

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Hydrocarbures et Energies Renouvelables



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master en :
Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Chimique

Thème :

Production de bioéthanol à partir de dattes de faible
valeur commerciale (Deglat Talmmine)

Préparé par :

M^{ème}. IDDER karima

Membres de jury d'évaluation :

Mr.	Président	Pr	Univ. Adrar
Mr. TAHRI Ahmed	Encadreur	MRA	URERMS Adrar
Mr. DAHOU Mohamed El Amine	Co-encadreur	MCA	Univ. Adrar
Mr.	Examineur	MAA	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne populaire et démocratique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAYA - ADRAR

BIBLIOTHÈQUE CENTRALE

Service de recherche bibliographique

N°B.C/S.R.B//U.A/2022



جامعة احمد دراية - ادرار

المكتبة المركزية

مصلحة البحث البليوغرافي

الرقم..... م.م/م.ب.ب.ب / ا.ج.أ. / 2022

شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة):

طاهري أحمد

المشرف مذكرة الماستر.

الموسومة بـ:
production de bioethanol à partir de datte de
Faible valeur commerciale (Deglat Talmime)

Idder Karima

من إنجاز الطالب(ة):

و الطالب(ة):
Faculté sciences et de Technologie

كلية الهيدروكربونات والطاقة المتجددة والعلوم والتكنولوجيا

القسم:
Génie procédés

القسم:

التخصص:
Génie chimique

التخصص:

تاريخ تقييم / مناقشة:

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والايكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

ادرار في:

مساعد رئيس القسم:

و. خليفي
رئيس قسم المحروقات والطاقة المتجددة
قسم الحروفات
والمعلومات المتجددة
بكلية العلوم والتكنولوجيا
جامعة ادرار



مسوز

د. طاهري أحمد

ملاحظة: لا تقبل أي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.

Dédicace

A ceux qui n'ont ménagé aucun effort pour m'élever, ma tendre mère.

A celui qui n'a pas lésiné sur moi et n'a ménagé aucun effort pour répondre à mes demandes et m'accompagner, mon cher père.

A ma grand-mère et à l'âme pure de mon grand-père, que Dieu lui fasse miséricorde.

A ceux qui ont reçu le don de la prédestination.

A tous mes oncles et tantes, et à tous leurs enfants.

À tous les membres de ma famille spécialement mon marié « Noureddine » et à tous ceux qui portent le nom « IDDER »

Tous les collègues et compagnons du parcours scolaire.

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de cette recherche

A tous ceux qui ont un impact sur ma vie, et à ceux que mon cœur a aimés et dont ma plume a oublié.

A tous je dédie ce travail.

Karima



Remerciement

Tout d'abord je rends grâce à Allah de m'avoir donné la vie, la force nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon Encadreur Mr TAHRI Ahmed et mon Co-encadrant Mr DAHOU Mohamed El Amine, pour m'avoir suivi et conseillé tout au long de la réalisation de cette mémoire.

Je remercie également l'équipe de Biomasse URER/MS, en particulier Mr DJABER Abdelkrim, Mr Ben Ali Boudjemaa et Mr Meknassi Abdelkader pour leurs précieux conseils et informations afin d'enrichir le sujet de mon étude sous ses différents aspects.

J'exprime ma profonde gratitude à tous les professeurs qui m'ont enseigné à l'université, Je n'oublie pas non plus de remercier le personnel administratif qui est à notre service durant ce cursus.



Sommaire

Titres	Pages
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste ses photos	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
Chapitre 01 : Conversion énergétique de la biomasse	
I. Introduction.....	03
II. La biomasse.....	03
II.1. Définitions.....	03
II.2. Composition de la biomasse.....	03
II.3. Mécanisme de la photosynthèse.....	04
II.4. Bilan énergétique de la photosynthèse.....	04
II.5. Les sources de la biomasse.....	05
III. Voies de conversion de la biomasse.....	05
III.1. Conversion biochimique.....	06
III.1.1. Méthanisation.....	06
III.1.2. Fermentation alcoolique.....	06
III.2. Conversion chimique.....	07
III.2.1. Biodiesel.....	07
III.3. Conversion thermochimique.....	07
III.3.1. Combustion.....	07
III.3.2. Pyrolyse.....	07
III.3.3. Gazéification.....	08
IV. Les avantages et les inconvénients de la conversion de la biomasse.....	08
IV.1. Les avantages.....	08
IV.2. Les inconvénients.....	08
V. Conclusion.....	08
Chapitre 02 : Généralité sur le bioéthanol	
I. Introduction.....	09
II. Définition de bioéthanol.....	09
II.1. Définition 01.....	09
II.2. Définition 02.....	09
III. Générations de bioéthanol.....	10
III.1. La Bioéthanol de 1 ^{er} génération.....	10
III.2. Le bioéthanol de 2 ^{eme} génération.....	10
III.3. Le bioéthanol de 3 ^{eme} génération.....	11
IV. Les avantages et les inconvénients du bioéthanol.....	11
IV.1. Les avantages du bioéthanol.....	11
IV.2. Les inconvénients du bioéthanol.....	12
V. Domaines utilisation de bioéthanol.....	12
VI. Conclusion.....	12
Matériels et méthodes	
I. Cadre du travail.....	13
Ii. L'objectif du travail.....	13

III. Durée et Lieu d'étude.....	13
III.1. Présentation de l'URERMS.....	13
III.1.1. L'organisation de l'URERMS.....	14
III.1.2. L'équipe de bioconversion.....	15
IV. Matériels.....	15
IV.1. Produit végétal.....	15
IV.2. Matériel biologique (Micro-organisme).....	15
IV.3. Produits utilisés.....	16
IV.4. Matériels de laboratoire.....	16
IV.5. Appareils utilisés.....	17
V. Méthodes.....	18
V.1. Préparation du mout de dattes.....	18
V.1.1. Le prétraitement des dattes.....	18
V.1.2. Procède de fermentation.....	20
V.2. Caractéristiques morphologiques de la matière première.....	24
V.3. Les méthodes d'analyses.....	25
V.3.1. Détermination du taux Humidité et la matière sèche.....	25
V.3.2. Détermination de la teneur en cendres et Matière Organique.....	26
V.3.3. Détermination de l'activité de l'eau.....	26
V.3.4. Détermination de pH (AFNOR ,1970).....	27
V.3.5. La densité (AFNOR T 60 214).....	27
V.3.6. Détermination le teneur des sucres (méthode de Dubois ; 1956).....	28
V.3.6.1. Détermination le teneur des sucres réducteurs (glucose).....	28
V.3.6.2. Détermination de la teneur en sucres totaux.....	30
V.3.7. Détermination du taux de Brix et l'indice de réfraction.....	30

Résultats et discussions

I. Introduction.....	31
II. Caractéristiques morphologiques de la matière première de déchets.....	31
III. Les résultats physicochimiques.....	33
III.1. Matière première.....	33
III.2. Jus de datte avant et après la fermentation.....	34
III.3. Les caractéristiques de bioéthanol en comparaison avec alcool commercial.....	35
III.4. Test d'inflammabilité de produit fini (bioéthanol).....	36
Conclusion.....	37
Références bibliographiques	

Listes des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Produits utilisés	16
02	Matériels utilisés	17
03	Appareille utilisés	17
04	Appareille utilisés	29
05	Caractéristiques morphologiques de la matière première de déchets de variété (deglet Telmine)	32
06	Les résultats moyens des analyses physicochimiques de matière première	33
07	Les résultats moyens des analyses physicochimiques de jus de dattes avant et après fermentation	34
08	Les résultats d'étude des caractéristiques de bioalcool et alcool commercial	36

Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Composition de la biomasse	04
02	Mécanisme de la photosynthèse	04
03	Les sources de la biomasse	05
04	Méthanisation des matières organiques	06
05	Structure de la molécule d'éthanol	09
06	les principales étapes de la production de bioéthanol	11
07	L'unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien-Adrar	14
08	L'organigramme générale de l'URERMS	14
09	Les déchets de dattes sèches	15
10	levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	16
11	procédé de lavage	18
12	Procédé d'imbition	18
13	procédé de dénoyautage	19
14	procédé de broyage	19
15	procédé de dilution	19
16	Ajustement de pH 4,3 à 4,7	20
17	Réactivation de la levure dans un bain marie à 30°C	20
18	procédé de fermentation alcoolique	20
19	filtration de mout	21
20	Après filtration	21
21	procédé de distillation	22
22	procédé de purification	22
23	Détermination le degré alcoolique	23
24	Les étapes fabrication du bioéthanol	23
25	Figure III.16:Les matériels utilisés pour obtenu les paramètres	24
26	Longueur de noyau	24
27	Longueur de datte	24
28	Pesé la masse d'échantillon	25
29	Les creusets placés dans l'étuve	25
30	Les échantillons des dattes placés dans le four à moufle	26
31	Mesure de l'activité' d'eau par aw mètre	26
32	Détermination du pH par le pH mètre	27
33	Pycnomètre rempli à liquide	27

34	Préparation d'échantillon	28
35	Filtration avec pompe à vide	28
36	La courbe de l'étalonnage	29
37	Lecture la D.O par spectrophotomètre UV-VIS.	29
38	Réfractomètre	30

Liste d'abréviations et symboles

gaz à effet de serre (GES)

% : Pourcent.

ADF : Lignocellulose.

Adh : Vasopressine.

C: Carbon.

C₂H₅OH: Ethanol.

C₆H₁₂O₆: Glucose.

Cd: Cendre

Cm : Centimètre.

CO₂ : Gaz carbonique.

DHAP: Dihydroxy- acetone – phosphate.

DSAA : Direction des services agricole

Adrar.

ETBE : Ether éthyle tertio butyle.

EtOH: Ethanol.

G : Gramme.

H : Heure.

HCl: Acide chlorhydrique.

HCOSE : Hémicellulose.

dépotassium.

KG : Kilogramme.

KOH : Hydroxyde de potassium.

MM : Matière minérale.

Mm : Millimètre.

MO : Matière organique.

Mol: Mole.

MS : Matière sèche

pH : Potentiel hydrogène.

Qx : Quintaux.

Introduction

Introduction générale

La demande mondiale en énergie ne fait qu'augmenter mais elle est majoritairement dépendante des énergies fossiles qui présente de plus en plus des problèmes liés à la disponibilité des ressources en diminution continue vu leur nature non renouvelable en plus de leurs coûts d'extraction et d'exploitation. En plus, les énergies fossiles engendrent des problèmes liés à l'environnement essentiellement l'émission de gaz à effet de serre (GES) notamment le dioxyde de carbone (CO₂). Ces gaz sont à l'origine du réchauffement de la planète qui est devenu une préoccupation mondiale poussant à trouver d'autres alternatives et rechercher sur des nouvelles sources d'énergies comme solution.

Les énergies renouvelables (éolien, solaire, hydraulique, biomasse), la biomasse est particulièrement prometteuse. Ces derniers produits jusqu'à présent à partir de culture alimentaire, comme le tournesol, le soja, le colza, le blé, la betterave, les dattes, la canne à sucre et d'autres produits alimentaires [1].

Le carburant vert 'Bioéthanol' dérivé de la biomasse a le potentiel de remplacer les combustibles fossiles. Il est renouvelable, non toxique, biodégradable et plus respectueux de l'environnement, ajoutée en contribuant au développement industriel et agricole du pays [2].

