</li> <li>- Processus biologique naturel.</li> <li>- Adapté aux variations climatiques (-10°C / +60°C).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilise une combinaison de méthodes chimiques, biologiques et mécaniques pour traiter les eaux usées.</li> <li>- Peut nécessiter des ajustements saisonniers</li> </ul>
<b>Consommation d'Énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune consommation énergétique pour le traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilise généralement des pompes pour le transfert des eaux usées et l'aération, ce qui nécessite de l'électricité.</li> </ul>
<b>Niveau de Bruit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le dispositif est silencieux car il n'utilise pas de pompes ou de moteurs électriques bruyants ni de mécanique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peut générer du bruit en raison de l'utilisation de pompes et de moteurs électriques.</li> </ul>
<b>Entretien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite peu ou pas d'entretien mécanique en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite un entretien régulier, y compris le remplacement de pièces</li> </ul>

### Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))

	raison de l'absence de pièces mobiles. - Aucun remplacement de support bactériologique nécessaire.	mécaniques, de médias de filtration, etc.
<b>Durée de vie</b>	- La durée de vie est de + 50 ans. - Garantie des équipements 20 ans.	- La durée de vie dépend de la qualité des matériaux et de l'entretien, peut nécessiter des remplacements fréquents.
<b>Espace Requis</b>	- Consomme de l'espace, mais la quantité exacte dépend de la capacité spécifique et de la configuration. - Possibilité de conception compacte avec une réduction de 60% de la surface initiale.	- Requier généralement une plus grande superficie en raison de l'utilisation de divers bassins et systèmes de traitement. - Conception souvent plus volumineuse.
<b>Performance</b>	- performances épuratoires des eaux usées, avec une réduction de la DCO, de la DBO5 et de MES de 96% à 99%.	- Offre également d'excellentes performances de traitement, mais la qualité peut varier en fonction de la technologie spécifique utilisée et de l'entretien.
<b>Coût Opérationnel</b>	Des coûts opérationnels généralement plus bas, en raison de la simplicité de l'entretien, qui se limite à un seul hydrocurage du premier compartiment de la fosse septique par an	- Coûts opérationnels plus élevés en raison de la consommation d'énergie, de l'entretien et de la nécessité de produits chimiques.
<b>Impact Environnemental</b>	- Impact environnemental est positif en raison l'absence de consommation d'énergie, il réduit considérablement son empreinte carbone. Rendement épuratoire a +de 96% signifie que la quasi-totalité des eaux usées sont purifiées et réutilisables - Contribue au développement durable l'absence de production de déchets et l'absence d'utilisation de produits chimiques réduisent encore davantage son impact sur l'environnement.	- Peut avoir un plus grand impact environnemental en raison de l'utilisation de produits chimiques et de la consommation d'énergie.

### Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))

<b>Tests et Certification</b>	Cette technologie est implantée dans plus de 25 pays à travers le monde. Elle a été testée et certifiée aux États-Unis, au Canada, en Europe (CE), y compris en Belgique et en France.	- Les stations d'épuration conventionnelles sont généralement conformes aux normes et réglementations locales.
<b>Réutilisation de l'Eau</b>	- Peut permettre la réutilisation de l'eau traitée pour diverses applications non potables, ce qui contribue à la gestion durable des ressources.	- La réutilisation de l'eau peut également être possible, mais elle peut nécessiter des traitements supplémentaires.

Cette comparaison montre que la technologie System O)) offre plusieurs avantages, notamment une faible consommation d'énergie, un entretien minimal, une durée de vie prolongée, une empreinte environnementale réduite et la possibilité de réutilisation de l'eau. Cependant, elle peut consommer de l'espace, tandis que les stations d'épuration conventionnelles ont des coûts opérationnels plus élevés et un entretien plus complexe, mais elles sont mieux adaptées à certaines situations. Le choix entre ces deux technologies dépendra des besoins spécifiques du projet et des contraintes locales.

#### III.5 Choix de la Technologie :

##### III.5.1 Présentation des Critères de Sélection :

Pour choisir entre la technologie à boues activées et la technologie du système O)) pour le traitement des eaux usées, nous avons évalué plusieurs critères de sélection :

**1. Efficacité de Traitement :** Nous avons constaté que les deux technologies offrent une efficacité de traitement similaire, mais le système O)) élimine efficacement les contaminants organiques et les nutriments sans nécessiter de prétraitement, ce qui est un avantage.

**2. Coûts Opérationnels :** Le système O)) présente un avantage significatif en termes de coûts d'exploitation réduits, car il ne nécessite pas d'électricité pour fonctionner, a peu ou pas d'entretien continu, et offre une garantie de 20 ans sur ses composants.

**3. Empreinte Environnementale :** Le système O)) présente également un avantage environnemental clair en raison de sa plus faible empreinte environnementale en terme d'espace requis et de consommation d'énergie minimale.

