UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Sciences Biologiques

Mémoire en Vue de l'Obtention du Diplôme

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par : Mammi Lamia et Mokrani Noussaiba

Thème

Synthèse bibliographique sur la bio-valorisation des dattes

Soutenu publiquement

Le : 01/07/2021

Devant le jury :

Président	Mme/Mr Mm. MIMOUNI Y.	UKM Ouargla
Promoteur	**Mme/Mr Mm. BABAHANI S.**	UKM Ouargla
Co-Promoteur	**Melle KEMASSI**	UKM Ouargla
Examinateur	Mme/Mr. Mm. SAYAH Z.	UKM Ouargla

Année universitaire : 2020/2021

بسم الله الرحمان الرحيم

«و من ثمرات النخيل و الأعناب تتخذون منه سكرا و رزقا حسنا وفي دلك لآية لقوم يعقلون»

النحل الآية67

«وهزي إليك بجدع النخلة تساقط عليك رطبا جنيا»مريم الآية 25

صدق الله العظيم

Dédicace

Avant tout, je remercie Dieu, le Miséricordieux de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce mémoire.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail à :

Ma chère 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

Mon père, pour ses sacrifices.

A mes chères sœurs (IBTISAM, NESRINE).

A mes chers frères (AHMED CHAOUKI, MOUHAMED ISLAM, MOUHAMED ELAICH).

Ma grande famille Mammi

Ma chère binôme Noussaiba, pour son aide durant la réalisation de ce travail.

Ma chère CHAIMA.

Mes chères amies.

Je me rappellerai toujours de tous les bons moments que nous avions partagés ensembles et qui resteront gravés dans ma mémoire.

Toutes mes camarades de la promotion de Biotechnologie Végétale 2020 – 2021

#Lamia

Dédicace

*Avant tous, je remercie **ALLAH** qui m'a donné la volonté de continuer mes études et pour mener à terme ce travail.*

Je dédie ce modeste travail à : A mon père Mohamed Mouloud, je ne peux jamais imaginer une vie sans toi, merci pour ta patience, pour ton soutien infini; pour tes conseils d'or tout le long de ma vie, j'espère que je serai une source de fierté pour toi. A ma mère Wahida ; aucun mot ne peut exprimer ta valeur pour moi que Dieu vous garde et vous protège.

À mon grand-père Tayeb, Que dieu lui donne bonne santé et longue vie.

A mes frères : Sassi, Chouaib et Lokman et Ilyas

A mes sœurs : Hafssa et Fatima

A toute ma grande famille Mokrani

A toutes mes amies, que j'ai connues.

A mes amies proches, Wafa, Halima, Nour houda,

A ma chère binôme Lamia

A la promotion Master II, 2020-2021, de Biotechnologie Végétale.

#Noussaiba

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes, à qui nous voulons témoigner toute notre gratitude.

Nous voulons, tout d'abord, adresser toute notre reconnaissance à la directrice de ce mémoire, Madame **BABAHANI SOUAD**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Un grand merci à notre **Co- encadreur KEMASSI HAMIDA,** pour ses conseils et ses orientations.

Nous remercions, Mesdames : **MIMOUNI YAMINA.,** présidente de ce jury et **SAYAH ZINEB**., examinatrice, de nous avoir honoré d'accepter de juger ce travail.

Nous désirons aussi remercier les professeurs de l'Université de KASDI Merbah - Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite dans nos études universitaires.

Nous tenons à remercier spécialement Madame **DJERROUDI Ouiza**, qui fut la première à nous faire découvrir le sujet et qui a guidé notre mémoire.

Nous voulons exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues, qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel, tout au long de notre démarche.

Enfin, nous tenons à témoigner toute notre gratitude à **BARALAH Wafa**, et **HBARA CHAIMA** pour leur confiance et leur soutien inestimable.

Résume :

Synthèse bibliographique sur la bio-valorisation des dattes

L'Algérie est considérée parmi les principaux pays producteurs de dattes, elle exporte principalement les dattes Deglet Nour, considérée comme dattes nobles dans les marchés européens. De nombreuses variétés sont considérées comme des variétés à dattes de faible valeur marchande. Ces dattes nécessitent une valorisation, par transformation technologique ou biotechnologique, pour augmenter leur valeur marchande. Cette industrie agro-alimentaire, de même, génère d'importantes quantités de déchets, le plus souvent non valorisés, en plus des déchets qui parviennent directement de la palmeraie. Tous ces produits peuvent servir en tant que matières premières dans la fermentation pour la production de divers métabolites tels que : l'acide citrique, acétique, lactique, l'éthanol.

L'objet de notre travail est une synthèse des différentes méthodes de bio-valorisation de dattes de faible valeur marchande pour la production de bioproduits "alcool éthylique, acide acétique, levure boulangère, alimentaire, acide lactique, acide citrique".

La bio-valorisation de l'alcool éthylique se fait par fermentation anaérobiose par l'utilisation des souches de levure *Saccharomyces cerevisiae*.

La production d'acide acétique se fait par fermentation alcoolique en milieu anaérobie, qui assurée par des levures du genre saccharomyces ; suivie d'une fermentation acétique, en aérobiose ; réalisée par des acétobacters.