Dans notre étude, nous allons aborder le sujet de la production d'éthanol faite à partir de matière biologique telle que les déchets de datte.

La culture du palmier dattier représente environ 22% de la superficie totale des plantations. Le nombre de palmiers au cours des deux dernières décennies a connu une expansion significative grâce au soutien agricole. Est passé d'environ 8 millions de palmiers en 1990 à environ 18 millions de palmiers En 2011, une augmentation de 125 %. Quant à la production de dattes, c'est aussi une augmentation, sur la même période, de 200 000 tonnes à environ 750 000 tonnes, soit 275% d'augmentation [3]. Génération De grandes quantités de déchets et de résidus sont générées par le tri de ces dattes. Cette biomasse, qui était auparavant considérée comme le déchet ayant un fort impact sur l'environnement Il peut être transformé en un produit à haute valeur ajoutée, il doit donc être remboursé dès Les déchets de dattes sont riches en sucres et peuvent être fermentés (environ 75%) Transformé par les opérations biotechnologie aux biocarburants, Une substance énergétique stratégique qui peu remplacer le pétrole léger, ou au moins permettre de couper l'essence (5 à 10 % de bioéthanol) [2].

L'utilisation de ce produit permet de réduire les émissions de dioxyde de carbone de 25% à 30% et l'effet de serre de 3 à 8%, ce qui est critique pour produire un additif environnemental digne d'être le carburant du futur.



Introduction

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre de ce travail est dédié à une étude bibliographique concernant les bioénergies alternatives aux énergies fossiles. Ce chapitre présente la biomasse (définition, composition, les ressources, les avantages et des inconvénients, leurs voies conversion énergétique de la biomasse, ...etc.)

Le deuxième chapitre présente le bioéthanol carburant, définition, les différentes générations, leur avantages et inconvénients, ainsi que les domaines d'utilisation

Le troisième chapitre de ce mémoire présente les méthodes expérimentales et le matériel utilisés dans le présent projet. Les techniques analytiques, nombreuses sont évidemment exposées et illustrés par des schémas et protocoles.

Enfin, le chapitre quatre est consacré à la présentation de tous les résultats obtenus lors cette étude. Des courbes et tableaux de résultats sont adéquatement mis en valeur accompagnés d'interprétations et de discussions.

Le travail est achevé par une conclusion générale suivie de quelques perspectives pouvant être bénéfiques à un travail ultérieur.



Chapitre 01

Conversion énergétique de la biomasse

I. Introduction

La biomasse est la première source d'énergie à avoir été exploitée par les hommes, et longtemps elle a été la plus importante. Ce n'est qu'avec la révolution industrielle et les hydrocarbures (charbon, pétrole) qu'elle a perdu de son importance dans les pays industrialisés. Cependant, en tant que source d'énergie renouvelable et neutre en carbone, la biomasse est l'objet d'un regain d'intérêt.

La première forme d'exploitation de la biomasse est tout simplement l'activité physique. La transformation des aliments en énergie musculaire a longtemps été l'une des principales sources d'énergie des économies, du moins jusqu'à l'industrialisation. De nos jours et dans les sociétés industrialisées, cette forme d'énergie n'est utilisée à des fins utilitaires que pour les modes de locomotion douce telles que la marche ou le vélo.

II. La biomasse

II.1. Définitions

En écologie, la biomasse est la masse totale (quantité de matière) de toutes les espèces vivantes présentes en un milieu naturel donné.

La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale. L'article 29 de la loi 2005-781 du code de l'énergie en France définit la biomasse comme « La fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de l'arboriculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers ».

II.2. Composition de la biomasse

La biomasseligno-cellulosique (BLC) est composée de la lignine, d'hémicellulose et de la cellulose. Ces polymères constituent la fraction organique de la biomasse végétale est constitué à partir des réactions de photosynthèse. La photosynthèse est la principale voie de transformation du carbone minéral en carbone organique donc permettant de produire des hydrates de carbone qui forment sa structure.

D'un point de vue chimique, la biomasse peut être définie comme un hydrocarbure constitué principalement de C, H, O et de N. Elle contient également des éléments inorganiques tels que : Ca, Mg, K et Si. Les composants de la biomasse peuvent être classés en éléments majeurs (> 1%), mineurs (0,1 -1%) et traces (< 0,1%). Les éléments majeurs sont principalement C, H, N, O, Ca et K tandis que les éléments mineurs incluent Si, Mg, Al, S, Fe, P, Cl, et Na. Les éléments traces quant à eux sont Mn, Ti [4].

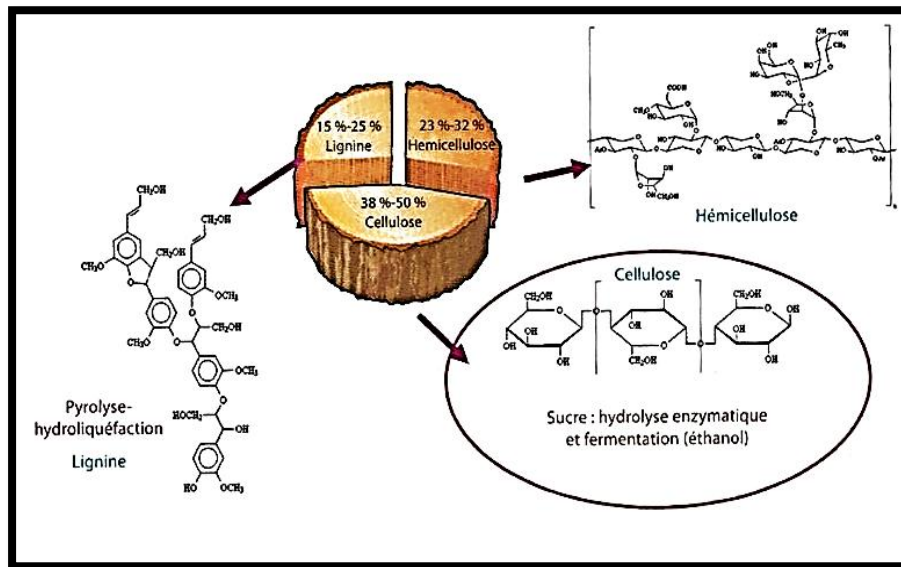


Figure 01 : Composition de la biomasse

II.3. Mécanisme de la photosynthèse

L'énergie solaire est utilisée pour oxyder l'eau (absorbé par les racines des plantes) et réduire le gaz carbonique afin de synthétiser des substances organiques (glucides). Ce phénomène a lieu dans les chloroplastes, un organe spécifique des plantes.

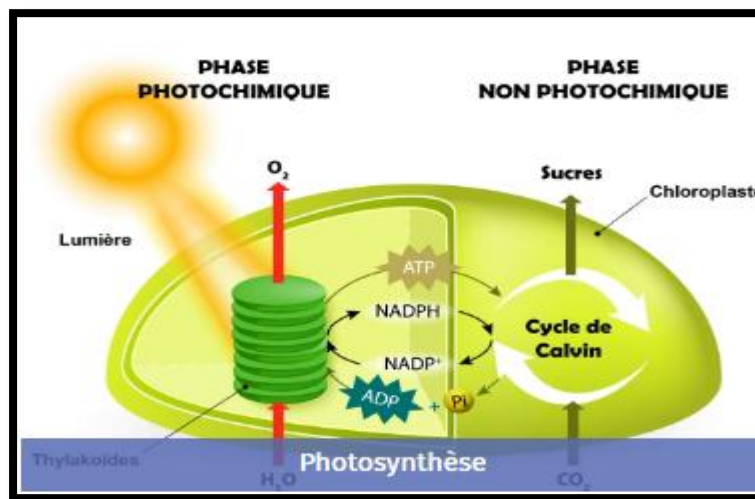


Figure 02 : Mécanisme de la photosynthèse

II.4. Bilan énergétique de la photosynthèse

Il faut six molécules de dioxyde de carbone et six molécules d'eau pour synthétiser une molécule de glucose, relâchant six molécules de dioxygène, grâce à l'énergie lumineuse.



II.5. Les sources de la biomasse

Les ressources en biomasse représentent une source d'énergie renouvelable. Généralement, on distingue les catégories suivantes :

- ✓ Le bois rond, notamment sous forme de bûches, de granulés ou de plaquettes ;
- ✓ Forestiers ou sous-produits de transformation du bois (plantes ligneuses ou de plantes herbacées ;
- ✓ Les sous-produits de l'industrie de la transformation du bois, de l'industrie de la trituration (broyage) et des industries agroalimentaires ;
- ✓ Les produits et sous-produits issus de l'agriculture (paille, résidus de récolte, etc.), les cultures lignocellulosiques (saules, autres que le bois, par exemple le miscanthus...)
- ✓ Les déchets organiques tels que les déchets urbains, les ordures ménagères et les déchets en provenance de l'agriculture tels que résidus agricoles issus des cultures de céréale (blé, riz ..., légumineuses, d'oléagineux, de plantes sucrières)
- ✓ Les déchets de bois qui ne contiennent pas de composés organiques halogénés ou des métaux lourds [5].

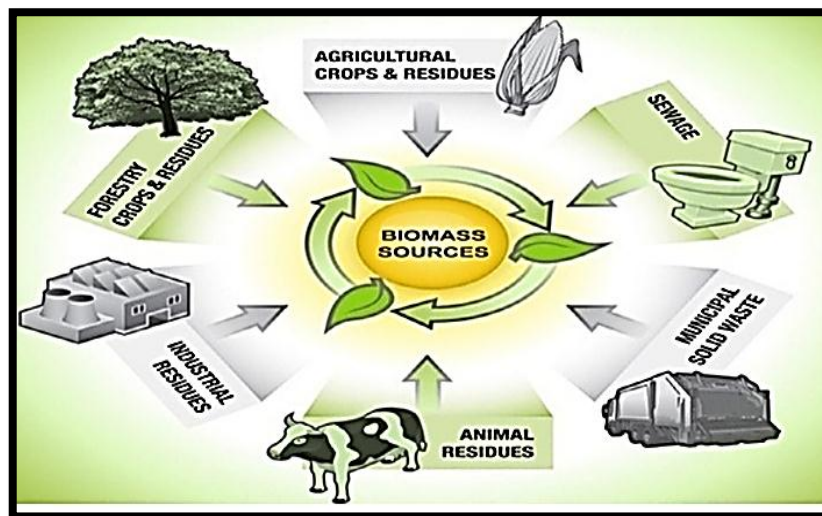


Figure 03 : Les sources de la biomasse

III. Voies de conversion de la biomasse

Pour produire des bioproduits ou de la bioénergie, il faut transformer la biomasse. Trois grandes familles de transformation existent :

- ✓ La conversion biochimique ;
- ✓ La conversion thermochimie ;
- ✓ La conversion chimique.

III.1. Conversion biochimique

III.1.1. Méthanisation

La méthanisation ou digestion anaérobie est un processus biologique naturel de transformation de la matière organique carbonée en biogaz. Cette décomposition des matières organiques est réalisée en absence d'air e de lumière dans des cuves fermées en milieu liquide sec. Le biogaz produit est composé majoritairement de méthane (CH_4), de dioxyde de carbone (CO_2) et d'eau (H_2O). On trouve aussi sous forme de trace de l'azote, d'hydrogène sulfuré(H_2S) et l'ammoniac (NH_3). La digestion anaérobie est utilisée comme procédé de traitement des déchets et de production d'une énergie propre et renouvelable grâce à la combustion du biogaz.

