



EPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR –EL-OUED

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Mémoire de Fin d'Étude

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des procédés et pétrochimie

Spécialité : Génie chimique

Présenté par :

TOURQUI Imene & ZANE Dalal

THEME

**Étude cinétique de la réaction de la fermentation  
des dattes pour les transformer en bioéthanol**

Soutenu le 04/06/2018

Devant le Jury :

Dr BEN MYA Omar	Président	Université d'El Oued.
Mr SERROUTI Abdelghanni	Examineur	Université d'El Oued.
Dr OUCIF KALED Mohammed Tayeb	Rapporteur	Université d'El Oued.

2017/2018

## Résumé

La bioconversion des sous-produits issus de la palmeraie dattier pourra constituer un projet d'avenir pour la valorisation et le développement de l'agriculture saharienne de l'Algérie et les pays du nord-africain. La transformation des dattes par des procédés biotechniques permet d'obtenir de nouveaux produits à valeur ajoutée facilement commercialisables. Parmi ces dérivées on cite les sirops, les alcools, les levures et autres. Parmi les procédés biotechnologiques, la fermentation alcoolique, qui consiste à transformer par les levures, les sucres du moût en éthanol.

Dans la présente étude, nous avons utilisé les dattes de variété Ghars comme substrat pour la production d'éthanol. Le but de notre travail consiste à suivre l'évolution des paramètres de la fermentation alcoolique du moût des dattes (pH, densité, taux du sucre et l'absorption UV-Visible) au cours de la fermentation.

On a arrivé aux résultats suivants : la diminution du taux des sucres, du pH et de la densité du mout et bien sur l'augmentation de la quantité du bioéthanol obtenu à partir du 24 Heurs de la fermentation, l'éthanol obtenu est de 60°.

**Mots clés :** Dattes, Fermentation, Alcool, Bioéthanol.

### ملخص:

إن التمور ومشتقات نخيل التمر يمكن تميمها من اجل تطوير الفلاحة الصحراوية في الجزائر ودول شمال افريقيا. وذلك من خلال تحويلها وخاصة باستعمال تقنيات التحويل البيولوجي. تحويل التمور باستعمال الطرق البيوتكنولوجيا يسمح للحصول على مواد جديدة ذات قيمة مضافة وسهلة التسويق ولعل من اهمها نذكر عصير التمر، الكحول، الخمائر. ونخص بالدراسة التخمير الكحولي المتمثل في تحويل الخميرة للسكر الموجود في عصير التمر الى إيثانول. وفي دراستنا هذه قمنا باستعمال تمر الغرس كمادة أولية من اجل تحويله الى ايثانول وغرض من دراستنا هذه تتبع تغير مؤثرات التخمير الكحولي بعصير التمر: الأس الهيدروجيني، الكثافة، الإمتصاصية خلال التخمير. وتحصلنا كنتيجة ان نسبة السكر، الأس الهيدروجيني والكثافة تتناقص مع بداية التخمير وطبعاً زيادة في كمية البيوثانول المنتج ابتداء من 24 ساعة. البيوثانول المتحصل عليه ذو 60 درجة.

**الكلمات المفتاحية:** التمور، التخمير، الكحول، البيوإيثانول.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à:*

*Mes parents:*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Mes professeurs de génie chimique qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*Mes amies et amis qui ont de m'encourager.*

*ZANE Dalal*

## *Dédicace*

*Je remercie Dieu de m'avoir aidé et illuminé ma vie vers le  
savoir et l'éducation et qui a permis que ce modeste travail voie le  
jour.*

*Je dédie ce travail.*

*Aux deux personnes les plus chères :*

*« Mon père et ma mère »*

*Toute ma famille et tous mes amis*

*A mes chers frères et sœurs*

*Tourqui Imene*



## Remerciements

*Nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la force et la foi pour mener à bien ce projet.*

*Au terme de cette étude, nous tenons à adresser nos profondes reconnaissances à toutes nos familles qui nous ont soutenues, aidées et encouragées tout au long de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissances à*

*Monsieur : OCIF KHALED Mohammed Tayeb*

*Tout d'abord pour nous avoir fait confiance et pour nous avoir inspiré le sujet*

*Ensuite pour ses conseils précieux, ses orientations judicieuses et ses directives efficaces, ainsi que Pour les réflexions avisées qu'elle nous ont apportées.*

*Nous tenons à remercier les membres de jury qui vont chargé d'examiner et corriger ce mémoire*

*Nous vous remercions énormément et nous sommes très heureux et fiers de présenter notre travail devant des professeurs ainsi*

*Compétents comme vous, merci beaucoup encore.*

*Et enfin nous remercions l'ensemble, enseignants et collègues de notre promotion, qui nous ont aidés à réaliser ce modeste travail.*

*MERCI....*

## Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction** 1**Chapitre I : les palmiers dattiers**

I .1.	Généralités sur les palmiers dattiers Phoenix dactylifera L.....	1
I .2.	Production de dattes dans mondiale et Algérie.....	1
	I .2.1. Dans le monde.....	1
	I .2.2. Dans Algérie.....	2
I .3.	Description botanique.....	3
I .4.	La datte.....	5
	I .4.1. Description de la datte.....	5
	I .4.2. Formation et maturation de la datte.....	5
I .5.	Classification des dattes.....	7
I .6.	Composition biochimique de la datte.....	7
	I .6.1. Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe" .....	7
	I .6.1.1. Eau.....	8
	I .6.1.2. Sucres.....	8
	I .6.1.3. Protéines et acides aminés.....	8
	I .6.1.4. Matières grasses.....	9
	I .6.1.5. Les fibres.....	9
	I .6.1.6. Eléments minéraux.....	10
	I .6.1.7. Vitamines.....	10
	I .6.1.8. Pigments.....	10
	I .6.1.9. Pol phénols.....	11
	I .6.1.10. Les acides organiques.....	11
	I .6.1.11. Les composés volatils (Flaveur.....	12
	I .6.2. La technologie de la datte.....	12

**Chapitre II : Réaction de fermentation**

II.1.	Définition du la réaction de la fermentation .....	13
II.2.	La fermentation d'alcoolique.....	13
	II.2.1. La glycolyse.....	14
	II.2.2. La phase d'investissement.....	15

II.2.3.	La phase de clivage (séparation) .....	16
II.2.4.	La phase de récupération d'énergie.....	16
II.3.	Procédés de fermentation alcoolique.....	16
II.4.	Rôle de l'oxygène en fermentation alcoolique.....	17
II.5.	Effet des paramètres physico-chimiques sur la fermentation alcoolique.....	18
II.5.1.	La composition du milieu.....	18
II.5.2.	La température.....	19
II.5.3.	L'acidité.....	19
II.6.	Produit de la fermentation alcoolique (l'éthanol) .....	19
II.7.	Autres types de fermentation.....	22
II.7.1.	Fermentation lactique.....	22
II.7.2.	Fermentation acétique.....	22
II.7.3.	Fermentation propénoïque.....	23
II.7.4.	Fermentation butyrique.....	23

### **Chapitre III : Partie expérimentale**

	Introduction.....	24
III A.	Technique et méthode.....	24
III.A.1	Produits et matériels utilisés.....	24
III.A.2	Etapes de la production de l'éthanol par fermentation des dattes.....	24
III.A.2.1.	Définition les dattes (ghars) .....	25
III.A.2.2.	Préparation de jus des dattes.....	26
III.A.2.3.	Procédé de la fermentation alcoolique .....	27
III.A.2.4.	Distillation et rectification.....	28
III.A.3	Le degré d'alcool.....	28
III.A.4	Spectrophotomètre.....	29
III.A.5	Spectrophotomètre infrarouge .....	30
III.A.6	Refractomètre.....	30
III.B.	Résultats et discussion.....	32
III.B.1	Résultats.....	32
III.B.1.1.	La densité.....	32
III.B.1.2.	pH mètre .....	33
III.B.1.2.	Refractomètre.....	33
III.B.1.3.	Spectrophotomètre (UV-Visible) .....	34
III.B.1.3.1.	Spéctre d'absorption UV- Visible du moût.....	34

III.B.1.3.2. Spectre d'absorption UV- Visible du saccharose.....	34
III.B.1.4. D'analyse infrarouge.....	35
III.B.2 Discussion des résultats.....	36
<b>Conclusion générale</b>	<b>37</b>

### Introduction générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est considéré comme l'arbre des régions désertique du globe connues pour leur climat chaud et sec. En raison de ses utilités alimentaires, écologiques, sociales et économiques, il est considéré comme l'arbre fruitier le plus apprécié par les populations des oasis [1]. Le palmier dattier constitue l'élément fondamental de l'écosystème oasien. Il joue un rôle primordial sur le plan économique grâce à la production de la datte et des sous-produits (pâtes, farine, sirop, vinaigre, levure, alcool, confiserie, ...).

Les dattes ont toujours été depuis les temps immémoriaux un élément important de l'alimentation tant pour les humains que pour les animaux. Ce fruit constitue un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique, sa production mondiale s'élève à plus de 58 millions de tonnes. Algérie et s'élève à plus de 990.000 de tonnes, plaçant ainsi l'au 4ème rang des pays producteurs de dattes, dont 30% sont des dattes communes à faibles valeurs marchandes pour la plupart destinées à l'alimentation du bétail [2]. Les dattes sont particulièrement riches en sucres et en éléments minéraux, y compris les variétés sèches, qui constituent un véritable concentré de calories avec plus de 50% de sucres par rapport à la matière sèche [3].

Par ailleurs, la région d'El Oued est l'une des principales wilayas productrices de dattes en Algérie, sa production représente 22% de la production nationale [4].

L'objectif de la nôtre travail consiste à suivre l'évolution des paramètres de la fermentation alcoolique du moût des dattes (pH, densité, taux du sucre et l'absorption UV-Visible) au cours de la fermentation.

On a suivi la de fermentation par l'évolution suivant : pH mètre, l'absorbance Spectrophotomètre UV, Spectre Infra Rouge, Refractomètre.

Son avons divisé cette étude en trois chapitres :

Le mémoire décrivant ce travail est entamé par cette introduction générale qui donne une idée sur l'importance du thème abordé tout en exposant clairement l'objectif visé.

On devise ce travail à deux partie une première partie relative à l'étude bibliographique comprenant deux chapitres dont le premier : des généralités autour des palmiers dattiers et la datte, le deuxième présente la Procède de la fermentation alcoolique des dattes et production la datte éthanol. Une deuxième partie expérimentale soutient technique du travail et les résultats obtenus, leurs analyses et discussions c'est une partie pratique.

Enfin une conclusion générale résume les différents résultats obtenus et les perspectives de ce travail.

## liste des figures

Numéro	Titre	page
Figure I .1 :	la production monde de dattes en tonnes	2
Figure I .2 :	Coupe schématique d'un palmier dattier	4
Figure I .3 :	Schéma datte et son noyau	5
Figure I .4 :	Stades de maturation de la datte	7
Figure I .5 :	Techniques de transformation et de valorisation des dattes	13
Figure II.1:	schéma de la glycolyse	15
Figure II.2:	La molécule de l'éthanol	20
Figure III.1 :	Diagramme de production de l'éthanol	25
Figure III.2 :	PhotodatedattesvariétéGhars	26
Figure III.3 :	Préparation de jus des dattes	27
Figure III.4 :	L'étape de la filtration	27
Figure III.5 :	Procédé de lafermentation alcoolique	28
Figure III.6 :	Procédé de distillation	28
Figure III.7 :	Photo d'alcoomètre	29
Figure III.8 :	Mesure d'alcoomètre	29
Figure III.9 :	Spectrophotométrie	30
FigureIII.10:	Spectrophotomètre infrarouge	30
FigureIII.11:	Refractomètre	31
FigureIII.12 :	Manuel d'utilisation du réfractomètre	31
Figure III.13:	La densité en fonction du temps de fermentation	32
Figure III.14:	Evolution du pH	33
Figure III.15:	Evolution du taux des sucres	34
Figure III.16:	l'absorbance du mout à 490 nm	34
Figure III.17:	l'absorbance du saccharose 589nm	34
Figure III.18:	Spectre Infra Rouge après 72h	36

**Liste des Tableaux**

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau I.1:	La production Algérie de dattes en tonnes. Mars2017	3
Tableau I.2:	Stades d'évolution et appellation de datte	6
Tableau I.3:	Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche	9
Tableau I.4:	Composition vitaminique des dattes	10
Tableau I.5:	Principaux pigments colorés se trouvant dans les dattes	11
Tableau II.1:	Composition approximative de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en ions métalliques, besoins et limites dans le milieu	18
Tableau II.2:	Caractéristiques physico-chimiques de l'éthanol comme combustible liquide	20
Tableau III. 1 :	Résultats d'analyse physique-chimique	32
Tableau III. 2 :	Le Ph déférentes concentration en saccharose	34

## Liste des abréviations

%	Pour cent
°	Degré
B°x	Degré Brix
C°	Degré Celsius
ADP	Adénosine diphosphate
ATP	Adénosine triphosphate
CaCO <sub>3</sub>	Carbonate de calcium
CaO	Oxyde de calcium
Cm	Centimètre
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture en Anglais (Food and Agriculture Organization of the United Nations).
g	Gramme
H	Heurs
Ha	Hectare
µg	Microgramme
mg	Milligramme
N <sup>20</sup> <sub>D</sub>	Indice de réfraction
NAD	Nicotinamide adénine di nucléotide Déshydrogénase
NADH	Nicotinamide adénine di nucléotide
pH	Potentiel hydrogène
PI	Phosphoré
T	Température

## I .1. Généralités sur les palmiers dattiers *Phoenix dactylifera* L

Le palmier dattier a été dénommé *phoenix dactylifera* par LINNE en 1734. Phoenix dérive de Phoenix, nom du dattier chez les Grecs de l'antiquité, qui le considéraient comme l'arbre des phéniciens [5], est aussi date palm en anglais, nakhil ou tamer en arabe en afar et en somali [6]. Dactylifera vient du latin dactylus dérivant du grec daktulos, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit [7]. Le palmier-dattier, est une plante vivace et lignifiée, comme le précise son nom, appartient à une grande famille d'arbres à palmes et produit des dattes. C'est une monocotylédone arborescente, qu'il faut classer dans le règne végétal à côté des herbes, ou herbacées [8].

