



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة
Université Ziane Achour – Djelfa
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Microbiologie appliquée
Option : Microbiologie appliqué

Thème

La production de bioéthanol à partir des biomasses

Présenté par : Megrane zineb
Mostefai fatna

Devant le jury :

Président :	GHAZI Meriem	MAA	(Univ. Djelfa)
Directeur de thèse :	AISSAOUI Regadia	MCA	(Univ. Djelfa)
Examineur :	GHAFOUL Mounir	MAA	(Univ. Djelfa)

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

Tout d'abord, nous remercierions le Bon Dieu Tout-Puissant de nous avoir permis D'accomplir cette humble œuvre.

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de biologie avec l'aide de tous les Techniciens de laboratoire de faculté des sciences exacte et sciences de la nature Et de la vie, département des sciences de la nature et de la vie. Université Ziane Achour – Djelfa. Nombreux sont qui ont contribué d'une façon ou D'une autre à l'aboutissement de ce travail. C'est là un geste tout naturel que De remercier ces personnes :

MME AISSAOUI REGADIA Professeur à Université Ziane Achour – Djelfa ,
pour avoir accepté d'être notre directeur de mémoire.

Je remercie chaleureusement MME GHAZI MERIEM Maître de Conférences
à l'université Ziane Achour – Djelfa, *pour avoir accepté De présider le jury.*

*Un grand merci à MR RAFOUL MONIR . Maître de conférences à
L'université Ziane Achour , pour l'honneur qu'il nous fait En participant au
jury de ce mémoire.*

*Tous les enseignants pour leur contribution, surtout MR REBHI
ABDELGHANI et MME LAROUİ RANIA*

*Nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation Au
Cours des cinq années.*

*A tous ceux qui, à un moment ou un autre, nous ont prodiguées des Conseils
scientifiques, fourni une aide matérielle et technique, ou tout Simplement
humaine.*

MERCI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers , je cite :

-Les parents les plus chers au monde , Papa et Maman , que dieu les garde et les protège

-A ma sœur et mon âme lamia

-A mes chères frères et mes chères sœurs

-A Fatna chère amie avant d'être binôme

-A mes chères amies : oumelkhir , Imane , Nesrine

-A tous mes profs et à ma promotrice

Zineb

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers , je cite :

-Les parents les plus chers au monde , Papa et Maman , que dieu les garde et les protège

-A mon fiancé Abdelkader

-A mes chères frères et mes chères sœurs

-A Zineb chère amie avant d'être binôme

-A mes chères amies :Nafissa, Karima ,Assia, Aicha , Imane , Nesrine

-A tous mes profs et à ma promotrice

Fatna

Liste des abbreviations

Abs	Absorbance
ATP	Adénosine Triphosphate
CO ₂	Dioxyde de carbone
EMHV	Ester méthylique d'huile végétale
ETBE	Ethyl tertio butyle ether
GNS	Gaz national de synthèse
MS	Matière sèche
NAD ⁺	Nicotinamide Adénine Di nucléotide, forme oxydée
NADH	Nicotinamide Adénine Di nucléotide ,forme réduite
PAC	Pile à combustible
pH	Potentiel Hydrogène
Qte	Quantité

Liste des figures

Figure.1	Procèdes de conversion de la biomasse pour l'obtention du carburant
Figure.2	la filière éthanol des biocarburants de 1^{ère} génération
Figure.3	des différentes voies d'obtention du bioéthanol de 2^{ème} génération
Figure.4	les filières de production de biocarburants de 3^{ème} génération
Figure.5	Schéma représente la structure de la levure Saccharomyces
Figure.6	classification des déchets
Figure.7	cycle de déroulement la valorisation des dechets
Figure.8	Cycle de valorisation des déchets organique
Figure.9	Courbe théorique de l'évolution de la température et du pH au cours du compostage
Figure.10	Influence des paramètres physico-chimiques lors du compostage
Figure.11	l'étape de découpage et broyage de la canne à sucre
Figure.12	l'étape de macération
Figure.13	l'étape de filtration
Figure.14	Etapes de l'extraction de jus Canne à sucre
Figure.15	l'étape de l'activation de levure Saccharomyces Cerevisiae
Figure.16	l'étape de La fermentation
Figure.17	étape de distillation
Figure.18	courbe d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la quantité de sucre , a une longueur d'onde $\lambda=490\text{nm}$
Figure . 19	test d'ethanol distillé

Liste des tableaux

Tableau 1 : Rendement de l'éthanol en fonction de la matière première	04
Tableau 2 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de mélasse	05
Tableau 3 : Paramètres de fermentation alcoolique[12]	08
Tableau 4 : matérieles	24
Tableau 5 : Conditions de croissance de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	29
Tableau 6 : valeurs de l'absorbance selon la quantité de saccharose	33
Tableau 07 : le Rendement d'éthanol (48h ; 72h)	35

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى إنتاج الإيثانول من قصب السكر (دبس السكر) من خلال عملية التخمير الكحولي باستخدام الخميرة سكاروميساس ساغفيسي وترتكز هذه الدراسة على المعدلات المختلفة للإيثانول المنتج في أوقات مختلفة بعد 48 ساعة ، 72 ساعة. واستغلال وتقليل مخلفات الصناعات الغذائية التي تشكل خطرا على البيئة. تستخدم مخلفات قصب السكر بعد تخميرها والتي تعرضت لظاهرة التحول الأحيائي بفعل الكائنات الحية لإنتاج السماد العضوي حيث أعطت نتائج التخمير بعد 72 ساعة مرد ودية أفضل من الإيثانول المنتج تقدر بـ 49% مقارنة بالتخمير بعد 48 ساعة والمقدرة بـ 38%.

الكلمات المفتاحية: دبس السكر, الإيثانول, قصب السكر, خميرة سكاروميساس ساغفيسي, التحول الأحيائي

Résumé

Ce projet vise, à produire de l'éthanol à partir de la canne à sucre (la mélasse) par le processus de fermentation alcoolique à l'aide de levure *Saccharomyces cerevisiae*, cette étude porte sur les différents taux d'éthanol produit à différents moments après 48h, 72h. et à exploiter et de réduire les résidus des industries agro-alimentaires, qui constituent une menace pour l'environnement. On utilise les déchets de canne à sucre après sa fermentation et qui ont été soumis au phénomène de biotransformation, par l'action d'organismes vivants, dans le but de produire de l'engrais organique

Où les résultats de la fermentation après 72 h ont donné un meilleur rendement en éthanol produit, estimé à 49 %, par rapport à la fermentation après 48 h, estimée à 38 %

Mot clés : Mélasse, éthanol, Canne à sucre , Levure *Saccharomyces cerevisiae* , ,biotransformation

Abstract

This project aims to produce ethanol from sugar cane (molasses) through the process of alcoholic fermentation using yeast *Saccharomyces cerevisiae*, this study focuses on the different rates of ethanol produced at different times after 48h, 72h. and to exploit and reduce the residues of agro-food industries, which constitute a threat to the environment. Sugar cane waste is used after its fermentation and which has been subjected to the phenomenon of biotransformation, by the action of living organisms , in order to produce organic fertilizer .

Where the results of the fermentation after 72 hours gave a better product of ethanol produced, estimated at 49%, compared to the fermentation after 48 hours, estimated at 38%.

Keywords : Molasses, ethanol, Sugar cane, *Saccharomyces cerevisiae* yeast, ,biotransformation

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Résumé	
Introduction	1
 Chapitre I :Production de bioéthanol par fermentation	
I.1. Biomasse énergie	2
I.1.1. Définition de biomasse	2
I.1.2. Techniques de conversion de la biomasse	2
I.1 .3. Ressources de biomasse	3
I.1 .4. La mélasse comme biomasse.....	4
I.1.4.1. Définition de mélasse	4
I.1.4.2. Composition de la mélasse	4
I.1.5.les biocarburants	5
I.1.6. le bioéthanol	5
I.1.6.1. les générations de bioéthanol	6
Bioéthanol de 1 ^{ère} génération	6
Bioéthanol de 2 ^{ème} génération	6
Bioéthanol de 3 ^{ème} génération	7
I.2. production de bioéthanol par fermentation alcoolique	7
I.2.1. Définition de fermentation alcoolique (éthanolique)	7

I.2.2. Paramètres de fermentation alcoolique	8
I.2.3. Les levures.....	9
I.2.4. Rôle de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dans la Fabrication d'éthanol-carburant...	9
I.2.5. procédé de la fermentation alcoolique	10

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

II.1. Définitions des déchets	11
II.2. Sources de déchets	11
II.2.1. Déchets industriels	11
II.2.2. Déchets ménagers et assimilés	12
II.2.3. Déchets agro-alimentaires	12
II.3. Classification Des Déchets.....	12
II.3.1. Selon leur nature.....	13
II.3.2. Selon le mode de traitement et d'élimination	13
II.3.2.1. Déchets inertes	13
II.3.2.2. Déchets banals	13
II.3.2.3. Déchets spéciaux	13
II.3.2.4. Déchets spéciaux dangereux.....	14
II.3.3. Selon les propriétés du danger du déchet	14
II.3.3.1. Déchets dangereux	14
II.3.3.2. Déchets non dangereux.....	14
II.3.3.3. Les déchets non dangereux inertes	14
II.4. valorisation des déchets.....	16
II.5. Production de matières fertilisantes et compostage par la biotransformation.....	17

II.5.1. La biotransformation.....	17
II.5.1.1. fermentation.....	17
II.5.1.2. Fermentation en milieu solide.....	17
II.5.2. compostage	18
II.5.2.1. Différentes étapes du compostage.....	19
II.5.2.2 .Paramètres du compostage	20
Paramètres physico-chimiques.....	20
PH	21
Température.....	22
Aération	22
Conductivité électrique.....	22
Le rapport C/N	22
Paramètres biologiques	22
Les bactéries.....	23
Les champignons	23
Les actinomycètes.....	23

Partie expérimentale

I. Objectif du travail	24
II. Matériel.....	24
III. Méthode du travail	25
III.1. la fermentation alcoolique.....	25
III.1.1 Matière première de production de bioéthanol (La canne à sucre)	25
III.1.2 Protocole de prétraitement de la biomasse pour l'extraction du jus (substrat) ...	25
III.1.3 Protocol de fermentation alcoolique	29

Résultats et discussions

III.2 Résultats et discussions	33
III .2.1Composition chimique de la mélasse	33
III.2.2 les résultats de test de l'éthanol	34
CONCLUSION	37
Références bibliographiques	



Introduction

Introduction

Le secteur agroalimentaire est un secteur important de l'économie algérienne. Son importance vient du fait qu'il est l'une des principales branches du secteur manufacturier, qui à son tour contribue directement à l'augmentation de la production intérieure et du revenu national. C'est aussi un lien entre les secteurs agricole et industriel. Le secteur agricole est au centre de sa relation directe avec la production alimentaire sous sa forme brute, parmi les moteurs les plus importants du secteur agricole et de l'industrie agroalimentaire en Algérie figurent les céréales, les produits laitiers, les conserves, les huiles, les eaux minérales et le raffinage du sucre.

(KERKOUR ET OUAZENE , 2017)

Ces industries agroalimentaires génèrent des déchets en croissance qui menacent l'environnement, leur gestion et leur valorisation est un enjeu important et croissant, de nature environnementale, mais aussi économique

Aujourd'hui, un nouveau phénomène a été adopté pour valoriser les déchets organiques et il s'appelle la biotransformation, c'est un phénomène biologique moderne qui s'opère par le travail d'organismes vivants et vise à récupérer des matières encore valorisables.