[6]

La Méthanisation est bien adaptée au traitement des déchets humides et d'effluents liquide chargés en matières organiques (les eaux usées d'origine domestique, par exemple) [5].

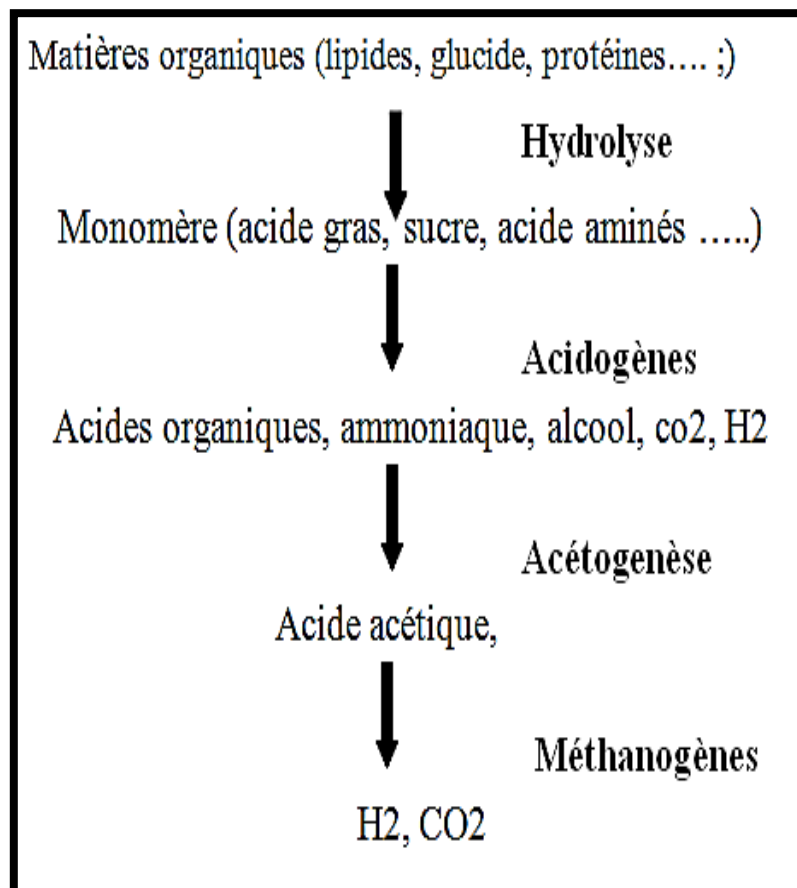


Figure 04 : Méthanisation des matières organiques

III.1.2. Fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique est la plus ancienne étudiée. Elle est un processus biochimique par lequel des sucres existent dans des déchets végétaux et des résidus de

l'industrie sucrière (amidons ou sucres libres, glucides, principalement le glucose) sont transformés en alcool (éthanol) dans un milieu liquide, air. Ce procédé transforme des sucres fermentescibles par des levures en alcool et gaz carbonique avec dégagement de chaleur (libère de l'énergie) :



Des produits secondaires sont formés : les plus importants sont le glycérol, l'acide succinique, l'acide acétique et l'alcool amylique.

Il existe un grand nombre d'espèce de levures utilisées pour la fermentation. La plus connue est la levure de bière. On peut utiliser aussi des moisissures [7].

III.2. Conversion chimique

III.2.1. Biodiesel

Le biodiesel est obtenu à partir de plantes oléagineuses (colza, tournesol, soja...) ou de graisses animales ou d'huiles alimentaires usagées. Il est obtenu par l'estérification, c'est-à-dire la transformation des corps gras en esters méthyliques d'acides gras (EMAG) par une réaction chimique de transestérification avec l'alcool en présence d'un catalyseur pour accélérer la réaction. Cette technologie permet de produire à partir d'une tonne d'huile et 110 kg de méthanol, 970 kg de biodiesel et 108 kg de glycérine. Il est utilisé dans l'allumage de moteurs à compression (diesel) [8].

III.3. Conversion thermochimique

III.3.1. Combustion

Permet une transformation directe de la biomasse en énergie thermique utilisable en tant que telle ou convertie en électricité. Pour la production d'électricité, la biomasse est brûlée afin de produire de la vapeur à haute pression. Celle-ci active une turbine qui est reliée à une génératrice qui produit de l'électricité. Le rendement thermique d'une chaudière au bois est d'environ 85 %. Le rendement électrique est d'environ 25 % [9].

III.3.2. Pyrolyse

Prise dans son sens étymologique de pyro (feu) et lyse (coupure) la pyrolyse est le processus primaire de conversion thermique des matières carbonées [5]. Et la dégradation thermique de la biomasse par chauffage en absence d'oxygène. La pyrolyse produit du charbon et des huiles qui permettent la production de biocarburants. Le gaz produit lors de cette pyrolyse est utilisé pour produire la chaleur utile pour la pyrolyse [10].

III.3.3. Gazéification

La gazéification est la transformation thermique et chimique d'un combustible solide (charbon, biomasse...) en présence d'un réactif gazeux (oxygène, vapeur d'eau, hydrogène...) à la différence de la pyrolyse (thermolyse) qui est un processus thermique réalisé en l'absence de gaz de réaction. L'objectif de la gazéification est la conversion du solide en mélange gazeux, appelé gaz de synthèse ou « syngas », contenant principalement les espèces H₂, CH₄, CO, CO₂, H₂O.

Le mélange gazeux obtenu peut en effet être utilisé pour différentes applications, dont la combustion moteur pour la traction automobile [5].

IV. Les avantages et les inconvénients de la conversion de la biomasse

IV.1. Les avantages

- ✓ Renouvelable pour l'épuisement des ressources d'énergie non renouvelable ;
- ✓ Limitent les émissions de gaz à effet de serre (GES) et le risque de pollution donc la lutte contre le changement climatique ; Limitent les consommations d'énergie non renouvelable ;
- ✓ Elle fonctionne à l'aide de matières premières variées (paille, canne à sucre, écorce de noix de coco...) et recyclent la majorité de la chaleur dégagée par la combustion pour alimenter les habitations ;
- ✓ Permette de valoriser des ressources domestiques [11].

IV.2. Les inconvénients

- ✓ L'extension de l'utilisation de la biomasse à des terres naturelle inutilisées peut détruire les écosystèmes. La déforestation a un effet négatif substantiel sur l'empreinte carbone ;
- ✓ La combustion de la biomasse solide (comme le bois) cause des émissions de polluants (monoxyde de carbone, particules,) plus importantes que la combustion de pétrole ou de gaz, à moins que des mesures supplémentaires ne soient prises [12] ;
- ✓ Ils sont gourmands en énergie, coûteux à cultiver, à collecter et à transformer ;
- ✓ Ils instaurent une concurrence redoutable entre cultures énergétiques et cultures alimentaires ;
- ✓ Peuvent être une menace pour les écosystèmes et les puits.

V. Conclusion

Les avantages de l'énergie biomasse sont beaucoup plus importants que ses inconvénients, à condition qu'elle soit utilisée de façon durable et raisonnable, et considérer comme solution à la fois écologique et économique.



Chapitre 02

Généralité sur le bioéthanol

I. Introduction

L'éthanol (EtOH), ou encore alcool éthylique, molécule de formule développée C_2H_5OH comporte deux atomes de carbone liés (C), l'un portant trois atomes d'hydrogène (H), l'autre deux atomes d'hydrogène et une fonction hydroxyle (OH). L'éthanol biogénique ou bioéthanol, est un type d'éthanol extrait de sources naturelles ou biologiques, et est utilisé comme source d'énergie, notamment comme carburant pour les voitures. A l'heure actuelle, elle est considérée comme l'une des découvertes récentes les plus importantes dans le domaine des énergies alternatives, visant à réduire les quantités de gaz toxiques émanant des bateaux à moteur, et nocifs pour la couche d'ozone et notre planète en général.

En général, les plantes contiennent dans leur composition chimique deux types de sucres, l'amidon et le saccharose, qui se transforment en éthanol, et nous l'obtenons par le processus de fermentation du sucre extrait des plantes sucrières, ou par le processus d'hydrolyse de l'amidon présent dans les grains.

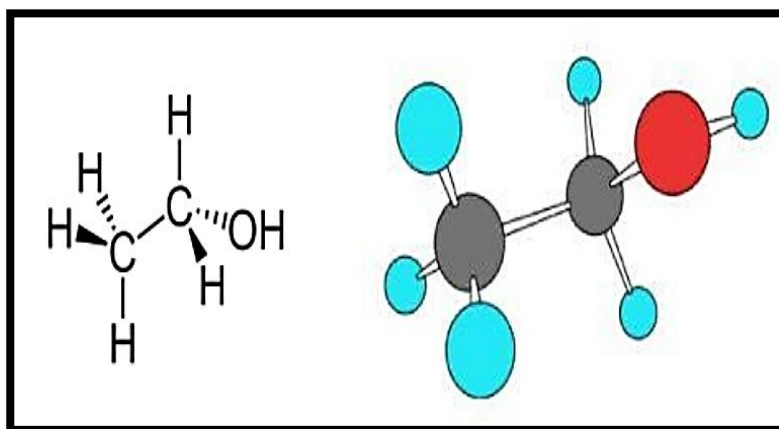


Figure 05 : Structure de la molécule d'éthanol

II. Définition de bioéthanol

II.1. Définition 01

C'est un carburant issu de matières organiques naturelles. Il appartient à la famille des énergies renouvelables. Cet éthanol d'origine végétale n'est rien d'autre que l'alcool éthylique ; il est très inflammable, volatile et est fortement utilisé dans les boissons alcoolisées, comme solvant et comme carburant [13].

II.2. Définition 02

Le bioéthanol est un alcool très pur obtenu par la fermentation de matières agricoles riches en sucres provenant de plantes saccharifères (betterave, canne à sucre), amylacées

(céréales, pomme de terre) ou lignocellulosiques. Il peut être employé de deux façons, en addition à l'essence sous la forme d'un alcool anhydre qui ne modifie pas les performances des moteurs ou comme carburant unique dans des moteurs adaptés, en général à injection.

III. Générations de bioéthanol

Il existe trois générations de bioéthanol qui ont été fondées sur différentes matières premières :

III.1. La Bioéthanol de 1^{er} génération (Bioéthanol à partir de sucre / amidon)

Les plantes sucrières comme la betterave, la canne à sucre ainsi certains fruits (pomme, pêche, poire, abricots, figues, dattes, raisins...etc.) renferment directement des sucres directement fermentescibles en éthanol, les tubercules comme la pomme de terre et manioc, les sucres sont présents sous forme d'un polymère, l'amidon, d'où dérivé leur autre dénomination de plantes amylacées. L'amidon est hydrolysé en monomères sucrés avant être transformé en éthanol. L'étape d'hydrolyse qui a été effectuée pendant longtemps par voie chimique en présence d'acide. Le bioéthanol produit à partir de ces matières est dite première génération [13].

