

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES
DEPARTEMENT DE GENIES CHIMIQUE

N° D'ORDRE :

SERIE :

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

**MODELISATION ET OPTIMISATION DU PROCÉDE DE
LIQUEFACTION HYDROTHERMALE POUR LA
VALORISATION DE LA BIOMASSE LIGNOCELLULOSIQUE**

Dirigé par :

Dr. HOUCINAT Ibtissem

Grade : Maitre de conférence classe B

Présenté par :

BELHI Chahinez

BENBRIGUENA Douaa

DELIMI Hanane

Année universitaire : 2023/2024

Session : Juin

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES FIGURES.....	7
INTRODUCTION GENERALE.....	10
LISTE D'ABREVIATION.....	12

PARTIE I: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Introduction.....	15
I.2. La biomasse.....	15
I.3. Procédés de traitement de la biomasse.....	18
I.4. Procédé de liquéfaction hydrothermale.....	20
I.5.L'importance des produits.....	22
I.6. L'eau sous-critique.....	23
I.7. Réacteurs chimiques utilisés en HTL.....	24
I.8. Effet des conditions opératoires.....	25
I.8.1. Effet de la température.....	25
I.8.2. Effet de la pression.....	26
I.8.3. Effet du temps de réaction.....	27
I.8.4. Effet de la nature et de la composition de la biomasse.....	27
I.8.5. Effet du rapport massique biomasse/eau.....	28
I.8.6. Effet de la présence de catalyseur.....	28
I.9. Optimisation des conditions opératoires.....	29

PARTIE II: METHODOLOGIE

II.1. Introduction.....	33
II.2. Présentation de la biomasse étudiée.....	33
II.3. Définition et domaine d'application des plans d'expériences.....	34
II.4. Plan factoriel 2k.....	35
II.5. Concept de la méthode de surface de réponse dans le domaine de la liquéfaction hydrothermale.....	37
II.6. Graphique des effets principaux.....	39
II.7. Diagramme de surface.....	39
II.8. Plans d'expériences utilisés au cours de la thèse.....	39
II.9. Types de Plans de Mélange.....	44

PARTIE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Introduction.....	48
III.2. Modélisation du procédé de liquéfaction hydrothermale.....	48
III.3. Modélisation de la cinétique du procédé.....	48
III.4. Validation du modèle.....	49
III.5. Application du programme par une étude paramétrique par plan factoriel.....	51
III.6. Classement des effets sur les réponses.....	60
III.7. Optimisation des réponses par plan central composite.....	60
III.8. Conception et Simulation d'un Réacteur Batch pour la Liquéfaction Hydrothermale de Biomasse Lignocellulosique : Perspectives et Enjeux.....	69
CONCLUSION GENERALE.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76
ANNEXE 1.....	84
ANNEXE 2.....	89

ANNEXE 3.....	77
Résumé.....	94

المخلص

- التحليل الحراري الهيدروثيرمالي هو عملية حرارية تستخدم الماء تحت الضغط ودرجات حرارة معتدلة لتحلل اللينوسيلولوز إلى زيت حيوي، دون الحاجة إلى تجفيف مسبق للكتلة الحيوية، مما يعزز كفاءتها الطاقية.

الدراسة التي أجريت تهدف إلى تقييم القيمة المضافة للكتل الحيوية وإدارة النفايات العضوية باستخدام التحليل الحراري الهيدروثيرمالي بالماء النقي لإنتاج وقود حيوي ذو جودة عالية. وتتضمن الأهداف تطوير نموذج سينيتيكي استنادًا إلى الكتل الحيوية النموذجية مثل السيليلوز والكسيلان واللينين القلوي لتوقع عائدات منتجات التحليل الحراري الهيدروثيرمالي. تم التحقق من صحة هذا النموذج واستخدامه في دراسة تحليلية لتحليل تأثير درجة الحرارة ونسبة الكتلة إلى الماء وزمن الإقامة على العائدات في الزيت الحيوي والمخلفات الصلبة والمرحلة المائية. تشير النتائج إلى أن درجة الحرارة الابتدائية لها تأثير سلبي على عائدات الزيت الحيوي، في حين أن نسبة الكتلة إلى الماء لها تأثير إيجابي. تم استخدام النماذج المستخلصة لدراسة الأمثلة والمقارنة بين الزيوت الحيوية المنتجة من مختلف تراكيب الكتل الحيوية النموذجية. تبين أن اللينين هو الأكثر فعالية لإنتاج الزيت الحيوي، تليه السيليلوز، بينما كان الكسيلان أقل فعالية.