## Partie III : Etude comparative entre la technologie de Station d'Épuration à Boues Activées et le system o))

**4. Simplicité Opérationnelle :** Le système O)) offre une simplicité opérationnelle supérieure grâce à l'absence de surveillance continue et à la maintenance minimale requise.

### III.5.2 Justification du Choix :

Sur la base de ces critères, nous recommandons la technologie du système O)) pour le traitement des eaux usées en raison de :

- 1. l'efficacité de Traitement :** Nous avons constaté que les deux technologies offrent une efficacité de traitement similaire, mais le système O)) élimine efficacement les contaminants organiques et les nutriments sans nécessiter de traitement tertiaire, ce qui est un avantage.
- 2. Des Coûts Opérationnels :** Le système O)) présente un avantage significatif en termes de coûts d'exploitation réduits. L'absence d'équipement électrique, la maintenance minimale et la garantie de 20 ans sur les composants contribuent à des économies substantielles à long terme.
- 3. de l'empreinte environnementale :** Le système O)) réduit l'impact environnemental grâce à sa petite empreinte au sol et à sa consommation d'énergie minimale. Cela en fait une option respectueuse de l'environnement, ce qui est en phase avec les préoccupations actuelles de durabilité.
- 4. de la Simplicité Opérationnelle :** Le système O)) offre une simplicité opérationnelle remarquable en éliminant la nécessité d'une surveillance continue et en minimisant les besoins en entretien. Cela simplifie la gestion globale de l'installation.

### Conclusion

La technologie du système O)) se démarque comme une option hautement efficace, économique et respectueuse de l'environnement pour le traitement des eaux usées. Elle répond aux critères de sélection de manière convaincante et offre des avantages significatifs par rapport à la technologie à boues activées, justifiant ainsi notre choix en sa faveur.

La technologie du système O)) est préférable pour le traitement des eaux usées en raison de son efficacité élevée, de ses coûts opérationnels réduits, de son faible impact environnemental et de sa simplicité opérationnelle, ce qui en fait un choix éclairé pour répondre aux besoins spécifiques de chaque projet.

## **Partie IV : Étude de cas**

### Introduction

L'industrialisation croissante et la pollution associée sont des phénomènes étroitement liés, engendrant une augmentation de la production et une quête constante d'amélioration de la qualité, au sein d'une concurrence intense. Cette corrélation entre développement industriel et impact environnemental constitue un sujet d'étude essentiel, soulevant des enjeux cruciaux. Notre analyse comparative examinera les approches de traitement des eaux usées, mettant en lumière les avantages et inconvénients des stations d'épuration par rapport aux systèmes passifs et autonomes, pour mieux appréhender leurs implications environnementales.

L'objectif de ce chapitre c'est de considérer une étude cas à titre comparatif entre une station d'épuration à boues activées située à Illizi (algérie) et la technique du système o))

#### IV.1 Présentation de la station d'épuration en question :

La première station, gérée par la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya d'Illizi, est dédiée à la réalisation du système d'épuration des eaux usées avec un raccordement à la commune d'Ihrir, dans la localité de Bordj El Haoues, W-Djanet. Cette station a été conçue pour traiter les eaux usées provenant de plusieurs quartiers, notamment Hay Tin Abrik, Hay Tiguentourine, Hay DakAzir, Hay Wazlam, et Hay Amkamak. Elle met en œuvre un système de traitement des eaux usées décentralisé (STEP) pour chaque rejet, avec l'utilisation du système de traitement Advanced ENVIROSEPTIC. Cette station se distingue par sa capacité d'épuration qui varie selon les quartiers, allant de 10 à 25 mètres cubes par jour, et elle est conçue pour assurer un rendement de traitement élevé, atteignant 99 % une fois opérationnelle.

La deuxième station est une station d'épuration à boues activées située à Illizi, conçue pour épurer les eaux usées d'une population équivalente à 40 000 habitants. Elle dispose d'un débit nominal de 6 400 m<sup>3</sup>/jour et a été dimensionnée pour des charges polluantes limitées, incluant une DCO de 4 000 kg/jour, une DBO5 de 2 000 kg/jour, de MES de 2 800 kg/jour, un Nt de 600 kg/jour et un NH4+ de 160 kg/jour. L'installation comprend un ouvrage de prétraitement équipé de divers dispositifs, une filière de traitement biologique avec des bassins anaérobies, facultatifs et de maturation, ainsi qu'un bassin de stockage des eaux épurées. Les eaux traitées sont ensuite acheminées vers l'Oued Illizi à l'aide d'une station de pompage, contribuant ainsi à la protection des nappes souterraines, à la prévention des maladies à transmission hydrique et à la possibilité de réutilisation en agriculture.