La production des levures est réalisée par fermentation en aérobiose, principalement, par *Saccharomyces cerevisiae.*

La production d'acide citrique se réalise par fermentation en aérobiose par l'utilisation des champignons du genre *Aspergillus.*

Pour l'acide lactique, la fermentation se réalise en anaérobiose par Les lactobacilles de genres : *Thermobacterium*, *Streptobacterium* et *Betabacterium* ou les Lactocoque de genre *Streptococcus* ou par *des* champignons de genre *Rhizopusoryzae.*

La production d'*α-amylase* se fait par l'utilisation d'*Aspergillus niger* ou par *Candida guilliemondii*.

Mots clés : dattes, acide acétique, acide lactique, acide citrique, alcool éthylique, valorisation

Abstract :

Bibliographical summary on the bio-valorization of dates.

Algeria is considered among the main date producing countries, it mainly exports Deglet Noor dates, considered as noble dates in European markets. Many varieties are considered low-value date varieties. These dates require recovery, by technological or biotechnological transformation, to increase their market value. This agro-food industry, likewise, generates large quantities of waste, which is often not valued, in addition to the waste which comes directly from the palm grove. All of these products can be used as raw materials in fermentation for the production of various metabolites such as: citric, acetic, lactic acid, ethanol.

The object of our work is a synthesis of the different methods of bio-valorization of dates of low market value for the production of bioproducts "ethyl alcohol, acetic acid, baker's yeast, food, lactic acid, citric acid".

The bio-valorization of ethyl alcohol takes place by anaerobic fermentation using the yeast strains *Saccharomyces cerevisiae*.

The production of acetic acid takes place by alcoholic fermentation in an anaerobic medium which is ensured by yeasts of the saccharomyces genus; followed by acetic fermentation, aerobically; carried out by acetobacter.

Yeast production is carried out by aerobic fermentation, mainly by *Saccharomyces cerevisiae.*

The production of citric acid is carried out by aerobic fermentation using fungi of the genus Aspergillus.

For lactic acid, fermentation is carried out anaerobically by lactobacilli of the genera : Thermobacterium, Streptobacterium and Betabacterium, or Lactococcus of the genus Streptococcus or by fungi of the genus Rhizopusoryzae.

The production of α-amylase occurs through the use of *Aspergillus niger* or by *Candida guilliemondii*

Keywords: dates, acetic acid, lactic acid, citric acid, ethyl alcohol, valuation.

ملخص:

ملخص ببليوغرافي عن التثمين الحيوي للتمور

تعتبر الجزائر من بين أهم الدول المنتجة للتمور، فهي تصدر بشكل رئيسي تمور دقلة نور التي تعتبر من التمور النبيلة في الأسواق الأوروبية. فحين تعتبر العديد من الأصناف الأخرى من أصناف التمر، منخفضة القيمة.

تتطلب هذه التمور تثمينا، عن طريق التحويل التكنولوجي أو التكنولوجيا الحيوية، لزيادة قيمتها السوقية. وبالمثل، ينتج عن صناعة الأغذية الزراعية كميات كبيرة من البقايا، والتي لا تثمن في كثير من الأحيان، بالإضافة إلى تلك التي تأتي مباشرة من بستان النخيل. يمكن استخدام كل هذه المنتجات كمواد خام في التخمير لإنتاج مستقلبات مختلفة مثل: أحماض الستريك، الخليك، حمض اللاكتيك، الإيثانول.

يتمثل هدف عملنا في تلخيص الطرق المختلفة للتثمين الحيوي للتمور ذات القيمة السوقية المنخفضة لإنتاج المنتجات الحيوية كـ: "كحول الإيثيل، وحمض الخليك، و خميرة الخباز، و الغذاء، ، و حمض اللاكتيك، و حمض الستريك".

يحدث التثمين الحيوي للكحول الإيثيلي عن طريق التخمير اللاهوائي باستخدام سلالات الخميرة *Saccharomyces cerevisiae*.

يتم إنتاج حمض الأسيتيك (الخل) عن طريق التخمير الكحولي في وسط لاهوائي يتم ضمانه بواسطة الخمائر من جنس السكاروميس *(Saccharomyces cerevisiae)*؛ يليه تخمير الخليك، هوائيًا ؛ التي تقوم بها أسيتوباكتر (Acétobacter).

يتم إنتاج الخميرة عن طريق التخمير الهوائي، بشكل رئيسي عن طريق*Saccharomyces cerevisiae*

يتم إنتاج حامض الستريك عن طريق التخمير الهوائي باستخدام الفطريات من جنس الرشاشيات (Aspergillus).

بالنسبة لحمض اللاكتيك، يتم التخمير اللاهوائي بواسطة العصيات اللبنية من الأجناس: Thermobacteriumو Streptobacterium و Betabacterium أو Lactococcus من جنس Streptococcus أو عن طريق الفطريات من جنس Rhizopusoryzae.

يحدث إنتاج α-amylase من خلال استخدام *Aspergillus niger* أو عن طريق *Candida guilliemondii*.