## I.2. Production de dattes dans le monde et l'Algérie

### I.2.1 Production dans le monde

L'Egypte est le premier producteur mondial de dattes avec 1 465 030 T suivis de l'Iran et de L'Algérie. Malgré que la superficie du palmier dattier en Egypte est inférieure à celle de l'Algérie (44 037 ha Vs 165 348 ha en 2014).

L'Egypte arrive à réaliser une production très importante par rapport à celle de l'Algérie. L'Egypte est marquée par ces rendements exceptionnels, son rendement a atteint plus de 33 tonnes/ha en 2014, tandis que l'Algérie est classée parmi les pays à faibles rendements avec 5.6 tonnes/ha.

L'Arabie Saoudite a connu une chute considérable de sa production de dattes en 2014 par rapport à 2013 ce qui l'a classé derrière l'Algérie, en 4ème position. La production de dattes, du Maroc, d'Iraq et du Qatar a aussi baissé en 2014 par rapport à 2013[9].

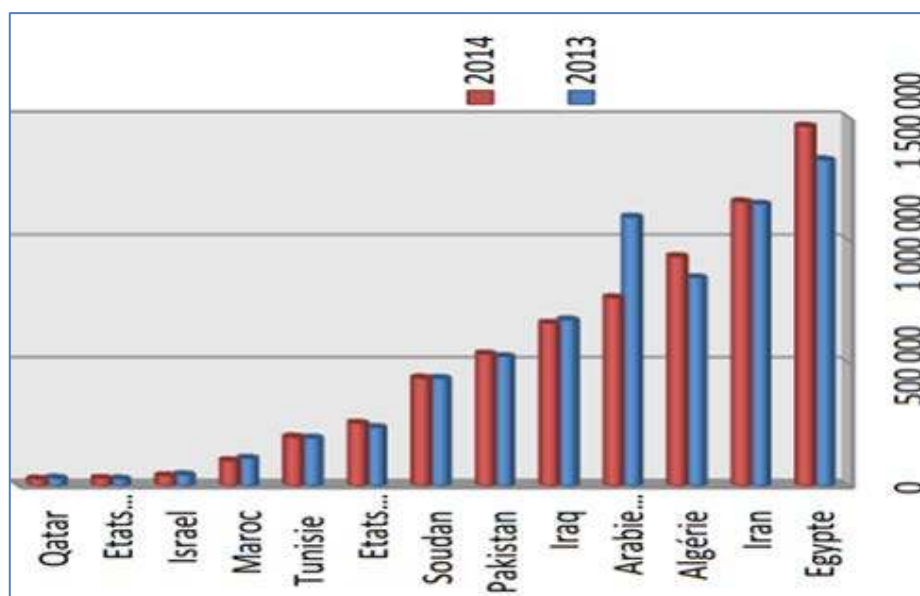


Figure I .1 : La production monde de dattes en tonnes [9]

### I. 2.2. Production dans l'Algérie

Selon les statistiques les plus récentes (2015) du Ministère de l'Agriculture et du développement Rural, le palmier dattier occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions d'unités et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 99 mille tonnes.

Les régions phoenicicoles se situent généralement au sud de l'atlas saharien et couvrent 17 wilayas (en réalité 16 wilayas car la wilaya de M'Sila a perdu son potentiel phoenicicole).

La wilaya de Biskra et la première région phoenicicole avec 27,4 % de la superficie totale, 23,1 % du nombre total de palmiers dattiers et 41,2 % de la production nationale de dattes. Elle est suivie par la wilaya d'El Oued avec respectivement 22 %, 22,4 % et 25%. Ces deux wilayas totalisent à elles seules plus des deux tiers (2/3) de la production nationale de dattes. [4]

La répartition par wilaya se présente comme suit :

Tableau I.1 : La production algérienne de dattes en tonnes. Mars 2017 [4].

<b>Wilaya</b>	<b>Production (quintal)</b>
Biskra	4.077.900
El Oued	2.474.000
Ouargla	1.296.300
Adrar	910.300
Ghardaïa	565.000
Béchar	300.500
Tamanrasset	109.400
Khenchela	68.200
Tébessa	20.500
Laghouat	16.200
Illizi	15.600
Batna	14.000
El Bayadh	10.300
Naama	10.200
Tindouf	8.400
Djelfa	6.800
Total :	9.903.600

### I.3. Description botanique :

Au niveau de la taxonomie, le palmier dattier est une plante de grande taille, monocotylédone, spadiceflore appartenant à la famille des palmaceae, Sous famille des coryphoideae, le genre Phoenix et l'espèce dactylifera [10].

Comme le montre la figure I .2, le palmier dattier est constitué de :

- Le troc : peut atteindre, pour certaines variétés 25 m de longueur. Ce stipe est en général cylindrique uniforme pour certains cultivars, relativement tronconique pour d'autres.
- Les palmes : sont des feuilles composées pennées plus au moins longues et plus ou moins flexibles en fonction des cultivars et des conditions de culture.
- Le système racinaire : est de type fasciculé souvent très puissant, repartit en 4 zones.
- L'inflorescence : le palmier est une plante dioïque, les sexes sont donc séparés en palmier femelle donnant les fruits et palmier male dit pollinisateur produisant du pollen.
- Le régime : les fruits sont plus ou moins insérés sur les épillets qui sont groupés pour former le régime.
- Le fruit : la datte est une baie ayant une seule graine communément appelée noyau. Elle comporte une enveloppe fine cellulosique, l'épicarpe ou peau, un mésocarpe plus ou moins charnu et de consistance variable, présente une zone périphérique de couleur plus soutenue et de texture compacte, et une zone interne de teinte plus claire et de texture fibreuse, l'endocarpe, réduit à une membrane parcheminée entourant la graine ou noyau [11].

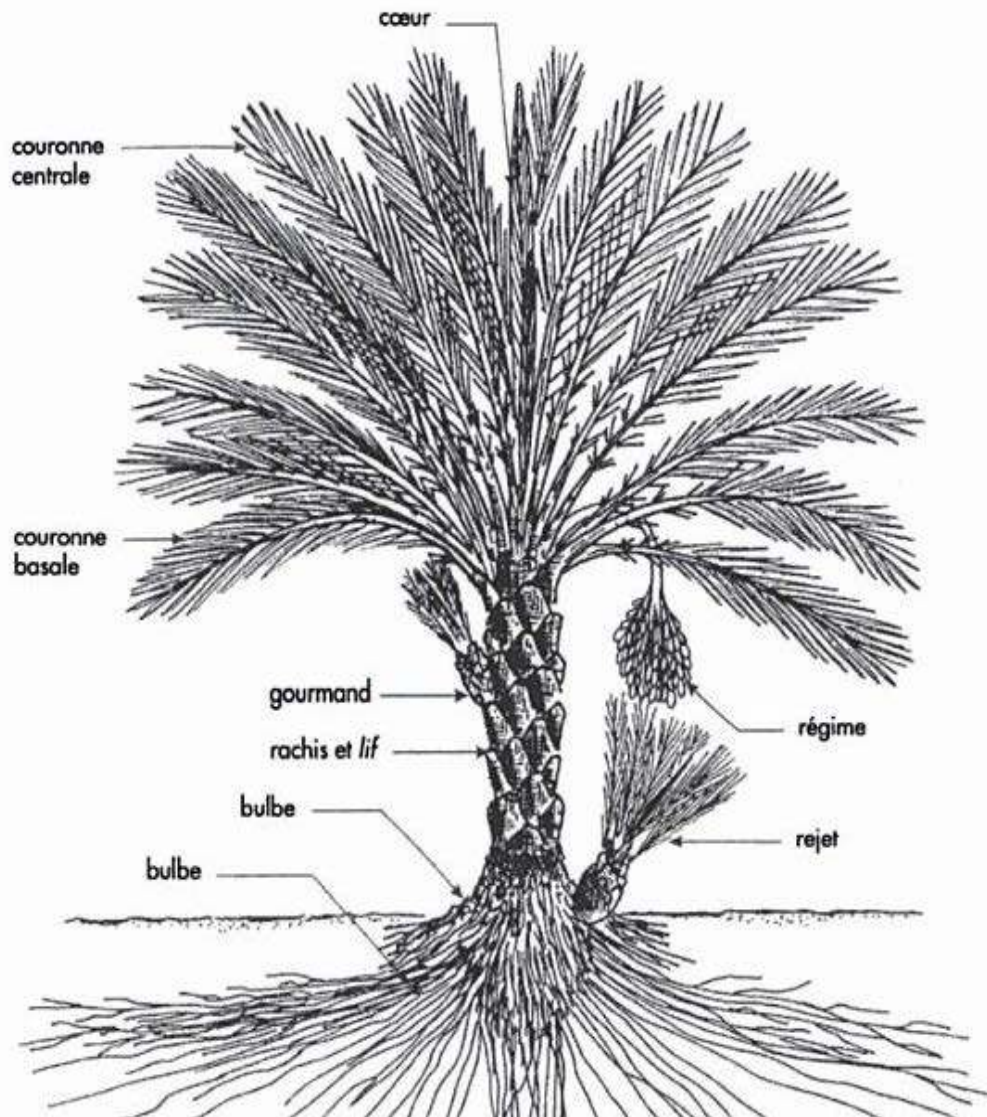


Figure I.2 : Coupe schématique d'un palmier dattier [5]

## I.4. La datte

### I.4.1. Description de la datte

La datte est le fruit du palmier dattier, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de :

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue.
- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau [11].

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Leur color va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouges, brunes plus ou moins foncées [12].

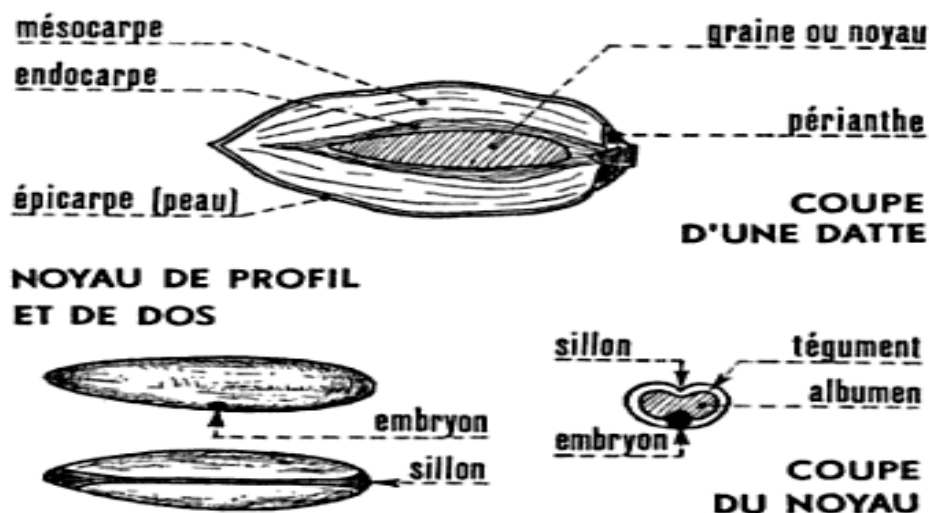


Figure I.3 : Schéma datte et son noyau [13]

### I.4.2. Formation et maturation de la datte

L'évolution des dattes chez le palmier dattier jusqu'à maturité passe par cinq stades (Fig.3). La maturité de la datte est un processus complexe, elle se caractérise par la dégradation de la chlorophylle, la synthèse des caroténoïdes et la conversion de l'amidon en sucres simples [14] qui se manifestent par le changement de la couleur, de la texture, de la flaveur, du goût et des caractéristiques physico-chimiques. Le Tableau I illustre les nomenclatures des différents stades d'évolution adaptées dans quelques pays producteurs de dattes.

Tableau I.2: Stades d'évolution et appellation de datte [15]

Pays	Stades de développement de la datte				
Sahara Algérien	Loulou	Kh'lal	Bser	Mretbaou Martouba	Tamr
Irak	Hababouk	Kimiri	Khalal	Routab	Tamr
Libye	-	Gamag	Bissir	Routab	Tamr
Mauritanie	Zei	Tefejena	Enguei	Blah	Tamr

- ✓ Stade I (Loulou) : c'est le stade qui suit la pollinisation et qui dure environ cinq (05) semaines [16].