D'autre part, Énergies renouvelables (hydraulique, solaire, éolienne, géothermique et biomasse) Est en plein essor dans le monde entier, poussé par la nécessité de lutter contre la pandémie Combattre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. L'énergie issue de la biomasse est de loin la plus Prometteur de par sa renouvelabilité, sa biodégradabilité et ses quantités acceptables émissions de gaz

Les biocarburants, parfois appelés agrocarburants, sont dérivés de matières premières Il existe de nombreux types de biocarburants tels que le biodiesel, le bioéthanol. Le bioéthanol est le biocarburant le plus consommé au monde et sa production Peut être obtenu à partir du processus de fermentation de résidus agro-industriels contenant Sucre ou précurseurs de sucre, comme la mélasse.

Nos recherches visent, d'une part, à produire du bioéthanol à partir de la canne à sucre, et d'autre part, à valoriser la matière organique des résidus des industries agro-alimentaires. Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude Le travail est organisé en deux partie :

1. Partie bibliographique contient deux chapitres:

- Chapitre I : production de bioéthanol par fermentation
- Chapitre II: valorisation biologiques par biotransformation des déchets

2. Partie Expérimental

Partie bibliographique

***Chapitre I: production de
bioéthanol par fermentation***

I.1. Biomasse énergie

La biomasse peut être une source de chaleur, d'électricité ou de carburant. Quelques technologies peuvent être mises en œuvre pour extraire l'énergie de, thermochimiquement Par exemple : combustion, gazéification, pyrolyse ou méthanisation, ou Biochimiquement comme la fermentation. (**ZEROUALI et HAMAMI , 2019**)

Dans la production d'énergie de la biomasse, il faut s'assurer que, dans certains cas, Ne pas concurrencer la chaîne alimentaire. La biomasse comprend : les sources L'héritage est le bois, qui peut générer de la chaleur, de l'électricité ou du biocarburant (La cellulose est hydrolysée en glucose puis fermentée en bioéthanol). biocarburants tels que Le bioéthanol, issu de la fermentation alcoolique de plantes comme la canne à sucre, Betteraves ou leur mélasse (première génération), matière cellulosique (deuxième génération) ou Micro-organismes que les microalgues (3ème génération). Il convient de noter que la biomasse ne peut Considérée comme source d'énergie renouvelable uniquement si ses propriétés régénératrices sont supérieures sa consommation (**ZEROUALI et HAMAMI , 2019**) .

Le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières qui composent les organismes vivants ou qui en sont issues, matières pouvant se transformer en énergie (**BENOIT , 2019**). Elles peuvent être utilisées soit directement (bois énergie), soit après une méthanisation de la Matière organique (biogaz) ou de nouvelles transformations chimiques (biocarburant), Elles Peuvent aussi être utilisées pour le compostage. (**le Grenelle Environnement , 2009**)

Considère que la biomasse signifie que tout matériau ayant une Origine biologique récente et renouvelable, tel que le matériel végétal, les cultures énergétiques Herbacées et ligneuses, les cultures agricoles destinées à l'alimentation humaine et animale, les Déchets et résidus de cultures agricoles, les déchets et résidus de bois, les plantes aquatiques et Autres déchets, y compris certains déchets municipaux et même le fumier animal. (**DJAAFRI , 2020**)

I.1.2. Techniques de conversion de la biomasse :

Selon (**KECHKAR, 2020**) , La biomasse est un combustible difficile à extraire à l'état brut. sa métamorphose Un carburant plus intéressant peut être obtenu sous la forme de :

- Solides tels que granulés, copeaux, charbon de bois, etc. ;

Chapitre I : production de bioéthanol par fermentation

- Liquides tels que l'éthanol, le biodiesel, la bio-huile de pyrolyse ;
- Gaz tels que gaz de décharge, biogaz, gaz de bois de chauffage ou autres résidus utilisables

Dans les moteurs, les chaudières ou les turbines.

La valorisation énergétique de la biomasse repose principalement sur deux familles de procédés la conversion est : **(Figure 01)**

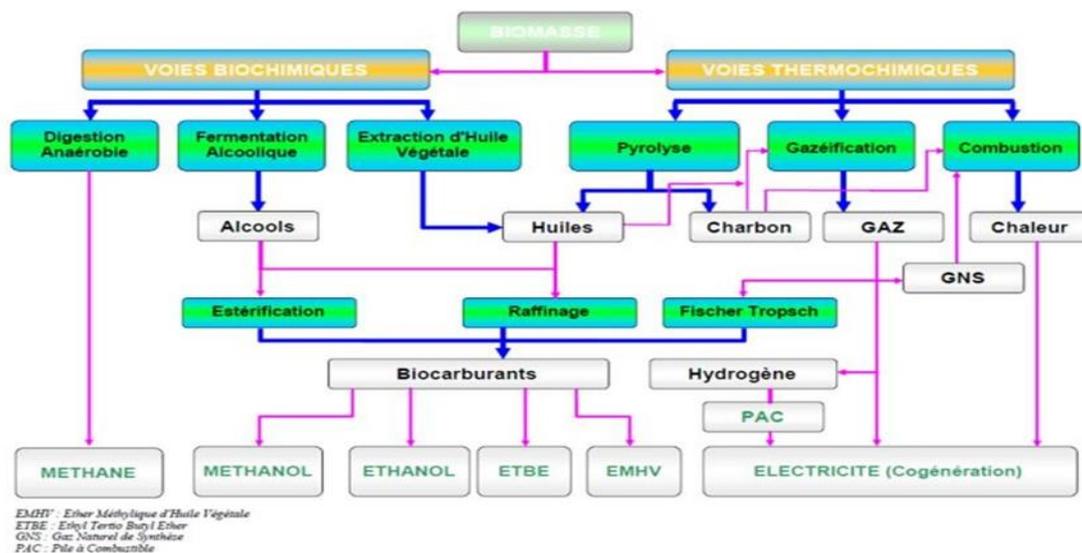


Figure 01 : Procédés de conversion de la biomasse pour l'obtention du carburant (KECHKAR, 2020)

- Voie thermochimique ou voie sèche (combustion, gazéification, pyrolyse, etc.)
- Voie biochimique ou voie humide (digestion, fermentation, etc.).

I.1 .3. Ressources de biomasse

Les filières agricoles, forestières et l'industrie agro-alimentaire sont les principaux agents fournisseurs de biomasse. Cette biomasse est susceptible d'être valorisée énergétiquement avec production de biodiesel, bioéthanol, bio méthane et Hydrogène, où le bioéthanol est produit par les plantes sucrières (betteraves, datte...) et de plantes lignocellulosiques (FENNOUCHE, 2017)

Chapitre I : production de bioéthanol par fermentation

Le tableau suivant montre le Rendement de l'éthanol en fonction de la matière première (CRAAQ , 2008) :

Culture	Rendement (l/ha)
Canne à sucre	6000
Betterave	5000
Maise-grain	3000
Blé	2500
Orge	1000

Tableau 01 : Rendement de l'éthanol en fonction de la matière première

I.1 .4. La mélasse comme biomasse

I.1.4.1. Définition de mélasse :

Selon le dictionnaire de français Larousse, la mélasse est un, « sirop très visqueux, incristallisable, constituant le résidu de la fabrication du sucre à partir de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. (La mélasse de betterave contient 50 % de saccharose ; celle de canne 30 % de saccharose et 20 % de sucres réducteurs. Elle sert à l'alimentation du bétail et, dans le cas de la canne, à la fabrication du rhum.) ».

I.1.4.2. Composition de la mélasse :

Moins calorique que le saccharose, 290 kcal pour 100 g (contre 375 kcal), la mélasse contient de la vitamine B et des minéraux (calcium, potassium, fer, cuivre...), ce qui n'est pas le cas du sucre blanc cristallisé (ZEROUALI et HAMAMI , 2019) .

Chapitre I : production de bioéthanol par fermentation

Le tableau suivant montre la valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de mélasse :

Apport énergétique		Minéraux et oligo éléments	
Calories	290 kcal	Calcium	205 mg
Joules	1213 kJ	Fer	4.72 mg
Principaux composants		Magnésium	242 mg
Sucres totaux	74.73 g	Phosphore	31 mg
Amidon	0.01 g	Potassium	1464 mg
Fibres alimentaires	0 g	Sodium	37 mg
Protéines	0 g	Vitamine	
Lipides	0.1 g	Vitamine B3 (ou PP)	0.930 mg
Eau	21.87 g	Vitamine B6	0.670 mg

Tableau 02 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de mélasse (**ZEROUALI et HAMAMI , 2019**)

I.1.5.les biocarburants

Les biocarburants regroupent toutes les formes de carburants de substitution produits à partir de matériaux organiques non fossiles (biomasse) et renouvelables , comme le bois ,les déchets et les alcools , qui sont brûlés pour fournir de l'énergie les biocarburants comprennent aussi .le biodiesel . leur combustion ne produit que du CO₂ et de la vapeur d'eau et pas ou peu d'oxydes azotés et soufrés (NO_x ,SO_x) . (**CHIBI , 2020**)

I.1.6. le bioéthanol

Le bioéthanol est le produit de la fermentation alcoolique (ou éthanolique) des fruits, des céréales, des tubercules et des végétaux riches en sucres . L'éthanol peut être produit par synthèse chimique à partir d'hydrocarbure, ou par fermentation à partir de biomasse. Seule cette deuxième façon de procéder mérite l'appellation « bioéthanol ». Sa production est plus respectueuse de l'environnement et sa combustion est « plus propre » que celle de l'essence

ou du diesel. La biomasse végétale est une source d'énergie renouvelable qui consomme du CO₂ par photosynthèse. . (CHIBI , 2020)

I.1.6.1. les générations de bioéthanol

La production de bioéthanol à base de biomasse est plus durable et largement distribuée à l'heure actuelle ,il existe trois générations de bioéthanol qui ont été fondées sur différentes matières premières comme : (CHAA ,2019)

✓ Bioéthanol de 1^{ère} génération

De substrats riches en saccharose (canne à sucre ,betterave sucrière,etc ...) ,en amidon (maïs ,orge,blé,pomme de terre,etc...) (CHAA ,2019)

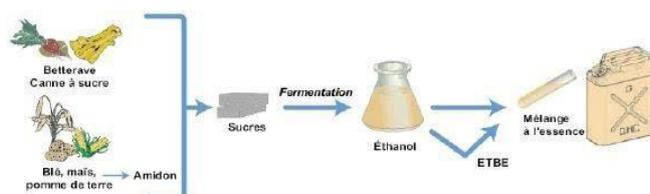


Figure 02 : la filière éthanol des biocarburants de 1^{ère} génération (MAAROUF , 2020)

✓ Bioéthanol de 2^{ème} génération

De substrats celluloseux tels que les résidus agricoles (la paille ou les cannes de maïs),les résidus forestiers, cultures énergétiques (le panic érigé ou des arbres à courte rotation). (CHAA ,2019)

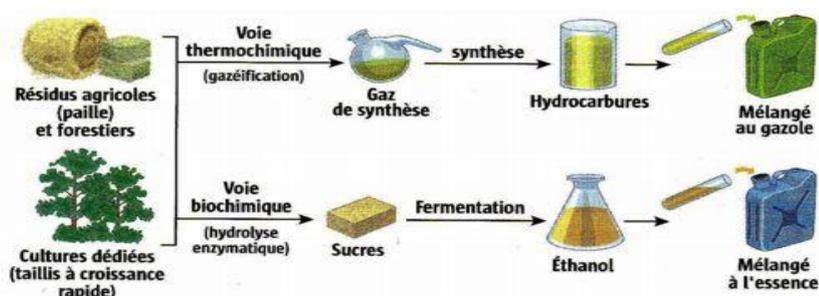


Figure 03 : des différentes voies d'obtention du bioéthanol de 2^{ème} génération (MAAROUF , 2020)

✓ Bioéthanol de 3^{ème} génération (CHAA ,2019)

Des algues



Figure 04 : les filières de production de biocarburants de 3^{ème} génération (**CHERIFI ET BENAÏSSA , 2020**).