III.2. Le bioéthanol de 2^{eme} génération (Bioéthanol à partir de ressources lignocellulosiques)

Le bioéthanol de deuxième génération, également appelé « biocarburant avancé », est produit par la biomasse cellulosique, telles que les cultures énergétiques dédiées (p. Ex., Les arachides, les miscanthus) et les résidus forêts agricoles et de bois (p. Ex., Copeaux de bois, bagasse à la canne à sucre et sciure de bois). La biomasse cellulosique est principalement constituée de polymères de cellulose, d'hémicellulose et de lignine liés entre eux dans une matrice hétérogène.

- ✓ La cellulose est un polysaccharide linéaire constitué de plusieurs unités de D-glucose liées à la β (1-4) ;
- ✓ L'hémicellulose est un hétéropolymère de xylose, de mannose, de galactose, de rhamnose et d'arabinose ;
- ✓ La lignine est un polymère complexe de composés aromatiques réticulés ;
- ✓ La lignine agit comme une barrière protectrice et empêche la dépolymérisation de la cellulose et de l'hémicellulose en sucres fermentescibles. La biomasse cellulosique est d'abord prétraitée chimiquement ou enzymatiquement pour décomposer les unités polymères et augmenter l'accessibilité des sucres C5-C6 pour la fermentation microbienne pour produire de l'éthanol. Les

Chapitre 02 : Généralité sur le bioéthanol

avantages de ces matières premières sont la facilité de disponibilité. Toutefois, l'expansion industrielle du bioéthanol de deuxième génération a connu l'obstacle dû à certains problèmes technologiques. Il s'agit du coût élevé et du rendement moyen du bioéthanol en raison de sa composition de lignine [14].

III.3. Le bioéthanol de 3ème génération

Les algues sont considérées comme la matière première potentielle pour la production de bioéthanol de troisième génération car la biomasse peut être convertie directement en énergie. Généralement, l'utilisation de cette matière première pour la production de bioéthanol dépend de facteurs tels que la technologie et l'environnement marin [15].

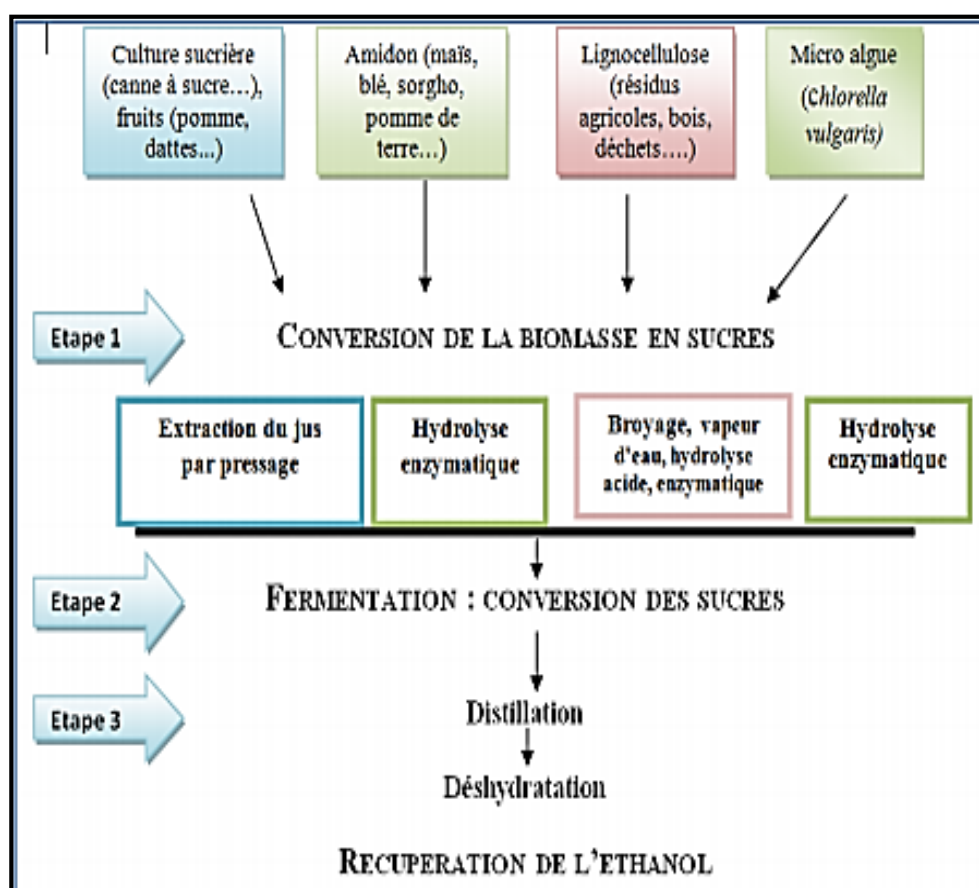


Figure 06 : Les principales étapes de la production de bioéthanol

IV. Les avantages et les inconvénients du bioéthanol

IV.1. Les avantages du bioéthanol

- ✓ Moins cher à la pompe et plus rentable ;
- ✓ Réduction de la dépendance énergétique globale ;
- ✓ Diminution des émissions de dioxyde de carbone et meilleur rendement énergétique des moteurs à explosion ;

- ✓ Diminution des émissions de particules, de soufre, de benzène et de butadiène 1-3 ;
- ✓ Risque moins élevé de formation d'ozone que l'essence et le diesel ;
- ✓ Diminution de la dépendance au pays producteurs de pétrole ;
- ✓ Biodégradable [16].

IV.2. Les inconvénients du bioéthanol

- ✓ Concurrence entre alimentation et énergie ;
- ✓ Prix encore élevé ;
- ✓ Un coût d'installation important ;
- ✓ Le non compatibilité de certains véhicules ;
- ✓ Le vide juridique sur la garantie des constructeurs ;
- ✓ La difficulté de trouver des stations-services E85 malgré leurs nombres en constante augmentation ;
- ✓ Corrosion des pièces en contact avec l'éthanol ;
- ✓ Les véhicules utilisant l'E85 produisent des émissions plus élevées d'oxyde d'azote, d'éthylène et d'acétaldéhyde que les véhicules à essence [16].

V. Domaines utilisation de bioéthanol

- ✓ Solvant utilisé dans l'industrie des peintures, vernis, encres, matières plastiques, explosifs, parfums, cosmétiques, l'industrie pharmaceutique... ;
- ✓ Matière première pour la production de nombreux composés : acide acétique, acrylate d'éthyle, acétate d'éthyle, éthers de glycol, éthylamine, éthylène, éthers-oxydes notamment l'ETBE (éthyle-tert-butyle-éther) ... ;
- ✓ Constituant de carburants : le « bioéthanol », éthanol obtenu à partir de matières premières végétales, peut être utilisé seul ou avec de l'essence ; les mélanges essence-éthanol ;
- ✓ Désinfectant, biocide ;
- ✓ Composant de boissons alcoolisées [14].

VI. Conclusion

En conclusion, le bioéthanol présente de véritables atouts, le principal étant son prix attractif dans un contexte de hausse des prix des carburants. A chacun ensuite de s'interroger sur ses habitudes de consommation et de la légitimité d'un changement sur son aut.

Chapitre 03 Matériels et méthodes



I. Cadre du travail

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'obtention du Diplôme de Master en Génie Des Procédés.

II. L'objectif du travail

Dans ce travail, on met en œuvre des manipulations en vue de produire du bioéthanol à partir des déchets des dattes, des méthodes expérimentales inspirées de travaux antérieurs ont été sélectionnées. Ces méthodes ont particulièrement trait à :

- ✓ La caractérisation de l'espèce de levures choisie à cet effet et la définition ;
- ✓ Le choix de la matière première nécessaire, avec l'étude de recherche sur les caractéristiques morphométriques des variétés de dattes, ce qui pourrait former des critères de caractérisation et d'identification de chaque variété selon le plan morphométrique ;
- ✓ Les caractéristiques du substrat par la mesure de certains paramètres physico-chimiques. Ces caractéristiques permettent non seulement leur valorisation, mais aussi de fournir, des informations pour leur utilisation en particulier dans des procédés biotechnologiques ;
- ✓ L'élaboration du prétraitement en vue d'extraire le jus (substrat), puis réaliser les analyses physico-chimiques de ce dernier avant et après faire le procédé de fermentation ;
- ✓ L'élaboration de la méthode d'analyse mettant en évidence ce procédé ; La distillation du vin en vue de récupérer le bioéthanol formé ;

Chaque méthode et technique est accompagnée de schéma et protocole explicatifs rendant la lecture aisée et la reproduction possible

III. Durée et Lieu d'étude

Le travail expérimental a été effectué durant la période allant de 2021 au 2022, au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien à Adrar (URERMS).

III.1. Présentation de l'URERMS

L'Unité de Recherche en Energie Renouvelable en Milieu Saharien (URER/MS) est une structure de recherche, créée par Arrête ministériel n° 76 du 22 mai 2004 au sein de l'EPST Centre de Développement des Energie Renouvelable de Bouzaréah (CDER).

Les activités de recherche scientifique et de développement technologique menées à l'URER/MS s'inscrivent dans le cadre du programme national de recherche en énergies renouvelable, considérée par les pouvoirs publics comme prioritaire et mobilisateur. La vocation essentielle de l'Unité est la recherche scientifique appliquée et le développement

technologique. Elle est chargée d'entreprendre des activités de recherche et d'expérimentation pour la promotion et le développement des énergies renouvelables dans les régions sahariennes.



Figure 07 : L'unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien-Adrar

III.1.1. L'organisation de l'URERMS

L'unité de recherche, comprend une administration et deux (2) division.

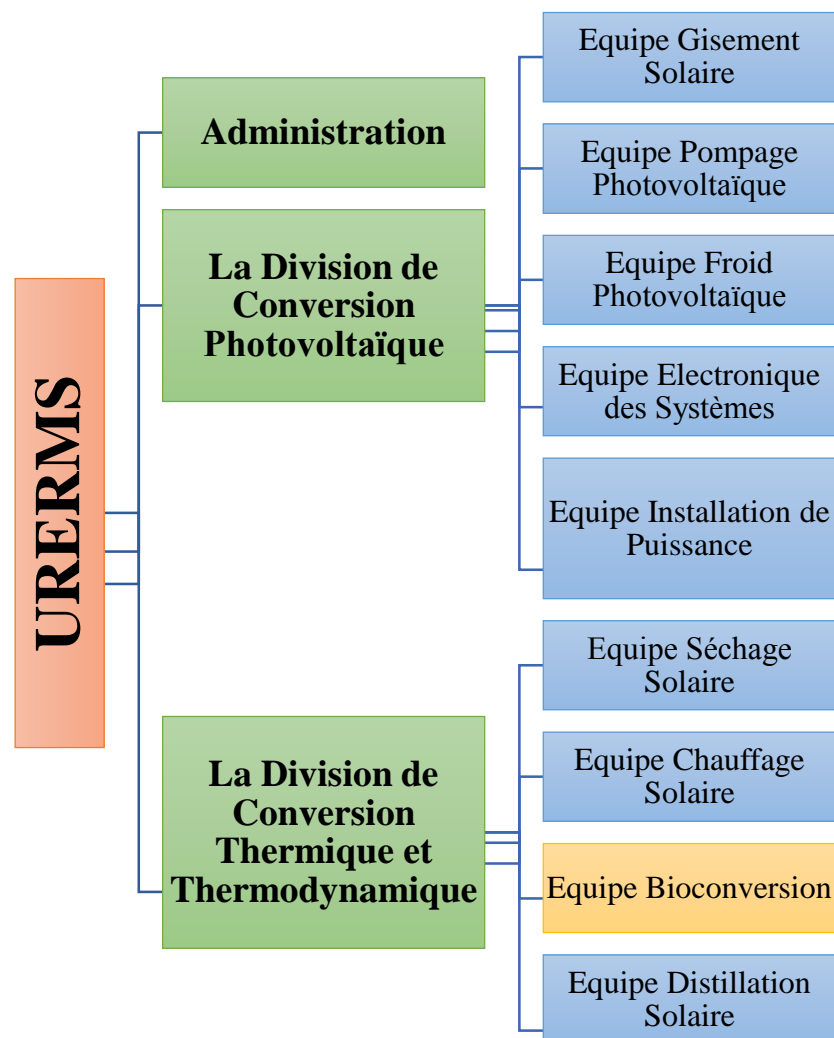


Figure 08 : L'organigramme générale de l'URERMS

III.1.2. L'équipe de bioconversion

Cette équipe est chargée de mener des études sur l'évaluation du gisement de biomasse à l'échelle régionale. Il s'agit, des sous-produits de la palmeraie rebuts de dattes et des déchets municipaux (solides et liquide). La connaissance de ce potentiel permettra de développer des programmes d'exploitation et de valorisation de la biomasse à des fins énergétiques, environnementales et agronomiques. Les activités de recherche portent sur l'étude des procédés et des voies de conversion de cette biomasse en bio- combustibles.

