

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR-KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Industriel



جامعة عباس لغرور خنشلة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم: الهندسة الصناعية

Mémoire de Master

No. Réf/...../2022

Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie Des Procédés de l'environnement

Réalisé par :

DERNOUNI Abdelkrim

DAHRAOUI Amer

Thème

Valorisation des déchets agricoles pour une agriculture durable et production du bioéthanol à partir des cucurbitacées de l'été: Melons et pastèques

Soutenu le 30/06/2022 devant la commission d'examen composée de :

Pr	Zohir NEDJAR	PRESIDENT
Pr.	Messaoud BENOUNIS	RAPPORTEUR
Dr	Rafiaa KIHAL	EXAMINATEUR



Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à mes parents

(Zoulikha et Mohamed),

A ma femme Abla

*À mes sœurs (Nassima et Syhem) et mes frères (Wahab, Lotfi et
Chaouki).*

A mes enfants (Imene et Youcef)

*À mes chers amis et collègues, ainsi qu'à toute la promotion de
génie des procédés 2021/2022*

Abdelkrim





Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à mes parents

(MERIEM et Mohamed),

A ma femme et mon cher petit fils iyed

*À ma sœur (Amel) et mes frères (SALIM, SABER, DJALEL et
TOUFIK).*

*À mes chers amis et collègues, ainsi qu'à toute la promotion de
génie des procédés 2021/2022*

Amer





Remerciements

*Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir aidés à réaliser ce modeste travail. Nos remerciements s'adressent à Monsieur le Professeur **BENOUNIS Massaoud** pour nous avoir encadré et orienter pour la réussite de nos travaux, ainsi que toute l'équipe du Laboratoire (LCIP). Nous remercions très chaleureusement **Dr.B.Lilia** qui n'a ménagée aucun effort pour que ce mémoire puisse voir le jour. Nous l'exprimons notre gratitude de nous avoir dirigée, encouragée et surtout aidé afin de réaliser ce travail.*

Nous remercions également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail :

- *Pr. M. BENOUNIS*
- *Pr.Z. NEDJAR*
- *Dr.R.KIHAL*

Nous Remercions tous les enseignants du Génie des procédée de l'université Abbes LAGHROUR Khenchla. Nous sommes reconnaissantes à tous ceux qui nous ont apporter l'aide de près ou de loin et qui nous ont aider à réalise ce modeste travail.

Abdelkrim et Amer



Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Généralité sur les alcools	4
I.1. Introduction.....	5
I.2. Les alcools	5
I.3. Classification des alcools.....	5
I.3.1. Alcools primaires	5
I.3.2. Alcools secondaires	5
I.3.3. Alcools tertiaires	5
I.4. Propriétés physiques et chimique de quelques alcools	6
I.5. Le Bioéthanol.....	8
I.6. Différents génération de bioéthanol	8
I.6.1. Le bioéthanol de première génération	8
I.6.2. Le bioéthanol de deuxième génération	9
I.6.3. Le bioéthanol de troisième génération.....	9
I.7. Schéma représente les types de production des alcools.....	11
I.8. Alcool synthétique	11
I.9. Production de l'alcool éthylique par fermentation	12
I.9.1. Microorganismes utilisés dans la fermentation.....	13
I.9.1.1. La levure	13
I.9.1.2. Métabolisme.....	14
I.9.2. Effets de la température et du pH sur la fermentation.....	15
I.10. Les Avantages et les inconvénients de bio éthanol	15
I.10.1. Les avantages	15
I.10.2. Les inconvénients.....	15
I.11. Conclusion	16
CHAPITRE II :Production d'éthanol à partir des matières premières différentes : analyse bibliographique	17
II.1. Introduction.....	18
II.2. Différentes matières premières utilisés dans la production d'éthanol.....	18
II.2.1. Le pastèque et melon	18
II.2.1.1. Définition de la pastèque.....	18
II.2.1.2. Définition du melon	18
II.2.1.3. Composition chimique du pastèque et melon.....	20
II.2.1.4. Jus de pastèque (melon)	20
II.3. Production d'éthanol à partir de différent matières premières.....	20
II.3.1. Production d'alcool à partir de déchets de pastèque et du melon	20

II.3.1.1. Matériels et techniques de travail.....	20
II.3.1.2. Matériel biologique	22
II.3.1.3. Matière végétale.....	22
II.3.1.4. Procédé de la fermentation alcoolique	23
II.3.1.5. Distillation alcoolique	24
II.3.1.6. La distillation alcoolique	24
II.4. Technique d'analyse	24
II.5. Conclusion	25
CHAPITRE III : Production du bioéthanol à partir des cucurbitacées de l'été :.....	26
Melons et Pastèque.....	26
III.1. Contexte et Objectif.....	27
III.2. Matériels et Méthodes	27
III.2.1. Procédés globaux de la production d'éthanol	27
III.2.2. Matériel biologique	28
III.2.3. Matière végétale	29
III.2.3.1. Déchets utilisés	29
III.2.3.2 Déchet de pastèque	29
III.2.3.3 Déchet de melon	30
III.2.3.4 La fermentation.....	30
III.2.3.5 Préparation de levure (activation).....	30
III.2.3.5.1 Méthode expérimentales	31
III.2.3.5.2 Fermentation des déchets :.....	31
III.2.3.5.3 Filtration.....	32
III.2.3.5.4 Distillation.....	33
III.2.3.5.5 la distillation alcoolique.....	34
III.2.3.5.6 Méthodes d'analyses	34
III.2.3.5.6.1 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV visible.....	34
III.2.3.5.6.2 Intérêt analytique des spectres d'absorption UV-visible	36
III.2.3.5.6.3 Validité de la loi de Beer Lambert	37
III.2.3.5.6.4 Méthodes de quantification	37
III.2.3.5.6.5 Appareillage.....	39
III.2.3.5.6.6 Spectrométrie moléculaire IR.....	40
III.2.3.5.6.7 Spectrophotomètre à transformée de Fourier (IRFT)	41
III.2.3.5.6.8 Intérêt analytique du spectre IR.....	43
III.2.3.5.7 Indice de réfraction.....	43
III.2.3.5.7.1 Introduction	43
III.2.3.5.7.2 Réfractomètre	43
III.2.3.5.7.3 Principe théorique du réfractomètre.....	44

III.2.3.5.7.4 Principe théorique du réfractomètre.....	44
III.2.3.5.7.5 Calcul de l'indice de réfraction.....	45
III.2.3.5.7.6 Réfractomètre utilisé dans l'analyse	46
III.2.3.5.8 Fabrication de gel désinfectant	46
III.2.3.5.8.1 Produits et matériel nécessaire	47
III.2.3.5.8.2. Matériel	47
III.2.3.5.8.3 Produits.....	47
III.2.3.5.8.4 Protocole	47
III.2.3.5.9 Gel de bioéthanol issu de pastèque.....	47
III.2.3.5.10 Gel d'éthanol industriel.....	47
III.3. Résultats et discussion	48
III.3.1. Introduction.....	48
III.3.2. Rendement de fermentation	48
III.3.3 Discussion sur le rendement d'éthanol	48
III.3.4 Propriétés physico-chimiques	49
Conclusion générale	55

Liste des figures

FIGURE 1: PRODUCTION DE BIOETHANOL A PARTIR DE LA BIOMASSE DE PREMIERE GENERATION	9
FIGURE 2: FILIERES DE PRODUCTION DE BIOCARBURANTS DE TROISIEME GENERATION	10
FIGURE 3: SCHEMA RESUME LES DEFERENTES GENERATIONS DE PRODUCTION DE BIOETHANOL	10
FIGURE 4: TECHNIQUES UTILISEES DE PRODUCTION DES ALCOOLS	11
FIGURE 5: PROCEDE DESCRIPTIVE DE SYNTHESE D'ETHANOL	12
FIGURE 6: REACTION DE CONVERSION DE GLUCOSE EN ETHANOL.....	13
FIGURE 7: ASPECT MICROSCOPIQUE DES LEVURES APRES CULTURE (GROSSISSEMENT X 400)	13
FIGURE 8: PHOTO EXPLICATIF DE LEVURE SACCHAROMYCES CEREVISIAE	14
FIGURE 9: DIFFERENTES VARIETES DES PASTEQUES ET MELONS.....	19
FIGURE 10: COMPOSITION BIOCHIMIQUE DU PASTEQUE (MELON)	20
FIGURE 11: MOUT DE PASTEQUE OU MELON	21
FIGURE 12: DIAGRAMME DE PRODUCTION D'ETHANOL	22
FIGURE 13: FERMENTATION ALCOOLIQUE	24
FIGURE 14: DIAGRAMME PRESENTEE LES DIFFERENTES ETAPES DE FABRICATION D'ETHANOL.....	28
FIGURE 15: LEVURE SACCHAROMYCES CEREVISIAE (SAF-INSTANT)	29

FIGURE 16: DECHET DE PASTEQUE	29
FIGURE 17: DECHET DE MELON.....	30
FIGURE 18: FERMENTATION DE MELON.	31
FIGURE 19: FERMENTATIONS DE PASTEQUE	31
FIGURE 20: JUS DE PASTEQUE APRES FERMENTATION.	32
FIGURE 21: JUS DE MELON APRES FERMENTATION.....	33
FIGURE 22: DISPOSITIFS UTILISES POUR LA DISTILLATION.....	33
FIGURE 23: SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE DE LA LUMIERE ET DOMAINE UV-VISIBLE.	35
FIGURE 24: PRINCIPE D'UN ETALONNAGE PAR AJOUTS DOSES	38
FIGURE 25: SPECTROPHOTOMETRE MONO FAISCEAU-MULTI CANAL OU A BARRETTE DE DIODES	39
FIGURE 26: LE SPECTROPHOTOMETRE-UV UTILISE POUR L'ANALYSE (SHIMADZU UV 1800).....	39
FIGURE 27: SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE DE LA LUMIERE ET DOMAINE IR	40
FIGURE 28: SCHEMA DU SPECTROPHOTOMETRE A TRANSFORMEE DE FOURIER (IRFT)	42
FIGURE 29: SPECTROMETRE IR UTILISE POUR L'ANALYSE.....	43
FIGURE 30: SCHEMA DE REFRACTION	44
FIGURE 31: FRONTIERE LIMITE A L'INTERIEUR DU PRISME DU FAIT DE LA REFRACTION	45
FIGURE 32: REFRACTOMETRE UTILISE POUR L'ANALYSE.....	46
FIGURE 33: HISTOGRAMME DES VOLUMES D'ETHANOL OBTENUE A PARTIR DE LA VALORISATION DES DECHETS VEGETAUX DES VOLUMES D'ETHANOL OBTENUE A PARTIR DE LA VALORISATION DES DECHETS VEGETAUX	49
FIGURE 34: DENSIMETRE FIGURE 35: REFRACTOMETRE.....	50

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : PROPRIETES CHIMIQUE DE QUELQUES ALCOOLS	6
TABLEAU 2: PROPRIETES PHYSIQUE DE QUELQUES ALCOOLS	7
TABLEAU 3: TEMPS DE RETENTION DES COMPOSES QUANTIFIES PAR HPLC	25
TABLEAU 4: ESSAIS DE FERMENTATIONS.	32
TABLEAU 5: VARIATION DE RENDEMENT, CONVERSION ET DEGRE D'ETHANOL OBTENUE.....	48

TABLEAU 6: PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUE DE BIOETHANOL OBTENIR PAR DEFERENT DECHET	50
TABLEAU 7: COMPARAISON ENTRE BIOETHANOL DU PASTEQUE ET L'ETHANOL COMMERCIAL	51
TABLEAU 8:TABLEAU RECAPITULATIF DES CONDITIONS ET RESULTATS DU MEILLEUR RENDEMENT EN BIOETHANOL.	52
TABLEAU 9: LE POURCENTAGE VOLUMIQUE DE BIOETHANOL DANS LES DIFFERENTS DISTILLATS RECUPERES SUIVANT L'INDICE DE REFRACTION	52

Introduction

Introduction

Les énergies fossiles sont les plus produites et utilisées dans les différentes activités comme carburant énergétiques ; le pétrole, le gaz et un peu moins le charbon sont les principaux fuels et parmi les causes de la pollution atmosphérique dans le monde. Nous assistons à des augmentations croissantes de consommation de ces produits. Afin de pallier à cette forte pression sur les énergies dites classiques ; des expériences probantes de substitution ont été déjà menées ailleurs pour réduire cette surconsommation d'énergies fossiles. L'investissement s'oriente vers les énergies renouvelables : solaire, éolienne, géothermique, hydraulique et biomasse...etc.) [1].

La biomasse se forme des différents types d'écosystèmes et participe à leurs équilibres naturels. Dans le passé, la biomasse est utilisée par l'homme comme des amendements pour ses cultures agricoles et également comme matériaux de chauffage ou de construction rustiques. Ensuite, elle est utilisée comme matière première pour la production d'énergie pour certaines activités industrielles et de services [2]. L'utilisation de la biomasse pour une production d'agro-carburants [3].

Par ailleurs, les frères Büchner dès 1897 ont démontré qu'un extrait de levure sans cellules pouvait convertir le glucose en CO₂ et en alcool. Cette expérience simple a démontré pour la première fois que les réactions de la vie peuvent se dérouler en dehors de la cellule vivante, et a marqué le début de la biochimie moderne. En 1930, il était devenu clair que la fermentation est un processus métabolique complexe qui résulte de la succession ordonnée de réactions chimiques [4].

La valorisation des déchets organiques pour la production de l'éthanol donne beaucoup d'avantages, tels que l'utilisation du bioéthanol comme carburant bio, produits dans les traitements de surface, intervient dans plusieurs industries chimiques comme solvants ...etc).

Le bioéthanol est obtenu par la fermentation des matières agricoles, c'est un alcool très pur et riche en Sucre [5], ces ressources peuvent être classées en trois types :

- Les cultures sucrières (canne à sucre, sorgho doux, etc.).
- Les cultures d'amidon (maïs, blé, etc.).
- Les cultures biomasse (reste de fruits, légumes, etc.) [6].

L'éthanol, en tant que combustible propre et renouvelable, est considéré comme une bonne alternative pour remplacer les carburants classiques fossiles [7, 8].

Bien que l'équivalent énergétique de l'éthanol soit 68% inférieur à celle du carburant issu du pétrole ou du gaz naturel, la combustion de l'éthanol est plus propre [9,10].

Introduction

En 2011, l'Algérie a lancé un programme ambitieux pour le développement des énergies renouvelables, qui s'appuie sur la mise en valeur des sources inépuisables pour diversifier les sources d'énergie et anticiper les besoins d'avenir [11].