I.2. production de bioéthanol par fermentation alcoolique :

I.2.1. Définition de fermentation alcoolique (éthanolique) :

La fermentation alcoolique consiste en une biotransformation des jus de fruits ou toute solution sucrée en vin et fait intervenir des phénomènes physiques, biochimiques et biologiques complexes. Elle consiste en la transformation par les levures, principalement *Saccharomyces cerevisiae* des sucres du moût, principalement le glucose et le fructose en éthanol et en dioxyde de carbone (**M. Mounir et al , 2016**)

I.2.2. Paramètres de fermentation alcoolique :

température, pH, la concentration en sucres , la durée de fermentation et l'agitation sont les principaux facteurs influence à la fermentation alcoolique

le tableau suivant montre les paramètres de fermentation alcoolique :

Chapitre I : production de bioéthanol par fermentation

	Effet
Température	Le taux de croissance des micro-organismes est directement affecté par la température. Une température élevée, défavorable à la croissance cellulaire, devient un facteur de stress pour les micro-organismes, La plage de température idéale pour la fermentation se situe entre 20 et 35 °C.
la concentration en sucres	L'augmentation de la concentration en sucres jusqu'à un certain niveau permet d'augmenter le taux de conversion en éthanol. Cependant, l'utilisation d'une concentration excessive de sucre entraînera un taux de fermentation stable, qui est atteint lorsque la concentration en sucre utilisée dépasse la capacité d'absorption des cellules microbiennes. Généralement, le rendement maximal de production d'éthanol est atteint lors de l'utilisation de sucres à la concentration de 150 g/L
pH	La production d'éthanol est influencée par le pH du milieu de culture car elle affecte la Contamination bactérienne, la croissance des levures, le taux de fermentation et la formation De sous-produits, En fermentation pour la production d'éthanol, la plage de pH optimale de <i>S. cerevisiae</i> est de 4,0 à 5,0
la durée de fermentation	La durée de fermentation affecte la croissance des micro-organismes. Un durée plus courte induit une fermentation peu efficace en raison d'une croissance plus faible des micro-organismes. d'un autre côté, un temps de fermentation trop long produit un effet toxique sur la croissance microbienne, en particulier en mode discontinu en raison de la forte concentration d'éthanol dans le moût de fermentation. Une fermentation complète peut être obtenue à une température plus basse en utilisant une durée de fermentation plus longue qui se traduit par un rendement en éthanol plus faible
L'agitation	La vitesse d'agitation contrôle le transfert des nutriments du moût de fermentation vers L'intérieur des cellules, ainsi que l'excrétion de l'éthanol de la cellule vers le moût de fermentation. Plus l'agitation est intense, plus la quantité d'éthanol produit est élevée. En outre, elle augmente la consommation de sucre et réduit l'inhibition de l'éthanol sur les cellules

Tableau 0 3 : Paramètres de fermentation alcoolique (**MAAROUF , 2020**)

I.2.3. Les levures

Les levures appartiennent au groupe de champignons unicellulaires qui se reproduisent par bourgeonnement ou fission binaire. Trois classes en existent selon le mode de reproduction : les ascomycètes, les basidiomycètes, et les deutéromycètes. Les levures représentent les eucaryotes les plus simples vu leur composition cellulaire. Elles sont constituées d'enveloppes cellulaires, d'un cytoplasme contenant divers organites, et d'un noyau renfermant les chromosomes, (AL DACCACHE, 2019) schématisées par la figure

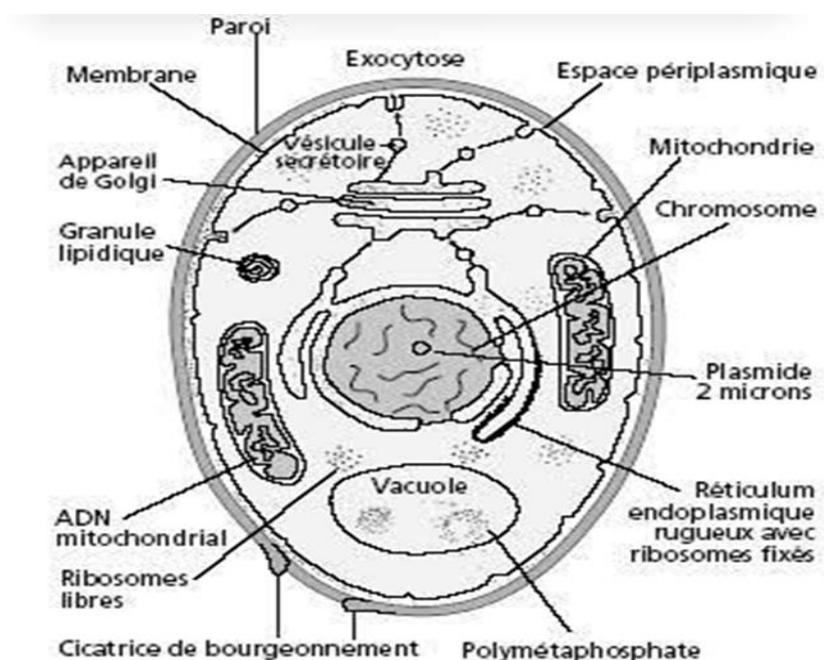


Figure 05 :Schéma représente la structure de la levure *Saccharomyces*, (AL DACCACHE, 2019)

I.2.4. Rôle de la levure *Saccharomyces cerevisiae* dans la Fabrication d'éthanol-carburant

L'ajout de levure entraîne la fermentation des sucres et produit l'éthanol qui est ensuite séparé du mélange par distillation. Les avantages de l'éthanol par rapport à l'essence sont diverses : baisse d'émissions de monoxyde de carbone, de dioxyde de carbone et d'hydrocarbure, et réduction globale des gaz à effet de serre, durabilité de la production d'éthanol due à l'utilisation de matières premières comme des grains et des produits du bois, marché supplémentaire pour le maïs et les autres matières premières agricoles utilisées dans la

production d'éthanol et réduction de la dépendance à l'égard des produits pétroliers importés. (NGUYEN , 2016)

I.2.5. procédé de la fermentation alcoolique :

La fermentation alcoolique consiste à transformer les sucres fermentescibles en Anaérobiose par des levures en alcool et gaz carbonique avec dégagement de calories selon La réaction suivante :



La fermentation alcoolique est réalisée dans un milieu riche en sucres. Le moût Est introduit dans le fermenteur puis inoculé avec le milieu de pré-fermentation. La Fermentation dure de 40 à 72 heures et la température est fixée ente 28 et 30 °C (FENNOUCHE, 2017)

Les Sucres les plus abondants sont le glucose et le fructose. L'espèce de levures principalement Responsable de la fermentation alcoolique est *Saccharomyces cerevisiae*. La voie Métabolique utilisée pour la consommation de sucres, en condition anaérobie, qui Comporte la glycolyse, produit dans cette étape deux molécules d'ATP pour une molécule De sucre consommé. Durant cette réaction, deux molécules de cofacteur NAD⁺ sont réduits En NADH. La production d'éthanol à partir du pyruvate de la glycolyse est la conséquence De la ré oxydation de ces cofacteurs. Lors de la fermentation alcoolique, la macération Provoque l'extraction de la couleur. La fermentation se déroule en milieu non renouvelé. La croissance de *Saccharomyces cerevisia* peut être limitée par l'accumulation de Substances toxiques. Signale que les acides gras (l'acide octanoïque, decanoïque, formés Par les levures, deviennent toxiques pour elle. Pour remédier à ce phénomène, une pincée De charbon était additionnée aux moûts avant ensemencement pour faciliter la reprise de la Fermentation. (OULD EL HADJ ,2012)

***Chapitre II : Valorisation
biologiques par
biotransformation des déchets***

II.1. Définitions des déchets :

Les déchets peuvent être définis comme des résidus abandonnés par leur propriétaire parce qu'ils sont inutilisables, sales ou de grande taille. Les déchets sont considérés comme des déchets provenant du processus de production, de transfert ou d'utilisation ou de toute matière, substance, produit ou, en général, toute propriété ou mobilier abandonné qui lui est propre. Le transporteur a l'intention de les abandonner (**MEZOUARI , 2011**). et les déchets sont habituellement des matières solides ou semi-solides résultant d'activités humaines indésirables ou dangereuses (**ALLAOUI , 2020**)

A- D'un point de vue réglementaire :

D'après la Loi algérienne n° 01-19 du 12 décembre 2001, un déchet est : « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou d'éliminer ».

B- D'un point de vue l'environnement

Les déchets constitue une menace à partir du moment où l'on envisage un contact avec l'environnement. Ce contact peut être direct ou résulter d'un traitement (**TLEMSANI , 2018**)

C- D'un point de vue économique :

le déchet est une substance ou un objet dont la valeur économique est nulle ou négative pour le porteur à un moment et un lieu donnés. Cette définition exclut une grande partie des déchets recyclables, qui ont une faible valeur économique et dont certains peuvent être utilisés comme sous-produits pour fabriquer d'autres produits ou même des biens pour d'autres personnes ou communautés (**SIDI ,2006**).

