

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :

Série :

Mémoire

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

**VALORISATION DES RESIDUS ISSUS DE
L'EXTRACTION SUPERCRITIQUE EN PRODUITS
INNOVANTS À APPLICATION VERTE DANS
L'ENVIRONNEMENT**

Présenté par :

HAMMAM Yasmine Roufaida

ROUINI Nour El Hidaya

ROUSTILA Abd Essalem

Dirigé par:

ARRIS Sihem

Grade : Pr

Année universitaire
2024-2025
Session : Juin

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------	----------

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Les déchets agroalimentaires	3
1.1.1. Impacts environnementaux des déchets agro-alimentaires	3
1.1.2. Déchets agroalimentaires	3
1.1.3. La valorisation des déchets agroalimentaires	4
1.2. L'extraction supercritique	5
1.2.1. Introduction	5
1.2.2. Extraction par fluide supercritique	5
1.2.3. Principe de l'extraction supercritique	6
1.2.4. Domaines d'application de l'extraction solide-fluide par CO ₂ supercritique	6
1.2.5. Les résidus issus de l'extraction supercritique	7
1.2.6. Valorisation des résidus en produits innovants	8
1.3. La cellulose et son extraction	9
1.3.1. Historique de la cellulose	9
1.3.2. Définition et origine	9
1.3.3. La structure de la cellulose	10
1.3.3.1. La structure chimique	10
1.3.3.2. La structure moléculaire	11
1.3.3.3. La structure micros fibrilles de la cellulose	11
1.3.4. Méthodes de récupération de la cellulose	13
1.3.5. Evaluation du rendement	15
1.3.6. Valorisation de la cellulose issue des résidus	15
1.3.7. Les applications industrielles de la cellulose	16
1.4. Résidus d'extraction et biochar	17
1.4.1. Définition du bio char	17
1.4.1. Propriétés physiques et chimiques de biochar	18
1.4.1.1. Les propriétés physiques	18
1.4.1.2. Les propriétés chimiques	19
1.4.2. Techniques de la production du biochar	20
1.4.3. Méthode facile pour fabriquer le biochar	20
1.4.4. Méthode mécanisée pour fabriquer du biochar	21
1.4.5. Comparaison entre les deux méthodes de la fabrication du biochar	22
1.4.6. Effet du bio char sur les propriétés du sol	23
1.4.7. Types de biochar	23

1.5. La coagulation-flocculation	24
1.5.1. Introduction	24
1.5.2. Principe de la coagulation-flocculation	24
1.5.2.1. Coagulation	24
1.5.2.2. Flocculation	24
1.5.3. Théorie de la double couche	25
1.5.4. Facteurs influençant la coagulation	26
1.5.5. Biocoagulant-biofloculant	27
<u>CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES</u>	
2.1. Introduction	29
2.2. Exploration du potentiel des TGO comme biochar :	29
2.2.1. Caractérisations du sol	29
2.2.2. Matériels et produits chimiques utilisés :	29
2.2.3. Préparation du sol	30
2.2.4. Détermination des paramètres	31
2.3. L'extraction de la cellulose	37
2.3.1. Matériaux	37
2.3.2. Préparation du matériel	37
2.3.3. Les traitements chimiques	38
2.3.3.1. Traitement alcalin	38
2.3.3.2. Blanchiment	39
2.3.4. Caractérisation de la cellulose	40
2.3.4.1. Rendement en cellulose	40
2.3.4.2 Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)	40
2.3.5. Optimisation des procédés d'extraction par plan d'expérience, conception expérimentale et analyse statistique	41
2.4. Biocoagulation/Biofloculation (Jar test) :	43
2.4.1. Protocole expérimental	44
2.4.2. Optimisation de la dose	45
2.4.3. Optimisation du pH	45
<u>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION</u>	
3.1. Introduction	46
3.2. Les résultats de l'utilisation des TGO comme biochar	46
3.3. Optimisation de l'extraction de la cellulose	52
3.3.1. Analyse de la variance	54
3.3.2 Effet de la concentration de $[NaOH]$ et du temps t sur le rendement en cellulose	56
❖ Conclusion	61
3.3.3 Effet du blanchiment sur la qualité de la cellulose	62
3.3.4 Comparaison du spectre IR de la cellulose extraite avec celui de la cellulose commerciale	62

3.4 . Les résultats de l'application des TGO comme biocoagulant	64
3.4.1 Effet de la dose de tourteaux de graines d'oignon sur l'élimination du cuivre	65
3.4.2 Effet du pH	66
❖ Conclusion	67
Conclusion générale	69
Références bibliographiques	70

RESUME

La valorisation des déchets agroalimentaires constitue une voie prometteuse pour répondre aux enjeux environnementaux et économiques actuels. Ce mémoire s'est focalisé sur les tourteaux de graines d'oignon (TGO), résidus issus de l'extraction par CO₂ supercritique, en tant que ressource pour des applications durables. Trois approches principales ont été étudiées : l'utilisation des TGO comme biochar pour l'amendement des sols, l'extraction et l'optimisation de la cellulose pour des usages éco responsables, ainsi que leur emploi comme biocoagulant naturel dans le traitement des eaux chargées en ions cuivre.