Notre travail est une continuité aux travaux précédents menés par nos prédécesseurs encadrés par *le Professeur BENOUNIS* au sein *du Laboratoire (LCIP)*

Les potentialités algériennes en matière de production de bioéthanol s'articulent sur la richesse en matière de produits agricoles sucrés ; exemple des fruits de saison en abondance, comme la pastèque et le melon. Le développement croissant de leurs cultures constitue le pivot de l'agriculture surtout dans la région sud de la wilaya de Khenchela (zone saharienne) avec une production d'environ 300.000 quintaux de pastèques et 50.000 quintaux de melon selon les prévisions des services agricoles [12]. La pastèque et le melon sont caractérisés par leur forte teneur en sucre (70-80%) : glucose, fructose et saccharose [13].

Les microorganismes les plus appropriés pour la production d'éthanol à partir de sucres fermentescibles sont les levures du genre *Saccharomyces* [14].

Ce travail s'intéresse à la production de bioéthanol à La production de bioéthanol à partir des matières premières différentes (pastèque et melon), qui complète les études des projets nationaux de recherches (PNR) dirigés par le Professeur Benounis et son équipe de recherche pluridisciplinaire y compris les partenaire sociaux-économique dans le but de promouvoir l'économie circulaire et le développement durable.

La première partie présente la synthèse bibliographe dans laquelle le premier chapitre présentera des généralités sur les alcools et de bioéthanol. Le seconde chapitre consacré la production de bioéthanol à partir des matières premières différentes et quelques procédés de production.

La seconde partie est une étude expérimentale composée des sous chapitres suivants :

- Matérielle et les méthodes adoptées dans ce travail.
- Production du bioéthanol à partir des matières premières déférentes.
- Détermination du degré de bioéthanol
- Comparaison des rendements de production du bioéthanol entre les matières utilisées

Chapitre I : Généralité sur les alcools

I.1. Introduction

Les alcools sont des produits organiques à une fonction **OH** d'origine biologique et agricole obtenu par fermentation des sucres et utilise des organismes comme les levures, ou d'origine synthétiques comme hydratation des alcènes [15].

L'éthanol est un composé de familles des alcools obtenu par fermentation des matières qui contient des sucres (alcool éthylique) [16].

I.2. Les alcools

Les alcools sont des molécules dont la fonction est le groupe hydroxyle OH porté par un atome de carbone. Ils sont noté R-OH [17].

I.3. Classification des alcools

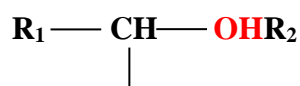
I.3.1. Alcools primaires

Un alcool est dit primaire si le carbone fonctionnel portant la fonction $-OH$ est lié à un seul carbone [18].



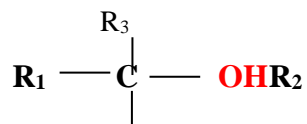
I.3.2. Alcools secondaires

Un alcool est dit secondaire si le carbone fonctionnel portant la fonction $-OH$ est lié à deux carbones [18].



I.3.3. Alcools tertiaires

Un alcool est dit tertiaire si le carbone fonctionnel portant la fonction $-OH$ est lié à trois Carbones [18].



I.4. Propriétés physiques et chimique de quelques alcools

Les propriétés physiques et chimiques des alcools, étroitement liées aux performances techniques, paramètres importants définissant le type de solvants utilisés industriellement et leur déploiement, les propriétés physiques et chimiques sont définies dans le tableau : (Tableau I.1 et I.2) [19].

Tableau 1 : Propriétés chimique de quelques alcools [20,21, e1, e2]

No m UIC PA	Méthanol	Eth a n o l	Propan-1-ol	Butanol
Formulé brut	CH ₄ O	C ₂ H 6 O	C ₃ H ₈ O	C ₄ H ₁₀ O
No CAS	67-56-1	64- 1 7 - 5	71-23-8	71-36-3
Masse molaire	32,04	46.4	60.095	74.12
Apparence	Liquide incolore, d'odeur caractéristique	Liquide incolore, d'odeur caractéristique	Liquide incolore, d'odeur caractéristique	Liquide incolore, d'odeur Caractéristique

Tableau 2: Propriétés physique de quelques alcools [20,21, e1, e2]

Nome UICPA	Méthanol	Ethanol	Propan-1-ol	Butanol
T° fusion	-97,8°C	-114 °C	-127°C	-89.8 °C
T° ébullitions	64,5°C	78 °C	97°C	117.7 °C
Masse volumique	0.791 g cm ⁻¹	0.789 g cm ⁻¹	0.8 g cm ⁻¹	0.81 g cm ⁻¹
T° d'auto-inflammations	464°C	423 à 425 °C 363°C (selon les sources)	371°C	345°C
Point d'éclair	12°C en coupelle fermée	Coupelle fermée 13°C 17°C 95% vol 21°C 70% vol 49°C 10% vol 62°C 5% vol	15°C (couple fermée)	29°C (couple fermée)
Pression de vapeur	3,8 kPa à 0 °C 2,3 kPa à 20 °C 4,4 kPa à 40 °C	20 °C : 5.8 kPas	20°C : 20kPas	20°C : 0.6kPas
Viscosité dynamique	0.5513 mPas à 25C° liquide	1.20*10 ⁻³ Pas à 20°C	2.2*10 ⁻³ Pa s	2.95 mPa.s (20°C)
Capacité calorifique a pression constant C _p	79,5 J mol ⁻¹ K ⁻¹	111 J K ⁻¹ mol ⁻¹	38.40 J K ⁻¹ mol ⁻¹	176.86 J K ⁻¹ mol ⁻¹
Pouvoir calorifique supérieure PCS	726,1 kJ mol ⁻¹ (2 5 °C, liquide)	1366.8 KJ mol ⁻¹ (liquide)	2021.3 KJ mol ⁻¹ (liquide)	36.1KJ mol ⁻¹

I.5. Le Bioéthanol

Le bioéthanol est considéré comme un biocarburant dans le monde avec une formule chimique C_2H_6O [3], il est produit à partir de plantes sucrières et de féculents ou des matières premières qui les contiennent (maïs et canne à sucre) [22].

La pastèque et le melon contiennent du sucre, sous la forme d'un polymère, à partir duquel le nom de l'amidon est dérivé [25].

Le processus de fermentation de ces plantes se déroule dans des conditions contrôlées, où ce sucre est transformé en éthanol, puis plusieurs distillations sont effectuées qui séparent l'eau de l'alcool dans plusieurs proportions différentes en fonction du nombre de processus de distillation [26].

Après fermentation, on obtient un mélange contenant de l'éthanol en proportions L'éthanol à formule chimique est un liquide portable avec une odeur agréable dans une certaine mesure, incolore, détectable à 84 ppm.

Une des propriétés de l'éthanol qui se mélange complètement à l'eau. L'un des avantages de l'éthanol est qu'il accepte les mélanges avec la plupart des solvants courants et est un bon dissolvant d'huile et de graisses [6].

I.6. Différents génération de bioéthanol

I.6.1. Le bioéthanol de première génération

Le bioéthanol de première génération est obtenu par fermentation alcoolique de sucres fermentescibles (glucose, saccharose, etc.). Ces sucres sont soit directement présents dans la plante, soit obtenus après hydrolyse enzymatique, la figure I.1 suivant expliqué la production de bioéthanol de première génération [27].

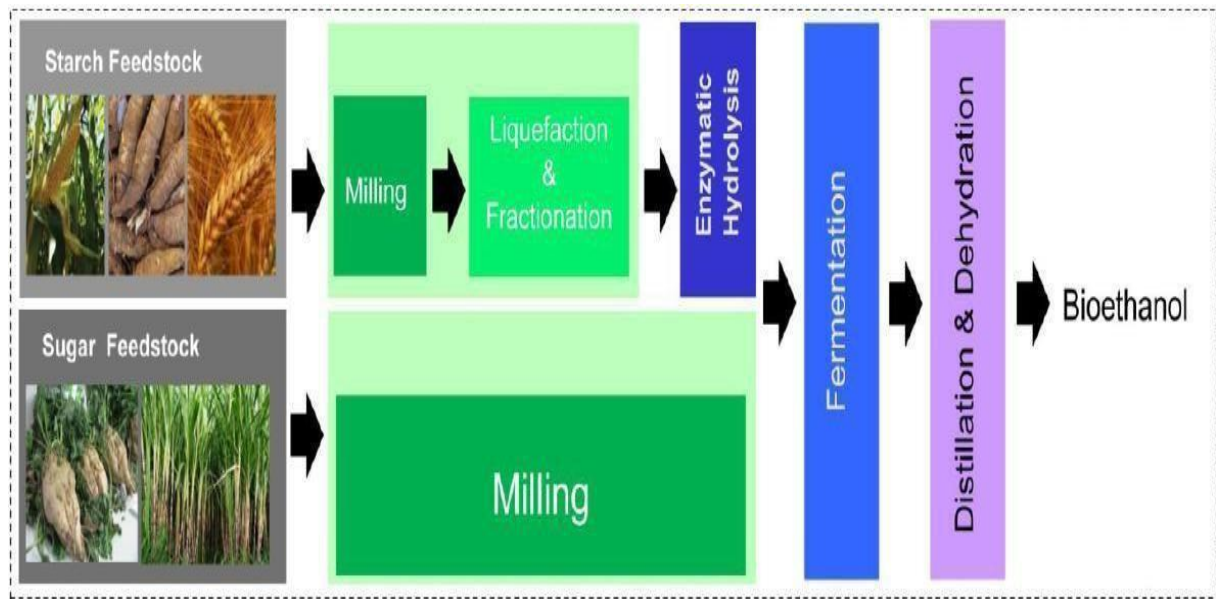


Figure 1: Production de bioéthanol à partir de la biomasse de première génération [6]

I.6.2. Le bioéthanol de deuxième génération

Le bioéthanol de deuxième génération, également appelé « biocarburant avancé », est produit par des matières premières lignocellulosiques et des résidus de forêts agricoles. Les avantages de ces matières premières sont la facilité de disponibilité [28]. 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. D'autres problèmes principaux liés à la production de bioéthanol de deuxième génération sont l'exigence de technologies et d'installations [29].

I.6.3. Le bioéthanol de troisième 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, la figure I.2 suivant expliqué la production le bioéthanol de troisième génération [28].

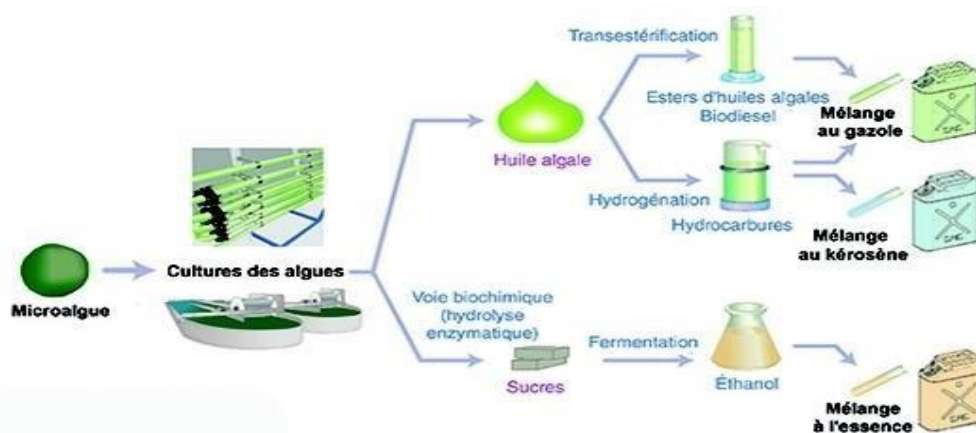


Figure 2: Filières de production de biocarburants de troisième génération [e1]

La figure I.3.suivant présente un schéma des différentes générations de la production de bioéthanol.

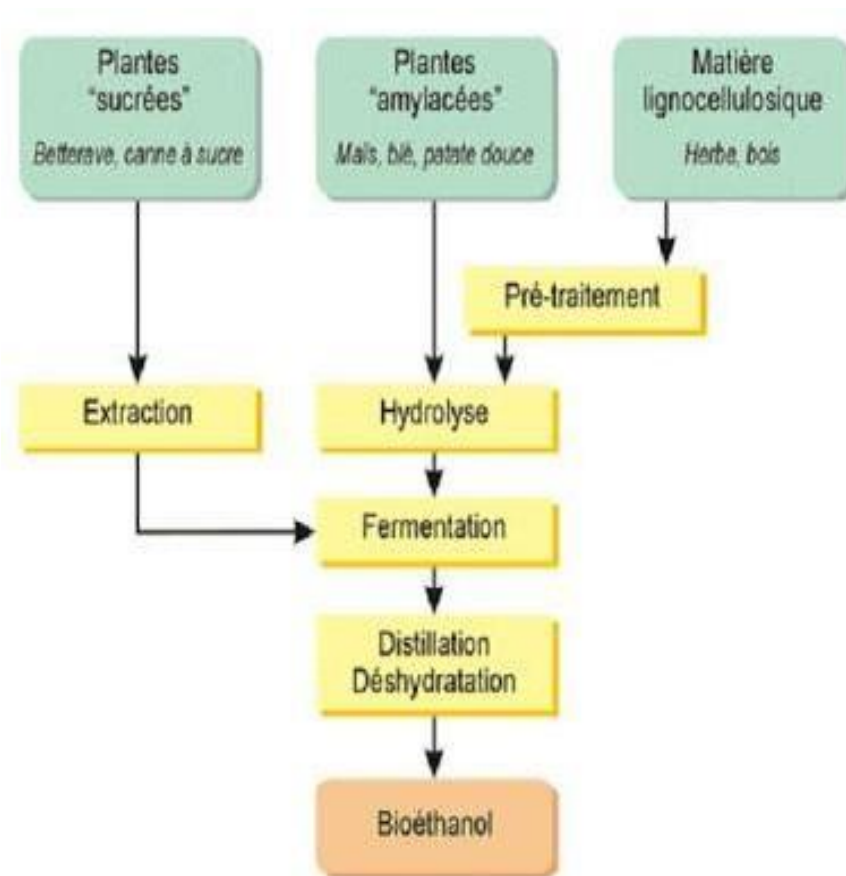


Figure 3: Schéma résume les différentes générations de production de bioéthanol [e2]

I.7. Schéma représente les types de production des alcools

L'alcool éthylique produit par synthèse chimique ou par fermentation des matières amylase comme Figure I.5.