- ✓ Stade II (Khalal) : Le fruit a une couleur verte. Au cours de ce stade un grossissement rapide du fruit est observé en raison de l'accumulation des hydrates de carbone et de l'humidité l'acidité est assez élevée. A la fin de ce stade, la couleur commence à devenir jaune ou rouge, selon les cultivars.
- ✓ Stade III (Bser) la couleur de la dattes vire au jaune ou au brun. Il est caractérisé par rapport au stade khalal par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux, une diminution de la teneur en eau et de l'acidité [17].
- ✓ Stade IV (Martouba) ce stade dure deux à trois semaines. Il se caractérise par un début de ramollissement du fruit en raison d'une augmentation des activités enzymatiques des pectinases et des polygalacturonases et une perte en eau. A cette étape les protéines et les cendres diminuent respectivement jusqu' à 2,6 et 2,6%, les tanins se fixent sous l'épicarpe du fruit.
- ✓ Stade V (Tmar) la phase ultime de maturation, au cours de laquelle le fruit perd une quantité importante d'eau ce qui donne un rapport sucre/eau élevé (DJERBI, 1994). Les fruits ont des niveaux des sucres beaucoup plus élevés, un goût plus doux, une plus faible quantité d'eau et de tanins. La couleur du fruit devient de plus en plus foncée, surtout chez les dattes molles [18].

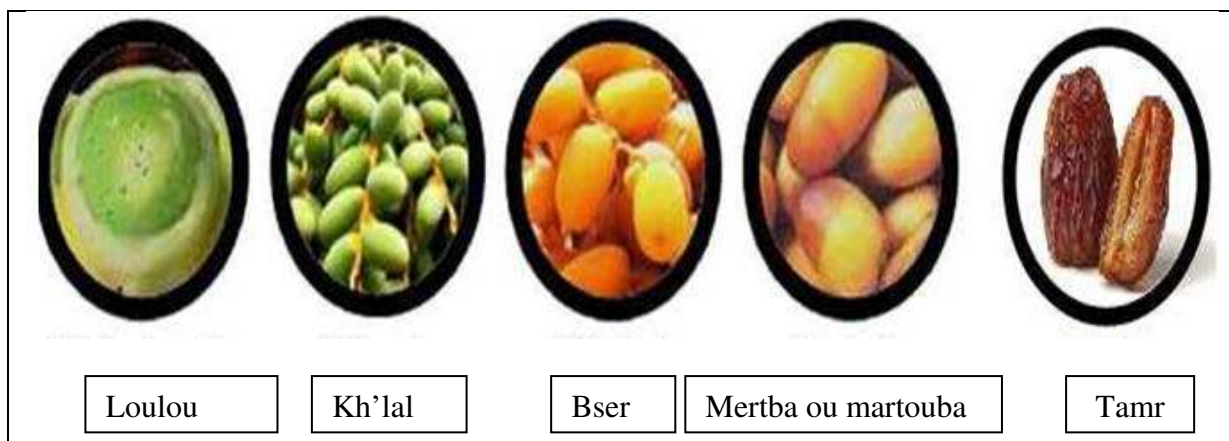


Figure I.4 : Stades de maturation de la dattes [19]

### I.5. Classification des dattes

Les dattes sont regroupées en trois catégories suivant leur consistance [20]. D'après BOUKHIAR, (2009), la classification de la dattes selon leur consistance à maturité et la texture de fruits est comme suit.

**Les dattes molles** : taux d'humidité supérieur ou égal à 30%, elles sont à base de sucres invertis (fructose, glucose) tel que Ghars, BaydirbentQbala, tatiwatnoh...etc. [21]

**Les dattes demi-molles** : de 20 à 30% d'humidité, elles occupent une position Intermédiaire. Il s'agit des dattes à base de saccharose par excellence Deglet Nour [22]

**Les dattes sèches** : dures, avec moins de 20% d'humidité, riche en saccharose. Elles ont une texture farineuse telle que Meche-Degla, Degla Beida.....etc [23].

## **I.6. Composition biochimique de la datte**

### **I.6.1. Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe"**

La datte est constituée de deux parties, une qui est comestible, représentée par la pulpe (mésocarpe) ; et l'autre, non comestible, qui est le noyau, ayant une consistance dure. Ce dernier représente 10 à 30% du poids de la datte, il est constitué d'un albumen protégé par une enveloppe cellulosique. La datte se compose essentiellement d'eau, de sucres réducteurs « glucose et fructose » et de sucres non réducteurs, « saccharose ». Les constituants non glucidiques représentent les protides, les lipides, la cellulose, les cendres (sels minéraux), les vitamines et les enzymes.

#### **I.6.1.1. Eau**

La teneur en eau est en fonction des variétés, stade de maturation et du climat [24], l'humidité décroît des stades verts aux stades murs. D'une manière générale, la teneur moyenne en eau des dattes varie de 10 à 40% du poids frais, ceci la classe dans les aliments à humidité intermédiaire [25].

#### **I.6.1.2. Sucres**

Les sucres sont les constituants majeurs de la datte. L'analyse des sucres de la datte a révélé essentiellement la présence de trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose [26]. Ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres en faible proportion, tels que : le galactose, la xylose et le sorbitol [27]. La teneur en sucres totaux est très variable et dépend de la variété et du climat. Elle varie entre 60 et 80 % du poids de la pulpe fraîche [28].

#### **I.6.1.3. Protéines et acides aminés**

La pulpe de la datte ne contient qu'une faible quantité de protéines. Le taux diffère selon les variétés et surtout selon le stade de maturité, il est en général de l'ordre de 1.75% du poids de la pulpe. Aussi, il a été montré que le pourcentage de protéines présent dans les noyaux des

dattes est plus important que celui de la pulpe [29]. Les protéines de la datte contiennent 23 acides aminés (Tableau 3) dont certains ne sont pas présents dans certains fruits comme la banane, la pomme et l'orange.

Tableau I .3: Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche [30].

Acidesaminés	Teneur de la pulpe, en mg/100g
Isoleucine	64
Leucin	103
Lysine	72
Méthionine	25
Cystéine	51
Phénylalanine	70
Tyrosine	26
Théonine	69
Tryptophane	66
Valine	88
Arginne	68
Histidine	36
Alanine	130
Aside aspartique	174
Acide glutamique	258
Glycocolle	130
Proline	144
Sérine	88

#### I.6.1.4. Matières grasses

La pulpe de la datte contient peu de matière grasse. Celle-ci est concentrée dans la peau (2.5-7.5%MS) et joue un rôle plus physiologique que nutritionnelle. Ce rôle se traduit par la protection du fruit [31]. Yahiaoui, (1998), a indiqué la présence 6 acides gras dans la datte Deglet-Nour.

#### I.6.1.5. Les fibres

La datte est riche en fibres, elle en apporte 8,1 à 12,7 % du poids sec [32] Selon [Benchabane (1996)], les constituants pariétaux de la datte sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Du fait de leur pouvoir hydrophile, les fibres facilitent le transit

intestinal et exercent un rôle préventif des cancers colorectaux, des appendicites, de la diverticulose, des varices et des hémorroïdes. Elles ont également un effet hypocholestérolémiant [33].

#### I.6.1.6. Eléments minéraux

L'étude de 58 variétés de dattes cultivées dans la région des Ziban faite par [Acourene et al. (2001)], montre que le taux de cendres est compris entre 1,10 et 3,69 % du poids sec. La datte est l'un des fruits les plus riches en éléments minéraux, essentiellement le potassium, le magnésium, le phosphore et le calcium. Les travaux de [Siboukeur, (1997)] ont montré que la composition minérale de quelques cultivars de dattes molles algériennes.

#### I.6.1.7. Vitamines

En général, la datte ne constitue pas une source importante de vitamines. La fraction vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables de vitamine de groupe B. Le tableau 4 donne les ordres de grandeur de chaque vitamine.

Tableau I. 4 : Composition vitaminique des dattes [34]

Vitamines	Teneur moyenne de 100g
Vitamine (C)	2.00mg
Thiamine (B1)	0.06mg
Riboflavine (B2)	0.10mg
Niacine (B3)	1.70mg
Acide pantothénique (B5)	0.80mg
Vitamine (B6)	0.15mg
Folates (B9)	28.00 µg

#### I.6.1.8. Pigments

Les principaux pigments identifiés dans les dattes sont : caroténoïdes, anthocyanines, flavones, flavonols, lycopènes, flavoxanthine et lutéine dans certaines variétés égyptiennes [35].

Tableau I .5 : Principaux pigments colorés se trouvant dans les dattes. [36]

Pigments		Couleur	Propriétés
Caroténoïdes	Lycopènes	Rouge	Précurseur des carotènes
	Carotènes	Orange	Précurseur de la vitamine A
	Lutéine	Jaune	
Flavonoïdes et dérivés	Flavones (apigénine)		
	Flavonols (catéchine)	Jaune	
	Flavoxanthine	Jaune	Faiblement soluble dans L'eau
	Anthocyanines	Rouge en milieu acide, Bleu en milieu basique	Indicateurs de Ph

#### I.6.1.9. Polyphénols

**Tanins** : Ils constituent plus de 3% du poids de la datte; l'un des principaux effets de ces derniers intervient lors du processus de maturation par la variation de leur solubilité (texture) : ils passent de la forme soluble (astringente) à la forme insoluble (insipide), résultant probablement de leur combinaison avec les protéines (variation du goût).

Les tanins jouent également un rôle dans le brunissement non enzymatique [37], c'est pourquoi, des traitements thermiques sont réalisés afin de retarder le phénomène de brunissement lors du stockage des dattes.

**Flavones** : Ces composés sont essentiellement impliqués dans le phénomène de brunissement enzymatique qui est responsable de la coloration de la datte au cours de la maturation [38].

#### I.6.1.10. Les acides organiques

Le jus de datte est légèrement acide. [Rygg (1948, 1953)], rapporte que les dattes mûres se caractérisent par une acidité moins importante avec un pH de 5, mais il ne se prononce pas formellement sur le rôle de l'acidité dans les dattes. Il avance cependant l'idée qu'une forte acidité est associée à une mauvaise qualité. [Youssef et al., (1992)] ont analysé deux variétés de

dattes égyptiennes et ont montré l'existence de trois acides organiques : malate, citrate, et oxalate.

#### **I.6.1.11. Les composés volatils (Flaveur)**

Les composés volatils sont responsables de l'arôme spécifique. Ces composés aromatiques spécifiques aux dattes sont peu connus et n'ont pas fait l'objet de beaucoup de recherches. Pour la variété Zahidi, 38 composés volatils ont été identifiés [39].

#### **I.6.2. La technologie de la datte**

La technologie de la datte recouvre toutes les opérations qui, de la récolte à la commercialisation, ont pour objet de préserver toutes les qualités des fruits et de transformer ceux qui ne sont pas consommés, ou consommables, à l'état, en divers produits, bruts ou finis, destinés à la consommation humaine ou animale et à l'industrie. [40]

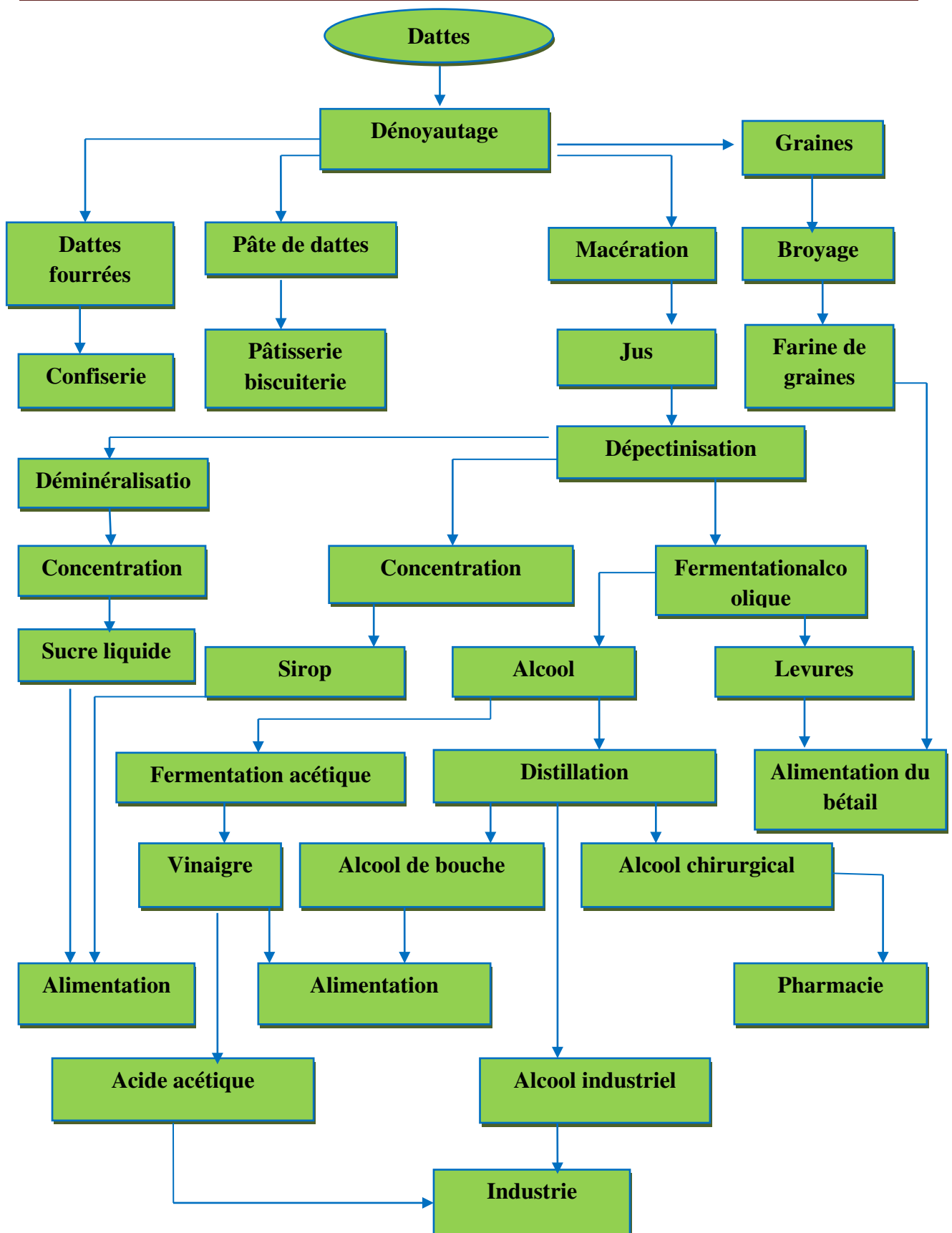


Figure I.5 : Techniques de transformation et de valorisation des dattes

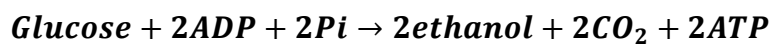
## II.1. Définition de la réaction de la fermentation :

