



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes  
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

## AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

**Madame Fatima BOUHLAL**

soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur  
Le Samedi 10 Juillet 2021 à 10h00 au Grand amphithéâtre à l'ENSAM de Rabat

**Intitulé de la thèse**

**ETUDE DE L'INHIBITION DE LA CORROSION DE  
L'ACIER C38 EN MILIEU HCL 1M PAR L'EXTRAIT HYDRO-  
ALCOOLIQUE DU MARC DE CAFE ET EVALUATION DE SES  
ACTIVITES ANTIOXYDANTES ET ANTIBACTERIENNES**

**Devant le Jury composé de :**

**Président :**

Pr. Souad EL HAJJAJI, PES, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Mohammed EL MAHI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Directeur de thèse :**

Pr. Najoua LABJAR, PH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Moulay Rachid KABIRI, PES, ENSAM, Université Moulay Ismail de Meknès

Pr. Abdelaziz SABBAR, PES, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Youssef NAIMI, PES, FSBM, Université Hassan II de Casablanca

**Examineurs :**

Pr. Mohammed BENMESSAOUD, PES, EST, Université Mohammed V de Rabat

Pr. El Mostapha LOTFI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Malika SERGHINI IDRISSE, PES, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat

**Invité :**

Pr. Ghita AMINE BENABDELLAH, PESA, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat



# ETUDE DE L'INHIBITION DE LA CORROSION DE L'ACIER C38 EN MILIEU HCL 1M PAR L'EXTRAIT HYDRO-ALCOOLIQUE DU MARC DE CAFE ET EVALUATION DE SES ACTIVITES ANTIOXYDANTES ET ANTIBACTERIENNES

**Résumé :** La valorisation des déchets constitue actuellement l'un des leviers importants du développement durable, elle permet la rationalisation de l'utilisation des ressources et la préservation de l'environnement. Ce processus de valorisation concerne aussi des applications dans des domaines industriels donnés, notamment et entre autres, l'inhibition de la corrosion.

La corrosion des métaux est un phénomène universel qui présente des impacts considérables sur l'économie, l'Homme et l'environnement. Pour remédier à ce phénomène, les industries utilisent couramment des inhibiteurs de la corrosion. Toutefois, ces derniers peuvent se révéler chers, dangereux et/ou extrêmement polluant. La recherche des inhibiteurs écologiques de la corrosion présente jusqu'à présent un réel défi.

Ce travail de thèse a pour objectif de valoriser un déchet à savoir le marc du café en vue d'utiliser son extrait hydro-alcoolique comme inhibiteur de la corrosion de l'acier C38 en milieu HCl 1M et d'évaluer ses activités antioxydante et antibactérienne. Pour ce faire, une démarche expérimentale basée sur l'utilisation et la combinaison de diverses techniques a été adoptée, nous citons, les techniques chimiques, électrochimiques et de caractérisation de surface qui nous ont permis d'évaluer le pouvoir inhibiteur de la corrosion de l'acier C38 en milieu HCl 1M par notre extrait, l'évaluation de son pouvoir antioxydant par l'utilisation de différents tests (DPPH, ABTS et FRAP), et de son pouvoir antibactérien par deux méthodes considérées comme complémentaires, la méthode de diffusion sur les disques de gélose et la détermination de la concentration minimale inhibitrice. Il est à indiquer que l'étude de l'inhibition de la corrosion a pris en compte plusieurs facteurs, l'effet de la concentration, l'effet du temps d'immersion et l'effet de la température. Au cours de cette partie, nous avons également évalué l'effet de synergie pouvant exister entre notre extrait et le KI et ce, afin d'améliorer le pouvoir inhibiteur de notre extrait. La démarche expérimentale entamée pour cette partie a été faite en

utilisant la méthodologie de surface de réponse, entre autres. Notre objectif était de déterminer les conditions pour une efficacité d'inhibition optimale.

L'étude du pouvoir inhibiteur de la corrosion de l'extrait hydro-alcoolique du marc de café a montré qu'il s'agit d'un inhibiteur de type mixte. Son pouvoir inhibiteur est proportionnel à la concentration et il peut être utilisé notamment à des températures élevées avec des pourcentages d'inhibition considérables. L'influence de la combinaison de l'extrait et du KI sur l'efficacité de l'inhibition s'est montrée statistiquement significative. La méthodologie de surface de réponse a permis de déduire les concentrations minimales pour atteindre un pouvoir inhibiteur optimal.

L'extrait hydro-alcoolique du marc de café s'est avéré riche en composés bioactifs importants, avec un pouvoir antioxydant considérable ainsi qu'une capacité à inhiber la croissance microbienne.

**Mots-clés :** Marc de café, inhibition de la corrosion, acier C38, acide chlorhydrique CPG-SM, composés polyphénoliques, activité antioxydante, activité antibactérienne.



**Abstract:** Waste recovery is currently one of the important levers of sustainable development, it allows the rationalization of the resources use and the environment preservation. This process also concerns applications in certain industrial fields, notably and inter alia, corrosion inhibition. Metal corrosion is a universal phenomenon that has a significant impact on the economy, human beings, and the environment. To remedy this phenomenon, industries commonly use corrosion inhibitors. However, these inhibitors can be expensive, dangerous, and/or extremely polluting. The search for environmentally-friendly corrosion inhibitors has been a real challenge until now.

The purpose of this thesis is to recover a waste product, namely coffee grounds, in order to use its hydroalcoholic extract as a corrosion inhibitor for C38 steel in 1M HCl medium and to evaluate its antioxidant and antibacterial activities. To accomplish this, an experimental approach based on the use and combination of various techniques was

adopted, including chemical, electrochemical, and surface characterization techniques that allowed us to evaluate the corrosion inhibition power of C38 steel in 1M HCl medium by our extract, the assessment of its antioxidant activity by using different tests (DPPH, ABTS, and FRAP), and the evaluation of its antibacterial capacity by two methods considered as complementary, the diffusion method on agar discs and the determination of the minimum inhibitory concentration.

It should be noted that the study of corrosion inhibition has taken into account several factors, the effect of concentration, immersion time, and temperature. In this part, we also evaluated the synergistic effect that may exist between the extract and KI in order to improve the inhibition capacity of our extract. The experimental approach undertaken for this part was performed using the response surface methodology, among others. Our aim was to determine the conditions for optimal inhibition efficacy.

The study of the corrosion inhibition efficacy of the hydro-alcoholic extract showed that it acts a mixed-type inhibitor. Its inhibition efficacy is proportional to the concentration, and it can be used especially at high temperatures with considerable percentages of inhibition. The combination of the extract and the KI had a significant statistical influence on the inhibition efficacy. The response surface methodology allowed to deduce the minimum concentrations to reach an optimal inhibition power.

The hydro-alcoholic extract of spent coffee grounds was found to be rich in important bioactive compounds, with considerable antioxidant power as well as an ability to inhibit microbial growth.

**Keywords:** Coffee grounds, corrosion inhibition, C38 steel, GC-MS hydrochloric acid, polyphenolic compounds, antioxidant activity, antibacterial activity.