II. 2 . Sources de déchets :

II.2.1. Déchets industriels :

Les déchets industriels sont définis comme étant la perte des déchets produits en fabriquant le produit ou lors des processus industriels. Les types de déchets industriels incluent les déchets

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

de la cafétéria, la saleté, le gravier, la maçonnerie, le béton, la ferraille, les ordures, le pétrole, les solvants, les produits chimiques, le bois, le bois de charpente et d'autres déchets semblables. Les déchets industriels peuvent être solides, liquides ou gazeux . (**SDWF , 2017**)

II.2.2. Déchets ménagers et assimilés :

On entend par déchets ménagers tous les détritrus générés dans les ménages, tels que déchets de nourriture ou de préparation des repas, balayures, objets ménagers, journaux et papiers. On y inclut également les déchets végétaux provenant de l'entretien des jardins, des cours, etc. Bien souvent, on assimile aussi aux déchets ménagers d'autres détritrus dans la mesure où ils sont de nature similaire aux déchets des ménages et produits par des individus dans des proportions relativement proches. On citera par exemple les déchets de bureaux, des commerces, de l'artisanat, etc. (**PHILIPPE ET SORY ,2005**)

Selon le point de vue réglementaire Dans la loi algérienne n° 01-19 du 12 / 12 / 2001 : relative à la gestion au contrôle et à l'élimination des déchets ,Définir les déchets ménagers et assimilés comme suit: tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles , commerciales , artisanales et autres qui , par leur nature et leur composition , sont assimilables aux déchets ménagers

II.2.3. Déchets agro-alimentaires :

Ce type de biodéchet provient majoritairement de Secteur agro-alimentaire et agricole. Déchets et sous-produits organiques de industrie agro-alimentaire résultant des activités de transformation des produits plantes et animaux. Ils se caractérisent par une grande hétérogénéité (lactosérum, grignons raisins, déchets de légumes ou de fruits, déchets de l'industrie de la viande et le poisson, etc.) et Par leur capacité à fermenter (pour la méthanisation) . Les industrie agro-alimentaire produit des déchets riches en azote, matières en suspension et matières Oxydable, mais ne contient presque pas de déchets toxiques et dangereux . (**KEMASSI ,2021**)

II .3. CLASSIFICATION DES DÉCHETS

On peut classer les déchets selon leur nature et leur mode de traitement et d'élimination et leur propriétés

II.3.1. Selon leur nature

La classification des déchets selon leur nature aboutit à trois catégories élémentaires qui peuvent être dangereuses pour la santé et/ou l'environnement: (ALLAOUI , 2020)

- ✓ Déchets solides,
- ✓ Déchets liquides
- ✓ Déchets gazeux

II.3.2. Selon le mode de traitement et d'élimination

Professionnels et chercheurs s'accordent à regrouper les déchets solides en quatre grandes familles (BOUHADDA ,2020) :

II.3.2.1. Déchets inertes :

Généralement composé d'éléments minéraux stables ou inertes leur sentiment d'incompatibilité avec l'environnement qui résulte de certaines activités Exploitation minière ou démolition de déblais (terre, gravats, sable, stériles, etc (BOUHADDA ,2020) . Ils qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante.ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique. Ils ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine . (BELCADHI , 2016)

II: . 3.2.2. Déchets banals

Tous les déchets constitués de papier, de plastique, de carton, de bois produit par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménager (BOUHADDA ,2020)

II.3.2.3. Déchets spéciaux :

Selon le point de vue réglementaire Dans la loi algérienne n° 01-19 du 12 / 12 / 2001 , tous déchets issus des activités industrielles , agricoles , de soins , de services et toutes autres activités qui , en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent , ne peuvent être collectés , transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle. Certains déchets issus de l'activité industrielle sont parfois qualifiés de spéciaux en raison de leur impact négatif sur le milieu naturel. Cela peut inclure les mâchefers des centrales thermiques et le phosphogypse, entre autres. Laboratoires trouvés dans les universités et les hôpitaux (**BOUHADDA ,2020**)

II.3.2.4. Déchets spéciaux dangereux

D'après le point de vue réglementaire Dans la loi algérienne n° 01-19 du 12 / 12 / 2001 , tous déchets spéciaux qui , par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent , sont susceptibles de nuire à la santé publique et / ou à l'environnement

II.3.3. Selon les propriétés du danger du déchet

Les déchets peuvent être divisés en trois catégories : (**BOUHADDA ,2020**)

II.3.3.1. Déchets dangereux :

Les déchets dangereux contiennent en quantité variable, des éléments dangereux présentant un risque pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Ces déchets présentent une ou plusieurs des propriétés de danger par exemple

propriété inflammables , toxiques , dangereux pour l'environnement En raison des risques particuliers d'impact sur l'environnement et la santé associés à la manipulation de déchets dangereux, il existe des règles de gestion spécifiques auxquelles ces déchets sont soumis

II.3.3.2. Déchets non dangereux

Il s'agit de déchets qui n'ont pas de propriétés dangereuses définies au niveau européen. Des règles de gestion plus souples pour les déchets dangereux. Il s'agit par exemple des déchets biologiques, des déchets de verre ou de plastique, du bois, etc.

II.3.3.3. Les déchets non dangereux inertes :

tout déchet qui ne subit pas de modifications physiques, chimiques ou biologiques importantes, qui ne se décompose pas, ne s'incinère pas, ne provoque pas de réactions physiques ou chimiques, ne se biodégrade pas, ou les matériaux avec lesquels il entre en

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

contact ne se détériore d'aucune manière , ce qui pourrait nuire à l'environnement ou à la santé humaine .

le schéma récapitulatif suivant regroupe les trois grandes catégories des déchets

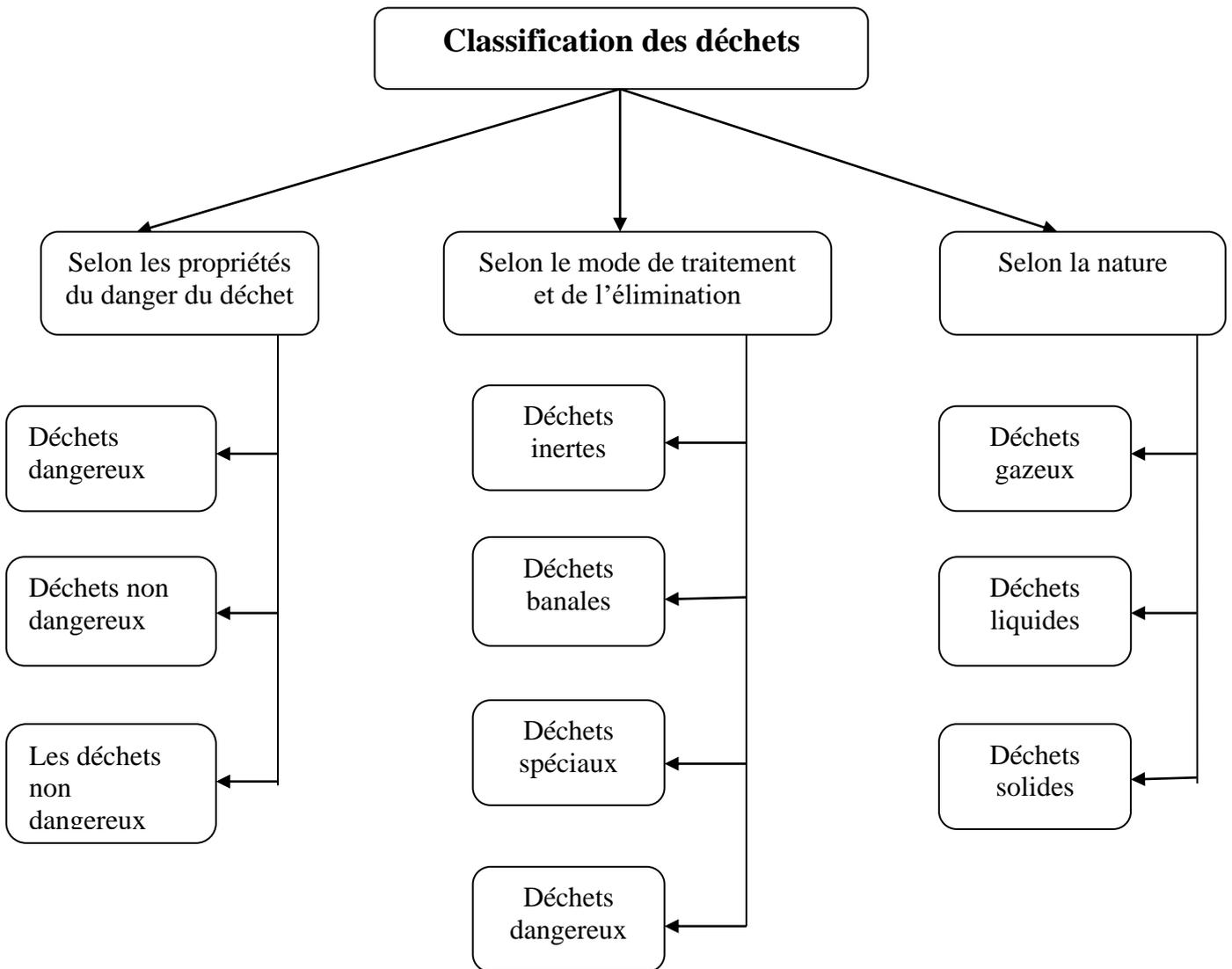


Figure 06 : classification des déchets

II.4. valorisation des déchets :

La valorisation désigne toute transformation de résidus ou sous-produits industriels aliment destiné à être relancé sur le marché en tant que nouvel ingrédient ou Comme un nouveau produit.

l'Administration de l'Environnement et de l'Energie (ADEME) définit la valorisation est “le ré-emploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie”. Chaque processus de recyclage permet d'économiser des matières premières et contribuer directement au respect et à la protection de l'environnement.

Le concept de valorisation des déchets découle du fait que les entreprises doivent considérer leur Traitement des déchets comme une ressource à recycler plutôt que comme un déchet à éliminer . (**BOUCHERBA , 2014**)

Il existe différentes méthodes d'évaluation déchets et sous-produits des entreprises agroalimentaires, tels que l'expansion des terres directement ou via le compostage, l'alimentation animale, l'industrie cosmétique et Pharmaceutique, récupération d'énergie .

(**KEMASSI ,2021**)

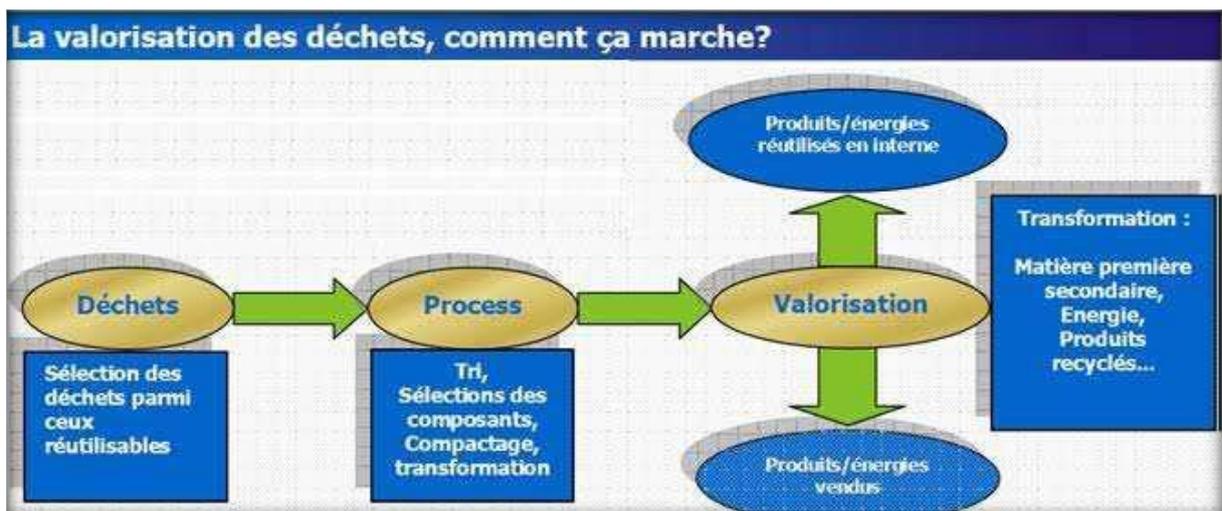


Figure07:cycle de déroulement la valorisation des déchets (**BOUCHERBA , 2014**)

II.5. Production de matières fertilisantes et compostage par la biotransformation :

Les engrais sont des matières fertilisantes dont la fonction principale est d'apporter un ou plusieurs éléments directement bénéfiques aux plantes pour leur alimentation et d'améliorer la fertilité des sols en apportant des minéraux pour améliorer la qualité des cultures, et ils peuvent être d'origine naturelle, agricole ou industrielle .(**HINIMBIO , 2019**)

II.5.1. La biotransformation:

La biotransformation est la transformation de la matière organique provoquée par la croissance microbienne, incluant donc la modification de la matière organique en un ou plusieurs autres par l'action d'organismes ou de systèmes enzymatiques (cellulase, xylase et lipase). elle se produit par des enzymes libres ou immobilisées, ou par cellules entières libres ou fixes. L'immobilisation des cellules ou des enzymes leur permet de lors de la réutilisation, le micro-organisme agit comme un complexe enzymatique. Intérêt de la biotransformation consiste en la conversion catalytique qui a lieu dans conditions expérimentales douces (pH et température) et molécules modifiées En particulier, il n'y a généralement pas d'effets secondaires. (**OULD HAMOUDA , 2014**)

La méthode de la biotransformation se fait par fermentation ,comment se passe ça!

