

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

CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre:

Série :

Mémoire de Master

Filière: Génie des procédés

Spécialité: Génie chimique

**Production de bioéthanol et de compost à partir
de matière organique**

Présente par :
KERMANI Lina
KHARRAB Lina
LARIBI Lina

Devant le jury:

Président: Mr. MEROUANIS Sliman

Examineur: Mr. BOUHAREB Mohammed Kheireddine

Encadrant :
Mme. MANSOURI Noura

Année Universitaire: 2024/2025

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Introduction..... 2

Chapitre I

Introduction..... 3

II- Bioéthanol-Biomasse..... 3

Généralités..... 3

Production de bioéthanol..... 4

A- Bioéthanol 1^{ère} génération..... 4

B- Bioéthanol 2^{ème} génération..... 4

C- Bioéthanol 3^{ème} génération..... 5

D- Comparaison entre les trois générations..... 5

Avantages et inconvénients du bioéthanol..... 6

Production mondiale de bioéthanol..... 7

Domaines d'utilisation du bioéthanol..... 8

Généralités sur la biomasse..... 8

La betterave..... 8

III- Étapes de la production de bioéthanol à partir de la betterave..... 9

Prétraitement de la biomasse..... 9

L'hydrolyse..... 10

Processus de fermentation du glucose..... 11

IV- Fermentation du glucose..... 11

Définitions..... 11

Levure *Saccharomyces cerevisiae*..... 12

Bioréacteur..... 13

V- Phases de production d'éthanol pendant la fermentation..... 13

VI- Séparation de l'éthanol..... 14

VII- Compost..... 14

Généralités.....	14
Compostageaérobie.....	15
Facteursinfluençantlecompostageaérobie.....	16
Critèresd'évaluationdelamaturitéducompost.....	16
II X- Travauxantérieurs	17
<u>ChapitreII</u>	
I- Introduction.....	18
II- Matérielsetréactifs	18
III- Protocolexpérimentale	19
Prétraitementdela biomassepour l'extractiondujusdebetterave	19
L'hydrolyse	20
Préparationdel'inoculum.....	20
fermentationalcoolique	21
Distillationdumélange-Récupérationdubioéthanol	22
IV- Mesuresàsuivrependantlafermentation	23
DegrésBrix.....	23
SuividupH.....	23
Concentrationenglucose	23
V- Caractérisationduproduit.....	24
Mesuressimples	24
A- L'indicederéfraction	24
B- Densitérelative deséchantillonsliquides.....	24
Dosagedel'éthanolpar chromatographieliquidehauteperformance(HPLC).....	25
VI- Compost	25
Réalisationd'uncompostdomestiqueàbasederésidusdebetterave	25
Mesuredesparamètresphysico-chimiques ducompost	26
A- pH.....	26
B- Déterminationdel'humidité.....	26
C- Lerapport C/N	27

Chapitre III

Introduction	28
II- Dosage du sucre	28
Test de Fehling	28
Mesure de la concentration en glucose avec la méthode de Dubois	28
III- Expériences réalisées et suivies analytiquement	30
Expérience N°1	30
Expérience N°2	32
Expérience N°3	35
Expérience N°4	37
Expérience N°5	39
Expérience N°6	42
Deuxième série d'expériences	44
□ Expérience 7	44
□ Expérience 8	44
□ Expérience 9	44
Évolution du volume de CO ₂ au cours du temps pour l'expérience N°4	44
Évolution globale du pH	45
IV- Caractérisation du bioéthanol	47
IV- 1- Test de détection de l'éthanol par le permanganate de potassium (KMnO ₄)	47
Mesure des indices de réfraction	48
Mesure de la densité	49
IV- 4- Caractérisation du bioéthanol par HPLC	51
V- Études comparatives	52
Effet du prétraitement du substrat sur le déroulement de la fermentation	52
Comparaison des volumes d'éthanol obtenus	54
Évolutions des paramètres étudiés pour toutes les expériences réalisées	55
Comparaison de la qualité du bioéthanol issu de différentes fermentations	57
VI- Mesure des paramètres physico-chimiques du compost	58

Résultats de la mesure du pH	58
III-8-2-Mesure humidité relative (H%) et de matière organique	59
Estimation du carbone total	61
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

Résumé

Ce travail vise à valoriser la betterave rouge algérienne comme biomasse pour la production de bioéthanol par fermentation alcoolique, en utilisant *Saccharomyces cerevisiae*. L'étude s'est focalisée sur deux paramètres clés du procédé : l'effet de l'hydrolyse acide du substrat et la concentration initiale en sucres fermentescibles, afin d'optimiser le rendement en éthanol.

Parallèlement, les résidus solides issus de la fermentation ont été récupérés et traités par compostage aérobie dans une logique de valorisation intégrée. Le compost obtenu a été caractérisé par des analyses physico-chimiques (pH, humidité, rapport C/N) pour évaluer sa stabilité et sa maturité.

Les résultats expérimentaux ont montré que l'hydrolyse améliore significativement la conversion des sucres en éthanol, et que la concentration initiale influence fortement l'efficacité fermentaire. Cette approche démontre la faisabilité d'un procédé couplé bioéthanol/compost à échelle réduite, s'inscrivant dans une perspective de développement durable et de gestion rationnelle des déchets agricole

Mot clé: bioéthanol, betterave, fermentation, distillation, compost, hydrolyse acide

المخلص

يهدف هذا العمل إلى تثمين الشمندر الأحمر الجزائري كمصدر للكتلة الحيوية لإنتاج الإيثانول الحيوي، وذلك من خلال التخمير *Saccharomyces cerevisiae* الكحولي باستخدام خميرة ركزت الدراسة على تأثير التحليل الحمضي للركيزة، بالإضافة إلى تأثير التركيز الابتدائي للسكريات القابلة للتخمير، بهدف تحسين مردودية الإنتاج.

بالتوازي، تم استرجاع المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية التخمير واستغلالها عن طريق التحويل الهوائي إلى سماد عضوي، ضمن مقارنة متكاملة. وقد تم تقييم جودة السماد الناتج من خلال تحليل خصائصه الفيزيائية والكيميائية، مثل درجة الحموضة، نسبة الرطوبة، ونسبة C/N، وذلك لتحديد درجة استقراره ونضجه (C/N) الكربون إلى الأزوت.

أظهرت النتائج التجريبية أن التحليل الحمضي يحسن بشكل ملحوظ من تحويل السكريات إلى إيثانول، كما أن التركيز الابتدائي للسكريات يؤثر بشكل كبير على كفاءة التخمير. وتبرز هذه المقاربة إمكانية تطبيق عملية مزدوجة لإنتاج الإيثانول الحيوي والسماد العضوي على نطاق مصغر، في إطار التنمية المستدامة وتثمين النفايات الزراعية.

الكلمات المفتاحية : بيوإيثانول، شمندر سكري، تخمير، تقطير، تسميد، التحليل الحمضي

Abstract

This work aims to valorize Algerian red beetroot as a biomass source for the production of bioethanol through alcoholic fermentation using *Saccharomyces cerevisiae*. The study focused on two key process parameters: the effect of acid hydrolysis of the substrate and the initial concentration of fermentable sugars, with the goal of optimizing ethanol yield.

In parallel, the solid residues resulting from the fermentation were recovered and treated through aerobic composting, as part of an integrated valorization approach. The resulting compost was characterized by physico-chemical analyses (pH, moisture, C/N ratio) to assess its stability and maturity.

Experimental results showed that acid hydrolysis significantly improves sugar conversion into ethanol, and that the initial sugar concentration strongly influences fermentation efficiency. This approach demonstrates the feasibility of a coupled bioethanol/compost process on a small scale, aligned with sustainable development and rational management of agricultural waste.

Keywords: bioethanol, beetroot, fermentation, distillation, compost, acid hydrolysis.