الكلمات المفتاحية: التمر، حمض الخليك، حمض اللاكتيك، حامض الستريك، الكحول الإيثيلي، التثمين

Table des matières

Liste de tableaux

Liste de figures

Introduction…… 01

I. Généralités…… 04

I.1 Potentialités de production de dattes en Algérie…… 04

I.2.Wilayas potentielles……. 05

I.3.Transformation biotechnologique de la datte……..…….. 08

II. Alcool éthylique…….. 11

II1Intérêt économique et principe……. 11

II.1.1. Intérêt économique ……..….. 11

II.1.2. Principe……... 12

II.2 Agent biologique responsable de la transformation……..….. 13

II.3 Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées……. 15

II.4 Procédés de fabrication et conditions de production……..… 15

II.5. Rendement……..... 19

III. Acide acétique (vinaigre)……. 23

III.1. Intérêt économique et Principe……..…….. 23

III.1.1. Intérêt économique …….. 23

III.1.2. Principe……..... 23

III.2 Agent biologique responsable de la transformation…….…... 24

III.3 Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées…….…….. 25

III.4 Procédés de fabrication et conditions de production…….. 25

III.5 Caractéristiques du produit et rendement…….…… 28

III.5.1. Caractéristiques du produit…….…….…… 28

III.5.2. Rendement…….……... 29

IV. Levures…….. 31

IV.1 Intérêt économique et principe…….…… 32

IV.1.1 Intérêt économique…….……... 32

IV.1.2. Principe……..... 35

IV.2 Agent biologique responsable de la transformation…… 35

IV.3 Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées…… 35

IV.4 Procédés de fabrication et conditions de production…… 36

IV.5 Caractéristiques du produit et rendement……..... 37

V. Acide citrique……..... 40

V.1 Intérêt économique et principe…….…… 40
V.1.1. Intérêt économique…….…….….. 40
V.1.2. Principe…….. 41
V.2 Agent biologique responsable de la transformation…….……. 42
V.3 Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées…… 43
V.4 Procédés de fabrication et conditions de production……..... 44
V.5.Rendement……..... 47
VI. Acide lactique…… 50
VI.1. Intérêt économique et principe…… 50
VI.1.1. Intérêt économique……... 50
VI.1.2. Principe……..... 50
VI.2. Agent biologique responsable de la transformation……..… 52
VI.3. Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées…….…… 55
VI.4. Procédés de fabrication et conditions de production …… 55
VI.5. Rendement……..…. 57
VII. Autres produits…… 60
VII.1.α-amylase……. 60
VII.1.1. Intérêts et procédés de production……. 60
VII.1.2. Procédés de production……. 61
VII.1.3. Caractéristique de produits obtenu…….. 62
VII.2.Oxytétracycline…… 62
Conclusion……..... 65
Références bibliographiques 68

Liste de tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Classification de Saccharomyces cerevisiae	14
Tableau 02	Position systématique d'*Aspergillus niger*	43
Tableau 03	Intérêts économique de l'acide lactique	51
Tableau 04	Intérêt économique d'alpha amylase	62

Liste de figures

Figure	Titre	Page
Fuguer 01	Pourcentages de production DN et autre (2017 – 2019)	4
Fuguer 02	Taux de production des cultivars, autre que la Deglet Nour	5
Fuguer 03	Taux de production en dattes des autres cultivars autres que Deglet Nour	6
Fuguer 04	Fermentation alcoolique	17
Fuguer 05	Diagramme de déroulement de la fermentation (l'éthanol).alcool éthylique	18
Fuguer 06	Diagramme de préparation du vinaigre au laboratoire	27
Fuguer 07	Photo de vinaigre	28
Fuguer 08	La levure alimentaire	34
Fuguer 09	Photo réelle de la levure boulangère	34
Fuguer 10	Photo et Schéma du champignon genre "*Aspergillus*"	43
Fuguer 11	Diagramme du procédé de la préparation de mout de dattes	44
Fuguer 12	Diagramme représentant le procédé de préparation de mout de dattes	46
Fuguer 13	Représentation des deux formes isomériques de l'acide lactique	50
Fuguer 14	Les bactéries lactiques (lactobacilles)	53
Fuguer 15	Les bactéries lactiques (lactocoques)	54
Fuguer 16	Aspect des dattes cultivar "Tafezouine"	55
Fuguer 17	Diagramme de déroulement de fermentation	57

Introduction

Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est la plus importante culture des zones arides et semi-arides. Il joue un rôle important dans la vie économique et sociale des populations de ces régions **(Besbes et *al*., 2003).**

C'est une espèce d'un grand intérêt en raison de sa productivité élevée, de la qualité nutritive de ses fruits très recherchés et de ses facultés d'adaptation aux régions sahariennes. En plus de ses rôles écologique et social, le palmier dattier contribue essentiellement, dans le revenu agricole des paysans et offre des dattes, ayant une multitude de sous-produits à usages domestique, artisanal et industrie **(Sedra, 2003).**
La datte a été, depuis des temps immémoriaux, un élément très important dans l'alimentation, tant pour les humains (surtout dattes molles) que pour les animaux (dattes sèches et rebus). En effet, le palmier dattier est considéré pour les populations du Sahara, ce que l'olivier est pour les méditerranéens : une source d'un fruit providentiel. La palmeraie algérienne héberge un matériel génétique très riche et diversifié avec plus de 17 millions et plus de palmiers et plus de 800 variétés recensés **(FAOSTAT, 2019).**