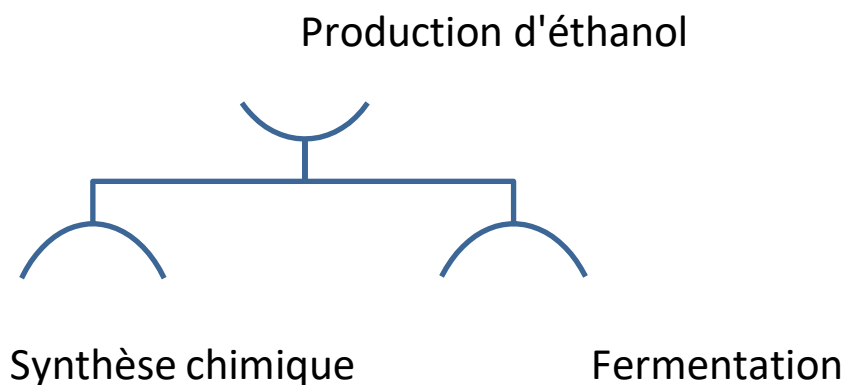


Figure 4: schéma représente la production des alcools

I.8. Alcool synthétique

La réutilisation du CO_2 comme matière première chimique devient très importante à partir du Point de vue de la prévention du réchauffement climatique. Récemment, des études concernant la synthèse de méthanol par hydrogénation du CO_2 a été augmentée.

Cependant, les études pour produire de l'éthanol, plus précieux que le méthanol, ont été assez maigres [30].

L'éthanol à usage industriel est désormais produit principalement soit par :

- Hydratation catalytique d'éthane sur des catalyseurs acides solides [30].
- Addition d'eau sur l'éthylène, en phase gaz, la réaction est catalysée par de l'acide phosphorique adsorbé sur un support solide. Elle a lieu sous pression, (6 à 8 MPa), et à température assez élevée (260 à 300°C) à cause de contraintes cinétiques. Nous admettrons que l'équilibre thermodynamique est atteint dans ces conditions, pour un temps de séjour dans le réacteur de l'ordre de la minute, la figure I.6 suivant schématise le procédé de synthèse d'éthanol à partir d'éthylène [31].

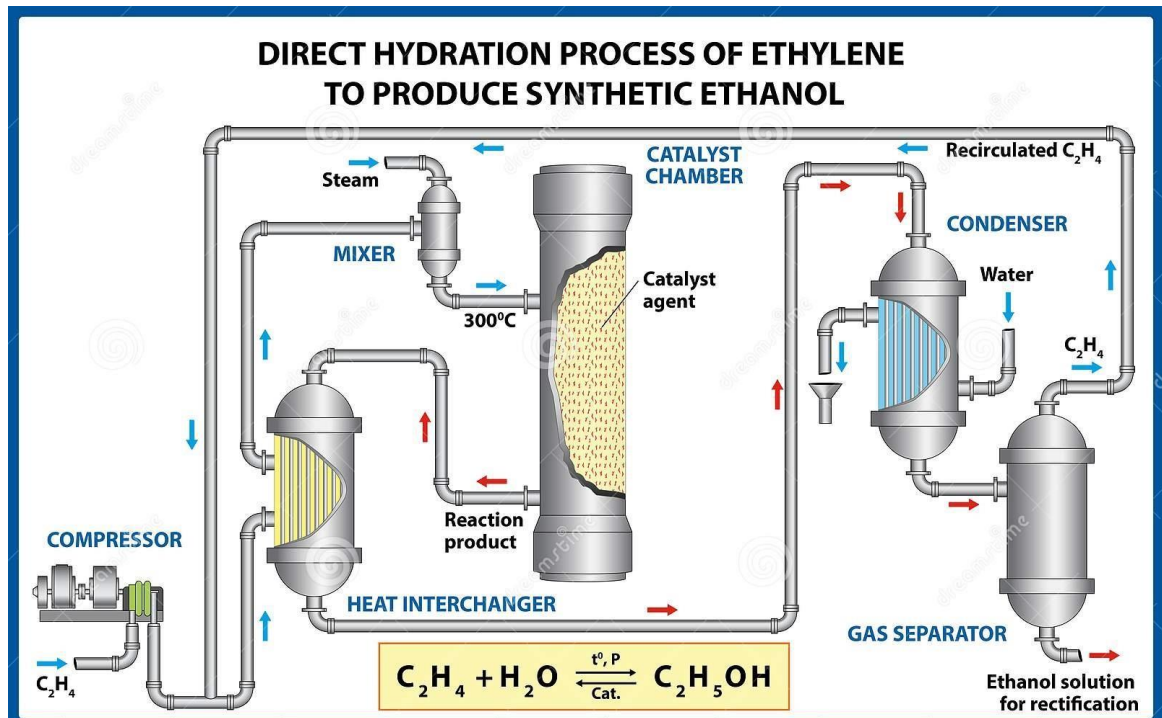


Figure 5: Procède descriptive de synthèse d'éthanol [31]

I.9. Production de l'alcool éthylique par fermentation

Processus de fermentation à partir de tout matériau contenant le sucre pourrait dériver de l'éthanol [6].

Les matières premières utilisées dans la fabrication d'éthanol par fermentation sont généralement classées en trois principaux types :

- Les sucres par exemple la canne à sucre, betteraves à sucre, mélasse et fruits peuvent être convertis en l'éthanol directement [6].
- Amidons : de maïs, de pommes de terre et racines) doivent d'abord être hydrolysées en sucres fermentescibles par l'action des enzymes du malt ou des moisissures.
- Matières cellulosiques (Amidons Cellulose) : à partir de bois, résidus agricoles, déchets de pâte et les papeteries) doivent également être transformées en sucres, généralement par l'action d'acides minéraux.

Une fois des sucres simples se forment, les enzymes des micro-organismes peuvent facilement les fermenter en éthanol [31].

Au cours de la fermentation alcoolique, les sucres fermentescibles contenus dans le grain sont convertis en éthanol (alcool éthylique) et en gaz carbonique par l'action des microorganismes, principalement des levures [6].

La figure I.6 représente la réaction de fermentation du glucose.

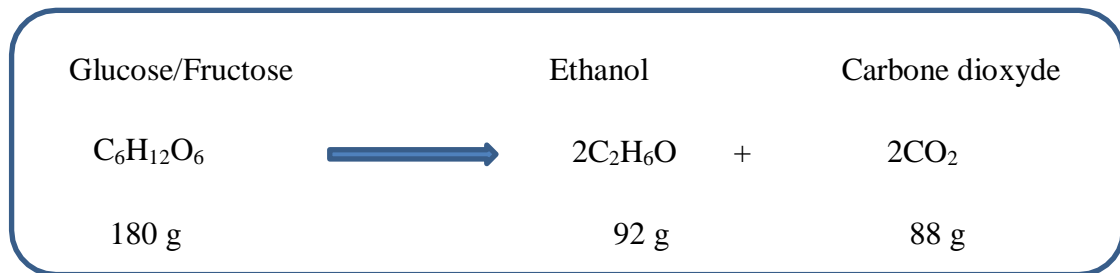


Figure 6: Réaction de Conversion de glucose en éthanol [5]

I.9.1. Microorganismes utilisés dans la fermentation

Dans le processus de fermentation anaérobie de matières organiques pour produire de l'éthanol, nous utilisons des micro-organismes comme [6].

- Les bactéries
- Les levures

I.9.1.1. La levure

Saccharomyces cerevisiae est un champignon ascomycète ubiquitaire. C'est une levure qui est retrouvée chez l'homme sous forme commensale. Elle est largement utilisée dans l'industrie agroalimentaire pour son rôle dans la fabrication de plusieurs aliments, notamment le pain et les boissons fermentées. Elle est aussi utilisée en tant que supplément nutritionnel et en tant que probiotique [32].

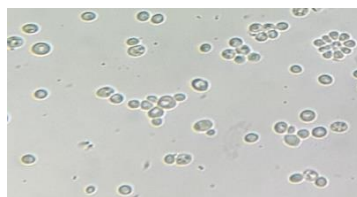


Figure 7: Aspect microscopique des levures après culture (grossissement x 400) [33]

Les levures sont des microorganismes unicellulaires qui ont une forme ovale ou sphérique et leur morphologie peut varier selon les conditions d'environnement ou leur état [6].

I.9.1.2. Métabolisme

La physiologie de la levure est caractérisée par son comportement métabolique. Les conditions environnementales et la nature de la source carbonée orientent le métabolisme de la levure qui peut être : soit purement oxydatif, soit oxydo-réductif soit fermentaire [33].

Réaction Métabolisme fermentaire avec levure s, s :

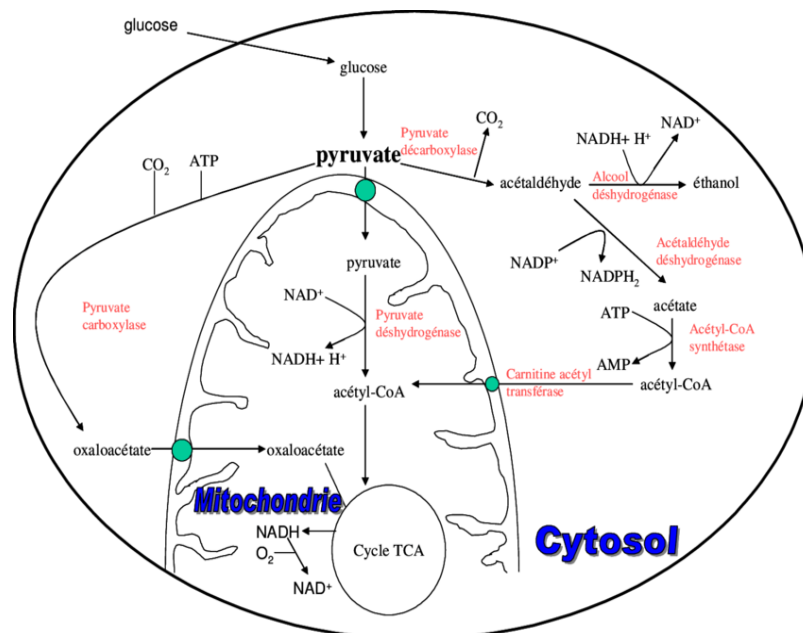


Figure 8: Photo explicatif de levure *saccharomyces cerevisiae* [34]

Plus de 95% de la production mondiale d'éthanol par fermentation utilise la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Pour produire efficacement l'éthanol, la levure doit posséder un nombre important de « propriétés » : tolérance à l'éthanol et à des températures élevées, capacité fermentaire élevée (faible production de co-produits), capacité d'assimilation de différents substrats, propriétés de floculation et/ou de sédimentation, osmotolérance, stabilité génétique [34].

I.9.2. Effets de la température et du pH sur la fermentation

Conformément aux lois thermodynamiques la température influence les réactions biologiques. Néanmoins, comme tout organisme vivant, la levure ne peut fonctionner que dans une gamme de température « optimale » et jusqu'à une température critique au-delà de laquelle elle ne peut survivre [35]. Ont réalisé plusieurs cultures de *Saccharomyces cerevisiae* conditions de température contrôlée variant de 27°C à 39°C. Le taux de croissance maximal a été obtenu à une température de 30°C alors que la vitesse spécifique de production d'éthanol maximale a été obtenue à une température de 33°C. Pour des températures supérieures à 30°C, des diminutions de la capacité de croissance et de la quantité finale de biomasse sont observées [6].

Les limites de pH reportées dans la littérature pour maintenir une croissance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* se situent entre 2,4 et 8,6, avec un pH optimal entre 4.5 et 5 [36]. Le maintien du pH cytoplasmique est indispensable à la survie de la levure. Ainsi [36] considèrent que le stress éthanolique provoque une chute du pH cytoplasmique, ce qui induit le décès cellulaire ; cette diminution du pH intracellulaire peut être due soit à un influx de protons [37,38] ou à une accumulation d'intermédiaires de la réaction (ex. acide acétique, glycérol, etc.) [39].

I.10. Les Avantages et les inconvénients de bio éthanol

I.10.1. Les avantages

- Élimination et conversion des déchets agricoles en éthanol
- L'éthanol est considéré comme une énergie propre et renouvelable d'énergie
- Revitaliser une économie, créer des emplois et développer les énergies renouvelables
- L'utilisation d'éthanol comme carburant réduit la pollution de l'air et le réchauffement climatique
- Bon substitut de carburant et assistant de performance du moteur
- Biodégradable

I.10.2. Les inconvénients

- Les véhicules utilisant l'éthanol produisent des émissions plus élevées d'oxyde d'azote, d'éthylène et d'acétaldéhyde que les véhicules à essence.

- Le prix de l'éthanol est un peu cher
- L'éthanol contient une proportion d'eau qui provoque la corrosion
- Inflammable.

I.11. Conclusion

Les déchets agricoles (biomasse) c'est une valeur de production des dérivées utilisées dans les cycles économiques ou énergétique pour ces études concerner la conversion de cette biomasse et éliminer la pollution et les rejets de déchet d'agricole.

CHAPITRE II : Production
d'éthanol à partir des
matières premières
différentes :
analyse bibliographique

II.1.Introduction

Des études ont montré que les fruits de saison, comme la pastèque et le melon, sont une source importante de la production d'alcool par la fermentation, en raison de leurs richesses en sucre dans ces déchets végétaux [56].

Compte tenu de la situation mondiale actuelle et la forte pression sur les énergies fossiles ainsi que les impacts négatifs l'environnement, nous devons nous tourner vers le bioéthanol et l'exploiter au mieux [41].

Nous pouvons extraire l'alcool éthylique et d'autres types d'alcool à travers les sucres fermentescibles présents dans la pastèque et le melon, et le gaspillage des fruits putréfiés ou échauffés nous permettent de cristalliser 60% des sucres, ce qui permet de les fermenter et de produire du bioéthanol après de nombreux processus avant et après la fermentation [26,42, 43].

L'Algérie peut bénéficier de l'expérience d'autres pays dans la production de bioéthanol, comme le Brésil, les États-Unis, le Canada et d'autres pays en raison de la quantité abondante de déchets de dattes et des vastes terres agricoles qui lui permettent de cultiver des fruits de saison et d'utiliser le surplus de production ou leurs déchets comme source principale pour la production d'alcool au lieu des dérivés du pétrole et de l'alcool chimique qui en est extrait [42].

II.2.Différentes matières premières utilisés dans la production d'éthanol

II.2.1. La pastèque et melon

II.2.1.1.Définition de la pastèque

Le fruit de la pastèque est une plante méditerranéenne à Gros fruit comestible à peau verte et luisante, à chair rouge et juteuse (syn. melon d'eau)

II.2.1.2.Définition du melon

Plante potagère annuelle (de la famille des Cucurbitacées) à tige rampante et à feuilles échancrées qui produit des fruits de forme arrondie et de couleur orange ou verte, comestibles.

Des matériaux précieux peuvent être produits en transformant ce sucre, qui est présent en grande partie dans les dattes, comme l'éthanol [44].