La fermentation c'est tout processus métabolique au cours duquel est utilisé un microorganisme spécifique pour la libération de l'énergie contenue dans une molécule organique[41]. Ce processus ne nécessite ni d'oxygène ni de chaîne de transport, et utilise une molécule organique comme accepteur d'électron final. La fermentation peut parfois se poursuivre en présence de l'oxygène [42].

## II .2. La fermentation alcoolique :

Est un processus biochimique par lequel des sucres (glucides, principalement le glucose) sont transformés en alcool (éthanol) dans un milieu liquide, privé d'air. [43] La fermentation a pour but de réoxyder le NADH (Nicotinamide adenine dinucleotide Déshydrogénase structure d'un énergie ) en NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide ) car NAD est une molécule qui est limitée, et si elle n'est plus présente, la glycolyse ne peut plus avoir lieu. La fermentation est donc là pour assurer la continuité de la glycolyse. Ensuite, de chaque molécule de pyruvate, une molécule de dioxyde de carbone est détachée. On obtient de l'acétylaldéhyde, un produit extrêmement nocif pour l'organisme, elle va donc être rapidement transformée. L'acétylaldéhyde est transformée en éthanol, suite à l'oxydation de NADH en NAD<sup>+</sup>.

L'équation finale de la transformation du glucose en éthanol s'écrit :



La fermentation alcoolique se constate par :[44]

- Dégagement de CO<sub>2</sub>
- Bouillonnement du moût
- Augmentation de la température
- Changement de couleur du moût
- Changement de saveur
- Diminution de la densité du liquide.

La dégradation biochimique des sucres pour la production de l'alcool passe par les étapes suivantes:

### II .2.1. La glycolyse :

La glycolyse est un ensemble de réactions chimiques qui se déroulent dans le cytoplasme d'une cellule. La glycolyse a pour but la production de 2atp et 2pyruvates, pour chaque glucose présent.

Ces pyruvates vont ensuite suivre des chemins différents en fonction du milieu car la levure est un micro-organisme aérobic facultatif. Elle est capable de s'adapter au milieu dans lequel elle se trouve.

S'il y a présence de dioxygène (milieu aérobic) la levure utilise la respiration cellulaire pour produire de l'énergie (ATP) avec un fort rendement, tandis que s'il n'y a pas de dioxygène présent (milieu anaérobic) la levure va utiliser le processus de fermentation. Cependant, ce dernier possède un rendement nettement plus faible en énergie.

La production d'éthanol par des levures, malgré la présence de suffisamment d'oxygène, a été observée. Ceci se produit quand ces levures vivent dans un milieu sur-sucré. C'est le phénomène qui se produit lors de la fermentation alcoolique. [45] Figure(1) : schéma de la glycolyse.

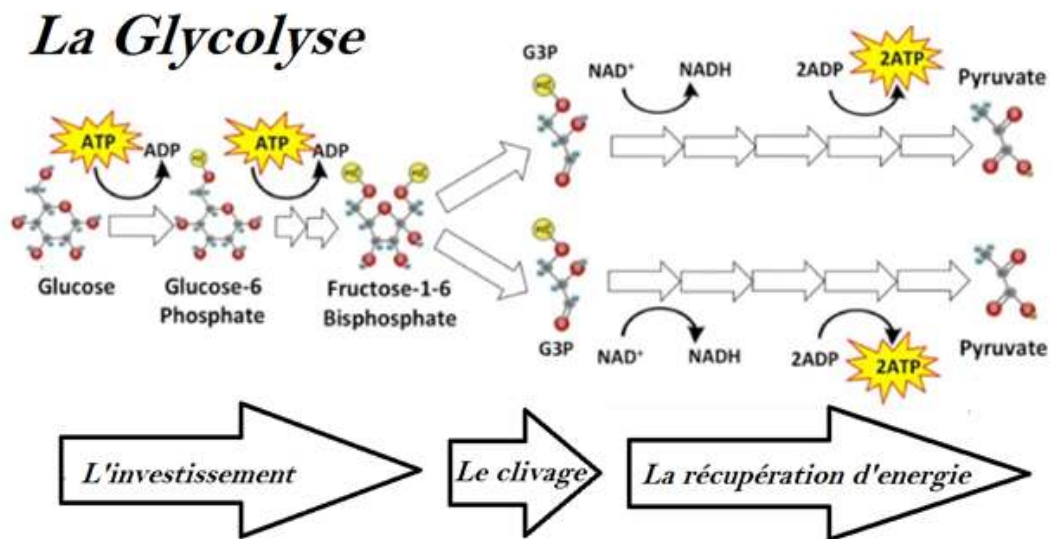


Figure II.1: schéma de la glycolyse.[45]

Au cours de la glycolyse, le glucose va être transformé en différentes molécules par l'action de nombreuses enzymes.

Elle est composée de 3 phases distinctes : L'investissement, le clivage et la récupération.

### II .2.1.1. La phase d'investissement :

Cette phase comporte 3 sous-étapes :

La molécule de glucose est tout d'abord phosphorylée. C'est l'addition d'un groupe phosphate. Cette réaction est consommatrice d'un ATP (l'ATP étant un nucléotide qui sert à stocker et transporter de l'énergie, il fournit l'énergie nécessaire aux réactions chimiques). La molécule

obtenue s'appelle, alors, le glucose-6-phosphate. De l'ADP est aussi formé (L'ADP est le produit de déphosphorylation de l'ATP) et un ion  $H^+$  est séparé du glucose.

La molécule précédemment obtenue subit ensuite une isomérisation (conversion d'une molécule chimique en un de ses isomères). L'isomère formé est le fructose-6-phosphate.

La 3ème sous partie est la même réaction que la première. La molécule de fructose-6-phosphate est phosphorylée et un atome H est exclu de la molécule donnant un ion  $H^+$  et la réaction est consommatrice d'ATP.

On obtient au final du fructose-1,6-bisphosphate de l'ADP et un ion  $H^+$ .

### II .2.1.2.La phase de clivage (séparation) :

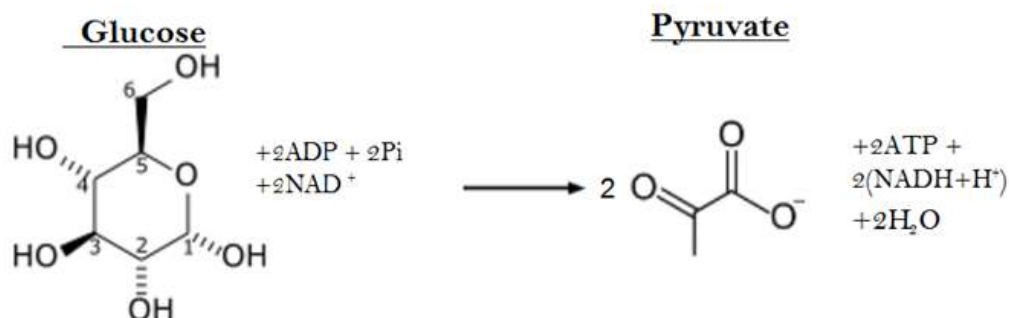
La molécule de fructose-1,6-bisphosphate va être divisée en deux molécules identiques nommées glycéraldéhyde-3-phosphate, (d'abréviation G3P). On peut donc dire que chaque molécule de fructose-1,6-bisphosphate donne deux molécules G3P.

### II .2.1.3.La phase de récupération d'énergie :

Cette phase va permettre de produire suffisamment d'ATP pour avoir un rendement positif. Le G3P est phosphorylé et oxydé en 1,3-diphospho-D-glycérate ( 1,3-DPG ). En même temps, il y a réduction de  $NAD^+$  en  $NADH + H^+$ .  $NAD$  et  $NADH$  sont présents car pour qu'il y ait une oxydation il faut qu'un autre couple (ici  $NAD/NADH$ ) soit réduit.

Le groupe phosphate présent sur la molécule 1,3-DPG doit phosphoryler la molécule d'ADP en ATP. On obtient alors 1ATP et une molécule 3PG. La molécule 3PG est isomérisée en molécule 2PG qui elle-même est déshydratée donnant une molécule  $H_2O$  et une PEP (phosphoénolpyruvate). Le groupe phosphate présent sur PEP va permettre la phosphorylation d'une molécule d'ADP en ATP. La molécule 2PG privée de son groupe phosphate donnera un pyruvate. Le bilan de cette étape est donc la production de 2ATP et 1Pyruvate pour chaque molécule de 3GP.

Bilan final de la Glycolyse :



### II .3. Procédés de fermentation alcoolique :

Dans la plupart des procédés de fermentation, les changements métaboliques ont lieu dans des conditions environnementales précises. Le contrôle rigoureux de paramètres comme la température, le débit d'aération (oxygène dissous) et le pH sont essentiels pour atteindre le rendement maximal et la qualité de production.

Le procédé de fermentation est employé aussi bien dans l'industrie pharmaceutique que dans la fabrication de biopolymères, du pain, de biofuel ou dans les unités. [46]

Après ensemencement du milieu par la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* (1 g/l), le bio réacteur est plongé dans un bain-marie où la température est maintenue à  $30 \pm 2$  °C. La fermentation est conduite en anaérobiose pendant 72 heures. Toutefois, la fermentation est favorisée par une agitation due au mouvement des bulles du CO<sub>2</sub> dégagé. Pour suivre l'évolution de la fermentation, on procède chaque 24 heures à des prélèvements pour effectuer les analyses physico-chimiques par alcoomètre et détecter l'odeur de l'alcool dans le moût. Après 72 heures, la fermentation est arrêtée. [47]

Pour chaque variété de dattes, l'opération de fermentation est répétée trois fois dans le but d'obtenir une valeur moyenne représentative des différentes analyses. Au cours de la fermentation, nous allons suivre:

- L'acidité du moût à l'aide d'un pH mètre.
- Le taux de sucre.
- Le degré alcoolique.
- La densité du milieu réactionnel.
- Teneur en protéines totales.

### II .4. Rôle de l'oxygène en fermentation alcoolique

En conditions d'anaérobiose, la croissance levurienne requiert de l'oxygène moléculaire pour sa propre synthèse de lipides (stérols et acides gras insaturés) [48]. qui sont des composés essentiels pour le maintien de l'intégrité cellulaire, et donc de la viabilité. En conditions œnologiques, des travaux récents ont montré que l'oxygène était en fait essentiellement utilisé pour la synthèse de stérols, et peu pour celles des acides gras insaturés[49]. En anaérobiose, la levure peut utiliser directement les phytostérols présents dans le moût en tant que substituts de stérols, pour démarrer sa croissance et initier la fermentation. Toutefois, en absence d'oxygène, cette incorporation de phytostérols finit par perturber les propriétés membranaires de la levure, et entraîne rapidement une forte chute de la viabilité cellulaire [50].

Dans les conditions anaérobioses, la levure *Saccharomyces cerevisiae* nécessite l'apport de 5 à 7,5 mg L<sup>-1</sup> d'oxygène pour permettre une croissance optimale et une viabilité forte tout au long de la fermentation [49].

## II .5. Effet des paramètres physico-chimiques sur la fermentation alcoolique

Les résultats des analyses physicochimiques de moût de dattes qui a été produit à partir des variétés de dattes sont présentés comme suit:[51]

### II 5.1. La composition du milieu

La croissance de la levure nécessite une source d'azote, de phosphore, de soufre, de sels minéraux et de vitamines. Ceci permet d'assurer la synthèse des composants cellulaires, mais aussi le fonctionnement des enzymes et donc d'influencer la productivité de la levure ainsi que sa tolérance au stress dû à l'éthanol ou au substrat [52]. Les ions métalliques indispensables pour la croissance de la levure sont illustrés dans le tableau II .1.