IV. Matériels

IV.1. Produit végétal

Le substrat utilisé au cours de nos essais c'est « degla » de la région Talmine. Nous avons choisi la variété des déchets des dattes de faible valeur marchande dans la région d'Adrar car cette variété n'est pas appréciée par les consommateurs à cause de la mauvaise récolte de palmier de cette variété et de production de ces variétés sont vendues par troc ou sont utilisé comme aliment de bétail dans site d'Adrar donc Être sous forme de résidu pour faire la fermentation alcoolique (production de bioéthanol).



Figure 09 : Les déchets de dattes

IV.2. Matériel biologique (Micro-organisme)

Levure boulangère (*Saccharomyces cerevisiae*) est utilisée. Elle est Conservée dans un endroit frais et sec. Cette souche est utilisée pour la production d'éthanol.



Figure 10 : Levure Saccharomyces cerevisiae

IV.3. Produits utilisés

Une série de produits chimiques ont été utilisés pour la réalisation de ce travail de recherche. Ils sont représentés dans le tableau 01.

Tableau 01 : Produits utilisés

Produits utilisés
<ul style="list-style-type: none">• Sucre Glucose ($C_6H_{12}O_6$)• Hydroxyde de sodium (NaOH)• Phénolphtaléine• Phénol CH_5-OH (5%)• Chaux ($CaCO_3$) bicarbonate de calcium• Acide sulfurique (H_2SO_4)• Acétate de plomb $C_4H_6O_4 Pb 3H_2O$• Acide chlorhydrique (HCl)• L'eau distillé.

IV.4. Matériels du laboratoire

Le matériel du laboratoire utilisé est représenté en différentes verreries et outils. Ils sont représentés dans le tableau 02 :

Tableau 02 : Matériels utilisés

Matériels utilisés	
Verreries	Outils
<ul style="list-style-type: none">• Éprouvette graduée• Ballon• Colon de distillation• Réfrigèrent• Erlenmeyers• Pycnomètre• Béchers• Tubes à essai• Flacons• Coude en verre• Entonnoir	<ul style="list-style-type: none">• Couteau• Spatule• Prototype de distillation• Creuset• Compte-goutte• Porte-tubes à essai• Dessiccateur• Récipients• Bioréacteur• Pied à coulisse• Alcoomètre

IV.5. Appareillage

Les appareils utilisés dans cette recherche sont indiqués dans le tableau 03

Tableau 03 : Appareilles utilisés

Produits utilisés
<ul style="list-style-type: none">• pH-mètre -broyeur• Spectrophotomètre-Bain marie• Refractomètre-Alcoomètre• Thermomètre• Agitateur magnétique• Centrifugeuse• Etuve• Four à moufle• Balance de précision électronique• Distillateur semi-automatique, pompe à vide• Microscope optique• Plaque chauffante munie d'un system d'agitation

V.Méthodes

V.1. Préparation du mout de dattes et description du procédé de fabrication de bioéthanol

V.1.1. Le prétraitement des dattes

Les déchets des dattes vont subir un prétraitement, c'est la première étape du procédé et inclure :

- ✚ **Lavage** : Par l'utilisation de l'eau de robinet pour éliminer les impuretés et le sable.



Figure 11 : Procédé de lavage

- ✚ **L'imbibition** : L'imbibition des dattes se fait par l'eau chaude (90°C à 95°C) pendant 15min pour faciliter de dénoyautage et le broyage ; cette eau riche en sucre sera par la suit utilisée comme eau de dilution du mout.



Figure 12 : Procédé d'imbibition (eau chaude 90°C)

+ Dénoyautage :



Figure 13 : Procédé de dénoyautage

+ Le broyage de la pulpe : Pour obtenir mout de dattes concentré.



Figure 14 : Procédé de broyage

+ Dilution : Faire la dilution du mout par l'ajoute l'eau distille.



Figure 15 : Procédé de dilution

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

- ✚ **Ajustement de PH sous agitation** : L'ajustement de PH de mout entre 4,3 et 4,7 par l'ajout de l'acide sulfurique H_2SO_4 à (1N).



Figure 16 : Ajustement de pH 4,3 à 4,7

- ✚ **L'ensemencement de levure après réactivation de la levure** : L'opération de réactivation de la levure essentiellement sur la fermentation. Ajoute de levure boulangère ; 5g de levure est réactivé dans un liquide de 12% (12 de glucose dissoudre dans 100ml de l'eau distillé) plus un repos de 60 min dans un bain marie à 30°C. Puis ensemenecer dans le mout.



Figure 17 : Réactivation de la levure dans un bain marie à 30°C

V.1.2. Procédé de la fermentation

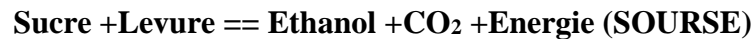
On préparer 800 g de déchets dattes/ 3200ml d'eau, est posé dans un bain marie pendant 72 h à 30°C



Figure 18 : Procédé de fermentation alcoolique

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

La fermentation alcoolique consiste à transformer les sucres fermentescibles en anaérobiose sous l'action des levures en alcool et gaz carbonique avec dégagement de calories selon réaction suivant :



Lors de fermentation alcoolique, on peut observer :

- ✓ Des bulles d'air dans le bain marie (dégagement de gaz carbonique CO₂) ;
- ✓ Augmentation de la température du milieu ;
- ✓ Changement de couleur, d'odeur et de saveur ;
- ✓ Diminution de volume, dû à la transformation des sucres en alcool ;
- ✓ Augmentation du volume, dû à l'augmentation de la température et au gaz carbonique qui s'échappe.

✚ **Filtration de mout** : A la fin de la fermentation pendant 72h, Se fait de filtration par utilisation de tissu de gaze pour l'élimination des résidés qui existe dans le mout.



Figure 19 : Filtration de mout



Figure 20 : Après filtration

✚ **La distillation de vin** : Le vin de dattes obtenu par la filtration est distillé fin d'extraire le bio alcool. On utilise dans cette distillation là le système de chauffage en vapeur pour la séparation entre la bio alcool et l'eau.

- ✓ Consiste à remplir la cuve de distillation par le vin des dattes et le fermer ;
- ✓ Traiter par température ne dépasse pas 78°C ;
- ✓ Le bio alcool démarre d'évaporer, le vapeur passe dans la colonne de distillateur condensée par de réfrigérant pour récupérer et se transforme en liquide.

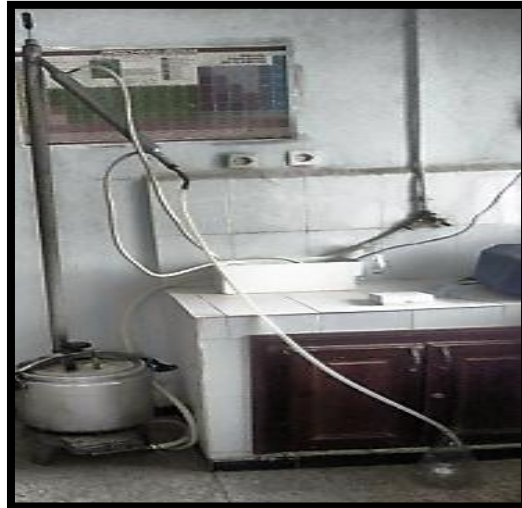


Figure 21 : Procédé de distillation

Cette distillation est suivie par une purification (2^{ème} distillation) pour but d'augmentation le degré alcoolique.

✚ **Purification du bioéthanol** : A la fin de la fermentation, nous serons en présence d'un vin de dattes qu'il faut distiller pour pouvoir extraire l'éthanol. La production du bioéthanol par la fermentation alcoolique du moût de datte produise des mélanges eau-éthanol. Pour une utilisation comme carburant, l'éthanol doit être purifié. La distillation fractionnée est la méthode de la vérification de la pureté de notre bioéthanol alcoolique.



Figure 22 : Procédé de purification

✚ **Dosage de l'alcool** : Le dosage de l'alcool est effectué par alcoomètre. La méthode consiste à distiller le jus, et purifier l'alcool, puis mesurer, à la température ambiante, le degré du distillat ou degré alcoolique à l'aide d'un alcoomètre (gradué 0à100C°).