#### IV.2 Objectifs de la comparaison :

L'objectif principal de cette comparaison est d'évaluer la performance des deux types de stations en termes de traitement des eaux usées. Nous analyserons les rendements respectifs et les résultats de l'analyse chimique des eaux usées (DBO, DCO, MES) à l'entrée et à la sortie des stations.

## Partie IV : Étude de cas

### IV.3 Exemple d'emplacement pour les résultats d'analyse chimique :

#### IV.3.1 Système O))

Ce tableau représente la capacité de traitement des 05 quartiers au niveau de la wilaya d'illizi

les quartiers	Capacité de traitement ( m3/jour)
HAY TIN ABRİK	15
HAY TIGUENTOURINE	15
HAY DAK AZIR	15
HAY WAZLAM	10
HAY AMKAMAK	25

#### IV.3.2 Station à boues activées

La station à boues activées d'Illizi a été conçue pour une capacité de traitement de 6,400 m<sup>3</sup>/jour, adaptée à une population de 40000 habitants. Elle maintient des niveaux de pollution conformes aux normes environnementales grâce à une DCO de 4,000 kg/jour, une DBO5 de 2,000 kg/jour, et de MES de 2,800 kg/jour, contribuant ainsi à la préservation des ressources en eau et à la protection de l'environnement local.

### IV.4 Analyse des paramètres chimiques à l'entrée et à la sortie des stations :

#### A-Système O))

La présente table d'analyse des paramètres chimiques concerne l'eau épurée par les stations enviroseptic de la région d'Illizi, en Algérie, visant à évaluer la qualité de l'eau après le processus de purification.

**Tableau IV.1** : Résultats des paramètres chimique des 05 quartiers

Données	HAY TIN ABRİK		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	4983	<30	99.39
DBO (Mg/L)	800	8	99
MES(Mg/L)	5061	<2	99.96

Données	HAY TIGUENTOURINE		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	1493	<30	97.99
DBO (Mg/L)	500	8	98.4
MES(Mg/L)	1377	<2	99.85

Données	HAY DAK AZIR		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	4983	<30	99.39
DBO (Mg/L)	800	14	98.25
MES(Mg/L)	5061	7	99.86

Données	HAY WAZLAM		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	1956	<30	98.46
DBO (Mg/L)	400	8	98
MES(Mg/L)	1731	<2	99.88

Données	HAY AMKAMAK		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	2431	<30	98.76
DBO (Mg/L)	600	13	97.83
MES(Mg/L)	2145	2	99

Les résultats obtenus pour la DBO, la DCO et les MES, variant de 96% à 99%, reflètent l'engagement continu envers la préservation de l'environnement et la fourniture d'une ressource en eau propre et saine dans la région d'Illizi, en Algérie.

Remarque : les analyses ont été établies par l'office national de l'assainissement (ONA)

### B-Station à boues activées

La présente table d'analyse des paramètres chimiques concerne l'eau épurée par les stations de traitement de la région d'Illizi, en Algérie, visant à évaluer la qualité de l'eau après le processus de purification.

**Tableau IV.2 :** Résultat des paramètres chimiques de la station à boues activées à Illizi

Données	Station à BA		
	A l'entrée	A la sortie	Rendement %
DCO (Mg/L)	415	<90	78.31
DBO (Mg/L)	168	37	78
MES(Mg/L)	415	82	80

### Résultats et Comparaison des performances

La comparaison entre le système O)) et la station à boues activées d'Illizi révèle des écarts significatifs. Le système O)) affiche un rendement exceptionnel de 96 à 99 %, surpassant largement la station à boues activées, dont le rendement est de seulement 80 %. Cette disparité se traduit également dans les résultats chimiques, où le système O)) excelle en réduisant la DCO, la DBO5 et les MES. Ces différences mettent en lumière l'efficacité supérieure du système O)) dans le traitement des eaux usées. Toutefois, le choix du système d'épuration optimal doit prendre en compte d'autres facteurs tels que les coûts opérationnels, la maintenance et les besoins locaux spécifiques, afin de garantir une solution durable et respectueuse de l'environnement.

### Conclusion

L'étude comparative a révélé que le système O)) affiche une performance nettement supérieure avec un rendement de 96 à 99 %, tandis que la station à boues activées atteint un rendement de 68 %. Ces différences influencent le choix du système d'épuration en considérant les coûts, la maintenance, et les besoins locaux pour une gestion efficace des eaux usées.

### Conclusion générale

En somme, la technologie Enviroseptic représente une avancée majeure dans le domaine du traitement des eaux usées, avec son approche écologique, son efficacité éprouvée et son respect de l'environnement. Certifiée selon les normes les plus strictes, cette solution offre une alternative durable et hautement performante pour le traitement des effluents de fosses septiques, contribuant ainsi à une meilleure gestion des ressources en eau et à la préservation de notre planète.

Ce mémoire a également mis en lumière l'importance croissante de l'épuration décentralisée, mettant en avant les systèmes O d'Enviroseptic, leur conception innovante, leur capacité à fournir des performances de haute qualité, ainsi que leurs avantages pratiques et environnementaux. L'étude comparative avec les stations à boues activées a révélé la supériorité du système O)) avec des rendements de 96 à 99 %, confirmant ainsi son efficacité incontestable et son potentiel pour répondre aux besoins spécifiques de chaque projet.

En résumé, la technologie du système O)) se positionne comme une solution de traitement des eaux usées efficace, économique et respectueuse de l'environnement, contribuant significativement à la préservation des ressources naturelles et à la protection de la santé publique. Elle incarne une étape essentielle vers un assainissement plus durable et constitue une réponse tangible aux défis environnementaux auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui.

Batache, Kheireddine. « Entretien avec Merabet Habib, fondateur d'Envirostep : « Nous avons un système qui peut révolutionner le secteur de l'assainissement dans les zones rurales » ». Consulté le 4 septembre 2023. <https://www.actuel-dz.com/index.php/nos-articles/entretien/item/186-entretien-avec-merabet-habib-fondateur-d-envirostep-nous-avons-un-systeme-qui-peut-revolutionner-le-secteur-de-l-assainissement-dans-les-zones-rurales>.

BOUCHER, Benoît. « WASTEWATER TREATMENT METHOD AND SYSTEM FOR REMOVAL OF PHOSPHORUS, NITROGEN AND COLIFORMS », 2020.  
<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20200305&DB=EPODOC&C=WO&NR=2020041906A1>.

« Canada - La vente de DBO Expert Canada pour de plus grands défis à l'international! - dbointernational.com ». Consulté le 4 septembre 2023. <https://dbointernational.com/la-vente-de-dbo-expert-canada-pour-de-plus-grands-defis-a-linternational/>.

« Environmental Assessment for Construction and Operation of a Septic System at New Boston Air Force Station, New Hampshire ». Consulté le 15 septembre 2023.  
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA437194>.

« Enviro-Septic® | Presby Environment Products ». Consulté le 4 septembre 2023.  
<https://www.infiltratorwater.com/products/presby-environmental/enviro-septic/>.

Enviroseptic. « ENVIROSEPTIC | Écologique système de traitements des eaux usées ». Consulté le 4 septembre 2023. <https://enviro-septic.es/?lang=fr>.

« ENVIROSTEP UP AND RUNNING ». *Chartered Accountants Journal of New Zealand* 88, n° 7 (2009): 9-.

Filali, A., H. Hauduc, L. Rieger, L. Philippe, F. Nauleau, et S. Gillot. « Analyse et consolidation de données de fonctionnement des stations d'épuration : une étude de cas ». *Techniques Sciences Méthodes*, n° 12 (décembre 2015): 105-35. <https://doi.org/10.1051/tsm/201512105>.

Impulse, Solar. « System O)) - Une solution efficiente pour Solar Impulse ». Consulté le 5 septembre 2023.  
<https://solarimpulse.com/solutions-explorer-fr/system-o>.

michellehavich. « When Considering Municipal Wastewater Treatment Upgrades, Cast a Wide Net ». *The American City & County*. Pittsfield: Penton Media, Inc., Penton Business Media, Inc. and their subsidiaries, 2021.

PRESBY, DAVID. « PLASTIC SEWAGE PIPE », 2000.

<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20000915&DB=EPODOC&C=CA&NR=2300535A1>.

Presby, David. Plastic Sewage Pipe. CA2300535 (A1), issued 15 septembre 2000.

<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20000915&DB=EPODOC&locale=&CC=CA&NR=2300535A1&KC=A1&ND=1>.

« Presby Environmental inc - Environment Technology ». Consulté le 4 septembre 2023.

<https://et.nz/presby-environmental-inc/>.

Salah, OTHMANI, et GHORMA Slimane. « d'épuration de la ville de ILLIZI », s. d.

Samir, Djaafri. «Présentation», s. d.

« Station d'épuration des eaux usées », s. d.

Vezina, Christian. « L'ÉPURATION DES EAUX USÉES RÉSIDENIELLES : - Les Dispositifs d'épuration Des », 4 juin 2013. <https://policycommons.net/artifacts/2135931/lepuration-des-eaux-usees-residentiellles/2891229/>.

Zemam, Islam. « Traitement des eaux usées : Envirostep propose un système 100% naturel ». *L'Algérie Aujourd'hui* (blog), 9 janvier 2022. <https://lalgerieaujourd'hui.dz/traitement-des-eaux-usees-envirostep-propose-un-systeme-100-naturel/>.