II.5.1.1. fermentation

La transformation alimentaire biotechnologique implique micro-organismes vivants dont les activités métaboliques permettent des transformations biochimiques.

La fermentation est le processus par lequel la matière organique est décomposée divers micro-organismes (bactéries, levures et moisissures). En microbiologie industrielle, le terme "fermentation" fait référence à la production de biomasse ou biotransformation par culture de micro-organismes (**BEDJAOUI ET ZERMANE, 2019**)

II.5.1.2. Fermentation en milieu solide

La fermentation à l'état solide est généralement définie comme la croissance de micro-organismes sur un substrat solide avec peu ou pas d'eau libre. La fermentation en milieu en phase solide (FMS) est un procédé technique qui reproduit les conditions de vie naturelles des

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

microorganismes, notamment des champignons, en leur permettant de se développer (adhérer) à la surface d'un support organique. De manière simplifiée, les microorganismes se développent dans un système triphasé : un substrat solide, une phase liquide absorbée ou complexée dans le substrat matrice solide et phase gazeuse piégées dans ou entre les particules (BEDJAOUI ET ZERMANE, 2019)

II.5.2. compostage

Le compostage est un processus biologique dans lequel les déchets organique compost converti en sol noir riche en nutriments par les microbes du sol connu sous le nom de compost, il peut être utilisé dans l'agriculture et le jardinage comme engrais naturel amélioration des éléments nutritifs du sol. La production de compost de haute qualité nécessite collecte sélective des déchets organiques à la source (BOUHADDA ET GUIBECHE , 2019)



Figure 08 : Cycle de valorisation des déchets organique (BEDJAOUI ET ZERMANE, 2019)

II.5.2.1. Différentes étapes du compostage:

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

Le processus de compostage s'effectue en deux étapes successives. On retrouve: (**guide-compostage**)

- ✓ Une étape de fermentation : elle-même subdivisée en trois phases caractérisées chacune par une température et une microflore particulière :
 - Phase mésophile : activité des micro-organismes mésophiles, élévation de la température à 40°C
 - Phase thermophile : activité des micro-organismes thermophiles qui prennent la relève, la température augmente à 60 et 70 °C
 - Phase de refroidissement : la température diminue et devient favorable aux micro-organismes mésophiles et aux champignons et une étape de maturation du compost
- ✓ Une étape de maturation : Au cours de cette phase, la température est en dessous de 30°C et les bactéries laissent majoritairement place aux champignons, qui stabilisent les matières organiques sous formes de composés humiques

la température et du pH au cours du compostage (**SLIMANI , 2022**).

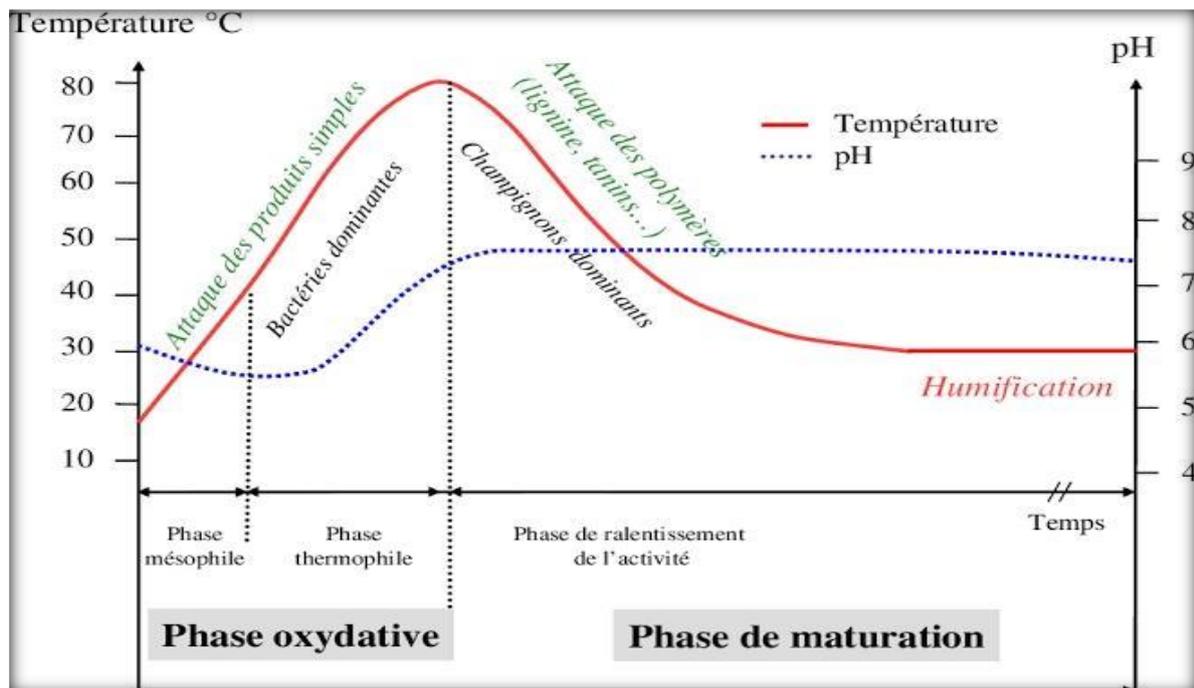


Figure09: Courbe théorique de l'évolution de la température et du pH au cours du

II.5.2.2 .Paramètres du compostage

Le compostage se produit spontanément et de manière non naturelle dans les milieux naturels Optimum, la répartition de la chaleur est trop inégale. En faire un processus

Technologie, il est donc nécessaire de bien comprendre les différents paramètres

Facteurs physicochimiques et biologiques impliqués dans la production de compost Qualité.

Différentes techniques de compostage peuvent améliorer et accélérer Le processus naturel de dégradation des matières périssables. Pour cela, on cherche à “booster” l’activité des micro-organismes en optimisant l’apport de nutriments, Ajuster le pH, la température, l’humidité et la ventilation . (EDEM KOLEDZI , 2011)

✓ Paramètres physico-chimiques

L’activité microbienne est affectée par la teneur en humidité des déchets compostés car les micro-organismes ont besoin d’eau pour se développer. Une humidité trop faible (inférieure à 20%) entraîne une activité réduite et inhibe la décomposition de la matière organique, en revanche, une humidité trop élevée (supérieure à 70%) entraîne une saturation de l’espace vide du substrat, ce qui limite l’apport d’oxygène au milieu, produisant ainsi Conditions favorables pour les organismes anaérobies et conduisent à une activité biologique lente .L’humidité optimale pour le compostage est de entre 40% et 60%.

Lors du processus de compostage, une partie de la chaleur dégagée est utilisée pour évaporer l’eau, et la majeure partie de l’eau est évacuée vers l’extérieur du compost, ce qui provoque l’assèchement du compost. Pour compenser cette perte excessive d’eau, l’arrosage du compost est essentiel (SLIMANI , 2022)..

Chapitre II : Valorisation biologiques par biotransformation des déchets

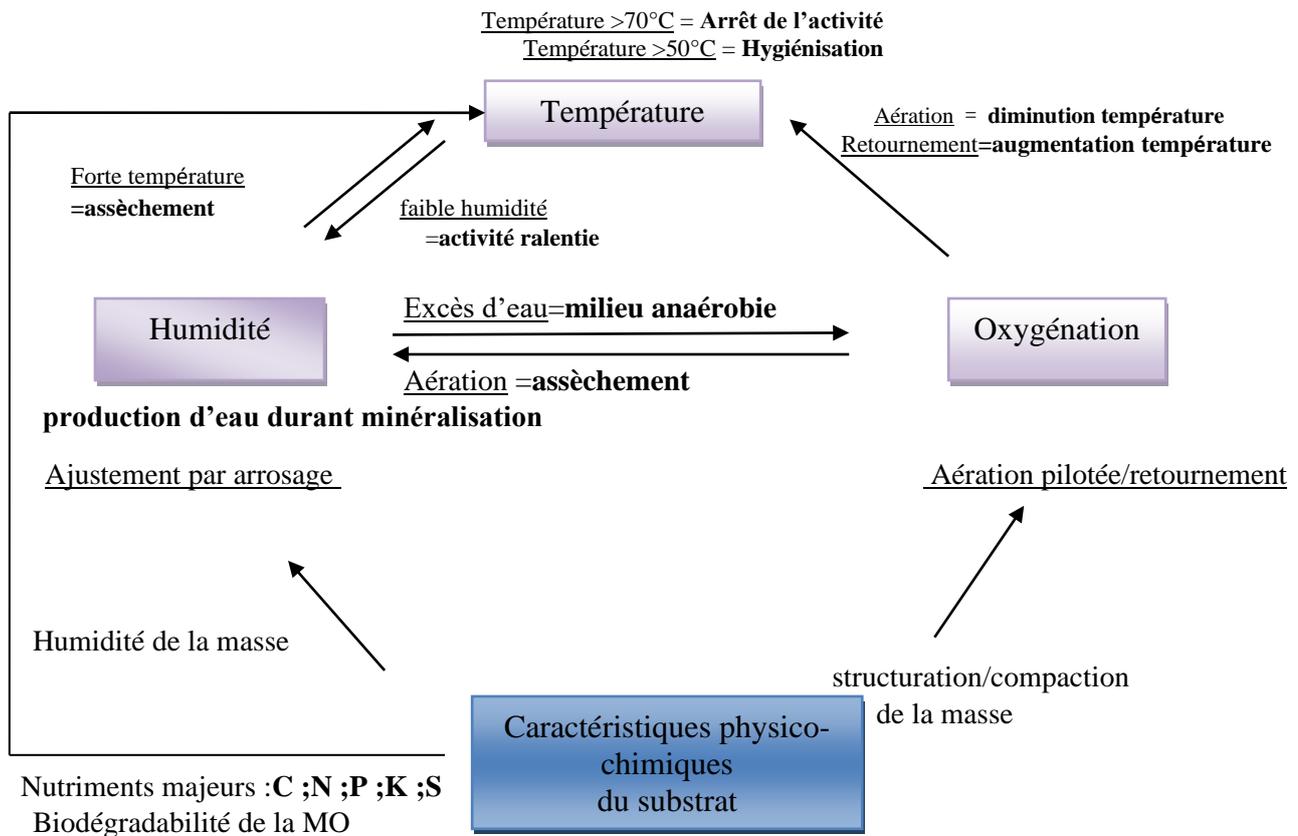


Figure 10: Influence des paramètres physico-chimiques lors du compostage (FAVERIAL , 2016)

pH

Les déchets municipaux ont un pH compris entre 5 et 9, et l'acidité des déchets ne semble pas limiter le compostage.