TableauII.1: Composition approximative de *Saccharomyces cerevisiae* en ions métalliques, besoins et limites dans le milieu [53]

	Composition cellulaire (g.kg <sup>-1</sup> levure sèche)	Besoin dans le milieu (mg.L <sup>-1</sup> )	Concentration inhibitrice dans le milieu (mg.L <sup>-1</sup> )
Potassium	20-21	80-7900	390
Magnésium	1.3-1.65	39-144	24000
Calcium	0.6-0.75	180-1500	1000
Sodium	0.12-0.3		
Zinc	0.17-0.2	0.3-3	65
Fer	0.02-0.03	0.001-0.8	840
Manganèse	0.008	0.06-0.12	55
Cuivre	0.008	0.1-0.6	0.6

La présence des ions métalliques en quantité adéquate permettant d'augmenter le métabolisme de la levure et la vitesse de la glycolyse et donc la conversion du pyruvate en éthanol [54]. En effet, les ions métalliques sont vitaux pour les levures car de nombreuses enzymes les utilisent comme cofacteurs. Ces enzymes voient, en l'absence de ces ions, leur activité fortement diminuer ou devenir nulle. Cependant, ces ions, s'ils sont présents en trop grandes quantités, deviennent toxiques pour la levure et donc pour la production d'éthanol [55]. Ceci souligne l'importance d'apporter les bons ions métalliques en bonne quantité. Enfin, les

concentrations optimales en ions métalliques sont spécifiques de la souche utilisée et du milieu [56].

### II .5.2. La température

La température agit sur les vitesses de croissances et de production de métabolites. Plus la température est élevée plus la croissance sera rapide et ce jusqu'à atteindre la température optimale, au-delà de laquelle la vitesse de croissance diminuera. La température optimale de croissance pour est comprise entre de 30 et 32°C [57]. Cela dépend néanmoins des souches, du milieu ainsi que des conditions de culture.

L'augmentation de la température, jusqu'à la température optimale, permet de diminuer le temps de fermentation. La température optimale pour la production d'éthanol n'est pas forcément la température optimale pour la croissance de la biomasse. En effet, plus la température est élevée plus la levure est soumise au stress. De plus, la température optimale de production, dépend à la fois de la souche et de la composition du milieu de culture [58]. Enfin, au delà de 25°C la levure devient significativement plus sensible à la pression osmotique et la présence d'éthanol. Il a été observé que pour des températures supérieures à 25°C, il y a augmentation des sucres résiduels et diminution du rendement de conversion des sucres en éthanol [59].

### II .5.3. L'acidité

L'acidité se mesure en gramme équivalent d'acide sulfurique par litre de milieu. Plus l'acidité augmente, plus la vitesse de croissance diminue pour devenir nulle à une concentration de 5 g.L<sup>-1</sup> exprimée en équivalent acide sulfurique. La mesure de l'acidité est un paramètre complémentaire à celle du pH qui dépend du moût utilisé. Par exemple, le pH 4 correspond pour un sirop à environ 1,5 g.L<sup>-1</sup> d'acide sulfurique et pour une mélasse à 5 g.L<sup>-1</sup> d'acide sulfurique. L'acidité sert essentiellement à limiter le développement bactérien ce qui est très important dans les milieux non stériles comme les produits sucriers. Une acidité comprise entre 1,5 et 2,5 g.L<sup>-1</sup> serait un compromis entre l'effet bactériostatique et le développement optimal de la levure [60].

### II .6. Produit de la fermentation alcoolique (l'éthanol)

L'éthanol est de formule brute C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (figure II.2) et usuellement désigné par l'abréviation EtOH, l'éthanol est un produit à usages multiples (pharmaceutique, parfumerie, alimentaire, Combustible, carburant, etc.). Il est produit chimiquement par hydratation catalytique directe de l'éthylène (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>) et biologiquement par fermentation alcoolique du glucose . Le bioéthanol a les mêmes caractéristiques que l'éthanol tableau II.2 :

Tableau II.2 : Caractéristiques physico-chimiques de l'éthanol comme combustible liquide [61].

Paramètre	Caractéristique propriétés
Formule moléculaire	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Masse moléculaire	46.07 g/mol
Apparence	liquide incolore
Solubilité dans l'eau	∞ (miscible)
Densité	0.789 kg/L
Température d'ébullition	78.5°C (173°F)
Point de congélation	-117°C
Point d'éclair	12.8°C
Température d'inflammation	425°C
Limites d'explosion	Moins de 3.5% (v/v) plus de 19% (v/v)
Pression de vapeur à 38 ° C	50 mm Hg
Pouvoir calorifique supérieur (à 20 ° C)	29,800 kJ/kg
Pouvoir calorifique inférieur (à 20 ° C)	21,090 kJ/kg
Chaleur spécifique	Kcal/Kg 60°C
Acidité (pKa)	15.9
Viscosité	1.200 mPa·s (20°C)
Indice de réfraction (nD)	1.36 (25°C)
Indice d'octane	99

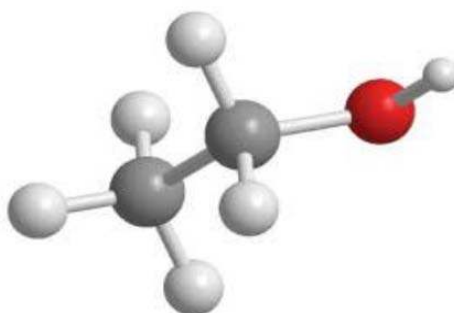
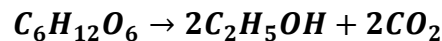


Figure II.2 : La molécule de l'éthanol

Ethanol est un alcool primaire, liquide incolore, d'odeur agréable, miscible à l'eau en toutes proportions, miscible à de nombreux solvants organiques, l'éthanol ou alcool éthylique, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>OH.

La distillation fractionnée des solutions aqueuses fournit en tête de colonne un azéotrope à minimum, c'est-à-dire un mélange de composition fixe passant à température constante : alcool à 95 p. 100 (en fait 95,4 p. 100 en poids) distillant à 78,2 0C. Pour obtenir l'alcool anhydre, il faut procéder à une distillation spéciale, en présence d'un entraîneur d'eau tel que le benzène, qui élimine celle-ci sous forme d'hétéroazéotrope (azéotrope formé de deux liquides non miscibles).

L'éthanol est connu, dans toutes les civilisations, depuis la plus haute antiquité : la Bible fait allusion à la conduite scandaleuse de Noé sous l'empire de boissons alcoolisées. C'est en effet sous cette forme qu'était connu l'alcool, obtenu par fermentation directe des sucres (hexoses) sous l'action des enzymes de certaines levures selon l'équation chimique de principe :



L'éthanol produit au cours de la fermentation est toxique pour la levure et entraîne des fermentations languissantes ou même des arrêts de fermentation. Les effets de l'éthanol sont très variés [62].

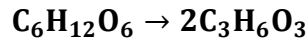
- ✓ diminution de la vitesse de croissance
- ✓ diminution de la viabilité
- ✓ diminution des capacités fermentaires
- ✓ déstabilisation de la membrane plasmique et augmentation de la perméabilité membranaire
- ✓ stimulation des ATPases membranaires ce qui entraîne une perte d'énergie disponible pour la cellule
- ✓ inhibition du transport du glucose et de l'azote.

Il a été démontré que même à de faibles concentrations en éthanol, comprise entre 4 et 6% (v/v), il y a formation de « heat shock proteins » (protéine de choc thermique) indiquant un stress important subi par la levure [62]. Cependant, les effets inhibiteurs apparaissent sur la production d'éthanol à partir de concentrations comprises entre 1 et 13 % (v/v) [65]. La sensibilité à l'éthanol est très variable, elle dépend à la fois du potentiel génétique de la souche [63], du milieu de culture [62], de la température et du procédé de fermentation [64] c'est pour cela que de nombreux paramètres sont à prendre en compte.

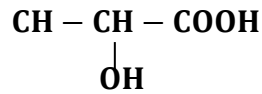
## II .7. Autres types de fermentation

La nature des produits issus de la réaction enzymatique, on distingue plusieurs types de fermentation sont :

**II .7.1. Fermentation lactique :** Il se forme de l'acide lactique à partir du glucose.



L'acide lactique ayant comme formule semi-développée :



La fermentation malolactique est un cas particulier, l'acide lactique se formant au détriment de l'acide malique.



**Acide malique**

**Acide lactique**

La fermentation lactique intervient dans l'élaboration des yaourts, des laits fermentés, des saucissons, de la choucroute, du levain pour le pain, de certains fromages. Elle est homolactique quand sous l'action de bactéries homofermentaires l'acide lactique est majoritaire. Parmi les bactéries homofermentaires des bactéries des genres *Lactococcus*, *Lactobacillus* et *Streptococcus*. La fermentation lactique peut être hétéro lactique quand sous l'action de bactéries hétéro fermentaires on obtient de l'acide lactique et d'autres produits, éthanol, acide éthanoïque, Dioxyde de carbone. Parmi les bactéries hétéro fermentaires des bactéries des genres *Leuconostoc* et certains *Lactobacilles*.

**II .7.2. Fermentation acétique :** Il se forme de l'acide éthanoïque à partir de l'éthanol.



**Ethanol Dioxygène Acide éthanoïque**

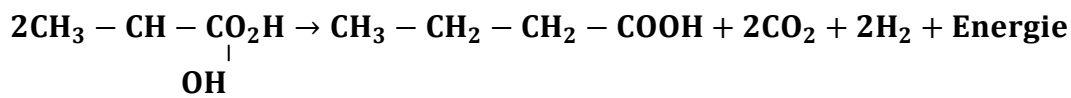
Remarquons que cette fermentation est aérobie, l'oxydation nécessitant l'oxygène de l'air pour avoir lieu. C'est à Louis Pasteur (1808-1873) que nous devons la découverte de la nature biochimique du processus de formation du vinaigre. A partir de 1865, sur la base des recherches de Pasteur, la production industrielle de vinaigre a connu un grand essor. La bactérie du vinaigre "aceto-bacter" se développe dans le vin non bouché. Les petites mouches qui sont fortement attirées par le vin placé à l'air libre et qu'on appelle mouches du vinaigre (drosophiles) véhiculent l'aceto-bacter. Les bactéries de l'acide acétique forment une couche à la surface que l'on appelle la mère du vinaigre. L'aceto-bacter utilise pour vivre l'énergie libérée par l'oxydation. Les processus qui ont lieu en présence d'oxygène de l'air sont dits aérobie. Toute solution alcoolique diluée peut donner de l'acide acétique; dans ce cas le taux d'alcool correspond à la quantité d'acide acétique qui résultera de la transformation.

**II .7.3. Fermentation propénoïque :** De l'acide propénoïque, de l'acide éthanoïque ainsi que du CO<sub>2</sub> et du dihydrogène se forment.



L'acide propénoïque (ou propénoïque) et l'acide éthanoïque sont responsables de la flaveur des fromages à pâte cuite et le gaz carbonique responsable de l'ouverture de ces fromages (Comté, Gruyère et Emmental). Les bactéries qui produisent ce type de fermentation sont les bactéries propioniques ( genre *Propionibacterium*).

**II .7.4. Fermentation butyrique :** Il se forme de l'acide butanoïque, du CO<sub>2</sub> et du dihydrogène à partir de l'acide lactique déjà formé par fermentation lactique.



L'acide butyrique est responsable de l'odeur putride et du goût piquant de certains Fromages à pâte cuite. Cette fermentation a lieu sous l'effet des bactéries *Clostridium butyricum*.

### III. Introduction

Dans ce travail, on a utilisé les dattes (ghars) prélevés à partir de la région d'El-Oued. Les rebuts de dattes produits par la variété (Ghars), d'une part, ont été choisis généralement en raison de leur disponibilité en quantités importantes dans la région, et d'autre part, de leur teneur élevé en sucres. Les dattes ont été triées pour obtenir un lot homogène avant de les laver et peser pour préparer le moût de la datte, qui sera utilisé avec la levure pour la fermentation alcoolique en vue de la production de l'éthanol.