Les résultats obtenus ont montré que le biochar issu des TGO améliore les propriétés physico-chimiques des sols. Par ailleurs, les traitements alcalins et de blanchiment appliqués ont permis d'extraire de la cellulose avec des rendements optimisés de 51.5% pour un temps d'extraction de 1.5h et une concentration en NaOH de 2M. Enfin, les tests de coagulation-flocculation ont confirmé l'efficacité des TGO dans l'élimination du cuivre en solution aqueuse avec un rendement de 90.15% avec une masse de 1.7g et un pH de 7-8 atteignant une concentration résiduelle de 0.0067mg/L.

Ces résultats mettent en évidence le potentiel multifonctionnel des TGO, dans une perspective d'économie circulaire et de développement durable, tout en proposant des solutions alternatives aux produits chimiques classiques utilisés en agriculture, en industrie et dans le traitement des eaux.

Mots clés : Valorisation des déchets, Tourteaux de graines d'oignon (TGO), Bio char , Extraction au CO₂ supercritique, Cellulose, Biocoagulant naturel, Économie circulaire, Traitement des eaux usées.

ملخص

بعد تثمين النفايات الزراعية الغذائية وسيلة واحدة لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية الحالية. ركزت هذه الأطروحة على مخلفات بذور البصل(TGO) ، وهي المخلفات الناتجة عن استخلاص ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج، كمورد للتطبيقات المستدامة. وتم بحث ثلاث طرق رئيسية: استخدام الفحم الحيوى المستخلص من مخلفات بذور البصل كفحم حيوى لتعديل التربة، واستخراج السيلولوز وتحسينه للاستخدامات المسؤولة بيئياً، وكذلك استخدامها كمحتر حيوى طبيعى في معالجة المياه المحمّلة بآيونات النحاس. ونظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن الفحم الحيوى المشتق من TGO يحسن الخصائص الفيزيائية الكيميائية للتربة. وعلاوة على ذلك، مكنت المعالجات القلوية والتبييض المطبقة من استخلاص السيلولوز بانتاجية محسنة بلغت 51.5% لوقت استخلاص قدره 1.5 ساعة وتركيز هيدروكسيد الصوديوم 2 م. وأخيراً، أكدت اختبارات التخثر والتلبد فعالية TGO في إزالة معادن النحاس الثقيلة في محلول الماء، مع إنتاجية بلغت 90.15% عند كثافة 1.7 جم ودرجة حموضة 7-8، ووصل التركيز المتبقى إلى 0.0067 ملجم/لتر. وتسلط هذه النتائج الضوء على الإمكانيات المتعددة الوظائف التي تتمتع بها مركبات TGO ، من منظور الاقتصاد الدائري والتمنية المستدامة، مع تقديم حلول بديلة للمواد الكيميائية التقليدية المستخدمة في الزراعة والصناعة ومعالجة المياه.

الكلمات المفتاحية: تثمين النفايات، مخلفات بذور البصل(TGO) ، الفحم الحيوى، استخلاص ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج، السيلولوز ، المحتر الحيوى الطبيعي، الاقتصاد الدائري، معالجة مياه الصرف الصحي.

ABSTRACT

The valorization of agri-food waste is a promising way to meet current environmental and economic challenges. This dissertation focused on onion seed residue (TGO), residues from supercritical CO₂ extraction, as a resource for sustainable applications. Three main approaches were investigated: the use of TGO as biochar for soil amendment, the extraction and optimization of cellulose for eco-responsible uses, as well as their use as a natural biocoagulant in the treatment of water loaded with copper ions.

The results obtained show that biochar derived from TGO improves the physico-chemical properties of soils. Furthermore, the alkaline and bleaching treatments applied enabled cellulose to be extracted with optimized yields of 51.5% for an extraction time of 1.5h and a NaOH concentration of 2M. Finally, coagulation-flocculation tests confirmed the effectiveness of TGOs in removing copper heavy metals in aqueous solution, with a yield of 90.15% at a mass of 1.7g and a pH of 7-8, reaching a residual concentration of 0.0067mg/L. These results highlight the multifunctional potential of TGOs, from a circular economy and sustainable development perspective, while offering alternative solutions to conventional chemicals used in agriculture, industry and water treatment.

Keywords: Waste valorization, Onion seed residue (TGO), Bio char, Supercritical CO₂ extraction, Cellulose, Natural biocoagulant, Circular economy, Wastewater treatment.