- Pastèques :

EL KENZ



MAXIMA



SOLEDADE

- Melons :



CORDOBA



CRYSTAL



WIFAK

Figure 9: différentes variétés des pastèques et melons [e3]

II.2.1.3. Composition chimique du pastèque et melon

La pulpe des fruits du pastèque et melon contiennent de l'eau et des sucres (glucose, fructose et saccharose) dans des proportions élevées entre 60% et 80% et également dans des proportions variables, ils contiennent des saccharides, des protéines et des vitamines.

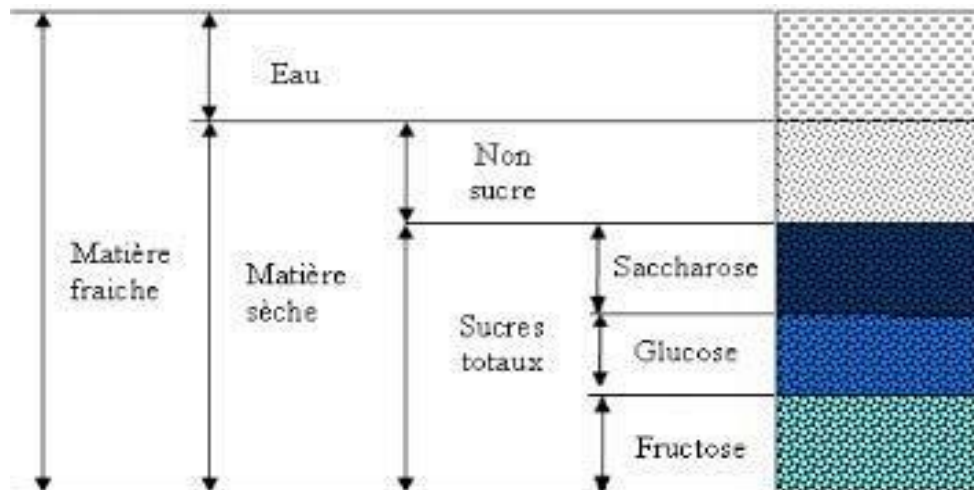


Figure 10: Composition biochimique du pastèque (melon) [6]

II.2.1.4. Jus de pastèque (melon)

Le sucre de la pastèque et du melon ou la cellulose est extrait en les coupant, puis en les mixant et en les filtrant et en les chauffant à 78 ° C pendant deux heures.

Après ce processus, l'extrait est centrifugé à 5000 tours par minute pendant 30 minutes, après avoir obtenu deux parties, la boisson sucrée est extraite et utilisée avec la levure comme source d'énergie carbonatée. [45]

II.3. Production d'éthanol à partir de déférent matières premières

II.3.1. Production d'alcool à partir de déchets de pastèque et du melon

II.3.1.1. Matériels et techniques de travail

Le diagramme ci d'issue représenter déférent étapes de production d'éthanol à partir de la pastèque ou melon



Figure 11: Moût de pastèque ou melon [45]

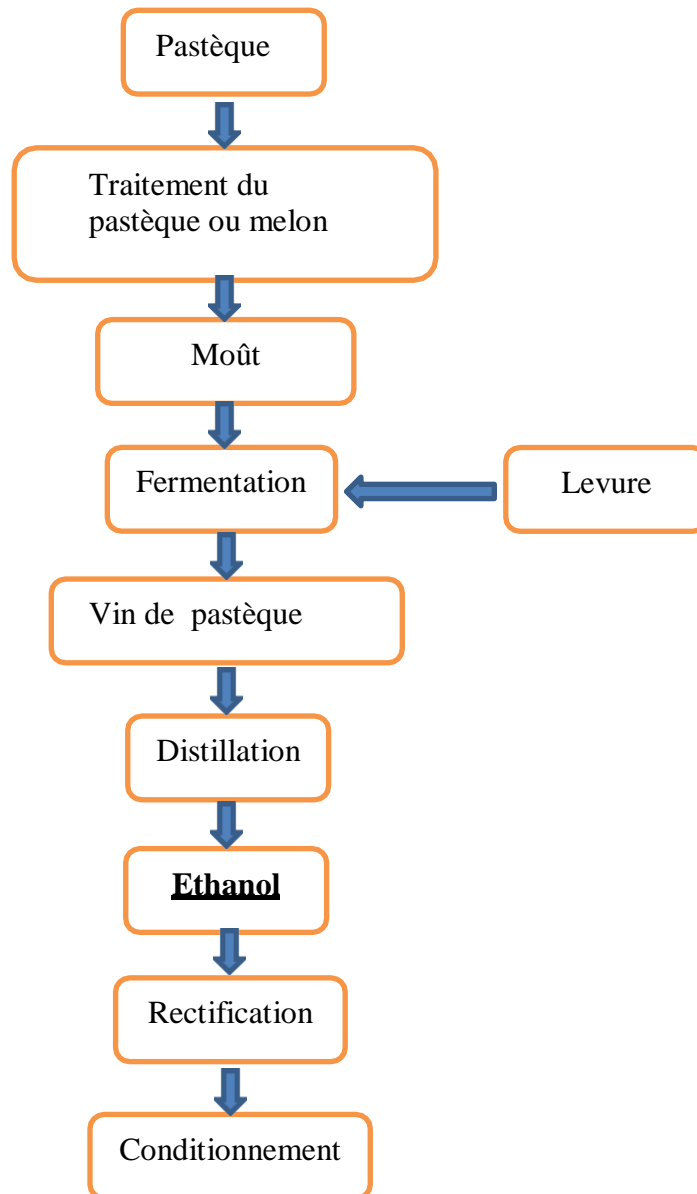


Figure 12: Diagramme de production d'éthanol [42]

II.3.1.2. Matériel biologique

La levure de boulangerie sèche, *Saccharomyces cerevisiae* est utilisée. Elle est conservée dans un endroit frais et sec. Cette souche est utilisée pour la production d'éthanol [53].

II.3.1.3. Matière végétale

Un mélange de rebuts de pastèque ou de melon est utilisé pour la présente étude. Ils proviennent des de la région sud de Khenchela. Une fois que les fruits de saison (pastèque ou melon) sont lavés, découpés et broyés, ils sont ensuite laissés fermentés

durant 7 jours dans des bidons hermétiquement fermés avec ajout de levure, pour favoriser la fermentation, avec un tuyau de dégazage du carbone qui barbote dans une bouteille d'eau pour constater la fermentation. Après tamisage, criblage, dégagement des débris solides, le substrat fermenté est décanté puis filtré. Le filtrat est ensuite porté au bain marie à 78 °C pendant 45 min et sous agitation continue [54]. S'ensuit un pressurage, puis une filtration à travers du papier Wattman N°4 afin d'en extraire le jus [55].

II.3.1.4. Procédé de la fermentation alcoolique

Après ensemencement du milieu par la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* (1 g/l) [57], le bio réacteur est plongé dans un bain-marie où la température est maintenue à 30 ± 2 °C. La fermentation est conduite en anaérobiose pendant 72 heures [58]. Toutefois, la fermentation est favorisée par une agitation due au mouvement des bulles du CO₂ dégagé [53].

Lors de la fermentation alcoolique, on peut observer

- Un dégagement de gaz carbonique.
- Une augmentation de la température, du milieu.
- Une accentuation de la couleur.
- Un changement d'odeur et de saveur, au début le liquide est sucré et à mesure de la fermentation, il devient de plus en plus alcoolisé et acide.
- Une diminution de la densité due à la transformation des sucres en alcool.
- Une augmentation du volume, dû à l'augmentation de la température et au gaz carbonique
- Qui s'échappe [42].

La fermentation est conduite dans le fermenteur rempli au 2/3 de sa capacité (conditions d'asphyxie). Le milieu de culture est enrichi avec du phosphate d'ammonium (2,5 g/l).

Le pH du milieu est ajusté entre 4,2 et 4,5. La température est maintenue à 30 ± 2 °C. La fermentation est conduite en anaérobiose pendant 72 heures [42].



II.3.1.5. Distillation alcoolique

A la fin de la fermentation, nous serons en présence d'un vin de pastèque ou de melon qu'il faut distiller pour pouvoir extraire l'éthanol. La température de distillation est de l'ordre de 78 °C. La rectification de l'alcool brut (flegme) nécessite une deuxième distillation [42].

II.3.1.6. La distillation alcoolique

A la fin de fermentation, l'éthanol est récupéré par distillation, la température de distillation est comprise entre 78 à 80°C [60].

II.4. Technique d'analyse

La HPLC permet de quantifier les concentrations des molécules suivantes :

- Les oses et diholosides tels que le saccharose, glucose, fructose, xylose.
- Les polyols tels que le glycérol.

- Les acides organiques tels que l'acide acétique.
- Les alcools tels que l'éthanol, et le butanol.

La détection des différents composés se fait à l'aide d'un réfractomètre ERC 7512 (Saitama, Japan). Le logiciel utilisé est IC Net version 2.3, Metrohm AG, Herisau, Switzerland.

Tous ces composés ont fait l'objet d'un étalonnage (Tableau II.2). Les temps de rétention permettent alors d'identifier les composés présents dans les échantillons prélevés [6].

Tableau 3: Temps de rétention des composés quantifiés par HPLC [6]

	Saccharose	Glucose	Fructose	Glycérol	Acide acétique	Ethanol
Retenir (min)	5.98	7.16	7.87	10.87	12.39	17.16

II.5. Conclusion

Les déchets Agrícola (biomasse) c'est une valeur de production de dérive utilise dans cycle économiques ou énergétique pour ces les études concerner la conversion de cette biomasse et éliminer la pollution et les rejets de déchet d'agricole

CHAPITRE III :
Production du bioéthanol à
partir des cucurbitacées de
l'été :
Melons et Pastèque

III.1. Contexte et Objectif

Ce chapitre représente la partie expérimentale de notre travail, description des différents appareillages, méthodes utilisées au niveau du laboratoire pédagogique et discussion des résultats obtenus ; ainsi que la comparaison des résultats précédents expérimentés dans les études auparavant.

Les objectifs tracés dans ce travail sont les suivants :

1. La synthèse de bioéthanol à partir de matières premières différentes (déchets de pastèque et de melon).
2. Déduire lequel de ces déchets va donner une grande quantité d'éthanol dans les mêmes conditions de fermentation (pH et température...etc) et de distillation pour chaque déchet.
3. Détermination de l'efficacité de la levure pour convertir la matière première à bioéthanol. A la fin en mesure le degré et la densité de bioéthanol à partir de l'étude de ses propriétés physico-chimiques.

III.2. Matériels et Méthodes

III.2.1. Procédés globaux de la production d'éthanol

La production d'éthanol à partir quel déchet se fait par des procédés et des traitements standards, les étapes de fabrication l'éthanol est représenté dans la figure III.1.

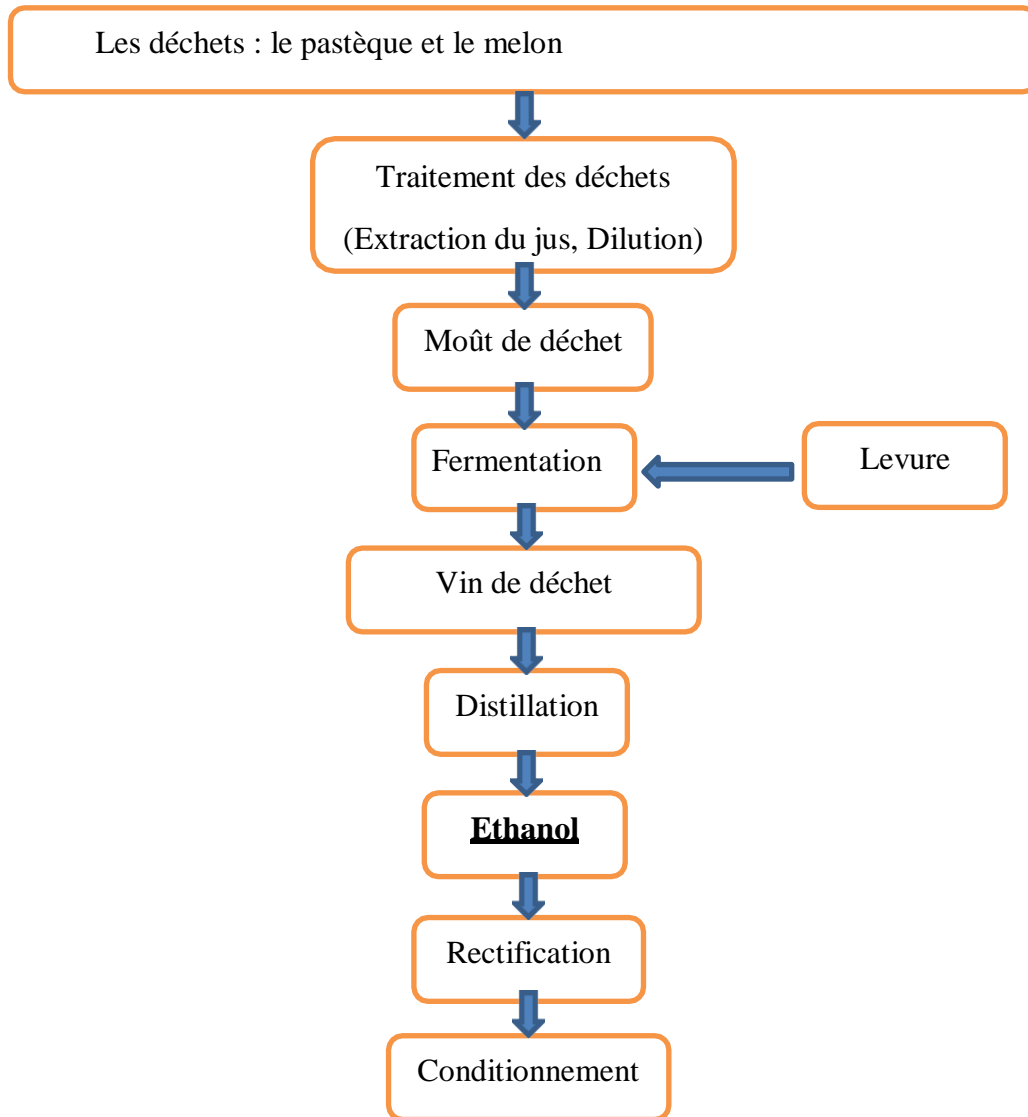


Figure 14: Diagramme présentée les différentes étapes de fabrication d'éthanol

III.2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est la levure *Saccharomyces Cerevisiae* souche ; qui est utilisée pour la production d'alcool ; elle est conservée dans un endroit frais et sec.