Les dattes sont des produits importants dans de nombreux pays arabes du golfe, le palmier dattier est de plus en plus une importante culture commerciale dans les pays où la production dattière connait une augmentation significative du rendement en adoptant une approche biotechnologique de pointe. Toutefois, les industries de transformation de la datte n'ont pas augmenté au même temps. Récemment, la demande pour les dattes de table a diminué alors, il a été un regain d'intérêt dans la datte comme un composant de nouvelles formulations alimentaires/ préparations. Les industries de transformation produisent divers produits de dattes : comme pâte de dattes, sirop, miel, confiture et vinaigre (**Hosahalli et *al*., 2006**), l'éthanol de première instance, levure de boulangerie, protéines unicellulaires comme la levure de fourrage, l'acide citrique, les dattes aromatisées les produits laitiers fermentés probiotiques etc ….(**Aleid**, **2011**).

Les dattes constituent la matière première pour l'élaboration d'un bon nombre de produits alimentaires, elles accompagnent les plats cuisinés, tels que couscous, tajines, en une grande variété de recettes propres à chaque région, elles se marient bien avec les viandes. Elles entrent dans la composition de nombreuses pâtisseries sous forme de pâtes de dattes, ainsi les célèbres *makrout* sont très appréciés (**Ben mbarek et *al*., 2015**).

Les procédés biotechnologiques industriels, utilisant les dattes comme matières premières, sont très flexibles. Cependant, les facteurs les plus importants à prendre en

considération dans la sélection des cultivars adaptés pour le processus de production sont : la teneur en sucres, prix de la tonne et la durée de conservation des dattes. Pour l'instant, il n'y a pas une industrie de transformation des dattes ; malgré la facilité des procédés et la disponibilité de dattes **(Aleid, 2011).**

A partir de la transformation biotechnologique de datte, en plus de sa consommation directe, la datte peut être utilisée comme matière première dans l'élaboration de nombreux bioproduits ; dont l'éthanol, levure boulangère, levure fourragère, l'alcool, le vinaigre.

A partir de notre travail, nous présentons les différents processus de bio-valorisation des dattes. Cette étude est une recherche bibliographique qui a pour objet de collecter les différentes méthodes de bio-valorisation (Biotechnologie) de dattes de faible valeur marchande pour la production de bioproduits "alcool éthylique, acide acétique, levure boulangère, levure fourragère, acide lactique et acide citrique".

I. Généralités

I : Généralités

I.1. Potentialités de production de dattes en Algérie

Avec plus de 17 millions de palmiers et plus de 800 variétés, l'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs et exportateurs de dattes dans le monde. Plus encore, elle se classe en première place en termes de qualité, grâce à la variété *Deglet Nour*. En termes de recettes d'exportation, les dattes sont le premier produit agricole exporté par le pays. Depuis quelques années, la filière est marquée par un certain dynamisme qui se traduit par un accroissement conséquent de la production **(FAOSTAT, 2019).**

Les dattes Deglet Nour sont principalement destinées à l'exportation. Les dattes des autres variétés, surtout celles à faible valeur marchande, peuvent faire l'objet d'une transformation technologique ou biotechnologique. L'Algérie possède un patrimoine très intéressant, en matière de dattes de faible valeur marchande.

La figure ci-dessous illustre les pourcentages de production de la Deglet Nour et des autres cultivars entre 2017 et 2019.Depuis 2018, la production de la Deglet Nour augmente ; alors que celle des autres cultivars diminue.

