# *AVIS DE SOUTENANCE DE THESE*

*Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que*

Mr **OUHAMMI Mohamed**
Soutiendra : **le Samedi 14/12/2024** à **10H00**
*Lieu :* ***FSDM – Centre Visioconférence***

*Une thèse intitulée :*

## « Valorisation des Eaux Usées de La STEP de La Ville d'Errachidia en Vue de Leur Utilisation en Agriculture locale »

*En vue d'obtenir le* ***Doctorat***

*FD :* ***Molécules Bioactives Santé et Biotechnologie***
*Spécialité :* ***Microbiologie, Biotechnologie***

***Devant le jury composé comme suit :***

| Nom et prénom | Etablissement | Grade | Qualité |
|---|---|---|---|
| Pr GUEMMOUH Raja | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès | PES | Président |
| Pr CHAHLAOUI Abdelkader | Faculté des Sciences, Meknès | PES | Rapporteur & Examinateur |
| Pr AIT BOUGHROUS Ali | Faculté des Sciences Techniques, Errachidia | PES | Rapporteur & Examinateur |
| Pr LOUASTE Bouchra | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès | MCH | Rapporteur & Examinateur |
| Pr LAHKIMI Amal | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès | MCH | Examinateur |
| Pr MERZOUKI Mohammed | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès | PES | Directeur de thèse |

**Résumé :**

- La raréfaction de l'eau est l'un des problèmes majeurs du monde d'aujourd'hui. À cause notamment de la pollution, du changement climatique, de la surpopulation et de la mauvaise utilisation des ressources. Une grande partie de la planète manque d'eau, un bien pourtant indispensable à la vie. Il convient donc de chercher des ressources alternatives telles que les eaux usées épurées (EUE). Notre travail de thèse porte d'une part, sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées par lagunage aéré de la STEP de la ville d'Errachidia (Maroc) pour une évaluation de leur qualité et d'autre part, sur l'évaluation de la teneur en métaux lourds et en polluant organiques et azotés des eaux usées brutes et épurées de cette station. Ce travail de thèse aborde aussi la possibilité de valorisation des eaux usées épurées de la station d'épuration en agriculture, telle que l'irrigation de la laitue et de la courgette par ces eaux. Les analyses physico-chimiques des eaux usée telles que la DB05, la DCO et les MES ainsi que bactériologiques ont été réalisés selon les méthodes marocaines standardisées. En outre, les éléments-traces ont été dosés par spectrométrie d'émission atomique par plasma à couplage inductif (ICP-AES). Les ions NH4+, NO2-- et NO3- ont été analysés par les méthodes standardisées. L'analyse parasitologique de la boue comporte la recherche des kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes, et a été effectuée par la méthode de Ritchie. Enfin, l'analyse bactériologique des feuilles de laitue et la courgette irriguées par les eaux usées traitées de la STEP ont été analysées par les méthodes marocaines standardisées.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des eaux usées traitées montre que la température, les MES, la DCO et la DBO5 répondent aux valeurs-limites générales pour le rejet des eaux de surface marocaines, ce qui permet de protéger l'environnement. Les rendements d'abattement avec le lagunage aéré atteignent des valeurs moyennes de 70,47 %, 60,21 % et 44,02 %, respectivement, pour la DBO5, la DCO et les MES. Concernant la caractérisation métallique, les concentrations des métaux lourds présents dans les eaux épurées tels que: Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu et Pl, sont inférieures aux normes marocaines de rejet des eaux de surface. Pour la caractérisation microbiologique, les résultats montrent la présence de divers germes avec des valeurs moyennes annuelles où les coliformes fécaux (CF) sont de 680 UFC/100 ml, les coliformes totaux (CT) sont de 2810 UFC/100 et les streptocoques fécaux sont de 46 UFC/100 ml. Ces concentrations restent en dessous des valeurs-limites recommandées par les normes marocaines d'irrigation (CF < 1000 UFC/100 ml), ce qui permet leur exploitation et leur réutilisation dans l'irrigation. Notre procédé de traitement a permis l'élimination de la pollution azotée avec des taux d'abattement respectivement de 52,59%,48,75 % et 78,80 % pour les NH4+, les NO2- et NO3- . Ainsi les résultats d'analyse des légumes issues de l'irrigation par les eaux usée épurées montrent la présence, de diverses bactéries. Pour le cas de la laitue, les CT=3541,11 UFC/g; les CF= 73,05 UFC/g; les entérocoques intestinaux=9366, 76 UFC/g; Escherichia coli = 7,17 UFC/g et salmonella (absente/25g). Pour la courgette, les CT=101,2 UFC/g ; les CF=7,7±1,63 UFC/g; les entérocoques intestinaux=589,9 UFC/g, Escherichia coli=7,3 UFC/g, et Salmonella (absente/25 g). Ces valeurs sont supérieures aux normes marocaines. Ainsi les résultats d'analyses enregistrés pour la boue ont montré des charges importantes des micro-organismes étudiés. Au total, trois kystes de protozoaires ont été recherchés, dont Entamoeba hystolytica, Balantidium coli et Giardia lamblia. L'analyse des échantillons a montré des concentrations différentes selon les espèces de parasites. Six œufs d'helminthes, avec des concentrations variables, ont été trouvés. La concentration la plus élevée de Tænia saginata et de Schistosoma haematobium a été trouvée. Cette étude est proposée comme référence pour les recherches comparatives dans le même domaine.