Figure 15: Levure *Saccharomyces Cerevisiae* (saf-instant)

III.2.3. Matière végétale

III.2.3.1. Déchets utilisés

Auparavant, il y'a plusieurs études expérimentales sur la valorisation des déchets agricoles notamment ceux issus des restes des fruits et légumes à cause des caractéristiques chimiques riches en matières organiques fermentescibles qui favorise la production du bioéthanol. Dans notre étude nous avons choisi comme déchet agricole le reste des fruits de saison abondant dans notre région surtout dans la zone sud de la wilaya de kenchela (Sahara Enamamcha), on a choisi la pastèque et le melon.

III.2.3.2 Déchet de pastèque

Le premier déchet utilisé est le déchet de pastèque (Figure III.3) qui est récupéré à proximité du marché des fruits et légumes à Khenchela, à la date de 17/05/2022



Figure 16: Déchet de pastèque

III.2.3.3 Déchet de melon

Le deuxième déchet est le déchet de melon (Figure III.4) qui est récupéré à proximité du marché de fruits et légumes de Khenchela, à la date de 17/05/2022



Figure 17: Déchet de melon.

III.2.3.4 La fermentation

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



Avant mélangé entre les jus des déchets et la levure *Saccharomyces Cerevisiae* pour fermentée ce dernier ; il faut activée la levure sous des conditions bien déterminé pour augmenter le rendement et minimiser le temps de fermentation.

III.2.3.5 Préparation de levure (activation)

On prépare 66.6g de sucre cristaux et 13.3g de levure *Saccharomyces Cerevisiae* et on les mélange avec 266mL d'eau.

- Après on pèse la levure et le sucre cristaux et on le mit dans un b cher de 700mL contient 266mL d'eau à une température de 33C  pour activer la levure.
- On mit le b cher sur une plaque chauffent et agitateur de laboratoire à 33C  pendant 30 minutes et sous agitation continue, pour garder la température optimale et augmenter la surface de contact par l'agitateur.

Remarque importante : Parmi les bonnes conditions de travail de la levure il faut garder le pH et la température de milieu au cours d'activation maximum à 4.5 et 33C  respectivement [6]

III.2.3.5.1 Méthode expérimentales

III.2.3.5.2 Fermentation des déchets :

Au cours de la fermentation il y'a plusieurs repères pour confirmer est-ce que la fermentation est travaillé bien ou non ; Lors de la fermentation alcoolique, on peut observer :

- Un dégagement de gaz carbonique.
- Une augmentation de la température du milieu.
- Une accentuation de la couleur.
- Un changement d'odeur et de saveur, au début le liquide est sucré et à mesure de la fermentation, il devient de plus en plus alcoolisé et acide.
- Une diminution de la densité due à la transformation des sucres en alcool.
- Une augmentation du volume, dû à l'augmentation de la température et au gaz carbonique qui s'échappe [42]



Figure 18: fermentation de melon.



Figure 19: fermentations de pastèque

Tableau 4: Essais de fermentations

N° d'expérience	Masse végétale	Volume d'eau	Masse de levure	Durée
1	7 kg pastèque	2,5 l	70 g	18/05/2022 25/05/2022
2	7 kg melon	2 l	70 g	18/05/2022 25/05/2022

Le processus de fermentation se termine lorsque vous arrêtez de regarder les bulles de gaz dans les bouteilles d'eau.

III.2.3.5.3 Filtration

Une fois le processus de fermentation terminé, l'extrait a été prélevé pour être filtré, ceci pour faciliter le processus de distillation. Du papier filtre a été utilisé pour réaliser cette étape.



Figure 20: Jus de pastèque après fermentation.



Figure 21:Jus de melon après fermentation.

III.2.3.5.4 Distillation

Après fermentation, le mout filtré est placé dans un système de distillation. Dans ce cas le type de distillation choisit est une distillation simple (non fractionnée), le système comporte : un ballon de 1000 ml, un chauffe ballon, une colonne de séparation, un réfrigérant droit, un coude de 45°, un thermomètre, ainsi qu'un erlenmeyer pour récupérer le distil



Figure 22:Dispositifs utilisés pour la distillation.

Le mécanisme de travail

Si une espèce de mélange arrive à la température d'ébullition, la vapeur dégagée va entrer le tube noir et passé par réfrigérant pour condensé et récupérer le vapeur sous forme liquide à la fin d'opération.

III.2.3.5.5 la distillation alcoolique

Après avoir passé 7 jours de fermentation des déchets, on ouvre le bioréacteur pour arrêter l'opération.

Comme on a vu à la partie bibliographique, la température d'ébullition d'éthanol est à 78°C.

- On a fait contrôler la température à 78°C au cours de temps de distillation.
- On remplit à (2/3) en volume total de ballon de distillateur.
- On observe des gouttes à la sortie de condenseur après quelque minute d'accéder l'opération.
- Arrêter le distillateur quand le distillat est (1/2) de volume initial de rempli.
- A la fin de distillation on vérifie la densité de bioéthanol par l'alcoomètre.

Enfin, on conserve le produit dans bouteilles bien fermées et placées dans un réfrigérateur à 20°C, pour éviter l'évaporation d'éthanol.

III.2.3.5.6 Méthodes d'analyses

III.2.3.5.6.1 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV visible

Définition

La spectrophotométrie correspond à l'étude des variations de grandeurs photométriques spectrales ou de leur équivalent énergétique résultant de l'interaction du rayonnement avec une substance placée sur le faisceau ^[46].

Le domaine de longueur d'onde de l'UV se situe entre 10 nm à 400 nm, celui du visible se situe entre 400 nm à 800 nm

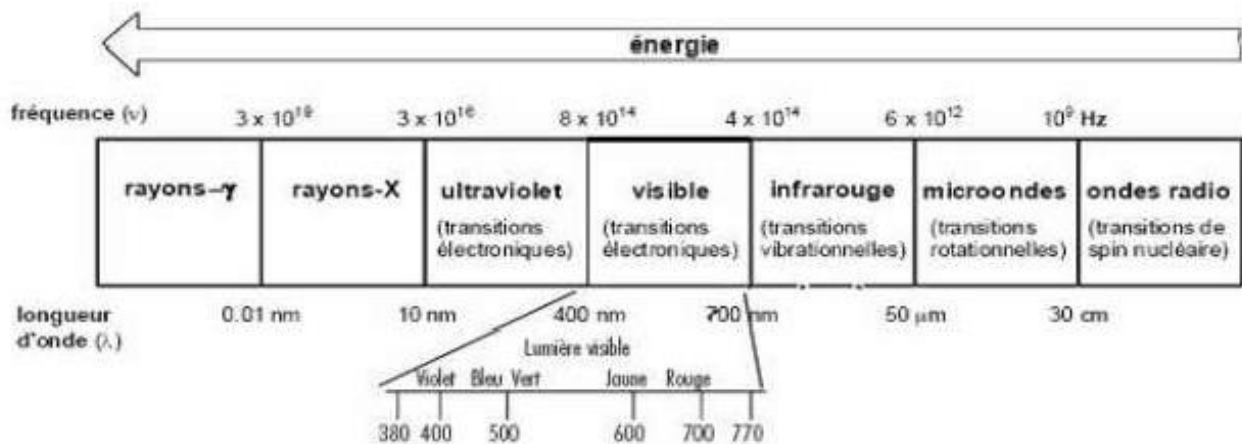


Figure 23: Spectre électromagnétique de la lumière et domaine UV-visible [47].

Le terme photométrie signifie que l'on mesure une densité de photons. En spectrophotométrie d'absorption moléculaire, on sélectionne des photons de fréquence ν_0 absorbables par la molécule à étudier. Ainsi, lorsqu'un faisceau d'intensité I_0 traverse une solution de molécule absorbante, le faisceau transmis présente une Intensité I inférieure à I_0 .

Les applications analytiques de la spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible concernent les molécules en solution, elles peuvent être qualitatives ou (et) quantitatives. Dans les deux cas, elles font appel à la loi de Beer-Lambert qui établit la relation existante entre intensité transmise I et intensité incidente I_0 .

$$I = I_0 * \exp^{-kcl}$$

I = intensité transmise I_0 = intensité incidente

K = constante de proportionnalité

C = constante de la solution en soluté absorbable

L = épaisseur de la solution traversée par le flux lumineux

Le phénomène d'absorption ne peut être évalué que par le rapport entre intensité incidente I_0 et intensité transmise I du faisceau transmis dans la même direction.

L'absorbance (A) ou densité optique se définit par :

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \epsilon \cdot c \cdot l$$

$$\epsilon = K/2.033$$

ϵ est le coefficient d'extinction de la molécule, qui s'exprime de façon différente selon les unités choisies pour exprimer la concentration.

Aspect qualitatif

Les modifications, au niveau moléculaire, mises en jeu dans le domaine UV-visible correspondent à des transitions électroniques des électrons de liaison, permettant ainsi la caractérisation de la molécule elle-même et non des atomes qui la constituent. Il s'agit de transition d'électrons entre orbitales moléculaires [48].

Les groupements responsables de l'absorption UV-visible (chromophores) sont des groupements fonctionnels dans lesquels les électrons sont délocalisés (doubles liaisons conjuguées, noyaux aromatiques...).

Spectre UV-visible d'une molécule

Le spectre UV-visible d'une molécule en solution se définit comme la variation de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde (λ) de la lumière incidente. Un spectre est enregistré à partir d'une solution de concentration connue dans un solvant déterminé, disposé dans une cuve d'épaisseur calibrée. Une molécule pourra être caractérisée en spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible par la description de son spectre $A=f(\lambda)$, en précisant les maxima et minima d'absorption, et le coefficient d'extinction moléculaire aux longueurs d'ondes correspondantes, ainsi que le solvant [46]. En effet, par sa polarité, le solvant influence la valeur de l'énergie nécessaire à la transition électronique ; ce qui a pour conséquence d'induire un déplacement des λ_{\max} et une modification des valeurs d' ϵ (exemple : glucose 5%).

III.2.3.5.6.2 Intérêt analytique des spectres d'absorption UV-visible

Le spectre d'absorption UV-visible permet de caractériser une molécule. Il est, par conséquent, un des critères d'identification de la molécule. Toutefois, l'absorption dans l'UV-visible permet plutôt de caractériser des groupements fonctionnels, et non une molécule dans son ensemble. Ainsi, la spectrophotométrie d'absorption

moléculaire UV visible ne permet pas d'identifier de façon absolue une molécule, et les spectres des molécules d'une même famille chimique sont très proches donc difficiles à différencier.

Aspect quantitatif :

La loi de Beer Lambert décrite précédemment se prête à l'analyse quantitative dans la mesure où le signal mesure A (Absorbance) est proportionnel à la concentration en soluté absorbant de la solution.

III.2.3.5.6.3 Validité de la loi de Beer Lambert

Cette relation de proportionnalité n'est vraie que dans certaines conditions :

- Lumière monochromatique.
- Concentration pas trop élevée.
- Absence de fluorescence et diffusion négligeables (hétérogénéité).
- La substance ne doit pas donner lieu à des réactions chimiques sous l'effet du rayonnement
- La substance ne doit pas donner lieu à des associations variables avec le solvant ^[46].

Par ailleurs, lorsque plusieurs substances absorbantes sont présentes en solution, on observe une additivité des phénomènes.

III.2.3.5.6.4 Méthodes de quantification

Pour tout dosage, le procédé d'étalonnage choisi doit essentiellement tenir compte d'un « effet de matrice » potentiel du milieu à doser.

En effet, le milieu peut modifier le signal mesure, ou contenir des substances absorbantes parasites, qui compte tenu de l'additivité de la loi de Beer Lambert, sont mesurés simultanément.

Si le milieu à doser ne modifie pas le signal mesure, un étalonnage simple peut être réalisé :

- **Gamme d'étalonnage :**
 - Elle consiste à préparer une série de dilutions d'une solution étalon "mère", à mesurer l'absorbance de chacune de ces solutions étalons, puis à tracer la courbe d'étalonnage $A = f(c)$. L'absorbance de la solution à doser est mesurée

dans les mêmes conditions, puis reportée sur la courbe d'étalonnage, on fait ainsi une détermination graphique de la concentration de la solution à doser (la gamme doit encadrer la valeur probable de la solution à doser)

- Elle permet de vérifier la linéarité, et tient compte des éventuelles erreurs de manipulation (trace d'une droite statistique).

Si le milieu à doser modifie le signal mesure, deux cas différents peuvent se présenter.

- Les éléments du milieu modifiant le signal sont connus, leur concentration est connue et suffisamment constante.
- Les éléments du milieu modifiant le signal sont inconnus, on a recours à la méthode des « ajouts doses ».

Dans ce cas, on introduit un volume constant de la solution à doser dans tous les tubes, puis des quantités croissantes d'un étalon connu de l'élément à doser, de façon telle que le milieu soit homogène, et que le volume final soit constant dans tous les tubes. L'absorbance mesurée varie alors avec la surcharge ajoutée

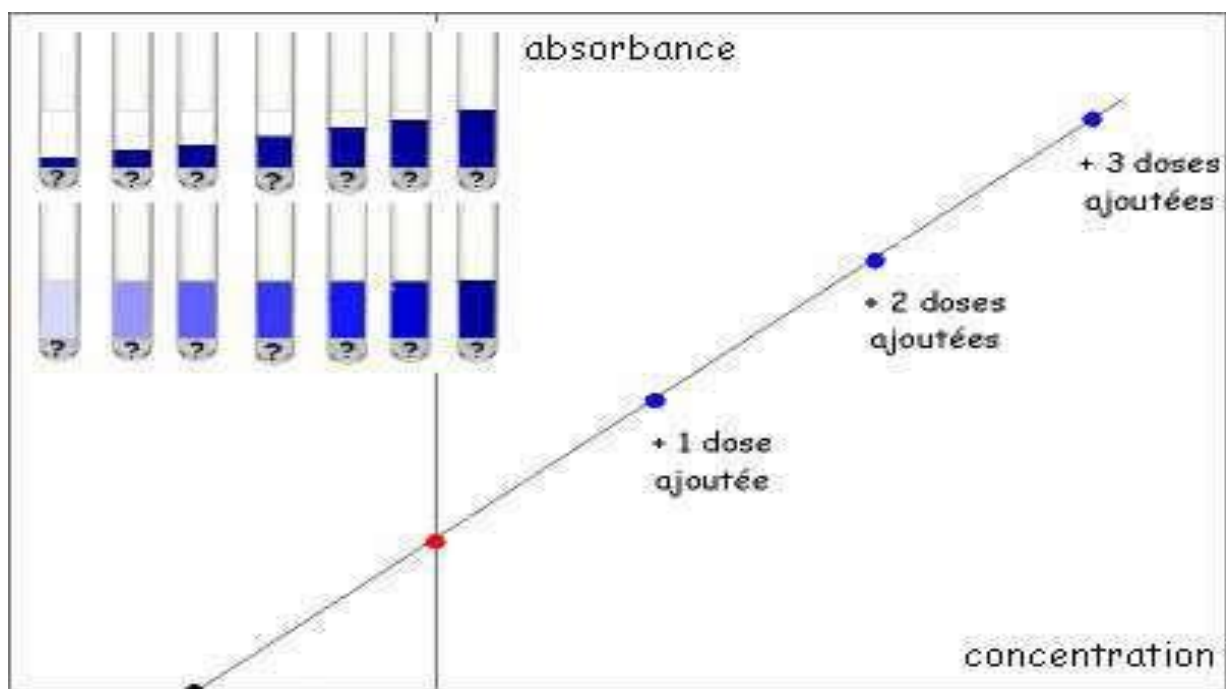


Figure 24: Principe d'un étalonnage par ajouts dosés [46].