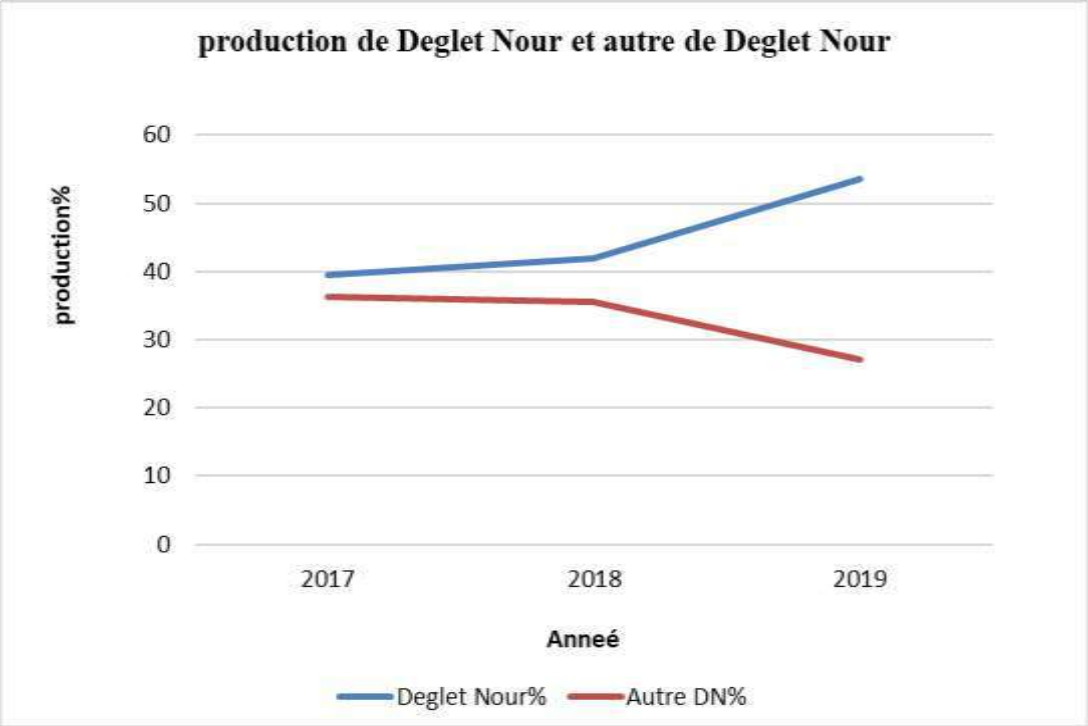

Figure 01 : Pourcentages de production DN et autre (2017 – 2019) **(DSA d'Ouargla, 2019)**

I.2.Wilayas potentielles

En Algérie, le palmier dattier est cultivé au niveau de 17 wilayas seulement **(Messaid, 2007).** La superficie globale des palmiers-dattiers s'élève à 167.663 hectares ; alors que les palmiers productifs sont estimés à 15,7 millions et ceux plantés à 18,53 millions.

La wilaya de Biskra vient en tête des 16 wilayas productives de dattes, avec une production de plus de 4,38 millions de quintaux, suivie des wilayas d'El Oued, avec plus de 2,6 millions de quintaux **(APS,** 2017**).** La wilaya de Ouargla est l'une des wilayas productrices de Deglet Nour ; mais elle produit également d'autres types de dattes. Les taux de production de la wilaya des cultivars, autres que la Deglet Nour, sont consignés sur la figure 02.

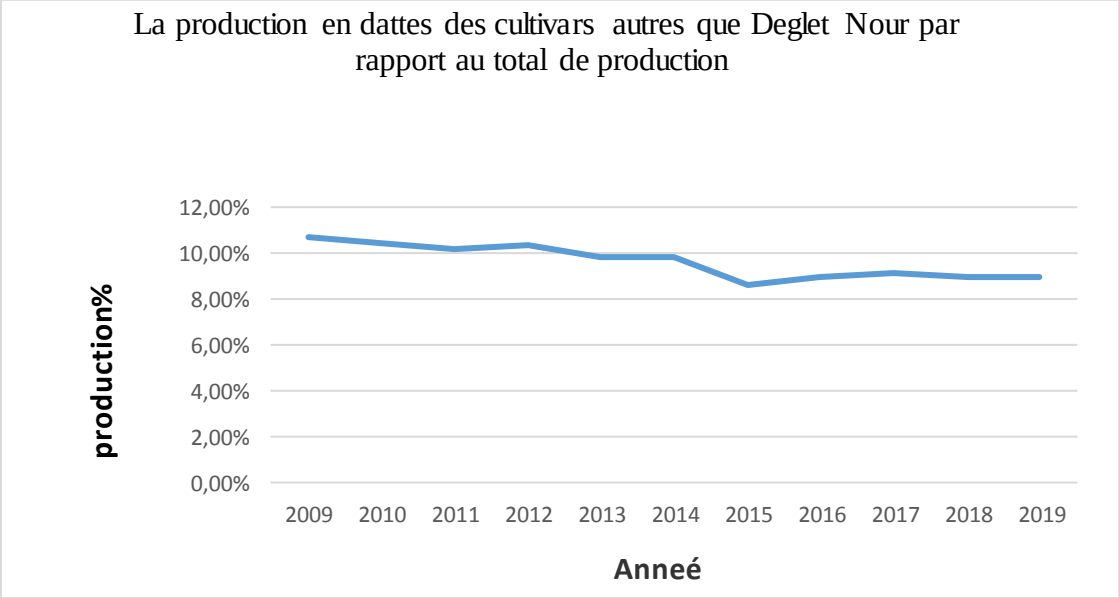

Figure 02 : Taux de production des cultivars, autre que la Deglet Nour dans la wilaya de Ouargla **(D S.A. de la Wilaya d'Ouargla, 2019)**