Figure 23 : Détermination le degré alcoolique

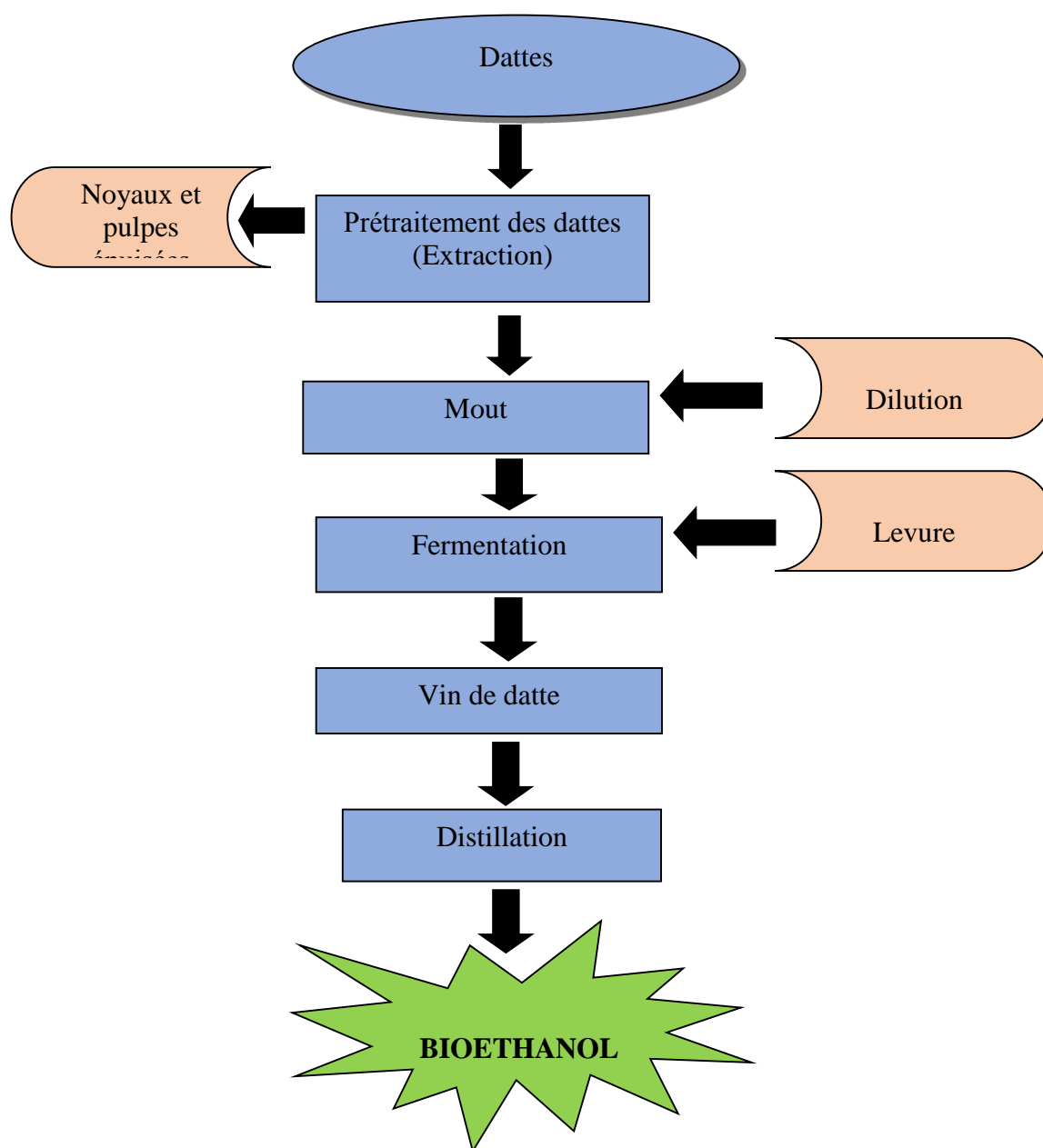


Figure 24 : Les étapes fabrication du bioéthanol

Afin d'effectuer des prélèvements de matière première, le mout de datte avant et après fermentation et produit des distillations (Bio alcool) pour réaliser les caractéristiques morphologiques et des analyses physicochimiques.

V.2. Caractéristiques morphologiques de la matière première

Les caractères morphologiques sont basés sur les caractères quantitatifs (la taille et le poids). Ces mensurations ont effectué sur 20 dattes, Les paramétrés sont : Le poids des dattes avec et sans noyau qui est réalisé à l'aide de balance au niveau de laboratoire, la longueur et le diamètre de dattes et leurs grains qui sont effectués à l'aide d'un pied à coulisse, La couleur a été appréciée visuellement ; et La consistance : au toucher.



Figure 25 : Les matériels utilisés pour obtenu les paramètres morphologiques



Figure 26 : Longueur de noyau



Figure 27 : Longueur de datte

V.3. Les méthodes d'analyses (analyses physicochimiques de matière première, jus de datte avant et après la fermentation et de bioéthanol)

V.3.1. Détermination du taux Humidité et la matière sèche

La teneur en matière sèche est déterminée par la méthode A.O.A.C (1980).

- ✓ Sécher des creusets vides à l'étuve durant 15 minutes à 105°C ;
- ✓ Tarer les creusets après refroidissement dans un dessiccateur ;
- ✓ Peser dans chaque creuset 1g d'échantillon à une précision de 0,001g et les placer dans l'étuve réglée 105°C pendant 24h ;
- ✓ Retirer les creusets de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement, l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 minutes).

❖ Expression des résultats :

Le taux humidité est déterminé selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} * 100$$

H% : Humidité.

M₁ : Masse du creuset + matière avant étuvage.

M₂ : Masse de l'ensemble après étuvage.

Le teneur de matière sèche est calculé comme suit :

$$\text{Matière sèche}\% = 100 - H\%$$



Figure 28 : Pesé la masse d'échantillon



Figure 29 : Les creusets placés dans l'étuve

V.3.2. Détermination de la teneur en cendres et Matière Organique (AFNOR ,1972)

La quantité d'échantillon (1g) est introduite dans une étuve pendant 24h à 105°C puis dans un four moufle (Nabertherm) pendant 4h à 550°C. Le pourcentage de la matière organique est donné par la formule suivante :

$$\text{MO}\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} * 100$$

MO% : Matière organique.

M_1 : Masse du creuset + prise d'essai.

M_2 : Masse du creuset + cendres

La teneur en cendre (Cd) est calculée comme suit :

$$\text{Cd}(\%) = 100 - \text{MO}(\%)$$

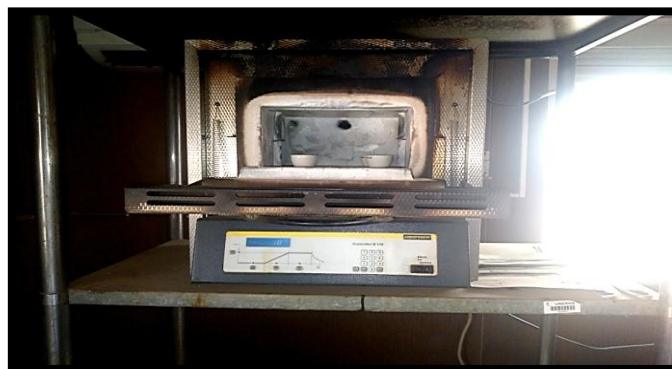


Figure 30 : Les échantillons placés dans le four à moufle

V.3.3. Détermination de l'activité de l'eau

La mesure de l'activité de l'eau est réalisée par aw mètre en enfermant environ 2 à 5 g d'échantillon dans une cellule composante d'un appareillage électronique à écran AWX 3001 EBRO. Après un minimum de 1h30, la lecture est faite sur l'écran d'affichage.



Figure 31 : Mesure de l'activité' d'eau par aw mètre

V.3.4. Détermination de pH (AFNOR ,1970)

❖ Mode opératoire

- ✓ Couper les pulpes en petits morceaux une partie de l'échantillon ;
- ✓ Placer le produit dans un bécher et y ajouter au moins deux ou trois fois son volume d'eau distillée ;
- ✓ Chauffer au bain marie pendant 30 min ;
- ✓ Détermination la valeur de PH par le PH-mètre



Figure 32 : Détermination du pH par le pH mètre

V.3.5. La densité (AFNOR T 60 214)

On appelle densité (ou poids spécifique, masse volumique) le rapport du poids d'un certain volume du corps à la température T, au poids d'un même volume d'eau à une température de 4°C pour notre échantillon. La masse volumique renseigne sur le groupe auquel appartient un liquide.

❖ Principe

Le principe est basé sur la mesure de la masse, à température ambiante, d'un volume contenu dans le pycnomètre préalablement étalonné à la même température. Elle est exprimée en gramme par ml ou en kilogramme par litre.



Figure 33 : Pycnomètre rempli à liquide

❖ Expression du résultat

La densité est donnée par la formule suivante (Wolf, 1968).

$$d = \frac{(P3 - P1)}{(P2 - P1)}$$

P1 : poids en gramme du pycnomètre vide.

P2 : poids en gramme du pycnomètre rempli d'eau distillée.

P3 : poids en gramme du pycnomètre rempli de liquide.

V.3.6. Détermination le teneur des sucres (méthode de Dubois ; 1956)

V.3.6.1. Détermination le teneur des sucres réducteurs (glucose)

Le dosage des sucres réducteurs est effectué par la méthode de phénol /acide sulfurique introduite par Dubois et Cool, permet de déterminer la concentration du produit en sucres.

❖ Mode opération

➤ Préparation de l'échantillon

On a mélange 1g de produit avec 300ml d'eau distillé et 3g de CaCO_3 , puis le mélange subit un chauffage pendant 30min jusqu'à ébullition avec le maintien d'agitation ;

Après le refroidissement de mélange, on complète avec l'eau distillé jusqu'à 1L (1000ml) de solution après avoir mis une petite quantité d'acétate de plomb

➤ 1^{ère} filtration

La 1^{ère} filtration a pour but d'éliminer les protéines par l'acétate du plomb après cette opération, on a ajouté une petite quantité d'oxalate de potassium

➤ 2^{ème} filtration

Le but de la 2^{ème} filtration a pour but d'éliminer le plomb précipité par l'oxalate de potassium.



Figure 34 : Préparation d'échantillon



Figure 35 : Filtration avec pompe à vide

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

➤ Le dosage

Après la 2^{ème} filtration, on a eu un extrait filtré du quel on a pris 1ml qu'on le mélange avec 1ml de phénol (5%) et 5ml de H₂SO₄ concentré avec le maintien d'agitation, les tubes sont maintenus pendant 5min à 100°C après un séjour pendant 30min à l'obscurité. Puis on a lu la D.O est respectivement lues à longueur d'onde 490nm par spectrophotomètre UV-VIS.

Les concentrations en sucre sont déterminées en g/L à partir d'une courbe d'étalonnage (tableau 04).

Tableau 04 : Appareilles utilisés

Numéro de fiole	Témoin	1	2	3	4
Concentration en glucose g/L	0	0.1	0.2	0.3	0.4
Abs (D.O) à 490nm	0	0.5	1.2	2	2.7

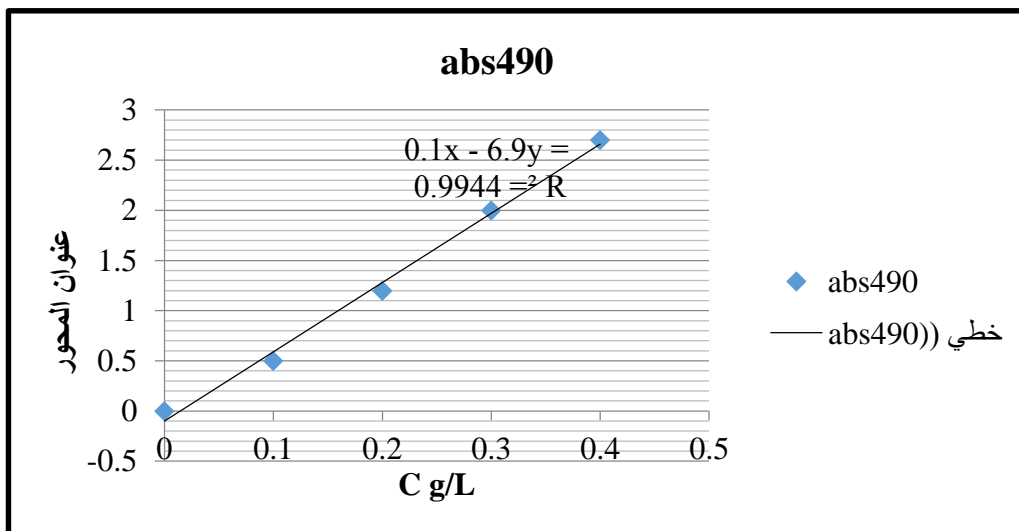


Figure 36 : La courbe de l'étalonnage

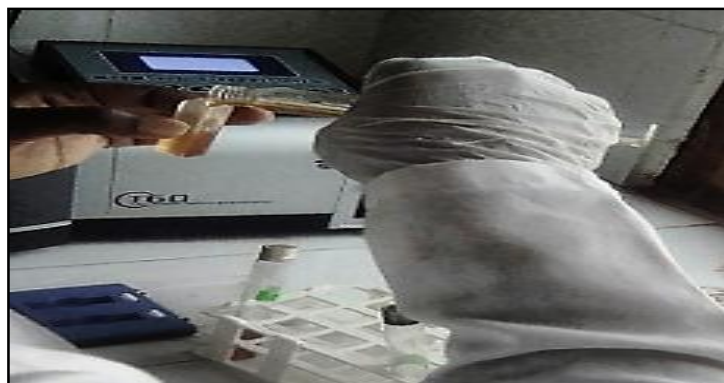


Figure 37 : Lecture la D.O par spectrophotomètre UV-VIS

V.3.6.2. Détermination de la teneur en sucres totaux

Un milieu acide permet l'hydrolyse du saccharose en sucre réducteur, dont l'analyse est plus facile, cette hydrolyse est activée par l'utilisation du chauffage.