الكلمات المفتاحية

تحليل السائل الهيدروثيرمالي، السيليلوز، اللينين، الكسيلان، الزيت الحيوي، خطة التجارب، الكتلة الحيوية اللينوسيلولوزية.

Résumé

La liquéfaction hydrothermale est un processus thermique utilisant de l'eau sous pression et des températures modérées pour décomposer la lignocellulose en biohuile, sans nécessiter de pré-séchage de la biomasse, ce qui améliore son efficacité énergétique.

L'étude menée vise à valoriser les biomasses et à gérer les déchets organiques en utilisant la liquéfaction hydrothermale en eau sous-critique pour produire des biocarburants de qualité. Les objectifs comprennent le développement d'un modèle cinétique basé sur des biomasses modèles telles que la cellulose, le xylane et la lignine alcaline, pour prédire les rendements des produits de liquéfaction hydrothermale. Ce modèle a été validé et utilisé dans une étude paramétrique pour analyser l'impact de la température, du ratio biomasse/eau et du temps de séjour sur les rendements en biohuile, résidu solide et phase aqueuse. Les résultats indiquent que la température initiale a un effet négatif sur le rendement en biohuile, tandis que le ratio biomasse/eau a un effet positif. Les modèles obtenus ont été utilisés pour une étude d'optimisation et une comparaison des biohuiles produites à partir de différentes compositions de biomasses modèles a été réalisée. La lignine alcaline s'est avérée la plus efficace pour produire de la biohuile, suivie de la cellulose, alors que le xylane était moins favorable.

Mots clés

Liquéfaction hydrothermale, cellulose, lignine alcaline, xylane, biohuile, plan d'expériences, biomasse lignocellulosique.

Résumé

En raison de leur toxicité et pouvoir cancérigène, il est important d'éliminer les colorants. Pour cela, plusieurs procédés d'oxydation avancée chimique ont été créés. L'un des plus économiques est le procédé de Fenton qui s'appuie sur la simplicité de formation des radicaux hydroxyles.

Dans ce travail, la dégradation oxydative d'un colorant cationique, Vert de Malachite (VM) en solutions aqueuses a été étudiée en utilisant le procédé de Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$). De nombreux paramètres affectant la dégradation du colorant ont été envisagés tels que les concentrations en Fe^{2+} et H_2O_2 , les concentrations initiales en substrats organiques, le pH du milieu, la température, et la quantité de composés inorganiques présents initialement dans le milieu.

D'après les résultats expérimentaux obtenus, les conditions optimales sont : $[\text{H}_2\text{O}_2]=10^{-3}\text{M}$, $[\text{Fe}^{2+}]=10^{-4}\text{M}$, $[\text{VM}]_0=60\text{mg/l}$, $T=50^\circ\text{C}$, $\text{pH}=2$. Le $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ permet une décoloration totale. La présence des ions chlorures en solution inhibe la réaction. Une étude comparative de trois colorants en mélange (Rose Bengale, Bleu de méthylène et Vert de Malachite) a montré que le VM en mélange a le moins de réactivité vis-à-vis des radicaux hydroxyles. Une comparaison de l'efficacité des différents procédés (Fenton, photo-Fenton, Like-Fenton) a montré que le procédé photo-Fenton est le plus efficace avec un taux d'élimination de 90,84%.

Mots clés

Procédés d'Oxydation Avancée (POA), Vert de Malachite, Procédé de Fenton, Radicaux Hydroxyles.