**Mots clés** : eau usée, Lagunage aéré, paramètres physico-chimiques; paramètres microbiologiques, réutilisation en irrigation, légumes, boue

# Recovery of wastewater from the Errachidia City WWTP for use in local agriculture

**Abstract :**

Water scarcity is one of the major problems facing the world today. The causes include pollution, climate change, overpopulation and the misuse of resources. A large part of the planet lacks water, a commodity that is essential to life. It is , therefore, necessary to look for alternative resources such as purified wastewater. Our thesis work focuses on the physico-chemical and bacteriological characterization of raw wastewater and wastewater treated by aerated lagooning at the Errachidia WWTP (Morocco), in order to assess its quality, and on the evaluation of the heavy metal, organic and nitrogenous pollutant content of raw and treated wastewater from this plant. This thesis also addresses the possibility of using treated wastewater from the treatment plant for agricultural purposes, such as irrigating lettuce and zucchinis with this water. Physico-chemical analyses of the wastewater, such as DB05, COD and TSS, as well as bacteriological analyses, were carried out using standardized Moroccan methods. In addition, trace elements were measured by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). NH4+, NO2-- and NO3- ions were analyzed by standardized methods. Parasitological analysis of the sludge involved the detection of protozoan cysts and helminth eggs, and was carried out using the Ritchie method. Finally, the bacteriological analysis of lettuce leaves and zucchini irrigated with treated wastewater from the WWTP were analyzed using standardized Moroccan methods.
The results of the physico-chemical characterization of the treated wastewater show that temperature, TSS, COD and BOD5 meet the general discharge limits for Moroccan surface waters, thus protecting the environment. Abatement efficiencies with aerated lagooning reached average values of 70.47%, 60.21% and 44.02%, respectively, for BOD5, COD and TSS. Concerning metallic characterization, concentrations of heavy metals present in treated water, such as: Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu and Pl, are below Moroccan standards for surface water discharge. For microbiological characterization, the results show the presence of various germs, with average annual values for fecal coliforms (FC) at 680 CFU/100 ml, total coliforms (TC) at 2810 CFU/100 and fecal streptococci at 46 CFU/100 ml. These concentrations remain below the limit values recommended by Moroccan irrigation standards (CF < 1000 UFC/100 ml), enabling them to be exploited and reused in irrigation. Our treatment process eliminated nitrogen pollution with abatement rates of 52.59%, 48.75% and 78.80% for NH4+, NO2- and NO3- respectively. The results of analysis of vegetables irrigated with treated wastewater show the presence of various bacteria. For For lettuce, TC=3541.11 CFU/g; CF=73.05 CFU/g; intestinal enterococci=9366.76 CFU/g; Escherichia coli = 7.17 CFU/g and salmonella (absent/25g). For zucchini, TC=101.2 CFU/g; CF=7.7±1.63 CFU/g; intestinal enterococci=589.9 CFU/g, Escherichia coli=7.3 CFU/g, and Salmonella (absent/25g). These values are higher than Moroccan standards. The results of the sludge analyses showed significant loads of the micro-organisms studied. A total of three protozoan cysts were tested, including Entamoeba hystolytica, Balantidium coli and Giardia lamblia. Analysis of the samples showed different concentrations depending on the parasite species. Six helminth eggs, with varying concentrations, were found. The highest concentration was found for Taenia saginata and Schistosoma haematobium. This study is proposed as a reference for comparative research in the same field.

**Key words**: wastewater, aerated lagooning, physico-chemical parameters, microbiological parameters, irrigation reuse, vegetables, sludge.