#### III.A. Techniques et méthodes :

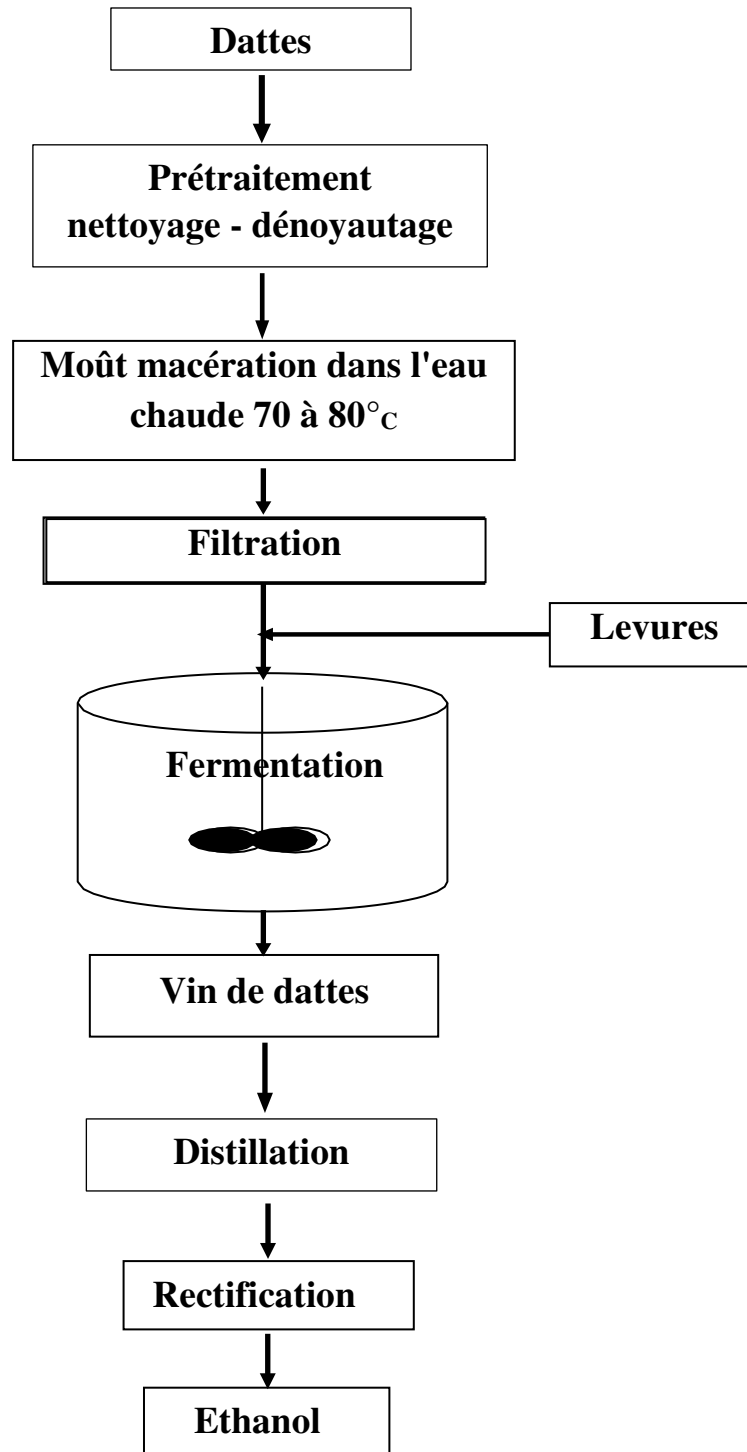
##### III.A.1. Produits et matériel utilisés :

La production de l'éthanol à partir de la fermentation des dattes au niveau du laboratoire nécessite l'utilisation des produits et du matériel suivants :

- Dattes (ghars)
- Eau distillée.
- Les levures (*Saccharomyce servisie*).
- Malaxeur
- Dispositif de filtration (papier filtre, pompe...etc)
- Chauffage électrique
- pH mètre
- Spectrophotomètre UV
- Bioréacteur
- Dispositif de distillation
- Spectrophotomètre infrarouge

##### III.A.2. Etapes de la production de l'éthanol par fermentation des dattes

La production de l'éthanol à partir des dattes au niveau de laboratoire se fait selon les étapes suivantes (diagramme figure III.1) : nettoyage et dénoyautage des dattes, préparation du moût de dattes, fermentation, distillation et rectification.



**Figure III.1.** Diagramme de production de l'éthanol.

### III.A 2.1. Définition les dattes (ghars) :

Très bon type, goût caramélisé, principalement farci dans des sacs pour la patience et reste longtemps. Il est nécessaire et idéal dans la préparation de bonbons de l'Est, ainsi que dans une sauce au couscous ou pâte, et est donné comme un aliment complet pour les jeunes enfants après le pétrissage et le mélange avec de l'eau.

D'autres ont préféré l'avalier comme pour maintenir leur équilibre alimentaire.

### III.A.2.2. Préparation de jus des dattes :

Son nettoyage les dattes de faible qualité de la région d'El Oued (sud-est de l'Algérie) avec de l'eau distillée pour enlever les impuretés Sable massif et pierres d'argile.



**Figure III .2 :** Photo de dattes variété Ghars.

Le moût est un liquide sucré, en suite ils sont dénoyautés. Le moût de dattes est obtenu par macération de dattes dénoyautés dans l'eau chaude de 70 à 80°C. La quantité se détermine par 1Kg de dattes dénoyautés sur chaque 3L eau distillée avec l'agitation continue de mélange pendant 5 heures pour éviter la sédimentation de dattes et maintien l'homogénéité en tous points de mélange.



**Figure III.3 :** Préparation du moût des dattes.

Enfin la solution est filtrée à l'aide d'un tissu qui sépare les fibres des dattes et le moût.



**Figure III .4 :** L'étape de la filtration.

### III.A .2.3. Procédé de la fermentation alcoolique :

Le moût préparé est utilisé directement pour la fermentation anaérobie avec la levure de boulangère *Saccharomyce servisie* après est développée dans un milieu enrichi par des sels minéraux (sulfate d'ammonium, phosphate d'ammonium). Le fermenteur est plongé dans un bain-marie pour maintenir la température constante à 32°C avec un pH ajusté entre 4.2 et 5.4 par l'utilisation des solutions H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1N) et NaOH (1N), la quantité de levure utilisée est de 3g pour 3 litres de moût. La fermentation est réalisée durant 0, 4, 6, 8, 16, 72 heures.

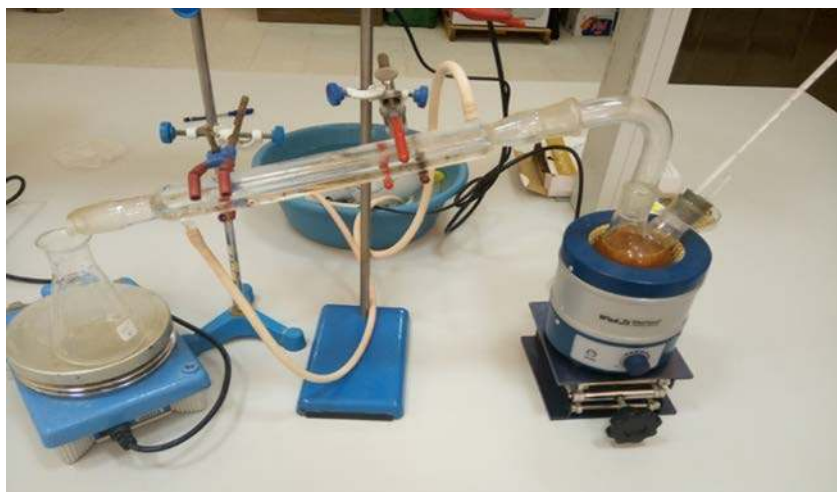


**Figure III .5 :** Procédé de la fermentation alcoolique.

### III.A.2.4. Distillation et rectification :

A la fin de la fermentation, on obtient un vin de dattes qu'il faut le filtrer par un tissu pour séparer les fibres et la levure. Pour extraire l'éthanol, le vin filtré est distillé à une température de l'ordre de 79°C. La rectification de l'alcool brut nécessite une deuxième

distillation de l'ordre de 78°C. L'alcool obtenu est de l'ordre de 95°, l'obtention d'un alcool plus pur nécessite l'emploi des techniques de déshydratation.



**Figure III .6 :** Procédé de distillation.

### III.A .3. Le degré d'alcool

Il est déterminé à l'aide d'un alcoomètre de type 'Al- Ambik®' avec une échelle de mesure 0 - 100 Vol% (figure III.7), cet instrument fonctionne selon le principe d'Archimède : plus le liquide est léger (moins dense), et plus l'alcoomètre s'enfonce et vice-versa. Il suffit donc de lire la graduation au niveau du liquide.



**Figure III .7 :** Photo d'alcoomètre

Lors de l'utilisation de l'alcoomètre :

- ✓ Utiliser un récepteur pour alcoomètre, qui sera fixé à la sortie du bec du récipient de condensation. Ce récepteur a été conçu pour maintenir l'alcoomètre, ce qui permet ainsi au distillateur de faire une lecture du pourcentage d'alcool avec une certaine facilité.
- ✓ Nous avons utilisé le testeur progressif 250 ml, nous avons ajouté une solution d'alcool.
- ✓ Immersion une mesure de l'alcool lentement dans les liquides mêmes flotteurs librement, à lire le degré de l'alcool dans la solution (Figure III. 8).



**Figure III .8 :** Mesure par alcoomètre.

#### **III.A .4. Spectrophotométrie :**

La spectrophotométrie est une technique de détection qui consiste à mesurer l'absorption de la lumière à l'aide un composé chimique présent dans une solution. L'intensité de l'absorption de la lumière est directement proportionnelle à la concentration du composé et permet de déterminer sa quantité.

Un spectrophotomètre de laboratoire pour mesure d'émission en spectrophotométrie :

#### **Spectres d'absorbance :**

- ✓ Vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air dans la cuve ;
- ✓ Enregistrer un spectre sur une large gamme de longueur d'onde avec comme point de départ une longueur d'onde où le soluté n'absorbe pas.



**Figure III.9 :** Photo de spectrophotomètre.

### III.A .5. Spectrophotomètre infrarouge :

La spectrométrie Infrarouge permet de connaître la nature chimique d'un produit par identification de certaines bandes d'absorption présentes sur un spectre. Chaque bande d'absorption correspond à un mode de vibration d'une liaison chimique entre deux atomes.



Figure III.10 : Photo de spectrophotomètre infrarouge.

### III.A .6. Réfractomètre :

L'indice de réfraction d'une substance est mesuré à l'aide d'un réfractomètre. Le passage d'un rayon lumineux d'un milieu transparent à un autre de nature différente entraîne sa déviation : c'est la réfraction. Dans le réfractomètre, la présence d'un prisme, dévie la lumière avec un angle connu lorsque l'on place de l'eau distillée dans la fenêtre d'analyse c'est notre valeur 0. La présence de saccharose dans le liquide à analyser entraîne une déviation supplémentaire d'autant plus grande que sa concentration est élevée, c'est la valeur mesurée.



Figure III.11 : Photo de réfractomètre.

#### Manuel d'utilisation du réfractomètre :

1. On place une petite quantité d'échantillon sur le prisme.
2. On referme le volet et regardez
3. Nous notons la position de l'échelle en bordure



Figure III .12 : Manuel d'utilisation du réfractomètre.

### Unité de mesure :

L'unité de mesure est le Brix (°B). L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B) la fraction de saccharose en grammes pour 100 grammes dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

$$1g \rightarrow 99g(eau) = 10\%Brix$$

### III.B. Résultats et discussions

Les résultats d'obtenues de l'analyse du mout au cours de la fermentation : la densité, le volume de bioéthanol obtenue, le pH, l'indice de réfractomètre et l'absorption UV-Visible sont groupés dans le tableau et les figures suivants.

#### III.B.1. Résultats

Tableau III. 1 : Résultats d'analyse physique-chimique.

Temps (h)	0	4	6	8	16	72
$\rho$ (kg/L)	4.56	1.275	0.99	0.968	0.956	0.953
T (C°)	32	32	32	32	32	32
Ethanol (200/200ml)	0	0	0.3	0.8	1.5	2.7
pH	5.62	4.86	4.67	4.5	4.24	4.30
Pourcent Brix %	23	18	17.5	17	13.5	8
Indice de réfraction ( $N^{20}_D$ )	—	14.90	13.44	14.20	14.40	14.30
L'absorption de visible UV	1.221	2.956	3.088	2.554	3.012	2.379
$\lambda_{max}$ (nm)	490					
Degré Alcoolique (°)	60 après 72 heures					

### III.B. 1.1. La densité :

La figure 13 montre une diminution remarquable de la densité au cours de la fermentation, qui peut être expliquée par la transformation du glucose en alcool et la perte de masse sous forme de  $\text{CO}_2$ .

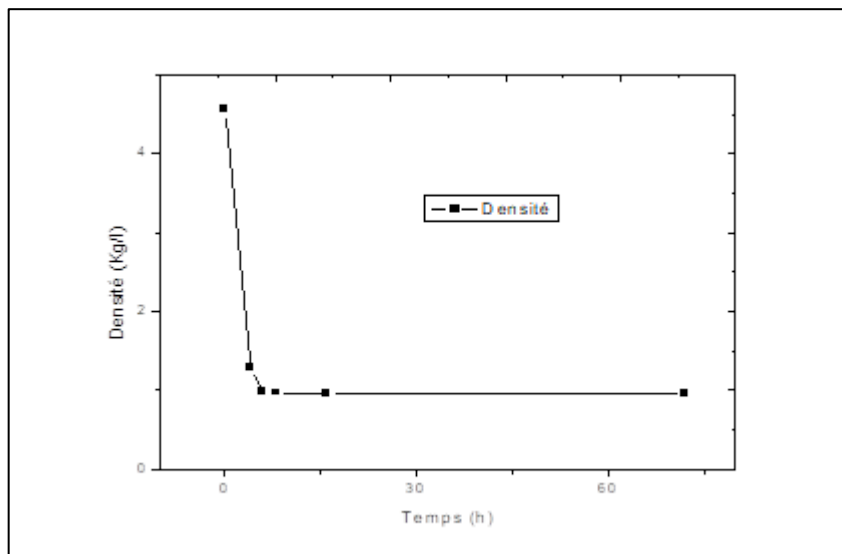


Figure III .13 : La densité en fonction du temps de fermentation.