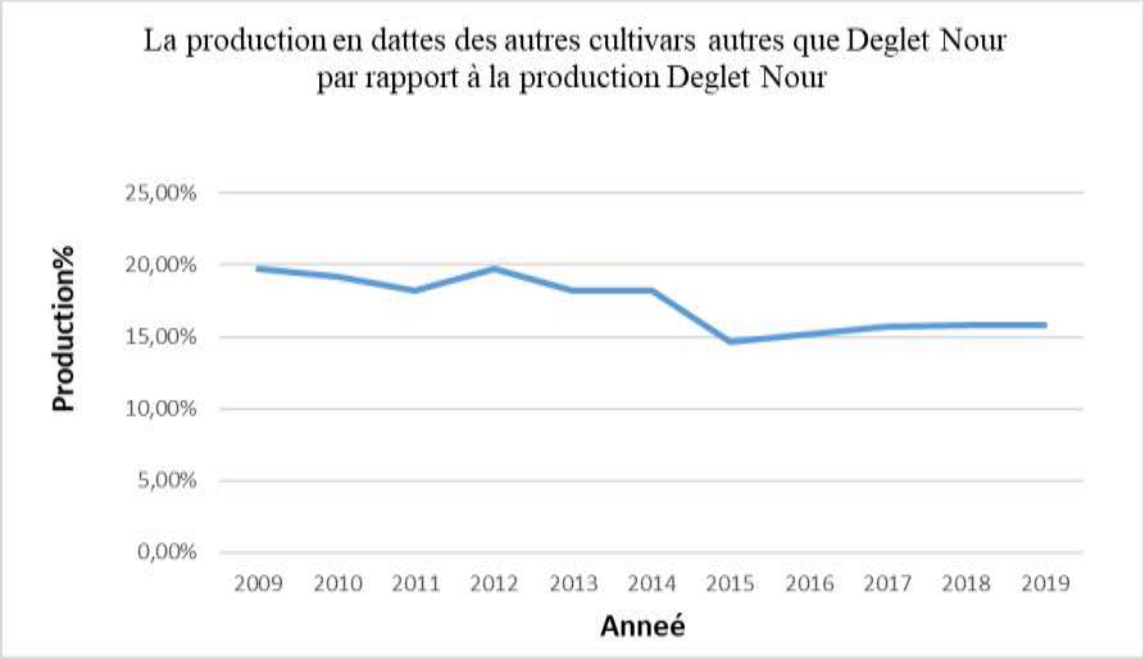

Figure 03 : Taux de production en dattes des autres cultivars autres que Deglet Nour dans la wilaya de Ouargla **(DSA d'Ouargla, 2019)**

Cependant, le surplus de la production des cultivars, autres que Deglet Nour pose problème de commercialisation pour les cultivateurs. Les dattes de ces cultivars sont le plus souvent transférées vers l'alimentation du bétail, ce qui diminue les revenus des agriculteurs **(Açourene et Tama, 1997).**

Bien que la transformation des dattes soit devenue depuis quelques années l'une des industries les plus importantes, il faut signaler qu'en Algérie, aucune activité de transformation à l'échelle industrielle ou semi-industrielle à base de dattes n'a été identifiée et la technologie existante ne permet que la production de pâtes de dattes Ghars ou de dattes fourrées, pratiquée par certains conditionneurs malgré l'incitation au développement de ce segment. Ces sous-produits ont été jusque-là négligés et très faiblement rémunérés, alors qu'ils pourraient constituer une source supplémentaire de revenus aussi bien pour les phoeniciculteurs que pour les conditionneurs. La connaissance insuffisante des technologies appropriées, l'absence supposée d'un marché preneur, le renchérissement du coût de cette opération, l'absence d'encouragement par l'Etat aux opérateurs économiques, l'absence de coordination entre la recherche et l'industrie, la satisfaction des producteurs du bénéfice provenant du commerce de ce fruit préféré à l'état brut et les problèmes de financement ont été les principaux facteurs de blocage jusqu'à présent.

Sur le plan international, l'Algérie, occupe la 4ème place, avec 14 % de la moyenne des exportations mondiales de dattes en quantité durant la période **(2012-2017)**. Cette situation à plusieurs causes telles que : la faiblesse de structuration de la filière et la mauvaise qualité des dattes conditionnées, suite à la mauvaise conduite des palmeraies, mais aussi les aléas climatiques (grandes chaleurs ou pluies) **(MC, 2017).**

Les acteurs externes pèsent aussi de tout leur poids ; la pression concurrentielle de la Tunisie et la saturation du marché international d'une part et les contraintes à l'exportation rencontrées par les opérateurs et la non-adéquation de la politique des exportations d'autre part, fragilisent fortement les positions compétitives des dattes algériennes, notamment sur les marchés européens. Les exportations de dattes de l'Algérie se caractérisent par leur faiblesse, leur stagnation, leur irrégularité puis le recul du taux d'intégration au marché mondial qui ne dépasse pas les 4.62% ; depuis l'indépendance à ce jour, malgré l'augmentation de la production. Par ailleurs, l'Algérie n'exporte que les variétés à haute valeur marchande, comme la *Deglet Nour* (85.70 %) et quelques quantités d'autres variétés de dattes fraîches.