Globalement, les déchets initiaux sont légèrement plus acides que le compost fini. Mais de nombreuses études ont mis en évidence la phase d'acidification au début du compostage. Cette étape L'acidification est principalement due à la production anaérobie et à l'immobilisation des acides organiques ammonium dans la biomasse microbienne au stade mésophile. Puis, dans la phase thermophile, la dégradation des acides organiques conduit à l'alcalinisation du compost, phénomène dû à Minéralisation de l'azote. (FRANCOU , 2003)

Température

Les changements de température du compost sont causés par la chaleur générée par l'activité des micro-organismes dépend du substrat et de sa biodégradabilité Nutriments, le processus de compostage a lieu dans les quatre phases dépendent de l'évolution de la température (REMADNA ET TOUMI, 2019), (voir le Figure 09)

Aération

L'oxygène est utilisé comme récepteur par les micro-organismes Terminaux électroniques lors de la respiration aérobie et de l'oxydation de la matière organique ,Pour un compostage bien déroulées et le maintien de conditions aérobies Nécessaire pour une décomposition rapide et inodore. L'hypoxie doit être Ajuster en fonction de la fonction du micro-organisme. Exister une teneur en oxygène de l'ordre d'au moins 5 % d'O₂ est essentielle au bon fonctionnement du système compost. Pour cela, la porosité du support et la taille du tas doivent respecter contrôlé (EL FELLS , 2014)

Conductivité électrique

C'est la teneur de compost en sels. La conductivité du compost est fortement dépendante de son contenu en nutriments .(REMADNA ET TOUMI, 2019)

Le rapport C/N

Le substrat à composter doit avoir une composition équilibrée, notamment principaux éléments C, N, P, K. En général, rapportez l'élément principal, plus précisément le rapport C/N, sert à définir la qualité d'un substrat. Parce que le substrat est la seule source de nutrition de la plante microorganismes, selon leur composition, l'activité microbienne s'adapte facteur limitant. Un C/N trop élevé indique un N insuffisant, tandis que trop de C ralentit le processus de compostage, tandis qu'un C/N trop faible indique l'excès de N peut être libéré par volatilisation ou le lessivage des nitrates, un des résultats de compostage optimaux sont obtenus avec un rapport C/N compris entre 25 et 35. Même plus que teneur totale en C et N, qui affecte la structure biochimique de la molécule taux de dégradation MO (FAVERIAL , 2016)

✓ Paramètres biologiques :

Les organismes les plus actifs dans le compost sont les bactéries, les champignons et certains protozoaires. Sauf dans de rares cas, l'abondance et la diversité des micro-organismes naturels dans la matière compostée sont suffisantes pour démarrer rapidement le processus de compostage. Il contient majoritairement des microorganismes mésophiles (15 à 45°C) puis thermophiles (>45°C). (**CULOT ET LEBEAU , 1999**)

Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus abondants dans les déchets organiques , elles seraient responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne lors du processus de compostage grâce à leur rapport surface/volume très élevé lui permettant des transferts rapides de substrats solubles dans le milieu intracellulaire . La succession des groupes taxonomiques des bactéries est en fonction de l'évolution de la température et du pH du compost , ces deux paramètres caractérisent les différentes phases du processus . (**SLIMANI , 2022**)

Les champignons

Les champignons sont des organismes unicellulaires constitués d'un ensemble de filaments Appelé « mycélium ». La plupart des champignons poussent dans Les substrats acides et tolèrent une large gamme de pH, et dans Stade mésophile (température entre 5 et 37°C) et même Au stade mature, ils sont responsables de la dégradation du polymère Compliqué (**SLIMANI , 2022**)..

Les actinomycètes

Les actinomycètes agissent plus tard que le reste des micro-organismes, se reproduisent plus lentement et sont actifs dans les dernières étapes du compostage, et se spécialisent dans l'attaque de structures plus résistantes telles que la cellulose, l'hémicellulose et lignine (composants du bois notamment).En plus de ces types de micro-organismes, le fumier contient également des algues, des virus et des protozoaires .(**HANAFI ET BENAOUA , 2019**)

Partie expérimentale

I. Objectif du travail

Notre travail, a pour objectif la production du éthanol a partir la canne à sucre et valorisation des déchets de l'industrie agro-alimentaire (les déchets de canne à sucre) vers des engrais organique pour réduire la pollution de l'environnement

II. Materiel

Dans notre travail on utilisant plusieurs types de matériels (Verreries et petit matériels, réactifs , produit équipements , matériels biologique)

Tableau suivant : montre les différents types de matériels

Type de matériels	Matériels
Verreries et petit matériels	-Pipettes pasteur -Tubes à essaies. -Micropipettes et Spatules. -Béchers. -Erlenmeyer-papier filtre -barreau magnétique
Réactifs, produits	-Phénol-acide sulfurique -Solution de saccharose-rouge de méthyle -Solution de mélasse -KMnO ₄ +
Equipements	-broyeur-pH mètre -Balance-Autoclave -Étuve-Bain-marie -Agitateur-Spectrophotomètre (UV-Visible) -Évaporateur rotatif-thermomètre -conductimètre-centrifugeuse
Matériels biologiques	-la levure <i>saccharomyces cerevisiae</i> -la canne a sucre

Tableau04: Les matériels

III. Méthode du travail

III.1. la fermentation alcoolique:

III.1.1 Matière première de production de bioéthanol (La canne à sucre)

La biomasse utilisée dans notre travail est le jus de canne à Sucre.

Canne à sucre (*Saccharum officinarum L.*)

Selon le dictionnaire de français , la canne à sucre en (Botanique) est : Grande plante tropicale, graminée de la famille des Poacées dont le suc sucré issu de la tige, le vesou, donne le sucre de canne. Après extraction, les tiges broyées, nommées bagasse, sont mises en fermentation alcoolique, puis distillées. Le distillat est du rhum.

III.1.2 Protocole de prétraitement de la biomasse pour l'extraction du jus (substrat)

Pour la Préparation et extraction du jus Il existe différents procédés : lavage, découpe, broyage..., Les prétraitements diffèrent selon la nature de la matière première et sa teneur en sucres (saccharose, fructose ou glucose).

Préparation de jus canne à sucre

- Lavage de canne à sucre pour se débarrasser de la terre et des herbes
- Découpe et broyage de la canne à sucre



Figure11 :l'étape de découpage et broyage de la canne à sucre (photo originale)

- Macération de 125 grammes de canne à sucre dans un litre d'eau distillée, et laisser reposer 24 heures



Figure 12 : l'étape de macération (photo originale)

- Filtration du mélange



Figure 13 : l'étape de filtration (photo originale)

- L'obtention de jus canne à sucre

Nous pouvons résumer les étapes précédentes dans le plan suivant :

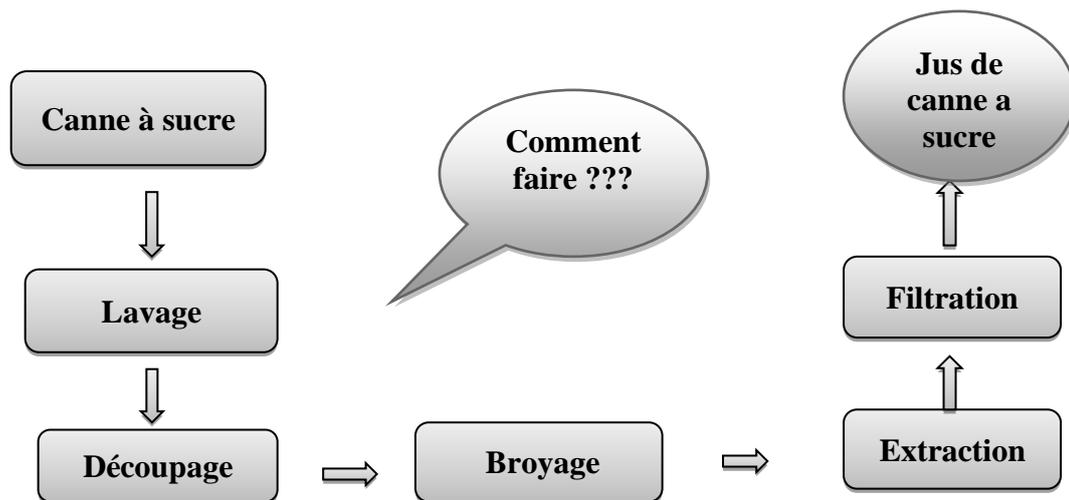


Figure 14 : Etapes de l'extraction de jus Canne à sucre

Composition chimique de la mélasse :

- Le pH de Jus Canne à Sucre a été mesuré à l'aide d'un ph mètre de type ph mètre / conductimètre de table starter 3100m

Brix :

Le Brix est une mesure de l'extrait sec soluble total (Sucres). Il est mesuré par un réfractomètre. La détermination du Brix est basée sur la capacité des sucres d'un jus à faire dévier la lumière (**FENNOUCHE , 2017**)

Elle est déterminée par réfractomètre

- La conductivité est déterminée par conductimètre

Dosages des sucres totaux :

Mode opératoire :

- Laver les tubes à essai avec de l'eau distillée. Régler le spectrophotomètre à 490 nm, et laisser la lampe se réchauffer, puis, le calibrer à zéro avec une solution à blanc de 500 µl de phénol 4% et 2,5 ml d'acide sulfurique 96%.
- Préparer la gamme d'étalonnage en transférant un volume de la solution de saccharose (concentrée à 1mg/1ml) allant de 5 à 50 µl avec une incrémentation de 5 µl à 10

Différents tubes à essai numérotés de 1 à 10.

- Transférer 50 µl de la solution de mélasse dans un tube à essai .
 - Transférer les solutions des tubes à essais à des cuves pour spectrophotomètre remplies au $\frac{3}{4}$ et lire l'absorbance à 490 nm.
- Si l'absorbance est supérieur à 1.0 D.O, diluer les échantillons avec de l'eau distillée (dans notre cas, 2 ml d'eau distillée a été ajouter à 1 ml de chaque échantillon).
 - Réaliser une courbe d'étalonnage qui représente l'absorbance en fonction de la quantité croissante des sucres en µg.
 - Calculer le pourcentage du sucre contenu dans l'échantillon de mélasse en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage du sucre (\% par masse)} = x (\mu\text{g}) / m (\mu\text{g}) * 100$$

Avec (x) la masse (µg) de l'échantillon du sucre déduite à partir de la courbe D'étalonnage, et (m) la masse (µg) de l'échantillon de mélasse.