III.2.3.5.6.5 Appareillage

Un appareillage classique comporte 5 éléments principaux :

- une source de rayonnement continu.
- un système de sélection en longueur d'onde ou en fréquence (filtres absorbants, prismes en verre ou en quartz, réseaux plans ou concaves comportant une série de traits rectilignes parallèles équidistants à la surface).
- un compartiment pour l'échantillon (cuve en verre ou en quartz).
- un récepteur (transforme la radiation en courant électrique).
- un appareil de mesure éventuellement précédé d'un amplificateur.

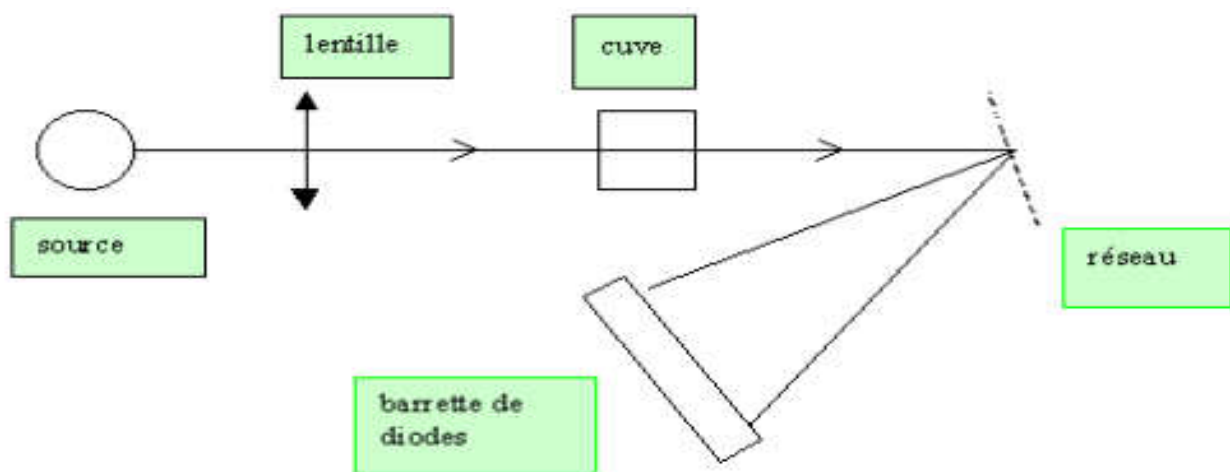


Figure 25: spectrophotomètre mono faisceau-multi canal ou à barrette de diodes [46]

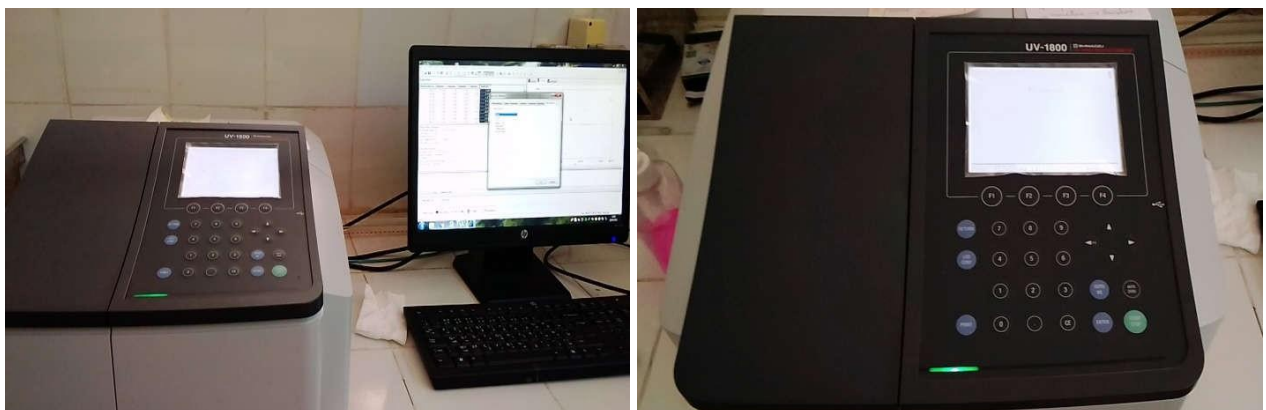


Figure 26: Le spectrophotomètre-UV utilisé pour l'analyse (Shimadzu uv 1800).

III.2.3.5.6.6 Spectrométrie moléculaire IR

Définition :

La spectrométrie infrarouge (IR) s'utilise principalement pour l'analyse qualitative d'une molécule. Elle permet de mettre en évidence la présence d'une liaison particulière. La région du spectre IR s'étend de 4000 cm^{-1} à 670 cm^{-1} en nombre d'onde.

On se situe dans le domaine des grandes longueurs d'onde donc l'énergie

individuelle des Photons (h_c/λ) est petite.

Dans l'IR lointain (h_c/λ très petite) : un photon incident sur une molécule n'aura qu'une modification des énergies d'oscillations des angles entre les liaisons = interactions de déformation.

- Ces vibrations constituent la région du spectre dite "empreinte digitale" (1600 à 600 cm^{-1}). Les vibrations de déformations plus faibles que celles de valence sont nombreuses et beaucoup plus sensibles à l'environnement car elles ont besoin pour se produire d'un volume plus important et risquent donc d'être entravées par la présence d'atomes voisins.

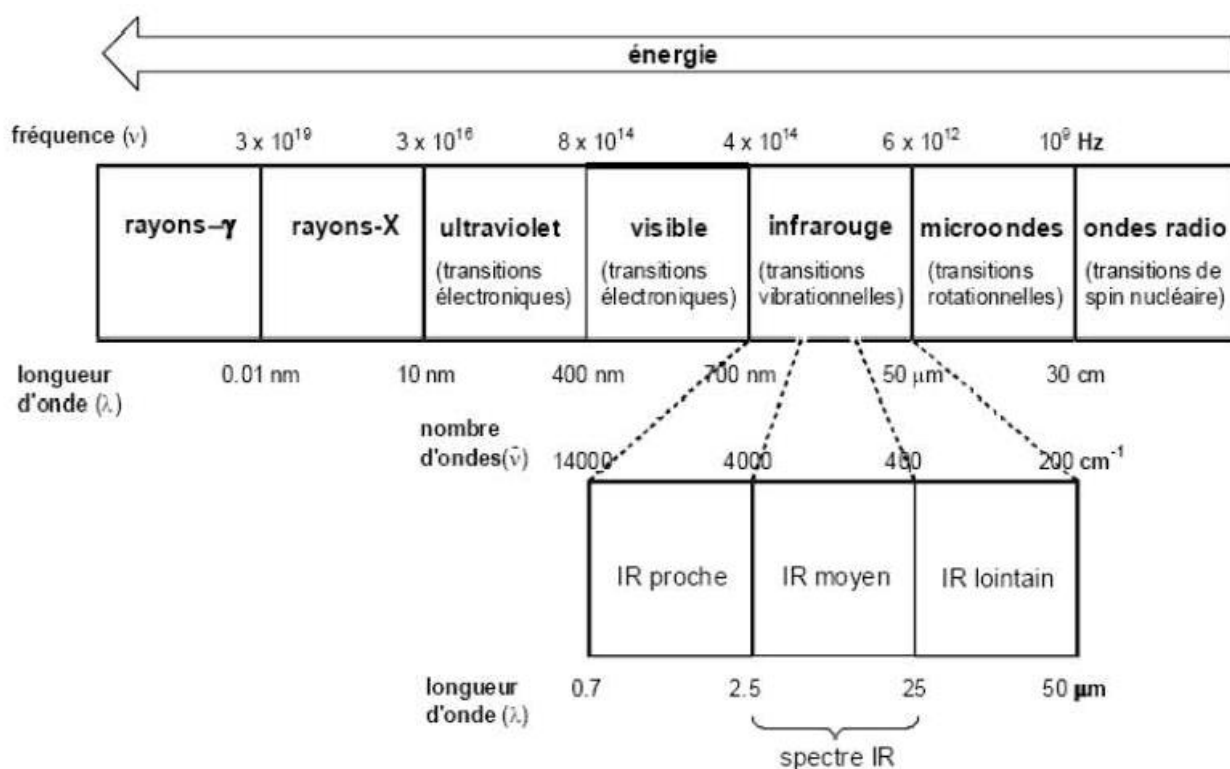


Figure 27: Spectre électromagnétique de la lumière et domaine IR [47].

Il existe 2 sortes de spectromètre IR : le spectromètre à balayage et le spectromètre à transformée de Fourier.

Un spectromètre IR à balayage est composé des éléments suivants :

- Une source.
- L'échantillon.
- Un système dispersif.
- Un détecteur.

Un spectromètre IR à transformée de Fourier (IRTF) est composé des éléments suivants :

- Une source.
- Un interféromètre de Michelson.
- L'échantillon.
- Un détecteur.

III.2.3.5.6.7 Spectrophotomètre à transformée de Fourier (IRFT)

L'interféromètre comprend un diviseur de faisceau (ou séparatrice), un miroir fixe et un miroir mobile.

(Figure 2.14) présente le schéma de principe et les constituants de l'interféromètre : effet très faible sur celle-ci : on aura des modifications des énergies de rotation de la molécule qui sont quantifiées.

Dans l'IR moyen et proche (h_c / λ un peu plus élevée) : un photon incident modifiera les énergies de rotation et en plus de vibration. Ces énergies de vibration sont également quantifiées.

En effet, lorsque la molécule absorbe de l'énergie sous la forme d'un rayonnement IR, l'amplitude de ces vibrations est augmentée, le retour à l'état normal libère de la chaleur.

Plusieurs modes de vibrations sont possibles pour un groupe d'atomes donnés. A chacun correspond une fréquence caractéristique, mais seuls les mouvements qui entraînent une variation du moment dipolaire électrique, donnent lieu à des bandes d'absorption IR.

L'absorption du rayonnement IR par les composés organiques correspond à deux types principaux de vibrations atomiques :

- Modification des énergies d'oscillations des longueurs de liaisons = interactions de valence Elles se trouvent dans la zone du spectre IR de 4000 cm^{-1} à 1000 cm^{-1} .

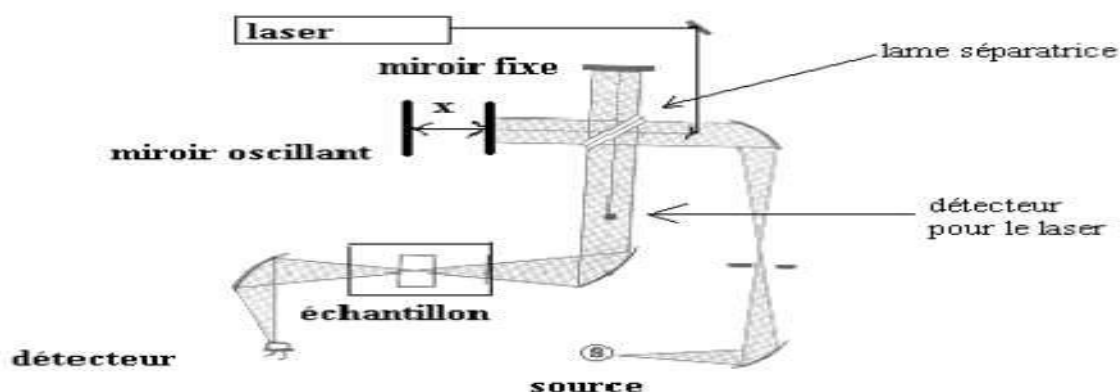


Figure 28:Schéma du spectrophotomètre à transformée de Fourier (IRFT) [46].

La source émet un rayonnement poly-chromatique qui est envoyé dans un interféromètre de Michelson. Ce dernier est constitué d'une lame séparatrice qui permet d'envoyer une partie du faisceau vers un miroir fixe tandis que l'autre partie est envoyée vers un miroir mobile oscillant.

Les deux faisceaux sont réfléchis à la surface des deux miroirs et se recombinaient sur le diviseur créant alors des interférences constructives ou destructives suivant la position du miroir mobile par rapport au miroir fixe. Le faisceau résultant passe ensuite à travers l'échantillon où il se produit une absorption sélective. L'énergie qui atteint le détecteur est donc la somme d'énergie des deux faisceaux. C'est un processus mathématique permettant de décomposer un signal complexe, fonction du temps mais pas forcément périodique, en une somme de signaux simples de fréquences connues donc périodiques.

Contrairement aux appareils à balayage à double faisceau, où le spectre de l'échantillon est obtenu directement par différence entre les 2 trajets optiques (échantillon et milieu ambiant), en IRTF il est nécessaire de soustraire le spectre du milieu ambiant.

III.2.3.5.6.8 Intérêt analytique du spectre IR

La spectrométrie infrarouge (IR) s'utilise principalement pour l'analyse qualitative d'une molécule.

L'intérêt du couplage de la spectrophotométrie UV-visible et IR permet d'améliorer la spécificité de l'identification des molécules par le spectre IR. Même si la majeure partie des analyses quantitatives sont réalisées dans l'UV-visible, la loi de Beer-Lambert est également applicable en quantification dans l'IR.



Figure 29: Spectromètre IR utilisé pour l'analyse.

III.2.3.5.7 Indice de réfraction

III.2.3.5.7.1 Introduction

Plusieurs interactions peuvent se produire lorsque la lumière tombe sur la matière. L'interaction de la lumière dépendra de la nature spécifique du matériau. Lorsque la lumière frappe un objet transparent, la lumière continuera à se déplacer à travers le matériau. Un exemple de ceci est lorsque la lumière traversant l'air frappe le verre. La lumière continuera à traverser le verre, cependant, la direction de la lumière changera. Ce changement de direction est appelé réfraction.

III.2.3.5.7.2 Réfractomètre

Le terme réfractomètre est principalement utilisé pour désigner les appareils qui permettent de déterminer l'indice de réfraction du liquide, bien qu'il existe des instruments qui déterminent l'indice de réfraction d'un solide. Ici, on se limitera à déterminer l'indice de réfraction du liquide.

III.2.3.5.7.3 Principe théorique du réfractomètre

- **Lois de Snell-Descartes (énoncées au XVIIème siècle)**

On considère un dioptre (interface entre deux milieux transparents homogènes d'indices optiques différents) séparant deux milieux homogènes et isotropes d'indices optiques respectifs n_1 et n_2 . Soit un rayon lumineux arrivant sur ce dioptre en un point I appelé point d'incidence. On suppose que le milieu 1 est celui du rayon incident. Le plan contenant le rayon incident ainsi que la normale en I au dioptre est appelé plan d'incidence (figure 2.18) [49].

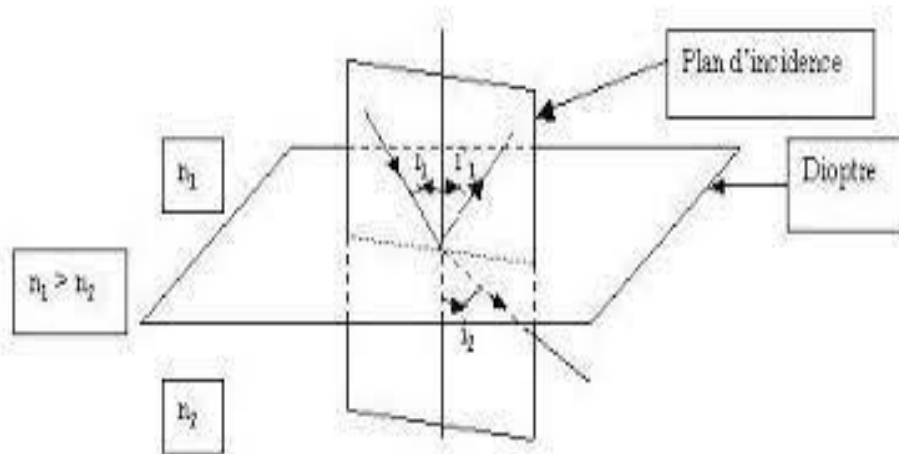


Figure 30:Schéma de réfraction [49].

Lois de Snell-Descartes : L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient la relation suivante :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2).$$

III.2.3.5.7.4 Principe théorique du réfractomètre

Les réfractomètres les plus largement répandus d'Abbe et de Pulfrich mesurent l'angle de réfraction i_2 d'un rayon lumineux qui est relié à l'angle d'incidence i_1 selon les lois de Snell- Descartes. Le dioptre considéré ici est l'interface formée par la substance S dont on veut déterminer son indice de réfraction n_s et le prisme P qui a un indice de réfraction élevé n_p (voir figure précédente). D'après les lois de Snell-Descartes, l'indice de réfraction de la substance est défini ainsi

$$n_s = n_p \cdot (\sin(i_2) / \sin(i_1)) \text{ [49]}$$

Comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, tous les rayons incidents entrant dans le prisme au point d'incidence I avec un angle compris entre 0° et 90° par rapport à la normale au point d'incidence I, sont réfractés dans une région angulaire du prisme définie d'une part par la normale et le rayon de réfraction limite défini précédemment. Ainsi l'angle limite de réfraction $i_2 \text{ lim}$ permet de définir une séparation ou frontière entre une zone claire (rayons réfractés) et une zone sombre (aucun rayon réfracté) à l'intérieur du prisme P [49].

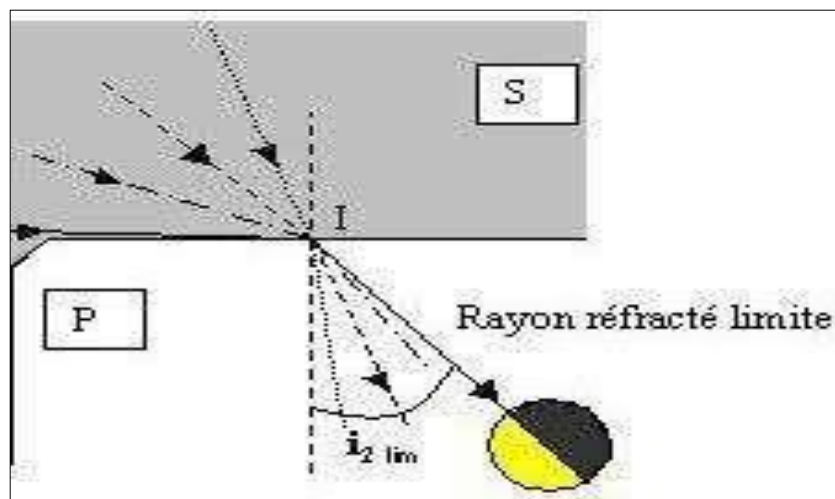


Figure 31:Frontière limite à l'intérieur du prisme du fait de la réfraction [49].

III.2.3.5.7.5 Calcul de l'indice de réfraction

La mesure de l'indice de réfraction est en fait une mesure de la vitesse de la lumière dans un milieu. La vitesse de la lumière généralement désignée par (c) est de 299 792 458 m/s dans le vide. Dans d'autres médias, la vitesse de la lumière est inférieure à cette valeur, et l'indice de réfraction d'un milieu est une mesure de la façon dont beaucoup la vitesse de la lumière est réduite dans le milieu. L'indice de réfraction (n) d'un milieu est défini comme le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide (c) à celle dans le milieu (v) :

$$n = c/v$$

L'indice de réfraction est une grandeur sans unité. Pour un liquide : $1,3 < n < 1,7$ [50]

Comme la vitesse de la lumière est la plus élevée dans le vide, n est toujours supérieur à 1.

La vitesse de la lumière dans un milieu dépend du milieu lui-même, de la température et de la longueur d'onde [51].

- La longueur d'onde de référence est la raie D du sodium ($\lambda = 589 \text{ nm}$).
- Les indices de réfraction sont tabulés à 20°C : pour comparer la valeur expérimentale mesurée à la température t (exprimée en $^\circ\text{C}$) avec la valeur tabulée, il convient d'appliquer la formule suivante : $n^t = n^{20} + 0,00045 (t - 20)$ [50], Itérait de détermination d'indice de réfractomètre.

L'indice de réfraction du liquide. Ce type de mesure peut permettre :

- D'identifier les espèces chimiques.
- Contrôler sa pureté.
- Déterminer la composition du mélange (fraction molaire).

III.2.3.5.7.6 Réfractomètre utilisé dans l'analyse

Dans notre recherche on a utilisé le réfractomètre d'Abbe pour déterminer la pureté d'éthanol.



Figure 32: Réfractomètre utilisé pour l'analyse.

III.2.3.5.8 Fabrication de gel désinfectant

Dans cette circonstance que traverse le monde en raison de la pandémie de Corona (COVID-19), l'éthanol produit a été utilisé dans la fabrication d'un gel désinfectant

suivant la formule proposé par l'OMS, en raison des effets imperceptibles causés par le gel à base d'éthanol produit par les méthodes chimiques.

III.2.3.5.8.1 Produits et matériel nécessaire

Pour la production des petits volumes (100 ml/ 1000 ml) de gel on a utilisé :

III.2.3.5.8.2. Matériel

- Éprouvettes de (10 ml, 100 ml).
- Fiole jaugé (100 ml, 1000 ml).
- Entonnoir.

III.2.3.5.8.3 Produits

- Bioéthanol issus de la pomme (83,33 ml).
- Éthanol industriel (833.3 ml).
- Peroxyde d'hydrogène H₂O₂ (4,17 ml, 41.7 ml).
- Glycérol (1.45 ml, 14.5 ml).
- Eau distillée.

III.2.3.5.8.4 Protocole

III.2.3.5.9 Gel de bioéthanol issus de pastèque

A l'aide d'une éprouvette de 100 ml, mesurer 83.33 ml de bioéthanol issus du melon ou de pastèque, verser la quantité dans la fiole jaugé , ajouter un volume de 4,17 ml de peroxyde d'hydrogène mesuré avec une éprouvette de 10 ml, ensuite ajouter un volume de 1,45 ml de glycérol mesuré a l'aide de l'éprouvette de 10 ml. En fin ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

III.2.3.5.10 Gel d'éthanol industriel

A l'aide d'une éprouvette de 100 ml et l'éprouvette de 10 ml, mesurer 833,3 ml d'éthanol commercial, ajouter un volume de 41,7 ml de peroxyde d'hydrogène mesuré avec une éprouvette de 100 ml, ensuite ajouter un volume de 14,5 ml de glycérol mesuré a l'aide de l'éprouvette de 10 ml. En fin ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

III.3. Résultats et discussion

III.3.1. Introduction

L'objectif principal de ce modeste travail est la production du bioéthanol à partir des différents déchets des matières premières végétales, cas de la pastèque et du melon en utilisant la méthode de fermentation.

III.3.2. Rendement de fermentation

On utilise la même quantité pour les deux types des déchets (pastèque et melon) 7 Litres chacun avec ajout de levure 70g pour favoriser la fermentation avec un temps de séjour de 7 jours. Après nous avons procédé à la filtration du substrat (mout) qui a résulté du processus de fermentation : 2 litres du jus de pastèque et 2 litres du jus de melon respectivement. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5: Variation de rendement, conversion et degré d'éthanol obtenue

Volume Déchet	Volume initial de déchet utilisé (L)	Volume du mout extrait de filtration (L)	Volume d'éthanol pur obtenu (ml)	Rendement d'éthanol (%)
Pastèque	7	2	30	42.8
Melon	7	2	21	30

III.3.3 Discussion sur le rendement d'éthanol

D'après avoir ces résultats on trouve que :

- **Pastèque** : on a commencé avec un volume initial de déchet (7 Litres), après une fermentation suivie par distillation on constate une consommation du volume initiale de déchet avec un taux de conversation de 42. 8%. Le volume d'éthanol obtenue ~~en~~ 30 ml.
- **Melon** : Les conditions de l'expérience du melon sont assimilables à ceux du Pastèque On constate une consommation du volume initial de déchet avec un tauxde conversation de 30 %. Le volume final d'éthanol est environ 21 ml

Volume d'éthanol obtenu(ml)

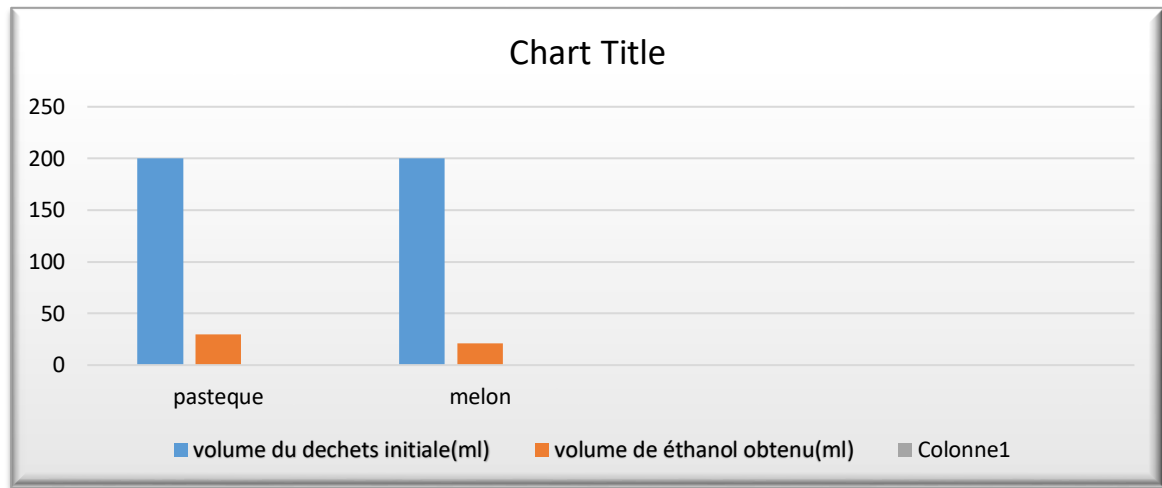


Figure 33: Histogramme des volumes d'éthanol obtenue à partir de la Valorisation des déchets végétaux des volumes d'éthanol obtenue à partir de la Valorisation des déchets végétaux

D'après les résultats obtenus on observe que le rendement d'éthanol obtenue de ces déchets utilisé (pastèque et melon) varie entre 30% et 42, 8%. Le meilleur rendement de conversation des déchets est la pastèque, malgré que le rendement obtenu soit 42, 8%.

III.3.4 Propriétés physico-chimiques

Le rendement théorique en éthanol, appelé rendement de Gay-Lussac, établit que 51,5 kg d'éthanol peuvent être fabriqués à partir de 100 kg de glucose (50% de conversion de matière premier en éthanol) [6].

On mesure la densité et l'indice de réfraction par les outils suivante :



Figure 34: Densimètre

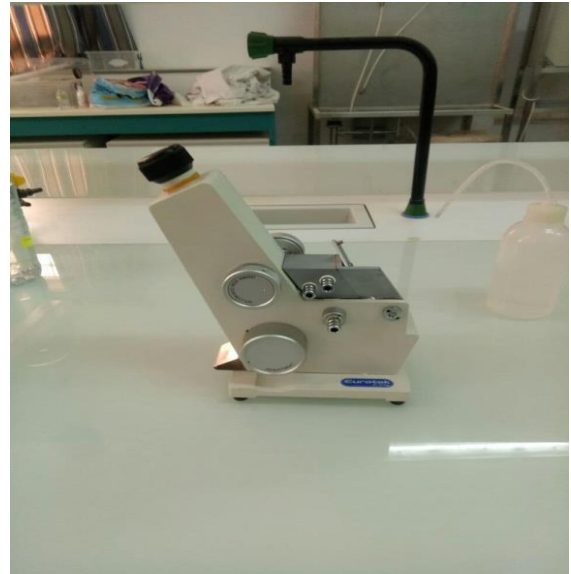


Figure 35: Réfractomètre

Tableau 6: Propriétés physico-chimique de bioéthanol obtenir par déférent déchet

Propriété Déchet	Masse volumique (g/l)	Densité	Indice de réfraction
Pastèque	765	0.765	1.3590
Melon	762	0.762	1.3574



Mesure de l'indice de réfraction



(pastèque)

(Melon)

Tableau 7: Comparaison entre bioéthanol du pastèque et l'éthanol commercial

Propriété Matière	Masse volumique (g/l)	Densité	Indice de réfraction
Bioéthanol	765	0.765	1.3590
Ethanol commerciale	879.5	0.88531	1.3611

Les résultats de bioéthanol que nous avons obtenus sont proches des résultats de connaissances pour l'éthanol commercial, et cela est dû à l'efficacité des appareils et à la pureté du produit.

III.3.5 Comparaison des résultats

Les résultats obtenus de la production du bioéthanol nous montrent, d'une part que le rendement en volume de l'extrait de bioéthanol du déchet de pastèque est plus élevé que celui du melon :

Tableau III.3: Variation de rendement, conversion et degré d'éthanol obtenue

Volume Déchet	Volume initial de déchet utilisé (L)	Volume du mout extrait de filtration (L)	Volume d'éthanol pur obtenu (ml)	Rendement d'éthanol (%)
Pastèque	7	2	30	42.8
Melon	7	2	21	30

D'autre part, la comparaison avec d'autres déchets de fruits expérimentés au paravent par nos collègues **GUERRAOUI Nadjat** et **IDIR Thiziri** dans leurs travaux similaires nous révèle des rendements variables selon le type de fruits utilisés, à savoir :

. *Abricot :*

Tableau 8: Tableau récapitulatif des conditions et résultats du meilleur rendement en bioéthanol.

Le paramètre	Le résultat
Jus d'abricot fermenté (ml)	V=750 ml
Levure (g)	m=29,85g
Durée de fermentation (h)	t=72h
Diminution de pH	4,77 - 4,34
Durée de la distillation (h)	t=2h
Température de la première goutte de bioéthanol (°C)	T=78°C
Densité	d=0,851
Bioéthanol obtenu (ml)	V=23ml
Indice de réfraction	1,363
Pourcentage volumique de bioéthanol (%)	60%
Degré de bioéthanol (°cartier)	33

Rendement d'éthanol (avec levure) :60%

Pomme :

Tableau 9: Le pourcentage volumique de bioéthanol dans les différents distillats récupérés suivant l'indice de réfraction [Annexe 5].

	Indice de réfraction	e pourcentage en éthanol
Bioéthanol avec levure	1,359	48
Éthanol de référence	1,363	60
Bioéthanol sans levure	1,35	30

Rendement d'éthanol (avec levure) : 40

En comparons les résultats, on distingue que le rendement obtenu des différentes expérimentations se classent comme suit :

Chapitre III : Production du bioéthanol à partir des cucurbitacées de l'été : Melons et Pastèques

- Abricot : 60%
- Pastèque : 42 %
- Pomme : 40%
- Melon : 30 %

Du point de vue abondance, surtout en saison estivale, nous pouvons dire que la pastèque se positionne en priorité des déchets agricoles issus des fruits qui suscite l'intérêt d'être valoriser pour la production du bioéthanol.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le bioéthanol peut jouer un rôle très important comme source d'énergie d'appoint, durable, propre, non toxique et non polluante.

Le but de ce travail est le recyclage des déchets pour la production d'éthanol qui nous offre la possibilité valoriser les déchets végétaux, de réduire la facture énergétique tout en préservant l'environnement

Ce travail c'est une contribution expérimentale pour la valorisation des déchets agricoles, nous a permis de mettre en évidence la possibilité de production d'éthanol à partir des déchets végétaux issus des fruits de saison (pastèque et melon) qui sont disponible à grande quantité dans la zone sud du territoire de la wilaya de Khenchela, surtout en cette période d'été (mi-Mai – Juin) . Vu la difficulté de leur conservation, leur purification rapide, ils sont jetés dans la nature sans aucune utilité nutritive ou rentabilité économique. Notre travail, s'insère dans l'objectif des études précédentes de nos collègues, qui vise à valoriser ses déchets pour leurs donner une nouvelle écologiquement rationnelle et économiquement rentable.

Les résultats obtenus et les rendements enregistrés respectivement : 42% du volume de bioéthanol extrait du déchet de pastèque et 30% de celui du melon, nous ont permis de conclure que c'est pratiquement intéressant de développer cette activité pour la production du bioéthanol car les résultats sont probants.

A l'échelle industrielle, des investissements peuvent être menés pour développer l'activité de production de bioéthanol en créant de la richesse, de l'emploi et protéger notre environnement des émissions atmosphériques néfastes.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] Fiche toxicologique n°48. Édition novembre 2019
- [2] Le bioéthanol dans le monde, article publié le 9 juillet 2014
- [3] Biocarburants, Fiche pédagogique, énergies renouvelables,
- [4] Les biocarburants de troisième génération posté le 30 septembre 2009
- [5] M2/GC/2018, Farouk.CHA, "production de bioéthanol. Analyse et modélisation par loi de Michaelis-Menten" mémoire de fin d'études de master académique, département de génie civil, université Abdelhamid ibn Badis de Mostaganem
- [6] « Une nécessaire transition énergétique pour garantir le développement durable de l'Algérie » Ecole Nationale Polytechnique : Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles 18e Journée de l'Energie : Youm el 'Ilm Hôtel Hilton Alger 8 avril 2014
- [7] Le bioéthanol une source d'énergie pour l'avenir, par Paul.ISNARDON ET Sébastien.CAMBRON
- [8] Maîtrise de la fermentation alcoolique sous stress éthanologique, thermique et osmotique de la souche *Saccharomyces cerevisiae* YSDN1 en vue de la préparation du vinaigre de fruits, Mounir et al.: *Fermentation alcoolique de Saccharomyces cerevisiae pour préparation du vinaigre de fruits*,
- [9] The difference between Batch, Feed-Batch and continuous fermentation, rédigé par Tonny.ALLMAN le 23/7/2020
- [10] The difference between Batch, Feed-Batch and continuous fermentation, rédigé par Tonny.ALLMAN le 23/7/2020
- [11] "Valorisation de la mélasse de canne à sucre (raffinerie groupe Berrahel) pour la production du bioéthanol", par ZEROUALI. Amine et HAMAMI. Habib, mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme de master, université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem, département de biologie, 2019
- [12] Généralités sur la levure
- [13] Étude et caractérisation de l'état " Viable mais Non Cultivable " chez *Saccharomyces cerevisiae*, Mohammad Salma, 7 novembre 2013, UNIVERSITE DE BOURGOGNE institut Universitaire de la Vigne et du Vin UMR PAM A02-102 Equipe VAIMiS
- [14] La levure de boulanger débuté par Dominique 17/02/2013
- [15] Bio-Ethanol Production from Fruit and Vegetable Waste by Using *Saccharomyces cerevisiae*, Mohammad Moneruzzaman Khandaker, Umar Aliyu Abdullahi, Mahmoud Dogara Abdulrahman, Noor Afiza Badaluddin and Khamsah Suryati Mohd, 20 November 2020,
- [16] Cour distillation, Tsp1.3-0a crs distillation/ D. Galy Lycée Borde Basse
- [17] La distillation par Basil.Bédud 2018
- [18] Fiche méthode de distillation fractionnée principe et dispositifs expérimentales
- [19] 44FAO, 2007 «Production mondiale du pommier», Organisation Mondiale de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2p
- [20] MADR, 2013 «Statistiques Agricoles», bulletin du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 3p.
- [21] Ferree, D. and Warrington, I. (2015) Apples Botany, Production and Uses, Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015.
- [22] USAD (2018) *Fresh Deciduous Fruit : World Markets and Trade (Apples, Grapes & Pears*

Références bibliographiques

- [23] Nacional, C. and Alimentación, D. (2009) *Tablas Peruanas De Composición De Alimentos*.
- [24] Sites.google.com
- [25] Guide des différentes variétés de pommes
- [26] Belitz, H. D. and Grosch, W. (2009) *Food Chemistry Berlin Allemagne: SpringerVerlag*.
- [27] Renard, C. M. G. C. *et al.* (2001) 'Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: Quantification and some consequences', *International Journal of Biological Macromolecules*, 29(2), pp. 115–125.
- [28] Valois, S., Merwin, I. A. and Padilla-Zakour, O. I. (2006) 'Characterization offermented cider apple cultivars grown in upstate New York', *Journal of the American Pomological Society*, 60(3), pp. 113–128. Cidre.
- [29] Nicolas, J. J. *et al.* (1994) 'Enzymatic browning reactions in apple and apple products.', *Critical reviews in food science and nutrition*. United States, 34(2), pp. 109–157.
- [30] *DSA direction des services agricole de la willaya 2009*.
- [31] Lahbari M, 2015. Etude et simulation du séchage de l'abricot : Application a quelques variétés de la région des Aures. Thèse de doctorat, Université de Batna, 20-30 p.
- [32] Baert J-P., 1999. Agroalimentaire. Techniques de l'ingénieur. F100: Vol. Génie des Procédés.
- [33] www.fruit-et-legumes.net
- [34] Arevalo P. A. Murr F. X., 2007. Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 80: 152–156.
- [35] Ziegelbaum h., 1992. Identification et place des critères de qualité dans un programme d'amélioration variétale de l'abricotier. Mémoire de maîtrise de l'université d'angers, station de recherche fruitière méditerranéenne, station de technologie des produits végétaux. INRA Avignon. 30 pages.
- [36] Bimbenet J.J., 1998. Bases conceptuelles du génie des procédés agroalimentaires. Techniques de l'ingénieur, F1000, 19 p.
- [37] Bahlouli F., Tiaiba A., Slamani A., 2008. Etude des différentes méthodes de séchage d'abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M'Sila. *Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger* (2008) 61 - 66.
- [38] (D.S.A., 2013).
- [39] Bauman I., Bobi C, 2005. Time And Speed of Fruit Drying On Batch Fluid-Beds, *Sadhana Vol.30, Part 5, October 2005*, Pp. 687-698.
- [40] Zöllner H, Giebelmann R ,2007 . Glycosides cyanogènes dans les aliments - culturelles remarques historiques. *Deutsche Rundschau Lebensmittel-*, 103 (2007), pp 71-77.
- [41] Sefer F, A. Misirli, R. Gulcan, 2006: Une recherche sur les composés phénoliques et en cyanogènes douces et amères kernelled variétés d'abricots. *Acta Horticulturae*, 701 , pp 167-169.
- [42] Silem HO Günter, J. Einfeldt, A. Boualia, 2006. L'apparition de phénomènes de transport de masse au cours de la lixiviation de l'amygdaline d'amandes d'abricots amères: la désintoxication et l'amélioration de la saveur. *International Journal of Food Science and Technology*, 41 , pp 201-213.
- [43] Manzoor M, Anwar F, Ashraf E and K.M. Alkharfy 2012: Physico-chemical

Références bibliographiques

- characteristics of seed oils extracted from different apricot.
- [44] www.biogranulates.com .
- [45] www.wilaya-batna.gov.dz.
- [46] Lafont R. Université Pierre et Marie Curie - UFR de Biologie. Méthodes physiques de séparation et d'analyse et méthodes de dosage des biomolécules C-Techniques spectroscopiques.
- [47] Richard Giasson. Cours de chimie de l'université de Montréal. Spectroscopie
- [48] M. Le moniteur de l'internet. Tome 1. Toxicologie Sciences Mathématiques, Physiques et chimiques. Ed : Wolters Kluwer. 2005
- [49] Fiche mesure d'un indice de réfraction avec le réfractomètre d'Abbe
- [50] Fiche technique-indice de réfraction, 1^{ère} STL-SPCL Chimie et développement durable
- [51] Refractive index measurement principle
- [52] N.Bouzidi et F.Aribi, Valorisation et Étude de la Qualité Nutritionnelle, Microbiologique et Organoleptique du sirop de Dattes RUB et son utilisation, Projet de fin d'Étude, Sciences Agronomiques, spécialité Technologie Agroalimentaire, 1998.
- [53] Wine Update 2 08fr.indd-Lallemand Wine
- [54] Agenda Lumière 1930 Paris : Société Lumière & Gauthier Villars, 543p. (p.25)
- [55] <https://slideplayer.fr/amp/1193882/>
- [56] Identification spectrométrique de composés organiques – Robert M Silverstein
- [57] Helga-Jane Scarwell : Biocarburant, les temps changent !
- [58] (la directive européenne 2003/30/CE du 08 mai 2003, reprise par la directive 2009/28/CE)

Résumé :

Nous assistons à des augmentations croissantes de consommation des énergies fossiles qui causent la pollution atmosphérique dans le monde. La valorisation des déchets organiques pour la production des substituants de carburants moins polluants comme l'éthanol donne beaucoup d'avantages, écologiquement rationnels et économiquement rentables. Le bioéthanol est obtenu par la fermentation des matières agricoles, c'est un combustible propre et renouvelable, est considéré comme une bonne alternative pour remplacer les carburants classiques. Les potentialités algériennes en matière de production de bioéthanol s'articulent sur la richesse en matière de produits agricoles sucrés ; exemple des fruits de saison en abondance, comme la pastèque et le melon. Le développement croissant de leurs cultures constitue le pivot de l'agriculture. A l'échelle industrielle, des investissements peuvent être menés pour développer l'activité de production de bioéthanol en créant de la richesse, de l'emploi et protéger notre environnement des émissions atmosphériques néfastes.

Mots clés : Valorisation des déchets, agriculture durable, fermentation, bioéthanol, énergie renouvelable

ملخص :

نشهد زيادة متزايدة في استهلاك الوقود الأحفوري الذي يسبب تلوث الهواء حول العالم. إن استرجاع النفايات العضوية لإنتاج بدائل للوقود الأقل تلويثاً مثل الإيثانول يعطي العديد من المزايا : بيئية و اقتصادية. يتم الحصول على الإيثانول الحيوي عن طريق تخمير المواد الزراعية ، وهو وقود نظيف ومتجدد ، ويعتبر بديلاً جيداً لاستبدال الوقود التقليدي. تتميز الإمكانيات الجزائرية من حيث إنتاج البيوإيثانول على ثروة المنتجات الزراعية الحلوة : كالفواكه الموسمية الوفيرة ، مثل البطيخ. التنمية المتزايدة للمحاصيل هي العمود الفقري للزراعة. على المستوى الصناعي ، يمكن تشجيع الاستثمارات لتطوير نشاط إنتاج الإيثانول الحيوي من خلال خلق الثروة ومناصب عمل وحماية بيئتنا من خطر التلوث الجوي.

الكلمات المفتاحية: استعادة النفايات ، الزراعة المستدامة ، التخمير ، البيوإيثانول ، الطاقة المتجددة

Abstract :

We are witnessing growing increases in the consumption of fossil fuels that cause air pollution around the world. The recovery of organic waste for the production of substitutes for less polluting fuels such as ethanol gives many advantages, ecologically rational and economically profitable. Bioethanol is obtained by the fermentation of agricultural materials, it is a clean and renewable fuel, is considered a good alternative to replace conventional fuels. Algerian potential in terms of bioethanol production hinges on the wealth of sweet agricultural products; example of abundant seasonal fruits, such as watermelon and melon. The growing development of their crops is the backbone of agriculture. On an industrial scale, investments can be made to develop the activity of bioethanol production by creating wealth, employment and protecting our environment from harmful atmospheric emissions.

Key Words:: Waste recovery, sustainable agriculture, fermentation, bioethanol, renewable energy