### III.B. 1.2. pH mètre

La figure 14 montre une chute rapide de pH de (5.62 à 4.24) durant les premiers deux heures de la fermentation. Cette diminution peut être due selon (A. Boulal, M. Kihal and A. Meknassi) à la libération de  $\text{H}^+$  par la levure lors la consommation de  $\text{NH}_4^+$ .

C'est les résultats sont conformes avec la littérature de (5.5 à 4.5) [66]. Après 20 heures on constate une légère diminution du pH (4.26 à 4.30), la levure toujours produit  $\text{H}^+$  mais la production de l'éthanol neutralise le milieu.

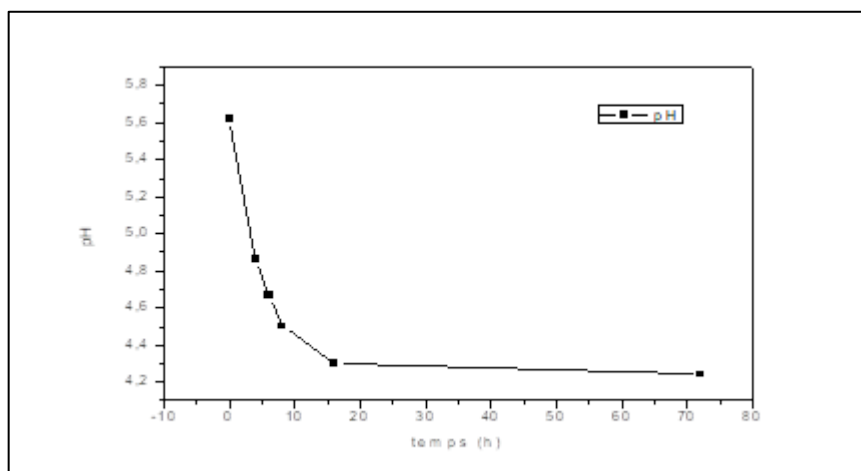


Figure III.14 : Evolution du pH.

### III.B. 1.3. Refractomètre :

La levure consomme le sucre au cours de temps donc la diminution du taux du sucres est logique. (La figure III 15) montre une diminution rapide du taux des sucres surtout entre 6 heures et 24 heures de la fermentation.

Cette diminution est proportionnelle à la quantité du bioéthanol produit. Même après 72 heures une quantité très faible du sucre infermentable reste toujours dans le moût.

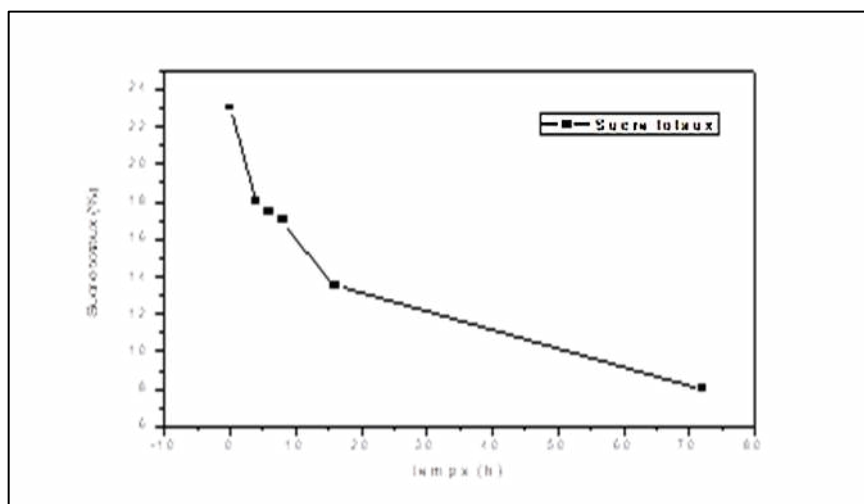


Figure III.15 : Evolution du taux des sucres.

### III.B. 1.4. Spectrophotomètre (UV-Visible) :

#### III.B. 1.4.1. Spectre d'absorption UV-Visible du moût

Le moût des dattes durant la fermentation présente une absorption varie figure III 16, on essaie de suivre l'absorption en fonction la concentration de saccharose figure III 17. En remarque que l'évolution l'absorption du moût et du saccharose varie presque ment d'une façon semblable.

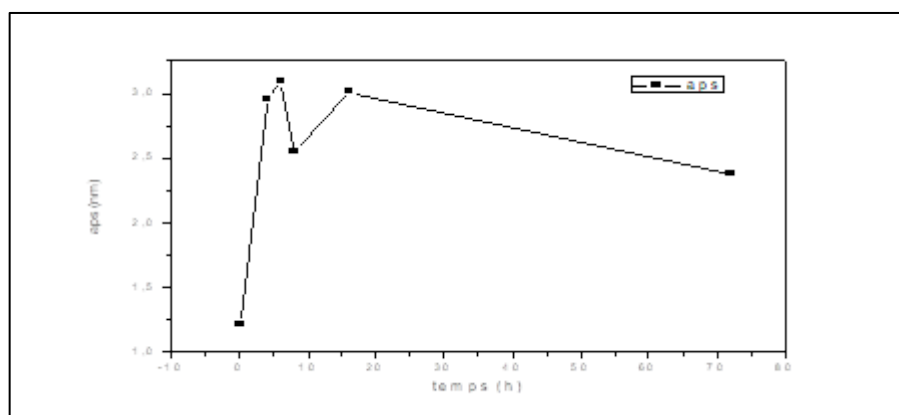


Figure III.16 : Évolution de l'absorbance du moût à 490 nm en fonction de temps.

## III.B. 1.4.2. Spectre d'absorption UV-visible du saccharose

Tableau III.2. Le pH de la différente concentration saccharose.

Concentration molaire (g/l)	0	10	20	30	40
pH	6.06	5.75	6.64	5.60	5.50
Abs(nm)	0.067	0.082	0.072	0.064	0.066

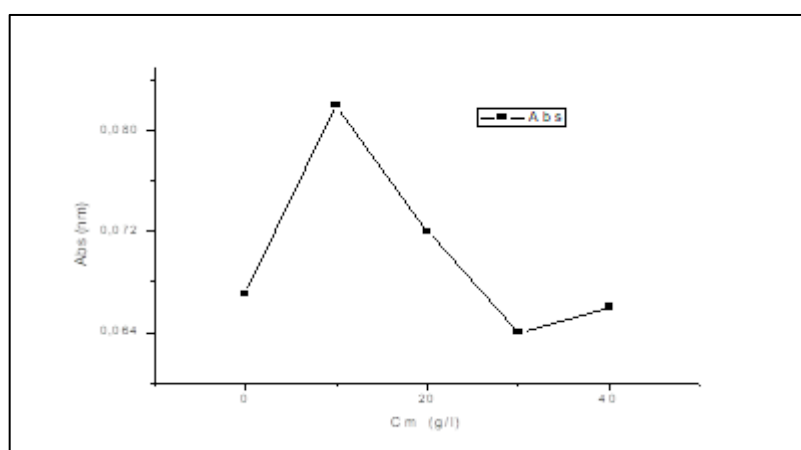


Figure III.17 : Évolution de l'absorbance du saccharose 589 nm.

## III.B. 1.5. Analyse d'infrarouge :

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que notre bioéthanol obtenu est conforme à l'éthanol de laboratoire.

D'après le résultat obtenu :

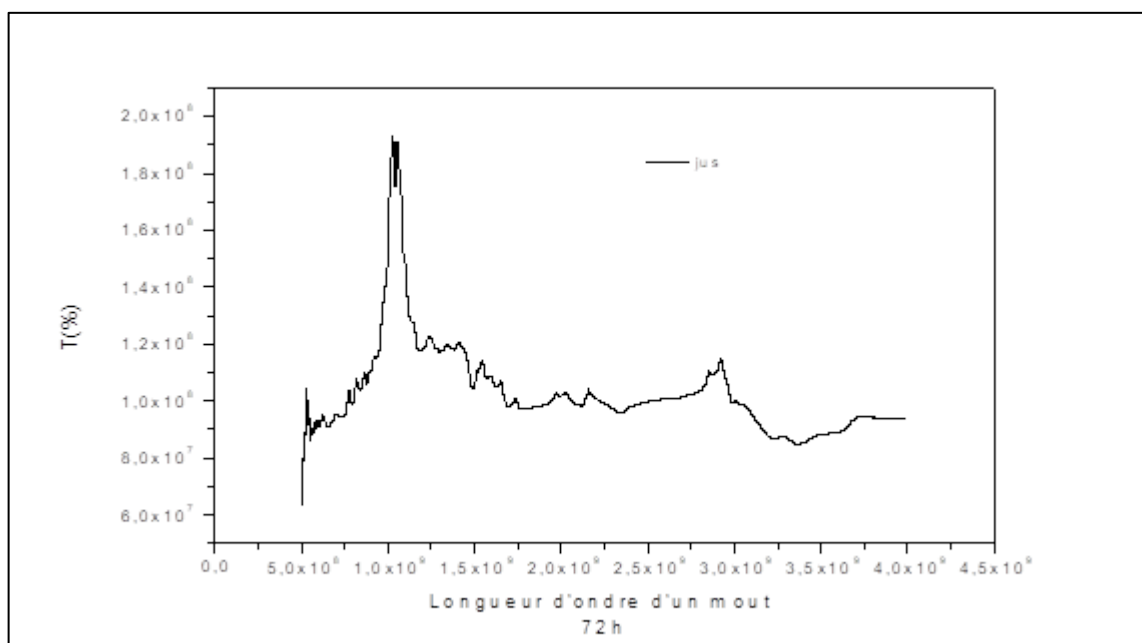


Figure III.22 : Spectre Infrarouge du bioéthanol obtenu du dattier après 72h.

- *Les alcools*
  - A 1300 et 1460  $\text{cm}^{-1}$  se trouvent les vibrations de déformation dans le plan des fonctions O – H des alcools.
  - A 1110, 1060 et 1035  $\text{cm}^{-1}$  se trouvent les vibrations de la liaison C–O des carbones.
- *Les groupements aliphatiques*
  - La bande de vibration se trouvant vers 2900  $\text{cm}^{-1}$  est attribuée aux vibrations élongationnelles de la liaison C – H.
- **L'eau**
  - Trace d'eau reste dans l'échantillon, apparaît vers 1650  $\text{cm}^{-1}$  et aussi vers 700  $\text{cm}^{-1}$ .

**Tableau III.3 :** Les principaux groupes fonctionnels des composants.

Numéro d'onde ( $\text{Cm}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	Groupes fonctionnels	Composés
3600–3000 (s)	Élongation du OH	Acid, méthanol
2860–2970 (m)	Élongation du C–H <sub>n</sub>	Alkyle, aliphatique
1700–1730 (m),		Aromatique
1510–1560 (m)	Élongation du C=O	Cétone et carbonyle
1632 (m)	C=C	Bague d'étirement au benzène
1613 (w), 1450 (w)	Élongation du C=C	Mode squelettique aromatique
1430–1470 (s)	O–CH <sub>3</sub>	Methoxyl–O–CH <sub>3</sub>
1400–1440 (s)	Déformation du OH	Acid
1402 (m)	Déformation du CH	
1232 (s)	Élongation du C–O–C	Liaison aryl-alkyl éther
1215 (s)	Élongation du C–O	Phénol
1170 (s), 1082 (s)	Vibration d'élongation du C–O–C	Pyranose anneau squelettique
1108 (m)	OH association	C–OH
1060 (w)	Élongation du C–O et déformation du C–O	C–OH (éthanol)
700–900 (m)	C–H	Hydrogène aromatique
700–400 (w)	Élongation du C–C	

<sup>a</sup> s: fort, m: moyen, w: faible.

**❖ L'analyse de produit obtenu :**

- Le degré d'alcool du bioéthanol obtenu est 60°. A. Boulal et al. trouvé un degré d'alcool entre 60° et 80° [66], notre résultat est dû au défaut au niveau du montage de la distillation. On peut augmenter le degré d'alcool par rectification.
- L'inflammabilité : le bioéthanol obtenu par fermentation des dattes et facilement inflammable.

## Conclusion générale

Les biocarburants sont des sources de l'énergie provenant d'organismes végétaux et animaux. C'est l'une des plus importantes sources d'énergie renouvelable. L'éthanol sert de matière première pour la fabrication de divers composés : acide acétique, acrylate et acétate d'éthyle, éthers de glycol, éthylène, éthers-oxydes...etc. Il correspond à l'alcool que l'on retrouve dans toutes les boissons alcoolisées et dans les produits désinfectants. Il est également utilisé en tant que solvant pour les peintures, les vernis et les encres, ainsi que dans les secteurs pharmaceutiques et cosmétiques, ainsi que dans celui des matières plastiques et des explosifs.

Dans la présente étude, nous avons utilisé des dattes variété Ghars de la région d'El-Oued comme substrat pour la production d'éthanol par fermentation alcoolique au niveau du laboratoire.

Pour bien comprendre la cinétique de la réaction de la fermentation des dattes, on a fait suivi l'évolution des paramètres (la densité du moût, la teneur en sucres, le pH et l'absorption UV-Visible) au cours de la fermentation.