Procédé de fermentation

Dans notre travail expérimental, nous avons utilisé la levure *Saccharomyces cerevisiae* ,bien qu'il existe des souches et plusieurs même de cette levure destinées spécialement à l'industrie agro-alimentaire et à celle de production de bioéthanol

Conditions de croissance de la levure *Saccharomyces Cerevisiae*

La levure *saccharomyces cerevisiae* a des conditions optimales de Sa croissance (température, pH, sels minéraux, glucose),

Comme le montre le tableau suivant

Paramètres physico-chimiques	Conditions optimales pour l'activité levurienne
Température	30 °C
pH	4,5
Type de fermentation	Anaérobie
Sels minéraux	Azote, Potassium, Phosphates, Magnésium
Sucres fermentés	Glucose, saccharose
Sucres non fermentés	Lactose

Tableau 05 : Conditions de croissance de la levure *Saccharomyces cerevisiae*
(FENNOUCHE , 2017)

III.1.3 Protocol de fermentation alcoolique

Dans notre travail, nous avons réalisé le processus de fermentation à différentes périodes (48h,72h),et On note la différence entre le taux de production d'éthanol de chaque temps

Préparation de l'inoculum :

L'inoculum a été préparé par introduction de la de 7g de levure +7g de sucre dans 25ml d'eau distillée a 30, incubé 30minute

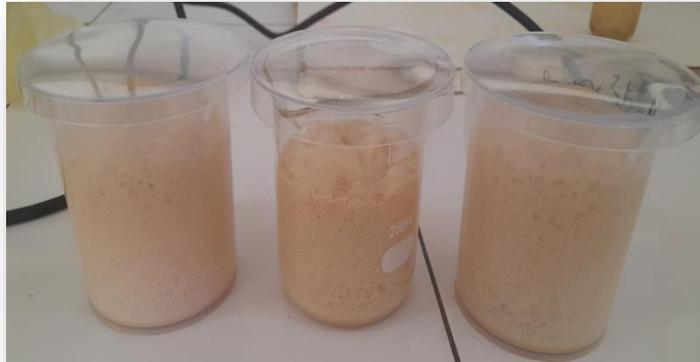


Figure 15 : l'étape de l'activation de levure *Saccharomyces Cerevisiae* (photo originale)

Les étapes de fermentation pour fabrication de bioéthanol

La production d'alcool se déroule en laboratoire selon les trois étapes suivantes

Extraction du jus.

Fermentation.

Distillation.

Extraction du jus de la canne à sucre :

Avant l'extraction du jus, la canne à sucre brute doit passer à Travers les phases suivantes : pesage, séchage à l'air libre pendant une semaine afin que la Quantité d'eau dans la canne fraîche soit réduite pour une meilleure concentration du jus . les données initial avant l'extraction du jus canne à sucre comme suit :

Poids canne à sucre brute : 1.4kg

Jus de canne obtenu (après broyage, pressage) : 700g

L'étape de macération du jus est telle que décrite précédemment

Fermentation :

La fermentation est un processus important pour la production d'éthanol, le jus devra être additionné de levure pour activer la Fermentation proprement dite.

D'abord, La levure est ravivée comme décrit précédemment

Deuxièmement, nous mettons 350 ml de jus de canne à sucre dans une bouteille de sérum avec l'ajout de levure après l'avoir ravivé et placé dans l'étuve 30 pendant 24 heures.

Nous répétons le même processus deux fois, l'un fermentant pendant 48 heures et l'autre pendant 72 heures



Figure 16: l'étape de La fermentation (photo originale)

Après d'obtenu de jus fermenté, il faut séparer la levure a jus par centrifugation
Qui permet de récupérer le surnageant

Distillation :

C'est un processus qui a lieu après l'obtention de l'éthanol

Le principe

La distillation est la technique la plus couramment pour séparer et purifier des Liquides .Elle repose sur la vaporisation partielle d'un composé liquide suivie de la Condensation des vapeurs obtenues pour retrouver le composé purifié sous la forme Liquide, c'est-à-dire que l'alcool est séparé de l'eau par évaporation. Il est possible D'obtenir à la fin de ce processus un produit affichant une pureté de 95% environ, le Reste étant constitué d'eau. Pour obtenir un éthanol d'une plus grande pureté, il est Possible de le faire passer par une étape de rectification, c'est-à-dire que l'alcool est Purifié à travers des phases successives d'évaporation et de condensation (**SADOK , 2016**)

Les substances mélangées n'ont pas la même pression de vapeur. Avec une pression atmosphérique normale, l'eau bout à 100°C et que l'alcool bout déjà vers 78°C

Donc on Règle l'appareil de Évaporateur rotatif a 78°C pour séparer l'éthanol a l'eau jusqu'au l'obtention de le distillat



Figure 17 : étape de distillation (photo originale)

Après l'étape de distillation, on calcule le rendement en éthanol obtenu dans les deux périodes : 48 h ,72 h pour suivre le rendement d'éthanol obtenue pendant ces périodes

Etape du test d'éthanol obtenu

Pour Teste d'éthanol obtenu on va faire : on met dans un tube à essaie une quantité de permanganate de potassium KMnO_4 +quelque goutte d'acide sulfurique +4ml de résidu de distillat

Composition chimique de la mélasse :

Le pH de jus canne à sucre : 4.16 à 30 °C

La conductivité : 24.6 ms

Le taux de sucre totaux

Le tableau suivant représente la variation de l'absorbance en fonction de la quantité de Sucre, il a été réalisé après avoir mesuré la densité optique de tous les échantillons et par la suite Nous a permis d'élaborer une courbe d'étalonnage (Figure 18)

Tubes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Qte de saccharose (µg)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
D.0	0.072	0.08	0.1	0.19	0.231	0.341	0.459	0.55	0.652	0.72

Tableau 06 : valeurs de l'absorbance selon la quantité de saccharose

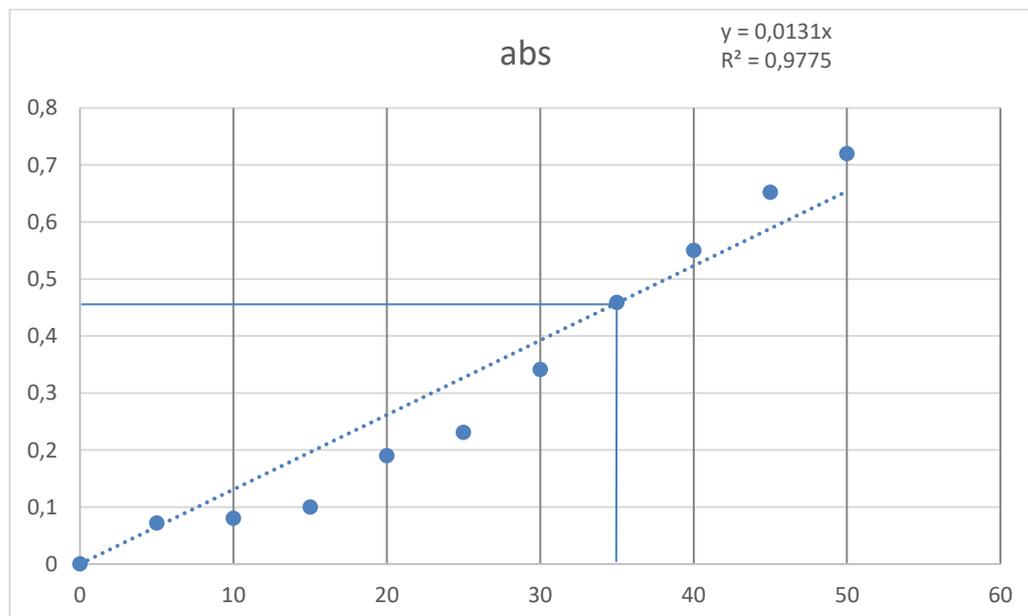


Figure 18 : courbe d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la quantité de sucre , a une longueur d'onde $\lambda=490\text{nm}$

La valeur d'absorption de l'échantillon peut être attendue après avoir obtenu la courbe d'étalonnage, où elle se trouvait $D.O=0.48$, puis nous en avons déduit la quantité de sucre, qui est égale $35 \text{ } (\mu\text{g})$, et donc le pourcentage de la masse de l'échantillon de mélasse égale :

$$\text{Pourcentage du sucre} = 35 \text{ } (\mu\text{g}) / 50 \times 100 = 70\%$$

Donc notre échantillon de mélasse, a une teneur en sucre totaux de 70%.

Les résultats de test de l'éthanol

Lorsqu'une quantité de permanganate de potassium + acide sulfurique + résidu de distillat est ajoutée dans un tube à essai, on observe un changement de couleur du mélange au début, puis au bout d'un moment on constate la disparition de la couleur, ce qui prouve la présence d'éthanol

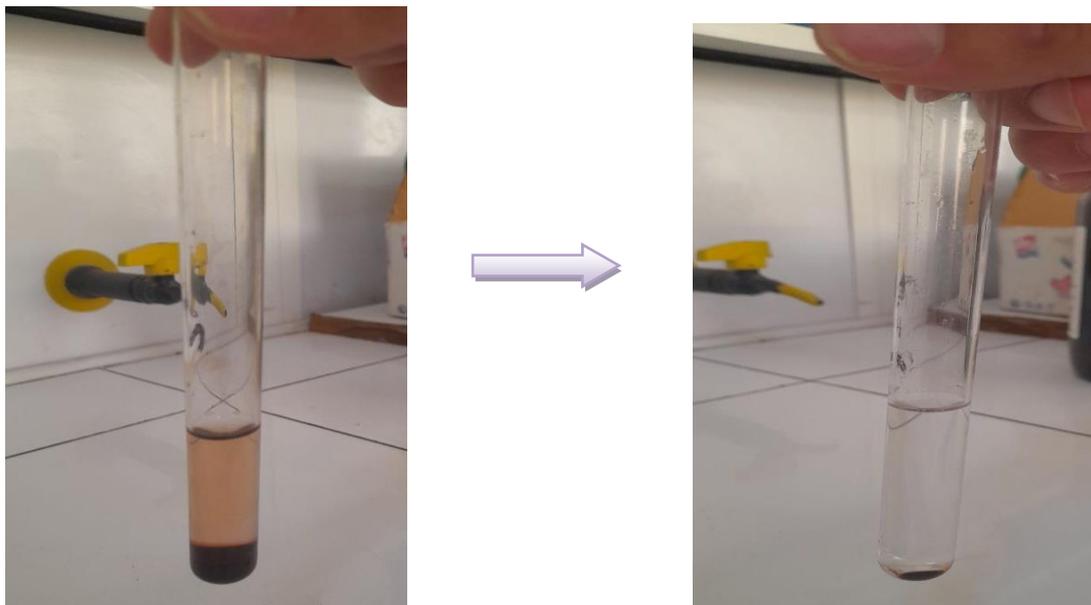


Figure 19 : test d'éthanol distillé

Identification de la réaction d'oxydoréduction du KMnO_4 (milieu acide)



La concentration d'éthanol obtenu :

$$n_{2\text{MnO}_4^-} = n_{5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$2C_1 V_1 = 5C_2 V_2$$

$$n_{2\text{MnO}_4^-} = n_{5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$2C_1 V_1 = 5C_2 V_2$$

$$2(0.125 \times 10\text{ml}) = 5C_2 \times 70 \text{ ml}$$

$$C_2 = 2.5 / 70$$

$$C_2 = 0.035 \text{ mol/L}$$

Donc la concentration d'éthanol égale : 0.035 mol /L

Rendement en éthanol dans les deux périodes : après 48h et 72h

Le rendement en éthanol obtenu après 48h = 133 ml

$$\begin{array}{l} 350\text{ml} \longrightarrow 133\text{ml} \\ 100 \longrightarrow X \end{array} \quad X= 38\%$$

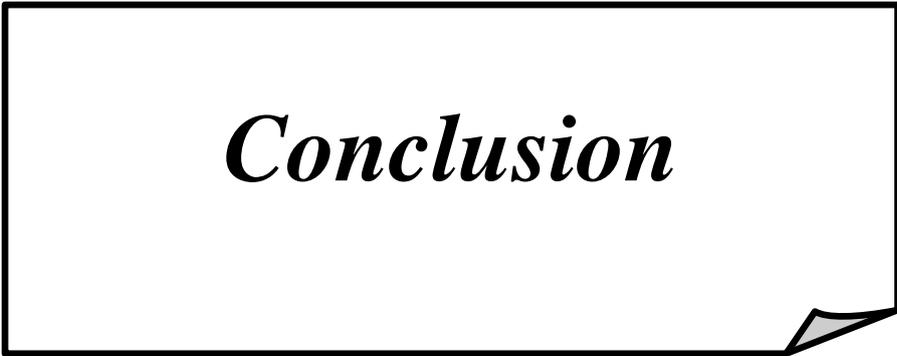
Le rendement en éthanol obtenu après 72h = 171 ml

$$\begin{array}{l} 350 \text{ ml} \longrightarrow 171 \text{ ml} \\ 100 \longrightarrow X \end{array} \quad X= 49\%$$

	Q te de mélasse (ml)	Rendement %
48h	350 ml	38%
72h	350 ml	49%

Figure 07 : le Rendement d'éthanol (48h ; 72h)

Ce résultat montre que la quantité d'éthanol produite en trois jours est supérieure à deux jours, ce qui indique que le travail de la levure augmente avec l'augmentation de la période de temps .