Ces exportations s'effectuent en grande partie en vrac, en branchette et parfois conditionnées. Cependant, vu l'absence d'efforts de diversification des exportations vers d'autres marchés, l'essentiel de ses exportations (95.46%) reste destiné principalement aux marchés de l'Union Européenne, notamment le marché français (80.10%) qui constitue le débouché traditionnel, le plus important et le plus stable pour les dattes algériennes. Néanmoins, un certain nombre d'études ont montré que la filière "dattes" en Algérie connaît des difficultés dans son fonctionnement et n'arrive pas à atteindre les objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs public **(Tesco, 1992 ; Messar, 1996 ; Benziouche, 2000).**

La capacité de conditionnement et de transformation des dattes a plus que doublé au cours de la dernière décennie en Algérie, grâce à l'extension de la capacité des unités existantes et à l'installation de nouvelles unités et la privatisation du secteur. Néanmoins, elle reste insuffisante (3600 tonnes/an) par rapport à la production de dattes et à la quantité de dattes qui nécessitent une valorisation. Il faut noter que le système classique de conditionnement des dattes est dominant et il représente plus de 80%, bien que l'extension de la capacité de conditionnement moderne ait contribué à la régression de ce type de conditionnement classique. Celui-ci reste dominant dans les régions Sud-ouest et au Sud-centre, avec 97% ; alors que dans les régions Sud-est il représente moins de 70%. Bien que la transformation des dattes soit devenue depuis quelques

années l'une des industries les plus importantes, elle est pratiquée par certains conditionneurs avec l'incitation au développement de ce segment **(Benziouche, 2013).**

I.3.Transformation biotechnologique de la datte :

Des milliers de tonnes de dattes restent non utilisées et peuvent dépasser les 30 % de la production. Elles pourraient être valorisées, récupérées et transformées **(Ministère de l'Agriculture, 2001).**

Par ailleurs, le secteur phoenicicole, malgré les richesses qu'il procure dans les zones désertiques, accuse un retard technologique. En effet, dans le domaine de la technologie de la datte et de sa valorisation, les systèmes pratiqués sont restés archaïques. Les produits qui peuvent être issus de la transformation de la datte sont très divers **(Mechraoui et Belkhadem., 2009).**

Les opportunités de transformation de la datte sont nombreuses cependant peu de réalisations existent tant au plan artisanal qu'industriel. Notons que des travaux sont disponibles ; mais ne sont pas connus et donc pas utilisés. Une compilation est nécessaire, elle pourrait être le fait des structures interprofessionnelles suscitées dans les wilayates par le MADR. Pour un objectif de commercialisation, les produits transformés doivent être évidemment conformes à la réglementation en vigueur sur la qualité sanitaire. Un contrôle de la conformité des installations et de la qualité des produits vendus est nécessaire. Dans l'Ancien Monde, l'Irak a été le principal pays dans le développement des produits de dattes. L'Afrique du nord a contribué à ce développement bien que l'utilisation principale ait été l'amélioration de la qualité de la datte d'exportation pour les pays du Maghreb et de quelques utilisations industrielles des dattes de mauvaise qualité, en Libye et en Egypte. Au cours des dix dernières années, l'Arabie Saoudite a élargi le champ de la recherche sur les dattes **(Mechraoui et Belkhadem, 2009).**

La biotechnologique industrielle, pro-procédés utilisant des dattes comme matières premières, sont très flexibles et peuvent accepter la datte de la plupart des cultivars. Cependant, les facteurs les plus importants à prendre en considération, dans la sélection des dattes adaptées pour le processus de transformation sont : la teneur en sucre, prix de la tonne et la durée de conservation des dattes. Pour l'instant, il n'y a pas d'industrie dattes de traitement intégré ; malgré l'importance des dattes en tant que source de nombreux produits utiles, à valeur ajoutée **(Aleid, 2011).**

En effet, aujourd'hui, grâce aux procédés biotechnologiques, il est possible de mettre sur le marché local et même international, une nouvelle génération de produits comme l'alcool éthylique, acide citrique, acide acétique, acide lactique,...

Effectivement, les produits et sous-produits du palmier dattier, riches en sucres fermentescibles (65 %), constituent des substrats de choix pour la production de nombreuses substances à forte valeur ajoutée, dont l'impact socio-économique est considérable ; tant du point de vue de la création d'emplois que de la mise à la disposition des consommateurs de substances stratégiques fortement prisées et souvent importées à coup de devise forte. De nombreux micro-organismes, bactéries, champignons filamenteux et levures sont susceptibles d'être produits en masse à partir de différents substrats carbonés **(Bessah etTouzi, 2001).**

II. Alcool éthylique

II. Alcool éthylique :

L'alcool éthylique, ou le bioéthanol est l'alcool de grain ou produit chimiquement et ayant la formule : C_2H_5OH.

C'est un liquide inflammable et incolore avec une odeur caractéristique agréable. Dans une solution aqueuse diluée, il a une saveur un peu sucrée, mais dans des solutions plus concentrées, il donne une sensation de brûlure au goûter. Le bioéthanol est produit par fermentation microbienne, par opposition à l'éthanol synthétiquement produit à partir de sources pétrochimiques **(Walker, 2010).**

L'utilisation du bioéthanol comme carburant automobile a une longue histoire. Les premiers prototypes de moteurs à combustion interne construits au XIXe siècle par Samuel **Moreyen 1826** et **Nicholas Otto** en **1876** ont pu utiliser l'éthanol comme carburant **(Demirbas et *al.*,2009).**

II.1. Intérêt économique et principe

II.1.1. Intérêt économique :

L'éthanol est un intermédiaire de synthèse important dans l'industrie chimique. Il est notamment utilisé lors de la préparation des halogénures d'éthyle, des esters éthyliques, des amines éthyliques, du diéthyléther, de l'acide acétique, et dans une moindre mesure du butadiène **(Logsdon et *al.*, 2004)**.