L'étude des résultats obtenus montre que :

- Le pH diminué Rapids du (5.62 à 4.24). Cette diminution peut être dû celant à là de la libération du  $H^+$  par la levure lors la consommation du  $NH^4$ .
- Diminution du taux des sucres.
- La densité diminuée par la transformation du glucose en alcool et la perte de masse sous forme de  $CO_2$ .
- L'évolution de l'absorption l'UV visible.
- Le degré d'alcool du bioéthanol obtenu est  $60^\circ$ .

Une autre poursuite pour ce travail serait également d'approfondir l'étude cinétique du procédé de la fermentation des dattes et l'identification des coproduits.

## Références

- [1] Trichine H S., 2010 - Etude ethnobotanique, activité antioxydants et analyse photochimique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud-Est Algérien. Mémoire de Magister en biologie. Université d'ORAN Senia.106p.
- [2] FAO., 2007 - Organisation Des Notions Unies Pour L'alimentation et L'agriculture. Rome. Italie.
- [3] Ben Ahmed Dilali A., Amrani M., Azouaou M., Damir A., Benamara S., 2010 - Possibilité de fabrication d'un jus naturel à base d'un sirop de dattes communes et d'un extrait de Spiruline et jus de citron naturel. Vol. 10 (3) :1-14.
- [4] Sidabtech. (4/12/2017). La datte algérienne. Biskra : le 3<sup>ème</sup> salon international de la datte de Biskra
- [5] MUNIER P., 1973. Le palmier dattier. Technique agricole et production tropicale. Ed. Larousse, Paris : 22- 43p.
- [6] PEYRON G., 2000. Cultiver le palmier dattier. Ed. CIRAD, Montpellier : 14-33p
- [7] DJERBI M., 1994. Précis de phéniculture. Ed. F.A.O, Rome : 1-25p.
- [8] PEYRON G., 2000. Cultiver le palmier dattier. Ed. CIRAD, Montpellier : 14-33p.
- [9] onfaa.inraa.dz. (Mars.2017.). Rapport sur le commerce extérieur des dattes.
- [10] Lasram, M., Mzali, M. T., Rhouma, A. (2002). Le palmier dattier, In : l'arboriculture fruitière en Tunisie, 2 : 202-207.
- [11] ESPIARD E., 2002- Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tech et Doc- Lavoisier, 360 p.
- [12] BEN MBAREK Salma et DEBOUB Iman, - Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations, - UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED, - FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, -1015.
- [13] ACOURENE S., BUELGUEDJ M., TAMA M. et TALEB B., 2001. Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Ziban. Revue Recherché Agronomique. Ed INRA. (8) : 19-39.
- [14] ELTAYEB E.A., ALHASANI A.S., et FAROOQ S.A. 1999.Changes in soluble sugar content during development of fruits in some varieties of Oman date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Pakistan J. of Biological Sciences. 2(1) : 255-258.
- [15] ] AMIRAT Aicha et BENSACI Iman-, Classification de quelques cultivars de dattes molles algériennes selon leurs index glycémiques-, UNIVERSITE KASDI

- MERBAH, OUARGLA-, ULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE-,2017.
- [16] AL-HOOTI S., SIDHU J.S., QABAZARD H., 1997. Physiochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. *Plant Food for Human Nutrition*. (50) :101–113.
- [17] GOURCHALA. F., 2015. (Caractérisation physicochimique, phytochimique et biochimique de cinq variétés de dattes d’Algérie, *Phoenix dactylifera* L). Thèse Doctorat en Biochimie appliquée. Département de Biochimie. Université BADJI MOKHTAR. ANNABA. 133p.
- [18] ASSIREY A.R. Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. Department of Chemistry.College of Science, TAIBAH University, *Journal of TAIBAH University for Science* 9 (2015) 75–79.
- [19] GHAZI F., SAHRAOUI S., 2005. Evolution des composés phénoliques et des caroténoïdes totaux au cours de la maturation de deux variétés de dattes communes : Tantboucht et Hamraïa. Mémoire d’ingénieur. Institut national d’agronomie. Alger : 81 p.
- [20] BOUSDIRA K., 2007. Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse : caractérisation morphologique et biochimique des dattes de cultivars les plus connus de la région du Mزاب, classification et évaluation de la qualité. Thèse Mag. Dép. Technologie alimentaire. Univ. Boumerdès.53p.
- [21] DAVID. A., 2011. Index glycémique et fructose de fruit : une spécificité validée. *NAFAS*. vol.9. (5) : 33-45.
- [22] ESPIARD E., 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed Tech et Doc. Lavoisier, Paris : 147-155p.
- [23] Matallah, M., 1970. Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Mémoire d’Ingénieur agronome, INA. El-Harrach, Alger, 113 p.
- [24] Estanove, P., 1990. Note technique : Valorisation de la datte. In Options méditerranéennes, série A, N°11. Systèmes agricoles oasiens. Ed. CIHEAM, 301-318.
- [25] Acourene S., Tama M., 1997. Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région de Ziban. *Revue recherche Agronomique*, Ed. INRAA, N° 1, pp 59-66.
- [26] Favier J.C., Ireland R.J., Laussucq C., Feinberg M., 1995. Répertoire général des

- aliments. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Tome 3, Ed. Orstom Editions, Lavoisier, INRA Edition, pp 27-28.
- [27] Siboukeur O., 1997. Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse de Magister, INA. El-Harrach, Alger, 106 p.
- [28] Abou-Zeid, A.A., A. Nabeih et O. Baghlaf., 1991. The formation of oxytetracycline in a date coat medium. *Bioresource technologie*, 37.
- [29] DJOUDI Imene-, Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera*.l) dans la région de Biskra-, Université Mohamed Kheider Biskra-, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences agronomiques-;2013.
- [30] Barreveld W H., 1993. Date palm products. Agricultural services bulletin N°101. FAO Food and agriculture organization of the United Nation. Rome.
- [31] Al-Shahib, W., Marshall, R.J., 2002. Dietary fibre content of dates from 13 varieties of date palm *Phoenix dactylifera* L. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 719-721.
- [32] Albert L., 1998. La santé par les fruits. Ed. VEECHI, 44-74.
- [33] Favier J.C., Ireland R.J., Laussucq C., Feinberg M., 1995. Répertoire général des aliments. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Tome 3, Ed. Orstom Editions, Lavoisier, INRA Edition, pp 27-28
- [34] Barreveld W H., 1993. Date palm products. Agricultural services bulletin N°101. FAO Food and agriculture organization of the United Nation. Rome 1993.
- [35] Alais C., Linden G., 1997. Biochimie alimentaire. 4<sup>o</sup> Edition Masson, Paris.
- [36] Maier V.P., Metzler D.M. 1964. Phenolic constituents of the date (*Phoenix Dactylifera*) and their relation to browning. Paper presented at first international congress of food science and technology. Science Publishers Inc., New York.
- [37] Cheftel J., Cheftel C., 1977. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol I, 4<sup>ème</sup> tirage. Ed. Tec & doc, Paris, 367 p.
- [38] Munier P., 1973. Le palmier dattier. Ed G-P Maisonneuve, la rose. Paris.
- [39] Estanove, P., 1990. Note technique : Valorisation de la datte. In Options méditerranéennes, série A, N°11. Systèmes agricoles oasiens. Ed. CIHEAM, 301-318.

- [40] BENHARZALLAH Houria et BOUHOUREIRA Soumia EFFET DE TROIS PRODUITS A BASE DE DATTES SUR QUELQUES GERMES DE LA FLORE INTESTINALE UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA - FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE 17/06/2014
- [41] Gaillard J.L., Leclerc H., Simonet M. (1985). Elément de microbiologie. Ed. Herman. Paris, p.464.
- [42] Tortora G., Funke B.R., Case C.L., Martin L. (2003). Introduction à la microbiologie. Ed.ERPI. Paris, p. 4-869.
- [43] Fermentation-Alcoolique. Aug 16, 201. <https://www..com/document/274711225/Fermentation-Alcoolique>
- [44] OUCIF KHALED Mohammed Tayeb-, Mise en valeur des dérivés de dattes de la région d’Oued Souf pour la production de bioéthanol-, Université Kasdi Merbah Ouargla-, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière Département de chimie-, 2017.
- [45] <http://lesbullesdechampagne.e-monsite.com/pages/ii-elaboration-du-champagne-1.html>
- [46] Sistec. 1.05.2018 Contrôle du procédé de fermentation. <https://www.sistec-instrumentation.com/applications/analyse-en-ligne-des-procedes-de-fermentation>
- [47] A. Boulal, B. Benali, M. Moulay et A. Touzi, 2010 ‘Transformation des Déchets des Dattes de la Région d’Adrar en Bioéthanol’, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 13. N°3, pp. 455 – 465.
- [48] Andreasen AA, Stier TJB. (1954). Anaerobic nutrition of *Saccharomyces cerevisiae*. II. Unsaturated fatty acid requirement for growth in a defined medium. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 43 : 271-281.
- [49] Rosenfeld E., Beauvoit B., Blondin B., Salmon J.M. (2003). Oxygen consumption by anaerobic *Saccharomyces cerevisiae* in enological conditions : effect on fermentation kinetics. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 : 113-121.
- [50] Luparia V., Soubeyrand V., Berges T., Julien A., Salmon J.M. (2004). Assimilation of grape phytosterols by *Saccharomyces cerevisiae* and their impact on enological fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65 : 25-32.
- [51] Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°3 (2013) 539 – 550539 Etude comparative de rendement de la production d’éthanol de deux variétés de dattes communes de faible valeur commerciale (Tinaceur et Aghmou) de Sud – Ouest de l’Algérie

- [52] Alfenore S., Molina-Jouve C., Guillouet S.E., Uribelerrea J.L., Goma G. et Bendadis L. (2002). Improving ethanol production and viability of *Saccharomyces cerevisiae* by vitamin feeding strategy during feed-batch process, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 60, p. 67-72
- [53] Ingledew W.M. (1999). Alcohol production by *Saccharomyces cerevisiae* : à yeast primer, *The alcohol textbook: à reference for beverage. Fuel and industrial alcohol industries.* Nottingham University Press, Nottingham. UK. p. 49-87
- [54] Soyuduru D., Ergun M. et Tosun A. (2009). Application of a Statistical Technique to Investigate Calcium, Sodium, and Magnesium Ion Effect in Yeast Fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 152, p. 326-333
- [55] Jacques K.A., Lyons T.D. et Kelsall D.R. (2003). *The alcohol textbook 4th edition.* Nottingham university press, p. 108-117
- [56] Rees M.R.E. et Stewart G.G... (1997). The effects of increased magnesium and calcium concentration on yeast fermentation performance in high gravity gravity worts, *J.Inst. Brew.*, September-October, Vol. 103, p. 287-291
- [57] Aldiguier A. S., Alfenore S., Cameleyre X., Goma G., Uribelarrea J. L., Guillouet S.E. et Molina-Jouve C. (2004). Synergistic temperature and ethanol effect on *Saccharomyces cerevisiae* dynamic behavior in ethanol bio-fuel production, *Bioprocess BiosysT. Eng.* 26 p. 217-222
- [58] Jones A. M. et Ingledew W. M. (1994). Fuel alcohol production : Optimization of temperature for efficient very-high-gravity fermentation, *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 60 N°3, p. 1048-1051
- [59] Bvochora J.M., Read J.S. et Zvauya R. (2000). Application of very high gravity technology to the cofermentation of sweet stem sorghum juice and sorghum grain, *Ind. Crop.Prod.* 11, p. 11-17
- [60] De Miniac M. (1988). Conduite des ateliers de fermentation alcoolique de produits sucriers (mélasse et égouts). *Ind. Aliment. Agric* Juillet/Aout, p. 675-688
- [61] Walker Graeme M. (2011). 125th Anniversary Review: Fuel Alcohol: Current Production and Future Challenges. *Journal of the institute of Brewing.* Vol. 117N°1 .3-22
- [62] Ansanay-Galeote V., Blondin B., Dequin S. et Sablayrolles J.M. (2001). Stress effect of ethanol on fermentation kinetics by stationary-phase cells of *Saccharomyces cerevisiae*, *Biotechnol. Lett.* 23, p. 677-681
- [63] Abe H., Fujita Y., Takaoka Y., Kurita E., Yano S., Tanaka N. et Nakayama K.-I.

- (2009). Ethanol-tolerant *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated under selective conditions by over-expression of a proofreading-deficient DNA polymerase delta, *J. of Biosci. and Bioeng.* Vol. 108 N° 3, p.199-204
- [64] Lima-Costa M.E., Tavares C., Rasposo S., Rodrigues B. et Peinado J.M. (2012). Kinetics of sugars consumption and ethanol inhibition in carob pulp fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* in batch and fed-batch cultures, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 39, p. 789-797
- [65] Ingledew W.M., Kelsall D.R. Austin G.D. et Kluhspies C. (2009). The alcohol textbook 5<sup>th</sup> edition. Nottingham university press, p. 108-117
- [66] A. Boulal, M. Kihal and A. Meknassi1-, Octobre 2016 Etude du Pouvoir Fermentaire de Levures Isolées Naturellement à Partir des Dattes au Sud d'Algérie -, Centre de Développement des Energies-, Faculté de Sciences, Université Oran -, 24 - 25