❖ Mode opératoire

Nous sommes pris 5 ml de notre produit, auquel on a ajouté 5 ml de HCl (2N) ; On chauffe à 100°C au bain marie pendant 30min et après refroidissement nous avons pris 1ml de cet extrait et procédé au dosage des sucres contenus, comme pour les sucres réducteurs déjà présents ainsi que les sucres réducteurs obtenus par hydrolyse du saccharose, donc ce sont les sucres totaux.

$$\text{Saccharose} = (\text{sucrestotaux} - \text{sucrestréducteur}) * 0.95$$

V.3.7. Détermination du taux de Brix et l'indice de réfraction

Le terme Brix exprime le pourcentage de sucre (saccharose) dans une solution pure. On appelle l'indice de réfraction l'extrait sec soluble. Sont mesurés par un réfractomètre, et étalonné dispositif de lecture sur l'eau distillée à 20 °C.

❖ Mode opératoire

- ✓ Nettoyer la lame de l'appareil en utilisant des gouttes d'eau distillée et papier Joseph ;
- ✓ Etalonner l'appareil par de l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à +1,33 ;
- ✓ Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier Joseph ;
- ✓ Déposer quelques gouttes de sirop sur la lame du réfractomètre et régler le cercle de chambre sombre/claire dans la moitié ;
- ✓ Effectuer la lecture des résultats sur l'échelle oculaire, en tenant compte de la température ambiante donc la valeur qui est affichée doit être corrigée selon la température ;
- ✓ Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant toujours du papier Joseph

Une analyse par un réfractomètre a été effectuée pour connaître la teneur en sucre dissous dans cette solution.



Figure 38 : Réfractomètre

Chapitre 04 Résultats et discussion



I. Introduction

Cette partie des résultats et discussion est consacré à la présentation des résultats obtenu dans le cadre de ce travail expérimental. On interprétera et discutera chaque résultat afin de valoriser ce projet. Les points présentés ici concernent :

- ❖ Les caractéristiques physicochimiques de matière première et leur morphologie, et jus dattes avant et après le procédé de fermentation alcoolique. Ces caractéristiques, indispensables dans de tels procédés, sont principalement, le degré Brix, le pH, la densité, humidité ...etc.
- ❖ Quelques paramètres du bioéthanol obtenu après fermentation et comparé avec alcool commerciale.

II. Caractéristiques morphologiques de la matière première de déchets de variété (deglet Telmine)

Les caractéristiques morphologiques sont présentées dans le tableau 05.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Tableau.05 : Caractéristiques morphologiques de la matière première de déchets de variété (deglet Telmine)

N° Datte	Poids de datte (g)	Longueur de datte (mm)	Diamètre de datte (mm)	Poids de pulpe (g)	Poids noyau (g)	Longueur de noyau (mm)	Diamètre de noyau (mm)	Rapport (longueur de datte /largeur datte)	Rapport (poids pulpe/poids datte) (%)	Rapport (poids noyau/poids datte) (%)	Rapport (poids pulpe/poids noyau)
1	24.868	50.17	27.4	23.985	0.866	20.02	8.41	27,6963048	0,03482387	0,96449252	0,54614311
2	26.289	48.49	23.51	25.267	0.946	24.58	8.61	26,7093023	0,03598463	0,96112442	0,48484224
3	25.052	49.97	29.32	24.416	1.073	25.12	8.69	22,7548928	0,04283091	0,97461281	0,58675205
4	22.498	50.28	27.17	21.485	0.963	26.18	8.07	22,3104881	0,0428038	0,95497378	0,54037391
5	30.157	51.52	29.67	28.985	1.117	25.85	9.29	25,9489705	0,03703949	0,96113672	0,57589286
6	19.949	49.39	27.92	18.968	0.986	27.20	8.63	19,2373225	0,04942604	0,9508246	0,56529662
7	23.674	50.69	27.21	22.753	0.913	27.90	8.51	24,9211391	0,03856551	0,96109656	0,53679227
8	24.176	46.19	28.56	23.094	1.018	25.09	8.86	22,6856582	0,04210788	0,95524487	0,61831565
9	29.087	45.00	30.70	28.087	0.966	27.26	8.51	29,0755694	0,03321071	0,96562038	0,68222222
10	24.970	50.03	23.87	24.124	0.836	25.72	7.63	28,8564593	0,03348018	0,96611934	0,47711373
11	28.407	52.52	30.04	27.376	0.997	26.70	8.64	27,4583751	0,03509698	0,96370613	0,57197258
12	14.869	46.90	25.19	14.860	/	/	/	/	/	0,99939471	0,53710021
13	22.110	48.02	27.27	21.053	1.020	26.46	7.91	20,6401961	0,04613297	0,95219358	0,56788838
14	26.950	39.61	29.77	25.739	1.195	19.88	10.51	21,5389121	0,04434137	0,95506494	0,75157788
15	18.146	51.88	27.64	17.027	1.034	27.33	8.07	16,467118	0,05698226	0,93833352	0,53276793
16	29.553	51.80	29.20	28.225	1.324	27.17	9.01	21,3179758	0,04480087	0,95506378	0,56370656
17	20.824	48.61	28.28	19.553	1.255	28.11	8.95	15,5800797	0,060267	0,93896466	0,5817733
18	22.194	45.49	28.69	21.414	0.777	24.39	7.68	27,5598456	0,03500946	0,96485537	0,63068806
19	26.894	49.93	28.62	25.521	1.322	27.77	8.91	19,3048411	0,04915595	0,94894772	0,57320248
20	24.512	50.87	27.92	23.368	1.108	25.83	8.96	21,0902527	0,04520235	0,95332898	0,54885001
Moyenne	24.25895 3.91658	48.868 3.05284	27.8975 1.90649	23.265 3.76172	1.03768 0.15367	25.71368 2.31051	8.62368 0.64917	27,6963048	0,03482387	0,96449252	0,54614311

III. Les résultats physicochimiques

III.1. Matière première

Les résultats moyens des analyses physicochimiques (pH, humidité, cendre, acidité, matière sèche de dattes sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 06 : Les résultats moyens des analyses physicochimiques de matière première

Les paramètres	Les valeurs
PH	5,55
Humidité (%)	8.64
La matière sèche (%) Ms	91.36
La matière organique Mo en matière sèche (%)	96.64
Cendre en Ms%	3.36
L'acidité titrable%	3,22
La densité	0.8396
L'activité de l'eau	0,23
Sucre réducteur%	23.39
Brix%	23.6
Indice de réfraction	1,3697
Sucre totaux%	16.65

❖ Discussion

Selon Tableau 06 les déchets de datte deglat Talmine conventionnelles présentent généralement des teneurs en eau variant entre 3 à 8% selon l'espèce et la variété. La teneur en eau des dattes Talmine est de 7.88 %. Cette valeur relativement faible permet d'abaisser.

L'activité de l'eau a 0.23 qui est responsable des réactions d'altération et d'assurer un bon stockage des déchets.

Les sucres de dattes varient en fonction de la variété considérée, du climat et du stade de maturation. Les résultats rapportés par différents auteurs dépendent en partie de la méthode utilisée. Néanmoins, tous s'accordent à dire que les teneurs en sucres totaux des déchets de dattes deglat Talmin sont 23% avants la fermentation. Cette valeur est les très important pour la production de bioéthanol. Le pH moyen de là cette variété est 5,55 augmente de pH takarbouche a 4.58.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Le degré de brix 23%, la 'indice de réfraction de 1.3694 à T° 28.2c° les matières qui soluble dans l'eau.

La teneur de matière organique variant entre 96.64 par rapport MS et la reste 3.36 de cendre ces valeur très proche de variété de takarbouche dans l'article de Boulal.A et varié selon l'espèce et la variété.

III.2. Jus de datte avant et après la fermentation

Tableau 07 : Les résultats moyens des analyses physicochimiques de jus de dattes avant et après fermentation

Les paramètres	Les valeurs	
	Avant fermentation	Après fermentation
Brix	12.1%	4%
PH	4,6	4.01
Sucre totaux	21%	4%
Indice de réfraction	1,351 à 25°C	1,342à 25°C
Densité à25°C	1,05	1.01
Couleur	Marron	Deux phases à couleur déférente

A partir de Tableau.07, le pH du milieu de production est initialement ajusté à 4,58. Au cours de la fermentation alcoolique, le métabolisme de la levure induit un changement perpétuel du milieu. Ainsi la consommation des substrats carbonés et azotés s'accompagne de la production de métabolites acide ou alcools. Une diminution assez importante du pH, est observée au cours de la fermentation jusqu'à 4.01. Cet abaissement est probablement dû dans un premier lieu à la diffusion des acides organiques contenus dans le mout de datte dont les principaux sont l'acide tartrique, l'acide malique et l'acide citrique. Ensuite vient le rôle des acides et alcools métabolisées par la levure présente dans le mout ; mais aussi au CO₂ produit qui se dissout dans le milieu et qui contribue à l'acidification du milieu.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Aussi la densité de mout 1.05, montre une légère diminution après la fermentation jusqu'à 1.01 due à la transformation du glucose en alcool et à la perte de masse sous forme de CO₂. (Gaillard et al ; 1995).

Les sucres sont les constituants les plus importants dans les dattes. Ils sont également responsables de la douceur de l'aliment. De nombreux auteurs, dont Munier, 1973, Nixon et al., 1978, Sawaya et al., 1983 s'accordent sur le fait que les sucres de dattes varient en fonction de la variété considérée, du climat et du stade de maturation. Les résultats rapportés par différents auteurs dépendent en partie de la méthode utilisée. Néanmoins, tous s'accordent à dire que les teneurs en sucres totaux des déchets de dattes de glat Talmine sont 21% avant la fermentation. D'après la fermentation nous remarquons que les teneurs en sucres totaux diminuent à 4%. Comme explication technologique, ces différences peuvent être exploitées pour 72 heures de fermentation des moûts, une importante dégradation des sucres est révélée, cette transformation était active durant les premières 24 heures. Cette activité est accompagnée par la production d'alcool jusqu'à 48 heures.

Le degré de brix avant la fermentation à 12,1% est démunie jusqu'à 4% après la fermentation qui signifie la dégradation de sucre et la diminution de l'indice de réfraction de 1.3697 à 1.3584 à T° 28.2c° les matières qui soluble dans l'eau qui dégrade.