Conclusion

Conclusion

L'objectif du présent projet est la production de bioéthanol à partir de la mélasse, via la Voie de la fermentation alcoolique avec de quantité stable de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*). En compte l'influence des différents paramètres tels que , la concentration des sucres, le pH et la température, on a pu approcher à notre sens les conditions optimales pour avoir un bon rendement en alcool .Nous avons obtenu dans le présent travail expérimental un bioéthanol après deux temp différents de fermentation après 48h a une rendement de 38% et l'autre après 72h a une rendement de 49%,

La présente étude a porté sur la valorisation de la mélasse, Grâce à la bonne quantité de sucre présent à son niveau , pour améliorer la production de bioéthanol ,et nous a permis de conduire une bonne fermentation avec une bonne productivité en éthanol

L'objectif principal de cette étude :

- ✓ Il a un impact positif sur l'environnement et l'économie
- ✓ Peut être un débouché précieux pour la mélasse
- ✓ Permet de participer à la mise en œuvre des actions de maîtrise de l'énergie et d'initier Toute action liée à la lutte contre les changements climatiques et de contribuer à la Réduction des gaz à effet de serre.



Références bibliographiques

1. AL DACCACHE M ., 2019 - étude du potentiel fermentaire de la pomme libanaise et IMPACT des procédés émergents sur la fermentation du jus en vue de l'élaboration du cidre .thèse de doctorat , université de technologie compiègne
2. ALLAOUI A ., 2020 - valorisation de certains déchets dans le traitement des différents effluents. thèse de doctorat , universite badji mokhtar- annaba
3. BEDJAOUI M et ZERMANE A ., 2019 - Utilisation des déchets de tomate et d'orange comme substrat de fermentation solide pour la production d'enzymes fongiques .mémoire de master , université des frères mentouri constantine
- 4 . BELCADHI F . Tri et recyclage des déchets PLASTIQUES, PAPIERS, MÉTAUX, VERRE, MINÉRAIS..... [En ligne].Créé En 22/03/2016 [<https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/tri-et-recyclage-des-dechets-453>]
- 5 . BENOIT D. Biomasse .Une histoire de richesse et de puissance [En ligne].Créé En 2019 [<https://agritrop.cirad.fr/600349/7/600349.pdf>], (consulté en 2021)
- 6 . BOUCHERBA N ., 2014 - Valorisation des résidus agro-industriels.Université Abderrahmane Mira de Béjaïa
- 7 . BOUHADDA F ., 2020 - Gestion et valorisation des déchets solides ménagers dans la wilaya de durant la période 2018 – 2019 (Du ramassage aux centres d'enfouissements).mémoire de master, universite Ghardaïa
- 8 . BOUHADDA F et GUIBECHE F., 2019 - Gestion et valorisation des déchets solides ménagers dans la wilaya de Ghardaïa durant la Période 2018 – 2019(Du ramassage aux centres d'enfouissements). Mémoire de master , Université de Ghardaia.
9. CHAA F., 2019 - production du bioéthanol. analyse et modélisation par la loi de mechaelis-menten . mémoire de master , université abdelhamid ibn badis de mostaganem

- 10 . CHERIFI N . et BENAÏSSA F ., 2020 - valorisation de sous produits polysaccharidiques dans la production de bioéthanol par fermentation alcoolique. mémoire de master , universite yahi fares de medea
- 11 . CHIBI S ., 2020 - contribution a la valorisation et la caractérisation des sous-produits de dattes dans la production du bioéthanol .thèse de doctorat , universite saad dahleb de blida 1
12. CRAAQ . La production d'éthanol à partir de grains de maïs et de céréales, Publication no EVC 029 © Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec [En ligne] . Créé En 2009
[<https://www.craaq.qc.ca/data/documents/evc029.pdf>]
13. CULOT M . et LEBEAU S., 1999 . le compostage , une pratique méconnue de gestion de déchets, bulletin d'information aigx - 5/1999,p13
- 14 . définition de canne a sucre /dictionnaire de français In :
<https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/canne-a-sucre#0>
- 15.Dictionnaire de français Larousse In :
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/m%C3%A9lasse/50299>
- 16 . DJAAFRI M ., 2020 - Amélioration de la digestion anaérobie des déchets organiques dans un digesteur en continu. thèse de doctorat , Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
- 17 . EDEM KOLEDZI K ., 2011 - valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de lomé (togo): approche méthodologique pour une production durable de compost . thèse de doctorat , universite de limoges
- 18 . EL FELS L., 2014 - suivi physico-chimique, microbiologique et ecotoxicologique du compostage de boues de step melangees a des dechets de palmier: validation de nouveaux indices de maturite . thèse de doctorat , université de toulouse
- 19 . FAVERIAL G . , 2016 - compostage et vermicompostage des effluents d'élevage.thèse doctorat , l'université des antilles
- 20 . FENNOUCHE I ., 2017 - Production de bioéthanol à partir de résidus d'agriculture . mémoire de master , universite badji mokhtar-annaba,alger
- 21 . FRANCOU C., 2003 - tabilisation de la matiere organique au cours du compostage de déchets urbains :influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – recherche d'indicateurs pertinents . thèse de doctorat , institut national agronomique paris-grignon

- 22 guide-compostage In : <https://and.dz/site/wp-content/uploads/guide-compostage.pdf>
- 23 . HANAFI B et BENAOUA H ., 2019 - etude et evaluation des différents matières organiques par compostage . mémoire de master , université abdelhamid ibn badis-mostaganem
- 24 . HINIMBIO T., 2019 - PIERRE.Réhabilitation de la fertilité des sols par usage des bioressources (Crotalaria juncea L. Et Brachiaria ruziziensis G.&E.) en zone cotonnière de l'Extrême-Nord . thèse de doctorat , université de maroua cameroun
- 25 . KECHKAR M ., 2020 - procede de conversion de la biomasse pour la production durable de biocarburants. thèse de doctorat , ecole nationale polytechnique
- 26 . KEMASSI H ., 2021 - essais de recyclage de déchets issus de la transformation technologique et/ou biotechnologique de dattes. thèse de doctorat , universite kasdi merbah-ouargla
27. KERKOUR S et OUAZENE S., 2017 - La stratégie de substitution à l'importation dans l'industrie Agroalimentaire en Algérie et le retour au marché local Cas pratique : enquête sur les entreprises agroalimentaire . mémoire de master , universite abderrahmane mira de bejaia.
- 28 . le Grenelle Environnement . La Biomasse [En ligne].Créé En Juillet 2009 [https://www.seineetmarne.gouv.fr/content/download/5136/36385/file/FIC_20090700_BIOMASSE.pdf]
- 29 . Loi n°1-19 du 12 décembre 2001 relative a la gestion, au contrôle et a l'élimination des déchets, journal officiel, n°77, article n°3
- 30 . MAAROUF A .,2020 - production de bioéthanol à partir d'une biomasse lignocellulosique multi-ressourceslocale par prétraitement organosolv et hydrolyse enzymatique. thèse de doctorat , université clermont auvergne
- 31 . MEZOUARI F., 2011 - conception et exploitation des centres de stockage des dechets en algerie et limitation des impacts environnementaux. thèse de doctorat , universite de limoges,france
- 32 . M. Mounir1&2, M. Belgire1, S. Lahnaoui1, A. Hamouda3, P. Thonart2, F. Delvigne2, M. Ismaili Alaoui1, Maîtrise de la fermentation alcoolique sous stress éthanolique, thermique et osmotique de la souche Saccharomyces cerevisiae YS-DN1

en vue de la préparation du vinaigre de fruits, Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2016) 4 (2):86-95, P86

33 . NGUYEN T., 2016 - protection de la levure *saccharomyces cerevisiae* par un système biopolymérique multicouche : effet sur son activité métabolique en réponse aux conditions de l'environnement. thèse de doctorat , université de bourgogne agrosup dijon

34 . OULD EL HADJ ,M, CHEICK, M., HAMDI W., SAYAH Z., BOUAZIZ S., 2012 - Étude Comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes Communes (dégela Beida, tacherwit et hamraya) réparties dans les différentes Classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara Septentrional est algérien). revue Algerian journal of arid environment, Vol. 2, n° 2, Pages 78-87.

35 . OULD HAMOUDA M ., 2014 - Recherche de souches d'intérêt biotechnologiques : Evaluation de leurs pouvoirs de dégradation et/ou de Biotransformation sur quelques sous-produits industriels . memoire de master, universite mouloud mammeri de tizi-ouzou

36 . PHILIPPE T et SORY I . guide pratiquesur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement techniq [En ligne]. Créé En 2005
[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ifdd_guide_pratique_sur_la_gestion_des_dechets_menagers_et_des_sites_d_enfouissement_technique_dans_les_pays_du_sud_2005.pdf]

37 . REMADNA N et TOUMI L ., 2019 - Contribution à l'évaluation Qualitative d'un compost d'origine mixte. cas de la région de Biskra . mémoire de master, université de Biskra

38 . SADOK A ., 2016 - production de bioethanol a partir de deux varietes de dattes de faible valeur marchande « kentichi et hamraya ». mémoire de master , université de blida 1

39 . SDWF [En ligne]. Créé En 22/03/2016 [En ligne]. Créé En 18/3/2017
[<https://static1.squarespace.com/static/583ca2f2d482e9bbbef7dad9/t/5898eda75016e14997963ae3/1486417320907/FeuilledeFaitsdechetsindustriels.pdf>]

- 40 . SIDI O ., 2006 - methodologie de caracterisation des dechets menagers a nouakchott (mauritanie) : contribution a la gestion des dechets et outils d'aide a la decision. thèse de doctorat, universite de limoges.
- 41 . SLIMANI R ., 2022 - valorisation par compostage des déchets organiques dans la wilaya de tizi-ouzou .thèse de doctorat , universite mouloud mammeri de tizi-ouzou.
- 42 . TLEMSANI A ., 2018 - les industries agroalimentaire (iaa) en algerie et le developpement durable (cas de l'industrie laitiere dans la region de la mitidja). thèse de doctorat , université blida 1.
- 43 . ZEROUALI A HAMAMI H ., 2019 - Valorisation de la mélasse de canne à sucre (raffinerie groupe Berrahel) pour la production du bioéthanol . mémoire de master , Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem