

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ghardaïa
Faculté Des sciences technologie
Département Génie civil et hydraulique



Mémoire de licence
Spécialité : Hydraulique

**La réutilisation des eaux usées épurées par lagunage naturel
dans l'irrigation
(Kef Doukhane - Ghardaïa)**

Prepré par :

*AMIEUR Ikram
*HAMADI Chaima
*HAMEL Souhila

Encadré par :

* dr.HAFSI Radia

Année universitaire: 2024/2025

Remerciements

Louange à Dieu Tout-Puissant, et louange à Dieu qui m'a donné la force et la santé pour faire ce travail.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à ma superviseure, Mme Radia Hafsi, pour ses précieux conseils, sa patience et son soutien tout au long de mon travail. Cela est dû à sa disponibilité pendant cette période.

Je voudrais également exprimer ma gratitude à la Fondation Luna pour ses précieux conseils, son aide et les informations qu'elle a généreusement partagés avec nous.

Un merci spécial à mes parents, à ma famille, à mes proches et à tous ceux qui m'ont soutenu et m'ont souhaité bonne chance de près ou de loin.

Dédicace

Nous dédions ce succès à nous-mêmes et nous remercions pour ce que nous sommes devenus aujourd'hui. Grâce à notre persévérance et à nos efforts, nous avons pu atteindre cet objectif. Nous sommes fiers de notre parcours et reconnaissants envers nous-mêmes pour tous les efforts déployés.

À nos chers parents

Les meilleurs pères, ma lumière et mon guide. Il m'est difficile de trouver les mots pour vous exprimer ma gratitude. Ce travail est le fruit de vos sacrifices, de vos encouragements et de votre soutien.

La source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Vos prières et vos bénédictions ont été une source de réconfort pour moi tout au long de ma vie. Peu importe ce que je dis ou écris, je ne pourrai jamais exprimer mon profond amour et ma gratitude.

ملخص:

مع التوسع العمراني والنمو السكاني المتزايد، أصبح من الضروري البحث عن مصادر مياه بديلة لدعم الموارد الجوفية، خاصة في المناطق الصحراوية مثل ولاية غرداية جنوب الجزائر، حيث تعاني المنطقة من ندرة المياه، مما يجعل الإدارة الفعالة للمياه في هذا السياق، تحتضن ولاية المستعملة عنصراً أساسياً لتحقيق الاستدامة البيئية وضمان الاستخدام الأمثل للموارد المائية. غرداية محطة معالجة مياه الصرف الصحي كاف الدخان – غرداية – العطف، والتي تهدف إلى الحد من الأثر البيئي السلبي الناتج عن تصريف المياه غير المعالجة، بالإضافة إلى إعادة تدوير هذه المياه لاستخدامها في الري الزراعي والصناعات غير تلعب هذه المحطة دوراً رئيسياً في تعزيز الاستدامة البيئية وتحقيق التنمية. المباشرة، مما يسهم في دعم التنمية المحلية المستدامة، حيث توفر حلولاً مبتكرة لمواجهة تحديات ندرة المياه، وتسهم في ضمان مستقبل بيئي واقتصادي أكثر توازناً للمنطقة.

Résumé:

Avec l'expansion urbaine et la croissance démographique continue, il est devenu nécessaire de rechercher des sources d'eau alternatives pour soutenir les ressources souterraines, notamment dans les régions désertiques comme la wilaya de Ghardaïa, au sud de l'Algérie, où la rareté de l'eau constitue un défi majeur. Cela rend la gestion efficace des eaux usées essentielle pour atteindre la durabilité environnementale et garantir une utilisation optimale des ressources hydriques. Dans ce contexte, la wilaya de Ghardaïa abrite la station d'épuration de Kaf Ed-Dikhane – Ghardaïa – El Atteuf, qui vise à réduire l'impact environnemental négatif du rejet des eaux non traitées, tout en recyclant ces eaux pour les utiliser dans l'irrigation agricole et les industries non alimentaires, contribuant ainsi au développement local. Cette station joue un rôle clé dans la promotion de la durabilité environnementale et la réalisation du développement durable, en offrant des solutions innovantes pour faire face aux défis liés à la pénurie d'eau, et en contribuant à assurer un avenir plus équilibré sur les plans écologique et économique pour la région.

Abstra:

With urban expansion and increasing population growth, it has become necessary to seek alternative water sources to support groundwater reserves, especially in desert regions like the Wilaya of Ghardaia in southern Algeria, where the area suffers from water scarcity. This makes

the efficient management of wastewater a key element in achieving environmental sustainability and ensuring the optimal use of water resources. In this context, the Wilaya of Ghardaia hosts the Kaf Ed-Dikhan – Ghardaia – El Atteuf wastewater treatment plant, which aims to reduce the negative environmental impact caused by the discharge of untreated water. Additionally, it recycles this water for use in agricultural irrigation and non-consumptive industries, thereby contributing to local development. This plant plays a major role in promoting environmental sustainability and achieving sustainable development by offering innovative solutions to address the challenges of water scarcity and contributing to a more balanced environmental and economic future for the region.

Tableaux De Matrieux :

Introduction générale	2
Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel	
Introduction	4
Définition	4
Lagunage	4
2-Types des lagunages	4
2.1. Lagunage anaérobie	4
2.2. Lagunage facultatif	5
2.3. Lagunes aérobies	5
3Processus de traitement des eaux usée	6
Le traitement des eaux usée	6
3.1. Traitement primaire	6
Les étapes de traitement des eaux usée	6
3.1.2. Dessablage	8
Ralentissement du flux d'eau	8
Bassins de décantation	8
Collecte des sédiments solides	8
3.1.3. Séparation des huiles	8
3.2. Traitement secondaire - Traitement biologique	9
3.2.1 Bassins biologiques	9
3.2.2. Rôle des bactéries	9
3.2.3. Aération	9
3.2.4 Algues	9
3.2.5 Sédimentation des matières décomposées	9

4. Facteurs influencant l'efficacité	9
Conclusion	10

Chapiter II : Présentation Du Site De Kef Doukhen

Introduction	12
1.Situation géographique	12
2. Zone d'étude : Kaf Eddoukhan	13
3 : Aménagement et caractéristiques de la région	14
3-1- Première étape	14
3-2- Le traitement primaire	14
3-3- Lagunes secondaires	15
Rejet final des eaux usées traitées	15
Quantité et qualité des eaux usées traitées	16
Conclusion	17

Chapitere III : Etude physico-chimique des eaux traitées

1 Introduction:	
2- Paramètres analysés (PH, conductivité, DCO, DBO5, MES, Po4-2 nitrate , phosphates, température, Turbidité, O2 dissous ,NH4+, NTK,NT ,PT)	19
2.1-La température (c°)	19
2.2-Le potentiel d'hydrogène PH	19
2.3-Turbidité	19
2-4-La conductivité	20
2-5-L'oxygene dissous (O2 dissous)	20
2-6-Nitrites (NO2-)	20
2-7-Nitrates (NO3-)	20
2-8-Ammonium (NH4+)	20

2-9- Le phosphore total PT	21
2-10- Matières en suspension (MES)	21
2-11-Azote Kjeldahl (NTK)	21
2-12-Azote Total (NT)	21
2-13- Ortho phosphate (Po4-2)	21
2-14-La demande biochimique en oxygène (DBO5)	22
2-15 -La demande chimique en oxygène (DCO)	22
3- Comparaison avec les normes algériennes et internationales pour l'irrigation	22
4-Les normes internationales	23
conclusion	26

Chapiter IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

Introduction	28
1-Les effets potentiels sur le sol et les plantes	28
2-Salinité	29
3-Éléments influents	29
4-Les risques majeurs liés à l'irrigation avec les eaux usées	30
Conclusion	32
Conclusion général	34

Liste de tableaux :

Tableau : Les normes suivies dans kahf Ed-Dukhān	22
Tableau : normes de rejets internationales	23
Tableau : Les normes Algériennes de rejets des effluents	24

Liste de figures :

Figure 1: (Dégriller à escalir-step screen)	7
Figure 2:Dégrilleurs de station d'El-Ateuf de la ville de Ghardaïa	7
Figure 3 : Situation géographique et limites de la wilaya de Ghardaïa	13
Figure 4 : Localisation géographique de la zone d'étude – Kaf Eddoukhan, El Atteuf	14
Figure5 : primaire du traitement des eaux usées	14
Figure6 : Vue aérienne de la station d'épuration des l'eaux usées d'El Atfe	15

Liste des abréviations :

L'oxygene dissous (O ₂)	20
Nitrites (NO ₂ ⁻)	20
Nitrates (NO ₃ ⁻)	20
Ammonium (NH ₄ ⁺)	20
Le phosphore total PT	21
Matières en suspension (MES)	21
Azote Kjeldahl (NTK)	21
Azote Total (NT)	21
Ortho phosphate (Po ₄ ⁻²)	21
La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	22
La demande chimique en oxygène(DCO)	22

Introduction générale :

Introduction générale :

Partout, la quantité d'eau disponible pour la consommation ou l'irrigation diminue. Plutôt que de puiser dans les rivières et les lacs, une alternative efficace et écologique — mais encore peu exploitée — est l'utilisation des eaux usées. Dans un monde où la demande en eau douce ne cesse d'augmenter et où les ressources hydriques sont soumises à de fortes pressions dues à la surexploitation, à la pollution et au changement climatique, il est impensable d'ignorer les opportunités offertes par une meilleure gestion des eaux usées.

L'Algérie a lancé un vaste programme de récupération des eaux usées afin, d'une part, de protéger l'environnement des effets néfastes de ces eaux, et d'autre part, de les réutiliser grâce à la création de stations d'épuration.

La wilaya de Ghardaïa a bénéficié d'une station de traitement sous forme de lagunage naturel située à El-Atteuf. Cette station reçoit les eaux usées issues des agglomérations de Ghardaïa, Bounoura et El-Atteuf, et les traite biologiquement. Elle a été mise en place notamment pour éliminer les nuisances dans les zones urbaines, protéger la nappe phréatique ainsi que l'environnement récepteur.

Mon étude vise à évaluer la qualité des eaux traitées issues de la station d'épuration de Ghardaïa à travers le suivi des analyses physico-chimiques, puis à comparer ces résultats aux normes nationales et internationales afin d'évaluer la performance de la station et de déterminer si l'eau traitée est apte à l'irrigation agricole.

À partir de cela, plusieurs questions se posent :

Ce procédé de traitement est-il adapté à la région, ou nécessite-t-il un traitement complémentaire ?

Les eaux usées traitées par la station respectent-elles les normes de rejet ?

Ces eaux sont-elles réellement aptes à l'usage agricole ou non ?

Chapitre I : Principe et fonctionnement du langage naturel

Introduction:

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérés par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectuées sur tous les effluents urbains ou industriels. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs.

(BEN AISSA AHMED Mémoire MASTER ACADEMIQUE Soutenu publiquement : Juin 2017).

1.Définition:

1.1. Lagunage :

Technique biologique d'épuration des eaux où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies impliquant un éventail de microorganismes : algues et bactéries.

Le lagunage nécessite une succession de bassins (minimum 2) peu profonds et généralement rectangulaires où l'eau s'écoule gravitairement de lagune en lagune. L'action naturelle du soleil, qui fournit chaleur et lumière, favorise une croissance rapide des microorganismes aérobies et anaérobies qui consomment la DBO.

(Actu-Environnement © 2003 - 2025 COGITERRA - CNIL N°845317 - ISSN N°2107-667 (17/04/2025) https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/lagunage.php4)

2.Types des lagunages :

2.1. Lagunage anaérobie :

La lagune anaérobie peut être utilisée pour traiter les effluents résiduaires urbains ou industriels. La pollution décantable des effluents urbains forme des boues qui sont peu à peu digérées par voie anaérobie (minéralisation de la matière organique et dégagement de CO₂, CH₄ et H₂S). Il est utilisé en traitement primaire pour éliminer la partie organique décantable des effluents urbains et la pollution organique soluble facilement assimilable des effluents résiduaires industriels (surtout agro-alimentaire).

Du fait des processus de fermentation anaérobie mis en jeu, ce procédé n'est applicable que pour des effluents relativement concentrés (domestiques et industriels) et n'est efficace qu'à partir d'une température de 15 °C et optimale au-delà de 25 °C.

Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel

Les risques de nuisances olfactives existent dès que les concentrations en sulfates dépassent quelques dizaines de $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (une concentration de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ doit être considérée comme haute). Des solutions de couverture des bassins avec ou sans récupération du biogaz sont développées pour éliminer ces nuisances.

Le lagunage anaérobie est envisageable dans des sites suffisamment isolés et sous des conditions climatiques favorables de type méditerranéennes à tropicales

(memento degremont SUEZ (18/04/2025) <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives/differents-types-de-lagunage>)

2.2. Lagunage facultatif :

Cette appellation tient au fait que ces lagunes placées en étage primaire ou secondaire font appel à des processus épuratoires aérobies dans la frange liquide et à des processus anaérobies au voisinage du fond où les boues sédimentent. Ces deux zones coexistent avec des importances relatives variables suivant l'apport de pollution.

Les charges organiques appliquées sont telles que l'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies. L'apport en oxygène nécessaire est assuré essentiellement par la photosynthèse des algues, en l'occurrence des microphytes, et secondairement par les échanges air/eau à la surface dépendant des vents. On parle également de lagunes à microphytes car on privilégie le développement des microalgues.

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet cette production algale. Ces algues se développent à partir des produits de la dégradation bactérienne et des éléments directement assimilables dans les effluents.

En fait, tout un écosystème composé de bactéries, phytoplancton, zooplancton assure l'épuration.

Le développement de macrophytes (lentilles, roseaux...) n'est pas recherché car il affecte la pénétration de la lumière.

Le lagunage facultatif est le type de lagunage le plus répandu et s'utilise pour des effluents faiblement concentrés et sous des climats tempérés à tropicaux

(memento degremont SUEZ (18/04/2025) <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives/differents-types-de-lagunage>) .

2.3. Lagunes aérobies :

L'effluent des lagunes anaérobies nécessite un traitement subséquent par un processus aérobie. Si une lagune anaérobie a été choisie pour un procédé donné, il est logique de poursuivre avec une lagune aérobie, également appelée étang de stabilisation ou d'oxydation. Dans ce type de

Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel

lagune, le traitement est principalement accompli par des algues plutôt que par des bactéries. On y retrouve principalement la *Chlorella*, la *Scenedesmus* et l'*Qscillatoria*.

La lagune aérobie est peu profonde, avec une profondeur d'environ 1,2 m (4 pieds), un minimum de 0,9 m (3 pieds) étant nécessaire pour empêcher la pousse des plantes.

Lorsqu'elle est utilisée seule, son rendement reste modeste, atteignant environ 30 % pour la DBO₅ et la DCO, et environ 40 % pour les MES. Il semblerait que sa capacité d'élimination des polluants soit limitée et inconsistante. De plus, la production d'algues représente un inconvénient, car elle entraîne une augmentation de MES et du pH. (cour 3eme hyd (traitment et épuration des eaux).hafsi radia)

3.Processus de traitement des eaux usée :

Le traitement des eaux usée :

Le traitement des eaux usées est un ensemble d'opérations qui vise à éliminer la pollution de l'eau utilisée avant de la retourner dans l'environnement naturel ou Utilisez généralement.

3.1. Traitement primaire

⇒ Les étapes de traitement des eaux usées:

Tamissage : Retrait des gros débris (bâtons, plastiques, etc.).

Dessablage : Élimination des particules solides lourdes comme le sable et les graviers.

Séparation des huiles et graisses : Enlèvement des substances flottantes comme les huiles.

⇒ Chaque étape dépend des besoins spécifiques et de la destination finale de l'eau traitée (rejet dans la nature ou réutilisation industrielle)

3.1.1. Le tamissage:

Le tamissage permet de séparer les déchets solides (principalement le papier et le plastique) des eaux usées arrivant à la station.

Un râteau passe régulièrement pour nettoyer ces déchets de la grille. Ces déchets sont ensuite collectés pour être éliminés. (cour 3eme hyd (traitment et épuration des eaux).hafsi radia))

Grilles et tamis : Utilisés pour éliminer les gros débris.

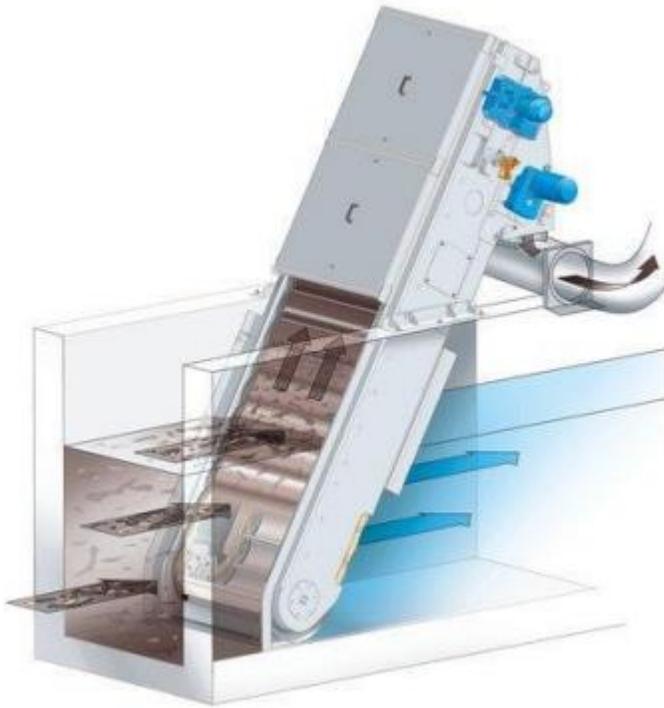


Figure 1: (Dégriller à escalir-step screen)

(<https://images.app.goo.gl/JuWMU9SrF3xypmqg9>)



Figure 2: Dégrilleurs de station d'El-Ateuf de la ville de Ghardaïa

(https://youtu.be/p2e2zLCt34w?si=8xtJFNemHf8D_MEH)

Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel

3.1.2. Dessablage :

- **Ralentissement du flux d'eau :**

Les eaux usées pénètrent dans des bassins spécialement conçus où leur vitesse est réduite, ce qui permet aux particules lourdes comme le sable et les graviers de se déposer au fond grâce à leur poids. ((cour 3eme hyd (traitment et épuraton des eaux).hafsi radia))

- **Bassins de décantation :**

Réduisent la vitesse de l'eau pour permettre aux particules lourdes (comme le sable) de se déposer au fond.((cour 3eme hyd (traitment et épuraton des eaux).hafsi radia))

- **Collecte des sédiments solides :**

Les sédiments déposés sont récupérés à l'aide d'outils mécaniques, tels que des racleurs ou des systèmes d'aspiration, pour être transportés vers des unités spéciales afin d'être éliminés ou réutilisés. (cour 3eme hyd (traitment et épuraton des eaux).hafsi radia))

3.1.3. Séparation des huiles :

L'eau passe à travers des séparateurs mécaniques qui isolent les huiles et graisses flottantes à la surface. Ces huiles sont ensuite récupérées à l'aide d'équipements tels que des racleurs ou des pompes pour être éliminées de manière sécurisée. ((cour 3eme hyd (traitment et épuraton des eaux).hafsi radia))

Dans le processus d'élimination des sables et des huiles, les équipements suivants sont utilisés :

3.2. Traitement secondaire - Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées est une méthode écologique et efficace visant à purifier l'eau avec des processus naturels. Cette technique implique la transformation des polluants organiques dissous et en suspension en : biomasse et gaz émis (CO₂, CH₄, N₂ et SO₂), séparables des eaux traitées. Ces gaz peuvent ensuite être séparés des eaux traitées, garantissant ainsi une eau plus propre et moins polluée. De plus, il est conçu pour décomposer les substances polluantes dissoutes dans les effluents par l'action de micro-organismes. Ces micro-organismes utilisent ensuite ces substances pour vivre et se reproduire avec les polluants comme nutriments. Ainsi, non seulement ils purifient l'eau, mais ils contribuent également à un écosystème aquatique sain. (Copyright © 2025 1H2O3 (1/05/2025) <https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-biologique/>)

3.2.1 Bassins biologiques :

Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel

L'eau est pompée dans des bassins biologiques spéciaux contenant ces micro-organismes.

3.2.2. Rôle des bactéries :

Les bactéries consomment les matières organiques, comme les déchets et les substances biodégradables, et les transforment en composés plus simples.

3.2.3. Aération :

L'oxygène est injecté dans les bassins (dans les systèmes aérobiques) pour stimuler la croissance des bactéries et augmenter leur efficacité dans la décomposition des matières.

3.2.4 Algues :

Les algues jouent un rôle dans certains systèmes biologiques en produisant l'oxygène nécessaire aux bactéries, ce qui améliore l'efficacité du processus.

3.2.5 Sédimentation des matières décomposées :

Après le traitement, les matières restantes et les boues sont séparées de l'eau traitée.

Cette étape est très efficace pour éliminer les polluants organiques, ce qui rend l'eau beaucoup plus pure avant le traitement final.

4. Facteurs influençant l'efficacité:

- Qualité des eaux usées entrantes** : La concentration des polluants, la quantité de matières solides et la présence de graisses ou de produits chimiques influencent le processus de purification.
- Conception des installations** : La taille des bassins, la configuration des grilles et tamis, ainsi que l'efficacité du système d'aération ont un impact direct sur le rendement.
- Température et conditions environnementales** : Des températures trop basses ou trop élevées peuvent affecter l'activité des bactéries et des micro-organismes utilisés dans le traitement biologique
- Taux d'oxygénation** : L'oxygène est essentiel pour favoriser la décomposition des matières organiques par les bactéries aérobies.
- Entretien et maintenance** : Un équipement mal entretenu peut entraîner des obstructions ou une baisse de performance des systèmes mécaniques et biologiques.

Chapitre I : Principe et fonctionnement du lagunage naturel

Ces éléments montrent à quel point le traitement des eaux usées nécessite une gestion minutieuse pour garantir une purification optimale.

Conclusion:

Les stations d'épuration jouent un rôle essentiel dans la préservation des ressources en eau et la réduction du problème de pénurie d'eau en appliquant divers processus de traitement, notamment des méthodes physiques, chimiques et biologiques.

Chapter II :Presentation Du Site De Kef Doukhen

Introduction:

Ghardaïa a récemment bénéficié de la station d'épuration des eaux usées, considérée comme le plus grand investissement dans la région.

Elle a permis de réduire les risques liés au rejet des eaux dans l'oued, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et à la réduction de la pollution des ressources naturelles en eau.

Dans cette partie, nous découvrons l'emplacement de la station, les conditions qui l'entourent, ainsi que les technologies utilisées pour obtenir une eau purifiée, utile pour l'agriculture et la relance de l'activité agricole.

1. Situation géographique:

Ghardaïa est une wilaya située au centre de la partie nord du Sahara, à environ 600 km au sud de la capitale Alger. Sa superficie est de 2 135 258 km².

Elle est limitée :

au nord, à 200 km, par la wilaya de Laghouat,

au nord-est, à 300 km, par la wilaya de Djelfa,

à l'est, à 190 km, par la wilaya de Ouargla,

au sud, à 240 km, par la wilaya d'El Menia,

et à l'ouest, à 350 km, par la wilaya d'El Bayadh

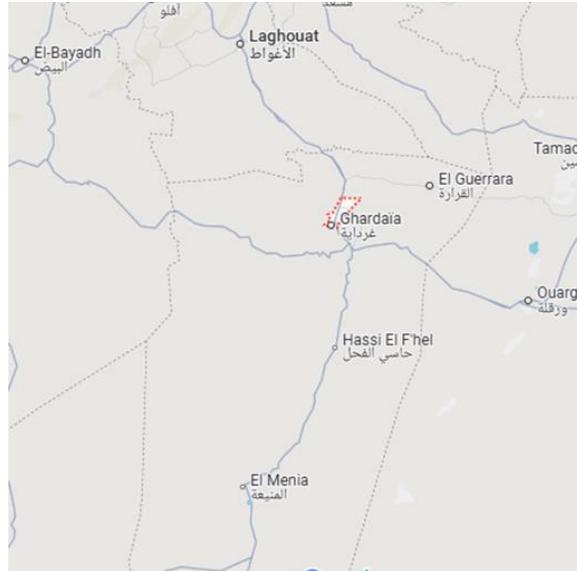


Figure 3 : Situation géographique et limites de la wilaya de Ghardaïa

2. Zone d'étude : Kaf Eddoukhan

La zone d'étude est la station de traitement des eaux usées de Kaf Eddoukhan, considérée comme la deuxième plus grande station en Afrique et la plus grande au niveau de la wilaya. Elle est située dans la commune de El Atteuf, daïra de Bounoura, à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, en direction du barrage d'El Atteuf.

La région se caractérise par un climat désertique, en raison de sa position géographique. Les températures peuvent atteindre environ 45°C, avec une augmentation due au phénomène du réchauffement climatique.

L'humidité est faible à cause du faible taux de précipitations, certaines années s'écoulant avec très peu de pluie.

Quant aux vents, ils sont modérés, en particulier au printemps.



Figure 4 : Localisation géographique de la zone d'étude – Kaf Eddoukhan, El Atteuf

3 : Aménagement et caractéristiques de la région

La station est composée de 16 bassins répartis comme suit :

3-1- Première étape :

Le dégrillage, où les impuretés et les matières solides sont éliminées à l'aide d'un grillage

3-2- Le traitement primaire :

Constituées de 8 bassins d'une superficie de l'ordre de 0,62 ha et d'une profondeur

D'eau de 3,6 m.

Acette étape s'effectue la dégradation de la matière organique avec des bactéries anaérobies provoquant l'eau et l'oxygène.



Figure5 : primaire du traitement des eaux usées

3-3- Lagunes secondaires:

Constituées de huit bassins d'une superficie de l'ordre de 3,8 ha et d'une profondeur d'eau de 1,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et L'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse le temps de séjour est 10 jours, traiter avec bactérie aérobies.



Figure6 : Vue aérienne de la station d'épuration des l'eaux usées d'El Atfe

Rejet final des eaux usées traitées :

Ce sont deux conduites en bétonde diamètre de 1000 mm recourent les eaux usées

Les eaux épurées sont rejetées directement à l'oued M'Zab.

Lits de séchage (pour traitement des boues).

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes primaires et secondaires à l'air libre sur 10 lits de séchage.

(traitement et épuration des eaux usée ;2016/2017)

Quantité et qualité des eaux usées traitées :

les sources des eaux usées à la station de traitement de Kaf Ed-Dokhane varient selon leur usage et leur composition chimique. On distingue principalement trois types de sources :

1-Les eaux usées domestiques : issues des activités ménagères telles que la cuisine, la toilette et le lavage, ces eaux contiennent généralement une forte charge organique ainsi que des détergents et des résidus alimentaires.

2-Les eaux usées industrielles (par exemple : celles provenant des stations de lavage de voitures) : elles se caractérisent par la présence de produits chimiques, d'hydrocarbures, et de substances potentiellement toxiques qui nécessitent un traitement spécifique.

3-Les eaux pluviales : elles résultent du ruissellement des précipitations sur les surfaces imperméables (routes, toits, etc.) et peuvent transporter des particules solides, des hydrocarbures et d'autres polluants atmosphériques vers le réseau d'assainissement

En ce qui concerne la quantité, et suite à la collaboration avec l'Office National de l'Assainissement, il a été constaté que le débit enregistré pour le mois de mars 2025 est de 2500 m³, collecté à partir de quatre (4) communes avoisinantes. Une augmentation progressive de ce débit a été observée au fil des années, ce qui s'explique principalement par la croissance démographique et l'expansion du tissu urbain (nouvelles constructions résidentielles)

Conclusion :

Le traitement des eaux usées est un processus essentiel et nécessaire dans la vie des habitants des villes et des zones rurales. Il ne protège pas seulement leur santé, mais contribue également à préserver l'environnement. C'est pourquoi la région de Kaf Ed-Dokhan, éloignée des zones résidentielles, a été choisie pour installer la station d'épuration, afin d'éviter tout risque ou dommage pour les habitants.

Chapitre III :
Etude physico-chimique des
eaux traitées

1-INTRODUCTION :

La qualité est essentielle pour une utilisation dans divers domaines, elle nécessite donc une compréhension précise des caractéristiques physiques et chimiques en analysant un groupe de paramètres importants pour évaluer l'efficacité du travail de traitement central et la compatibilité de l'eau traitée centralement avec les normes environnementales et sanitaires approuvées. Les analyses physiques et chimiques sont une étape essentielle du contrôle de la qualité pour la durabilité de l'eau en tant que ressource efficace.

2- Paramètres analysés (PH, conductivité, DCO, DBO5, MES, Po_4^{2-} nitrate , phosphates, température, Turbidité, O_2 dissous , NH_4^+ , NTK,NT ,PT) :**2.1-La température ($^{\circ}\text{C}$) :**

La température agit comme un facteur physiologique qui régule la croissance des micro-organismes dans l'eau, où elle joue un rôle.

Il est important de déterminer la solubilité des sels, en particulier des gaz, en particulier (O_2), ainsi que de déterminer la base.

L'hydrogène et la vitesse des réactions chimiques(Microsoft Word - EOC1) 21 E'J (F ,DHD A'7E).doc2 _2_).

2.2-Le potentiel d'hydrogène PH :

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxide (OH^-) contenus dans la substance Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, Le pH d'une substance varie entre 1 et 14.

Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique Au-dessous de 7, la substance est acide(Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf).

2.3-Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés : argile limons, grains de silice, matières organiques, etc. La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes . Elle se mesure par un turbidimètre et s'exprime en NT.(Chapitre II Normes de rejets des effluents dans le milieu récepteur).

2-4-La conductivité :

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique (mimor de analiys.pdf).

2-5-L'oxygène dissous (O₂ dissous) :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg /l (Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf)

2-6-Nitrites (NO₂⁻) :

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf).

2-7-Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf).

2-8-Ammonium (NH₄⁺) :

Les ions ammonium représentent l'une des étapes fondamentales du cycle de l'azote, et la présence d'ammonium en grande quantité est...

Dans les eaux de surface, on constate une pollution due aux eaux usées rejetées dans le cours d'eau (Microsoft Word - E0C1) 21 E'J (F ,DHD A'7E).doc2 _2_).

2-9- Le phosphore total PT :

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation. L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant(Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf)

Le phosphore total est dosé, après minéralisation de l'échantillon, par passage sur un spectrophotomètre d'émission à plasma avec un couplage inductif (ICP AES) (mimor de analiys.pdf)

2-10- Matières en suspension (MES) :

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (GAID, 1984). La fraction organique de ces matières en suspension constitue un support parfait pour la pollution chimique et surtout microbiologique, de plus ces éléments vont être incorporés aux sédiments et pourront être rendus de nouveau disponibles lors des remises en suspension de la phase sédimentaire.

Les MES sont exprimées en mg/L et ont un impact direct sur le milieu par l'augmentation de la turbidité(Chapitre II Normes de rejets des effluents dans le milieu récepteur).

2-11-Azote Kjeldahl (NTK) :

Après minéralisation de l'azote organique, l'ammoniac (NH_3) est déplacé de son sel par l'ajout d'une base (NaOH), puis on effectue une distillation dans une solution d'acide borique indicateur. Enfin un dosage titrimétrique est réalisé avec un acide titré(mimor de analiys.pdf)

2-12-Azote Total (NT):

L'azote total est la somme de toutes les différentes formes d'azote présentes dans l'eau, y compris l'ammoniac et l'azote à liaison organique (azote Kjeldahl total), ainsi que le nitrite et le nitrate(Azote - Aperçu des paramètres de qualité de l'eau et produits | Hach).

2-13- Ortho phosphate (Po_4^{-2}):

de sources naturelles et industrielles, telles que les engrais et les détergents synthétiques. Leur forme dans l'eau varie en fonction du pH du milieu. Dans les eaux naturelles dont le pH est compris entre 5 et 8, l'ortho phosphate se présente principalement sous forme d'ions dihydrogénophosphate (H_2PO_4^-) et hydrogénophosphate (HPO_4^{2-}). Le phosphate dissous dans les eaux d'irrigation constitue un nutriment essentiel pour les plantes, mais une concentration excessive peut entraîner des modifications dans la structure de certaines espèces végétales. De plus, les poissons se nourrissent également de ce phosphate dissous dans l'eau (BEN DJALOUL-FATIMA مقدمة).

2-14-La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf)

2-15 -La demande chimique en oxygène(DCO) :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes (Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf)

3- Comparaison avec les normes algériennes et internationales pour l'irrigation :

Les normes suivies dans kahf Ed-Dukhān :

La station de Kahf Ed-Dukhān suit des normes techniques et environnementales strictes, incluant le respect des spécifications de conception et de sécurité, l'utilisation de systèmes de contrôle modernes pour assurer l'efficacité et réduire les pannes, tout en veillant à minimiser les émissions et à optimiser l'utilisation des ressources.

Tableau : Les normes suivies dans kahf Ed-Dukhān

Paramètres de l'auto-surveillance	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NTK (mg/l)

Entrée STEP (Eau brute)	118,00	192,00	640,00	12,48	0,03	24,96	2,11
Sortie STEP (Eau épurée)	85,00	43,50	120,00	26,60	0,05	0,31	33,72

Paramètres de l'auto-surveillance	NT (mg/l)	PO₄⁻³ (mg/l)	PT (mg/l)	T°	PH	O₂ dissous	Conductivité (ms/cm)
Entrée STEP (Eau brute)	24,96	2,11	2,28	20,50	7.14	5,92	2,92
Sortie STEP (Eau épurée)	33,72	0,40	1,81	17,66	6,81	6,38	3,04

4-Les normes internationales :

Les normes sanitaires internationales approuvées par l'Organisation mondiale de la Santé constituent une référence essentielle pour la protection de la santé publique à l'échelle mondiale. Elles visent à harmoniser les procédures sanitaires, à renforcer les capacités des pays en matière de prévention et de lutte contre les maladies, à garantir la sécurité des aliments et de l'eau, ainsi qu'à assurer la disponibilité de médicaments et de vaccins répondant aux plus hauts standards de qualité et de sécurité. (OMS) respective pour les eaux usées.

Tableau : normes de rejets internationales

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
DBO₅	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l

NH_4^+	<0,5 mg/l
NO_2	1 mg/l
NO_3	<1 mg/l
P_2O_5	<2 mg/l
Température	<30°C mg/l
couleur	Incolore
odeur	Inodore

Les normes Algériennes : Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 96-13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17, du décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Tableau : Les normes Algériennes de rejets des effluents

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6,5-8,5
DBO	Mg/l	30
DCO	Mg/l	120
MES	Mg/l	35
Azote total	Mg/l	30
Phosphore total	Mg/l	10
Furfural	Mg/l	50
Hydrocarbures	Mg/l	10

Plomb	Mg/l	0,5
Fer	Mg/l	3
Mercure	Mg/l	0,01
Cuivre	Mg/l	0,5
Zinc	Mg/l	3

La comparaison des paramètres physiques et chimiques étudiés des eaux de la région de Kef Dekhane avec les valeurs de référence adoptées dans les normes algériennes et internationales relatives à la qualité des eaux d'irrigation a révélé des écarts notables et une non-conformité au niveau de plusieurs indicateurs essentiels, à savoir :

- Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO5)
- Demande Chimique en Oxygène (DCO)
- Matières en Suspension (MES)
- Nitrates
- Nitrites,
- Température

Cette divergence indique que les eaux disponibles dans cette région ne répondent pas aux conditions requises pour l'irrigation, ce qui les rend impropres à une utilisation agricole sans traitement adéquat.

conclusion :

À partir des résultats obtenus suite à l'analyse des caractéristiques physiques et chimiques des eaux de la région de Kef Dekhane, et en les comparant aux normes nationales et internationales en vigueur, il apparaît que ces eaux ne sont pas conformes aux critères de qualité requis pour l'irrigation. Ainsi, leur utilisation directe dans le domaine agricole pourrait représenter un risque pour les sols et les cultures. Cette étude recommande de renforcer les programmes de surveillance environnementale afin d'assurer la durabilité des ressources hydriques de la région, ainsi que d'adopter des techniques de traitement appropriées pour améliorer la qualité des eaux avant leur utilisation en irrigation, telles que :

Le traitement tertiaire des eaux :

C'est la troisième et dernière étape du processus de traitement. Elle vise à améliorer la qualité de l'eau en éliminant les polluants fins (azote et phosphore), les micro-organismes (bactéries et virus) ainsi que d'autres caractéristiques telles que la couleur et l'odeur.

Ses techniques incluent :

- La filtration sur sable
- La désinfection (utilisation de chlore ou de rayons ultraviolets)
- Le traitement chimique (précipitation chimique pour éliminer le phosphore)
- Le traitement par ozonation

Son objectif est de rendre cette eau réutilisable, que ce soit pour l'agriculture, l'industrie, et dans certains cas, pour la recharge des nappes phréatiques.

Chapiter IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

Introduction :

Malgré les avancées scientifiques et l'ouverture de plusieurs stations d'épuration des eaux usées, ainsi que les efforts déployés par certains spécialistes de l'irrigation pour établir des normes garantissant que l'eau soit propre à la consommation humaine ou à l'irrigation selon le besoin (sol ou être humain), certaines régions rurales et municipalités isolées continuent de souffrir d'une pénurie d'eau.

Cela les pousse à irriguer leurs cultures avec leurs propres eaux usées, sans prendre en compte les risques sanitaires et environnementaux que cela engendre.

Dans ce chapitre, nous allons aborder certains effets de cette pratique sur le sol, ainsi que les méthodes permettant d'en atténuer les impacts négatifs.

1- Les effets potentiels sur le sol et les plantes :

Lorsqu'on irrigue le sol avec des eaux usées partiellement traitées, ces eaux s'infiltrant dans le sol. Si cette irrigation se poursuit sans contrôle, les pores du sol risquent d'être obstrués par les matières polluantes présentes dans l'eau. Cela entraîne l'arrêt des processus de dégradation aérobie, laissant place à une dégradation anaérobie, qui provoque alors l'émission de mauvaises odeurs dues aux gaz comme le sulfure d'hydrogène, le dioxyde de carbone et le méthane. Ce phénomène peut être évité en suivant les mesures suivantes :

1-Choisir le type de sol approprié : généralement, on utilise des sols sableux ou limoneux, tout en évitant autant que possible les sols argileux.

2-Utiliser un réseau de drainage dans le sol : ce qui permet un meilleur écoulement de l'eau.

3-Accorder une période de repos au sol : il est nécessaire d'interrompre l'irrigation à intervalles réguliers, tout en labourant le sol pour améliorer son aération.

4-Diversifier les cultures agricoles : cela permet de consommer tous les éléments fertilisants issus des eaux usées et aide également à aérer le sol.

5-Irrigation en couches peu profonde

De manière générale, la concentration des éléments nutritifs secondaires (azote – phosphore – potassium) ne doit pas dépasser certaines limites, afin d'éviter leur accumulation excessive dans le sol à des niveaux inacceptables.

La concentration optimale de ces éléments varie en fonction du type de cultures cultivées .

Chapitre IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

(METCALF & EDDY "Wastewater Engineering" INC, USA 1991/ إعداد د.م عبد الرزاق محمد / سعيد التركماني)

2-Salinité :

La salinité présente dans les eaux usées traitées s'ajoute à la teneur en sels déjà existante dans le sol lors de l'irrigation. En général, les eaux d'irrigation standard contiennent environ 500 mg/l de sels dissous totaux.

Les plantes absorbent l'eau plus facilement que les sels, et l'évaporation naturelle augmente la précipitation des sels, ce qui entraîne leur accumulation dans le sol (en l'absence de lessivage adéquat) jusqu'à atteindre des niveaux élevés nuisibles dans la zone racinaire. Cela réduit alors la productivité des terres agricoles.

Les sels peuvent être évacués de la zone racinaire si l'irrigation ou la culture est bien gérée.

Le lessivage des sels peut être assuré soit par les eaux de pluie, soit par une irrigation excédentaire accompagnée d'un système de drainage souterrain, ce qui permet à l'eau et aux sels en surplus de quitter la zone des racines.

Le besoin de lessivage augmente avec la concentration en sels (TDS) dans l'eau, ainsi qu'avec la sensibilité des cultures à la salinité.

(METCALF & EDDY "Wastewater Engineering" INC, USA 1991/ إعداد د.م عبد الرزاق محمد / سعيد التركماني)

3-Éléments influents :

Certains éléments peuvent devenir toxiques pour les plantes ou pour les animaux qui consomment. Il existe des limites autorisées pour la concentration de ces éléments dans les eaux usées traitées, et elles sont généralement indiquées dans le tableau suivant.

Nom	Concentration moyenne dans les eaux traitées secondairement(mg/l)	Charge admissible(kg/ha)	Normes internationales(mg/l)	Normes Algerian(mg/l)
Cuivre	0.04	1500.88	0.2	5
Cadmiu	> 0.00, 5	39.00	0.01	0.5

Chapitre IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

<i>m</i>				
<i>Chrome</i>	<i>0.02</i>	<i>3000.64</i>	<i>0.1</i>	<i>1</i>
<i>Plomb</i>	<i>0.008</i>	<i>300.40</i>	<i>5</i>	<i>10</i>
<i>Nickel</i>	<i>0.004</i>	<i>420.33</i>	<i>0.2</i>	<i>2</i>
<i>Zinc</i>	<i>0.04</i>	<i>2801.12</i>	<i>2</i>	<i>10</i>
<i>Mercure</i>	<i>0.0005</i>	<i>17.03</i>	<i>0.001</i>	<i>0.01</i>
<i>Arsenic</i>	<i>>0.005</i>	<i>41.02</i>	<i>0.1</i>	<i>2</i>
		<i>5</i>		

(METCALF & EDDY "Wastewater Engineering" INC, USA 1991/ إعداد د.م عبد الرزاق محمد سعيد (التركمانى))

4-Les risques majeurs liés à l'irrigation avec les eaux usées :

La réutilisation des eaux usées non traitées pour l'irrigation comporte certains risques sanitaires et environnementaux, notamment la transmission d'agents pathogènes tels que les bactéries, virus et parasites, en plus de l'accumulation de métaux lourds et d'autres substances chimiques dans le sol et les cultures, ce qui constitue une menace pour la santé humaine, selon l'étude.

En ce qui concerne les risques environnementaux, l'étude révèle que les eaux non traitées peuvent réduire la fertilité des sols et la productivité des cultures, ce qui accentue la dégradation environnementale et aggrave les défis liés à la sécurité alimentaire dans les zones qui dépendent de ces eaux pour l'irrigation.

Plusieurs recherches ont mis en évidence une série de dangers, notamment que les eaux usées non traitées contiennent de nombreux agents pathogènes, parmi les plus courants : les infections parasitaires telles que les vers intestinaux, susceptibles d'infecter les agriculteurs et leurs familles, ainsi que des virus et bactéries entériques à l'origine de maladies comme la diarrhée.

Ces polluants peuvent être transmis via les cultures ou les nappes phréatiques, représentant un danger accru dans les pays en développement.

Chapitre IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

L'exposition aux eaux usées peut également provoquer des infections respiratoires et des maladies de la peau, notamment chez les travailleurs agricoles en contact direct avec ces eaux contaminées.

À cela s'ajoute la transmission de polluants tels que les métaux lourds (plomb, cadmium), et les résidus de médicaments, qui peuvent s'introduire dans la chaîne alimentaire.

Ces polluants représentent des risques sanitaires à long terme : cancers, troubles du développement chez les enfants et résistance aux antibiotiques.

استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الري يضرّ بصحة الإنسان والبيئة (أرشيفية - الأمم المتحدة)/محمد (السيد على/-/2 مارس 2025 م - 03 رمضان 1446 هـ/الشرق الأوسط 'صحيفة العرب الأولى

Techniques de traitement et stratégies d'atténuation :

Les efforts mondiaux s'intensifient pour améliorer les techniques de traitement des eaux dans de nombreux pays, dans le but de réduire les risques sanitaires et environnementaux.

Les méthodes de traitement primaire et biologique contribuent fortement à réduire les polluants présents dans les eaux usées, ce qui améliore leur sécurité pour une utilisation agricole.

Cependant, bien que ces méthodes soient efficaces, des études indiquent qu'elles n'éliminent pas complètement les métaux lourds tels que le plomb, ni les polluants à 100 %.

Les stations d'épuration restent également des foyers de propagation de la résistance microbienne, en raison de la présence continue de gènes de résistance et de bactéries résistantes dans les eaux traitées.

Le Dr. Al-Hajri a souligné que le coût du traitement des eaux usées est très élevé, atteignant environ 1 dollar par mètre cube, un coût qui ne reflète pas un rendement suffisant lorsqu'elles sont utilisées pour l'agriculture.

Par conséquent, il est nécessaire de rechercher des alternatives pour économiser l'eau en agriculture, notamment par l'adoption de techniques d'irrigation modernes, en plus de gérer efficacement les ressources en eau.

Pour réduire le coût du traitement, Al-Hajri recommande de séparer les eaux usées en deux catégories :

La première comprend les déjections humaines.

La seconde concerne les autres eaux usées domestiques, appelées "eaux grises", qui nécessitent un traitement moins coûteux.

Chapitre IV : Impacts sur l'environnement et les cultures agricoles

Il a également précisé que ces eaux traitées peuvent être utilisées pour irriguer des forêts d'arbres productifs, comme le sesbania, le papyrus ou le bambou, ou même pour l'entretien des terrains de golf et des espaces verts, plutôt que pour l'irrigation des cultures alimentaires.

Il recommande enfin de mener des campagnes d'inspection régulières pour surveiller les réseaux d'irrigation et garantir qu'ils ne contiennent pas de polluants issus des eaux usées, afin de préserver la santé environnementale et les ressources en eau.

استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الري يضرّ بصحة الإنسان والبيئة (أرشييفية - الأمم المتحدة)/محمد (السيد على/-/2 مارس 2025 م - 03 رمضان 1446 هـ/الشرق الأوسط 'صحيفة العرب الأولى')

Conclusion :

À travers ce qui précède, il apparaît clairement l'ampleur des risques liés à l'irrigation des cultures avec les eaux de crue et les eaux usées. Cependant, en suivant les conseils et les mesures préventives appropriées, il est possible de réduire considérablement ces risques. Cela contribue à renforcer la sécurité alimentaire, à protéger la santé des sols, à améliorer la qualité des produits agricoles et à préserver la sécurité de la société dans son ensemble.

(ريف اليمن/مخاطر ري المزارع بمياه الصرف الصحي وطرق الوقاية/منصة صحافية متخصصة بالريف في اليمن/16 ديسمبر 2024)

Conclusion général

Conclusion Général

Conclusion général:

Cette station de traitement est considérée comme appropriée pour atteindre les objectifs suivants :

Éliminer les nuisances dans les zones urbaines.

Protéger l'environnement récepteur et le niveau des eaux souterraines.

Permettre la réutilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation.

À travers cette étude, nous proposons que :

Le palmier dattier, culture principale dans la vallée du Mzab, soit privilégié, en raison de sa forte résistance aux eaux traitées.

Il est également suggéré d'utiliser un système d'irrigation goutte-à-goutte, car ce système présente de nombreux avantages, notamment en matière d'économie d'eau.

Il est recommandé d'ajouter des analyses bactériologiques au laboratoire de la STEP pour contrôler la qualité microbiologique des eaux traitées.

Il est nécessaire de résoudre le problème de la prolifération des algues afin d'augmenter l'efficacité de l'élimination des matières solides en suspension.

Bibliographie :

Bibliographie

Bibliographie :

1-BEN AISSA AHMED Mémoire MASTER ACADEMIQUE Soutenu publiquement : Juin 2017

2- Actu-Environnement © 2003 - 2025 COGITERRA - CNIL N°845317 - ISSN N°2107-667 (17/04/2025)
https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/lagunage.php4
https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/lagunage.php4

3- .(memento degremont SUEZ (18/04/2025) <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives/differents-types-de-lagunage>

-4 .(memento degremont SUEZ (18/04/2025)
<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives/differents-types-de-lagunage>

5-(cour 3eme hyd (traitment et épuration des eaux).hafsi radia)

6-(cour 3eme hyd (traitment et épuration des eaux).hafsi radia)

7-<https://images.app.goo.gl/JuWMU9SrF3xypmqg9>

8<https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-biologique/>

9-Microsoft Word - E0C1) 21 E'J (F ,DHD A'7E).doc2 _2_

10-(Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf).

11-(.Chapitre II Normes de rejets des effluents dans le milieu récepteur).

12-(mimor de analiys.pdf).

13-(Babou Lylia & M'zyene Nacera 2.pdf)

14-(Chapitre II Normes de rejets des effluents dans le milieu récepteur).

15-(Azote - Aperçu des paramètres de qualité de l'eau et produits | Hach).

16-(BEN DJALOUL-FATIMA مقدمة).

17-(METCALF & EDDY “Wastewater Engineering” INC, USA 1991/ إعداد د.م عبد الرزاق محمد (سعيد التركماني)

Bibliographie

استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الري يضرّ بصحة الإنسان والبيئة (أرشيفية - الأمم المتحدة)/محمد السيد (18-
'على/-/2 مارس 2025 م - 03 رمضان 1446 هـ/الشرق الأوسط 'صحيفة العرب الأولى