La couleur de mout avant la fermentation est Marrou homogène mais après la fermentation nous observe deux phases à couleur déférente pas homogène.

III.3. Les caractéristiques de bioéthanol en comparaison avec alcool commercial



Figure 38 : Bioéthanol produit et bioéthanol commercial

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Tableau 08 : Les résultats d'étude des caractéristiques de bioalcool et alcool commercial

	Bioéthanol produit	Éthanol commercial
Densité	0.8369	0.82
T°=ébullition	75°C	73°C
PH	7.36	7.34
Indice de réfraction	1.3584 à 28.2°C 1.3697 à 33.5°C	1.3616 à 25.2°C 1.36394 à 20°C
Degrée alcoolique	90%	96%
Couleur	Transparent	Transparent
Odeur	Piquant	Très piquant

Le Tableau 08, représente les principaux paramètres communs à l'éthanol commercial et Bioéthanol produit à partir de variété de dattes Deglat Talmine. D'après les résultats obtenus, on peut dire que le bioéthanol produit au niveau de laboratoire avait les caractéristiques suivantes : volatile, inflammable, limpide et possédant une odeur piquante, donc est conforme aux normes internationales (INRS, 1997).

III.4. Test d'inflammabilité de produit fini (bioéthanol)



Figure 39 : Test d'inflammabilité de produit fini (bioéthanol)

Conclusion



Conclusion générale

Grâce à sa composition biochimique et sa richesse en minéraux et oligoéléments, le moût de datte permet d'obtenir une bonne productivité d'alcool brut. Les quantités de ce dernier obtenues après 72h de fermentation et 1h20mn de distillation sont satisfaisantes en comparaison avec les résultats obtenus par boulal.A, 2013.

La valeur maximale du degré alcoolique a été obtenue après la purification à 93°alcoolique pour la variété deglat Talmine qui a le taux de sucre 23%.

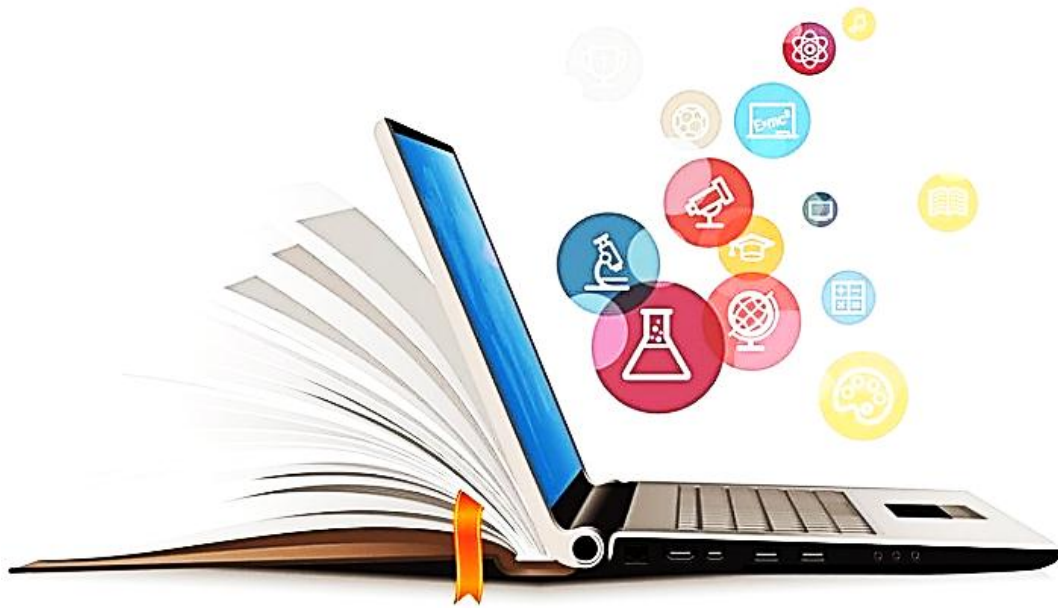
La quantité de cendre est presque constante durant le processus de fermentation, tandis que la densité du moût diminue au cours de la fermentation, mais elle reste comprise entre 1.05 et 1.01.

Les dattes de faible valeur marchande demeurent un substrat de choix pour la mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'alcool industriel vu la simplicité du procédé, une telle industrie doit être mise en place dans les régions phoenicicole, car elle permet certainement de limiter en partie l'érosion génétique dont souffre la palmeraie algérienne.

Enfin, les résultats de ce travail, bien que préliminaire, ouvrent des voies prometteuses pouvant contribuer à fournir localement du moins, un moyen de production de bioéthanol à partir d'un produit local de faible valeur marchande.

Par comparaison entre l'éthanol commercial (sucre blanc) et le bioéthanol extrait par de des déchets des dattes, nous avons trouvé facilement qu'il n'y a pas une grande différence.

En conclusion, les deglat Talmine une faible valeur marchande dans la région d'Adrar présentent un très bon substrat de fermentation alcoolique pour la réalisation d'une installation semi-pilote de production d'éthanol dans le futur proche.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] A. E. SOULIMANI, A. ARROUSSI, and others, “VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS DES DATTES A PARTIR DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE SUIVI PAR LA DIGESTION ANAEROBIE,” 2018.
- [2] S. Chibi and D. El-Hadi, “La bio-production de l'éthanol à partir de déchets de dattes: effet de l'incorporation des cendres du noyau de Deglet-Nour sur le rendement,” *Agrobiologia*, vol. 8, no. 1, pp. 685–694, 2018.
- [3] F. CHERIET and S. E. BENZIOUCHE, “Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie,” *New Medit Mediterr. J. Econ. Agric. Environ. Rev. Méditerranéenne d'Economie Agric. Environ.*, vol. 11, no. 4, p. 49, 2012.
- [4] A. Missaoui, “Etude de la conversion de la biomasse en energie par un procédé hydrothermal de carbonisation-Caractérisation des produits issus des grignons d'olive,” Université d'Orléans, 2018.
- [5] D. Ballerini, *Biocarburants (Les)*. Editions OPHRYS, 2011.
- [6] R. Moletta, *La méthanisation*. Tec et Doc, 2008.
- [7] H. Akin, “Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins: modélisation et interprétation métabolique,” 2008.
- [8] B. Benali, A. Djaber, and others, “Production du biodiesel à partir d'une plante spontanée,” Université Ahmed Draïa-ADRAR, 2015.
- [9] W. Yu and Q. Michelle, “Etude de procédés de conversion de biomasse en eau supercritique pour l'obtention d'hydrogène.: Application au glucose, glycérol et bio-glycérol,” Toulouse, INPT, 2012.
- [10] M. WHITWHAM, “PRODUIRE DES BIOCARBURANTS À PARTIR DE MICROALGUES,” *Systèmes solaires (Revue)*, no. 198, pp. 66–69, 2010.
- [11] H.-J. Barchmann, M. Besa\''ih, and others, “Le potentiel de la biomasse dans les pays méditerranéens,” *Proj. Rapp. Comm. SUR L'ÉNERGIE, L'ENVIRONNEMENT L'EAU*, 2012.
- [12] L. Touati, “Valorisation des grignons d'olive étude de cas: essai de valorisation en biocarburant,” Université de Boumerdès-M'hamed Bougara, 2013.
- [13] V. Marie, D. Christian, B. Christophe, and G. Alain, “EVALUATION DE LA VALORISATION ENERGETIQUE ET DE LA DIGESTIBILITE DES ACIDES AMINES D'UN PRODUIT OBTENU PAR ASSOCIATION DU SON DE BLE ET DU CO-PRODUIT DE LA DISTILLATION DE BIO-ETHANOL, EN

Références bibliographiques

COMPARAISON AVEC LE SON DE BLE, SUR MODELE COQ INTACT ET CAECECTOMISE.”

- [14] F. Bounoua, “Dédicaces Je dédie ce travail à mes parents , à ma petite famille et à ma,” 2017, [Online]. Available: http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/3843/1/Master_2_FS_Boumerdes_2017_BOUNOUA_Fouad_Finale.pdf.
- [15] A. Akbi, “Les implications du développement des biocarburants: Quel impact sur les pays en développement?,” Université Nice Sophia Antipolis, 2013.
- [16] J. Riess, “Intensification de la brique {guillemotleft}fermentation alcoolique{guillemotright} de substrats betteraviers (et autres substrats) pour la production d’éthanol,” Toulouse, INPT, 2012.

Résumé

Actuellement les possibilités de valorisation énergétique de la biomasse par les procédés biotechnologiques représentent une solution de choix pour l'utilisation des produits agricoles de faible valeur commerciale, les liquides des industries agro-alimentaires, les résidus de récoltes.... La valorisation de cette biomasse, en particulier de nature organique, se fait par différents procédés biotechnologiques. La région d'Adrar produit annuellement un tonnage important de dattes, environ 675 mille quintaux par an (D.S.A, 2008). Aujourd'hui grâce aux procédés biotechnologiques, il est possible de valoriser les dattes de faible valeur marchande et de mettre sur le marché local et international, une nouvelle génération de produits à hautes valeurs ajoutées tel que le bioéthanol. Dans cette optique, de nombreux essais de fermentation alcoolique à l'échelle de laboratoire sont lancés afin de fixer les paramètres suivants : le taux de dilution, la quantité de levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et le temps de fermentation afin d'optimiser le procédé. Nous avons comparé le degré d'alcool, densité, indice de réfraction d'alcool brut de variétés de dattes deglet Talmine avec l'alcool commerciale (96°). Est conforme aux normes internationales (INRS, 1997).

Les mots clé : bioéthanol, fermentation, datte, biologique. Alcool

ملخص

في الوقت الحالي، تمثل إمكانيات استعادة الطاقة من الكتلة الحيوية من خلال عمليات التكنولوجيا الحيوية حلاً مختاراً لاستخدام المنتجات الزراعية ذات القيمة التجارية المنخفضة، والسوائل من الصناعات الغذائية الزراعية، ومخلفات المحاصيل.... يتم تقييم هذه الكتلة الحيوية، ولا سيما ذات الطبيعة العضوية، من خلال عمليات التكنولوجيا الحيوية المختلفة. تنتج منطقة ادرار سنويًا حمولة كبيرة من التمور، حوالي 675 ألف قنطار سنويًا (DSA، 2008) واليوم بفضل عمليات التكنولوجيا الحيوية، من الممكن تطوير التمور ذات القيمة التجارية المنخفضة وطرحها في الأسواق المحلية والدولية، جيل جديد من المنتجات ذات القيمة المضافة العالية مثل الإيثانول الحيوي. مع وضع هذا في الاعتبار، يتم إطلاق العديد من اختبارات التخمير الكحولي على نطاق المختبر من أجل تعيين المعلمات التالية: معدل التخفيف، وكمية الخميرة (*Saccharomyces cerevisiae*) ووقت التخمير من أجل تحسين العملية. قمنا بمقارنة درجة الكحول والكثافة ومعامل الانكسار للكحول الخام لأصناف من تمور دجلة ظلمين مع الكحول التجاري (96 درجة)، يتوافق مع المعايير الدولية (INRS، 1997).

الكلمات المفتاحية: الإيثانول الحيوي، التخمير، التمر، العضوي، كحول