



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

Mme (elle) **BOUAICH Fatima-Zahra**

Soutiendra : **le Samedi 13/05/2023 à 10H00**

Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

*Une thèse intitulée :*

**Valorisation durable des eaux usées épurées des villes Errachidia- Maroc  
et Douai- France dans la confection des matériaux minéraux de  
construction : mortiers, bétons & briques réfractaires**

*En vue d'obtenir le Doctorat*

*FD : Ressources Naturelles, Environnement et Développement Durable*

*Spécialité : Matériaux et génie des procédés*

*Devant le jury composé comme suit :*

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr TALEB Mustapha	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr TALEB Abdeslam	Faculté des Sciences et Techniques, Mohammedia	PH	Rapporteur & Examineur
Pr ZEGAOUI Omar	Faculté des Sciences , Meknès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr CHEMLAL Souad	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr ABRIAK Nor-Edine	Institut Mines-Télécom(IMT) Lille-Douai, France	PES	Examineur
Pr TOUNSADI Hanane	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PH	Examinatrice
Pr MAHERZI Walid	Institut Mines-Télécom(IMT) Lille-Douai, France	PA	Co-directeur de thèse
Pr RAIS Zakia	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse



## Résumé :

La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité est un défi majeur pour le XXI<sup>e</sup> siècle. Il convient donc de chercher des ressources alternatives telle que la réutilisation des eaux usées épurées EUE. Ce travail de thèse aborde la problématique de la valorisation des eaux usées épurées de l'agence de l'eau Artois-Picardie de Douai-France et de la station d'épuration de la ville Er-Rachidia-Maroc dans la confection des matériaux de construction (mortier, béton, brique) avec des tests d'évaluation environnementale. Pour cela, plusieurs séries de mortiers ont été réalisées selon la norme NF EN 196-1, avec les eaux usées épurées de l'agence de l'eau Artois-Picardie de Douai-France (TWW) en utilisant trois types de ciment (CEM I, CEM II et CEM III). Les résultats expérimentaux montrent que les TWW ne présentent aucun effet néfaste sur la qualité physique des mortiers. Tandis que leur performance mécanique était légèrement inférieure à celle du mortier de référence. Néanmoins, il a été enregistré une augmentation significative de la résistance à la compression pour les mortiers confectionnés avec le ciment CEM III après 90 jours.

D'autre part, les eaux usées épurées de la ville d'Er-Rachidia ont été utilisées pour le gâchage du béton ordinaire B25. Les résultats montrent que les eaux usées épurées ne présentent aucun effet néfaste sur la qualité du béton.

Pour la 3<sup>ème</sup> application, des formulations ont été testées en substituant des argiles naturelles par des cendres volantes à des taux allant de 0 à 40 % et en appliquant deux températures de cuisson à 1080 °C et 1100 °C. A cet égard, l'étude consistait à fabriquer quatre séries d'éprouvettes cylindriques de 5 cm de hauteur et 5 cm de diamètre avec de l'Argile et deux types des cendres volantes ((CVB) et (CV1)) mélangés avec deux types d'eau (l'eau de robinet (ER) et les eaux usées traitées (EUT)). Selon le pourcentage (%) de l'argile et cendre volante contenus dans les échantillons de briques, les briques ont été classées : E (60 % d'argile + 40 % de CV+ ER), F (60 % d'argile + 40 % de CVB+ER), et G (100 % d'argile + EUT).

Les résultats montrent clairement que les eaux usées traitées ont des caractéristiques potentielles qui ont permis d'améliorer significativement la résistance à la compression des briques en terre cuite et de développer des nouveaux produits.

L'évaluation environnementale des matériaux de construction (mortier, béton et brique) a montré un comportement à la lixiviation satisfaisant car aucun élément trace minéraux des lixiviats examinés, n'a été lessivé au-dessus du niveau réglementaire. Toutes les concentrations de lixiviation étaient très inférieures aux valeurs limites.

**Mots clés :** Rareté de l'eau, valorisation, eau usée traitée, gâchage, mortier, béton, brique en terre cuite, cendre volante, performance mécanique, lixiviation



## Sustainable recovery of purified wastewater from the cities of Errachidia - Morocco and Douai-France in the manufacture of mineral construction materials: mortars, concretes & refractory bricks.

### Abstract:

The scarcity of water resources and the degradation of their quality is a critical challenge for the 21st century. It is thus necessary to seek alternative resources such as reusing purified wastewater. All leaching concentrations were well below the limit values. This thesis addresses the problem of the valorization of the purified wastewater of the agency of water Artois-Picardy of Douai-France and the purification station of the city Er-Rachidia-Morocco in the confection of building materials (mortar, concrete, brick) with tests of environmental evaluation. For this purpose, several serials of mortars were made according to the NF EN 196-1 standard, with the treated wastewater of the Artois-Picardy water agency of Douai-France (TWW) using three types of cement (CEM I, CEM II, and CEM III). The experimental results show that TWWs have no adverse effect on the physical quality of mortars. While their mechanical performance was slightly lower than that of the reference mortar. However, a significant increase in compressive strength was recorded for mortars made with CEM III cement after 90 days.

On the other hand, purified wastewater from Er-Rachidia city was used for mixing ordinary B25 concrete. The results show that the purified wastewater has no adverse effect on the quality of concrete.

For the 3rd application, formulations were tested by substituting natural clays with fly ash at rates ranging from 0 to 40% and applying two firing temperatures at 1080 °C and 1100 °C. In this regard, the study consisted of making four sets of cylindrical specimens of 5 cm height and 5 cm diameter with Clay and two types of fly ash ((CVB) and (CV1)) mixed with two types of water (tap water (ER) and treated wastewater (TWW)). According to the percentage (%) of clay and fly ash contained in the brick samples, the bricks were classified: E (60% clay + 40% CV+ ER), F (60% clay + 40% CVB+ER), and G (100% clay + TWW). The results clearly show that treated wastewater has potential characteristics that have led to significant improvements in the compressive strength of clay bricks and the development of new products.

The environmental assessment of the construction materials (mortar, concrete, and brick) demonstrated a satisfying leaching behavior since no mineral trace elements in the leachates examined leached above the regulatory level. All leaching concentrations were well below the limit values.

**Keywords:** Water scarcity, reclamation, treated wastewater, mixing, mortar, concrete, clay brick, fly ash, mechanical performance, leaching.