L'éthanol est utilisé dans le domaine médical dans les compresses comme antiseptique. Il est aussi employé dans les solutions hydro-alcooliques à une concentration d'environ 60 %vol. L'éthanol tue les organismes en dénaturant leurs protéines et en dissolvant leurs lipides. Il est efficace contre la plupart des bactéries et champignons, de nombreux virus, mais il est inefficace contre les spores.

L'éthanol est miscible avec l'eau, et est un bon solvant. On peut le trouver dans les peintures, les teintes industrielles, les vernis traditionnels, les alcoolatures, les marqueurs, et dans les produits cosmétiques comme les parfums et les déodorants **(Mcdonnell et *al.*, 1999).**

L'éthanol absolu est parfois injecté dans des tumeurs afin de provoquer leur nécrose. Il n'a toutefois pas une activité ciblée ; puisqu'il provoque indifféremment la nécrose des tissus sains et cancéreux.

L'éthanol est aussi utilisé pour traiter les intoxications au méthanol ou à l'éthylène glycol. Dans ces cas, l'éthanol entre en compétition avec les autres alcools pour être

métabolisé par l'enzyme alcool déshydrogénase, diminuant ainsi les dérivés toxiques qui résultent de leur métabolisation en aldéhydes et acides carboxyliques et réduit les effets toxiques dus à la cristallisation de l'oxalate de calcium (issu d'éthylène glycol) dans les reins **(Barceloux, et *al.*, 2002).**

II.1.2. Principe

La fermentation est une réaction biochimique, à localisation cytoplasmique, permettant la libération de l'énergie contenue dans un substrat organique par l'action d'enzymes microbiennes et qui aboutit à l'oxydation incomplète du substrat. Cette réaction ne fait pas intervenir la chaîne de transporteurs d'électrons **(Riess, 2012).**

Les processus fermentaires de production de boissons alcoolisées exploités par l'homme depuis le VIe millénaire avant J.-C. étaient encore considérés comme «spontanés». En 1815, l'équation stœchiométrique de transformation du glucose en éthanol est établie par Gay Lussac :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Glucose — éthanol + dioxyde de carbone

Le rendement théorique calculé à partir de cette équation, appelé rendement de Gay-Lussac, établit que 100 kg de glucose produisent 51,1 kg d'éthanol. En 1857, Pasteur précise et quantifie les processus fermentaires anaérobies. Il démontre que des coproduits sont toujours associés à la synthèse de l'éthanol et du gaz carbonique. Environ 3% sont des sucres transformés en glycérol, 0,5% en acide succinique, 0,5-0,8% en huiles de fusel (un mélange d'alcools amylique et propylique et de leurs isomères) et 0,8-1% sont consommés pour assurer le développement des microorganismes fermentaires. En tenant compte de ces pertes en sucres, le rendement maximal, appelé rendement de Pasteur, correspond à la production de 48,4 g d'éthanol à partir de 100 g de glucose, soit 94,7% du rendement théorique. La fermentation dure de 40 à 72 h et la température est fixée entre 28°**C** et 32°**C (Açourene, 2012).**

II.2. Agent biologique responsable de la transformation

Une grande variété de microorganismes produit de l'éthanol à partir de polysaccharides.

Cependant, peu sont réellement compétitifs en termes de rendement en éthanol par rapport au substrat consommé, de capacité fermentaire, de tolérance élevée à l'éthanol et d'adaptation aux conditions de fermentation **(Cot, 2006).**

Actuellement, les espèces utilisées au niveau industriel sont : *Saccharomyces cerevisiae* et Zymomonas *mobilis*. Cette dernière est très efficace pour fermenter le glucose, avec une tolérance à l'éthanol de 120 g/l, une productivité 2,5 fois supérieure à celle de la levure et un rendement plus important de 5 à 1% **(Lin et Shuzo, 2006).** Cependant, elle se révèle moins performante avec d'autres types de substrats, alors que *S. cerevisiae* offre un plus large spectre d'utilisation de substrats et présente l'avantage de se développer et d'avoir une activité fermentaire à des pH acides (3-4), condition dans lesquelles sont réprimés les contaminants, alors que la stérilisation est encore nécessaire pour utiliser *Zymomonas mobilis*. Par ailleurs, de par sa taille, *S. cerevisiae* est aisément séparable du milieu de culture par centrifugation ou filtration avant d'être recyclée en fermentation **(Ballerini, 2006).** Pour ces raisons, elle est l'espèce la plus utilisée dans l'industrie et en particulier dans la fabrication d'éthanol. Utilisée depuis plus de 8000 ans pour produire de la bière en Egypte, cette levure est aujourd'hui utilisée dans les agro-industries pour la fabrication de produits panifiés, de boissons alcoolisées, de produits lactés ou encore d'éthanol carburant. La valorisation de la biomasse produite pendant la fermentation est une véritable plus-value, car elle peut être valorisée dans l'alimentation animale mais aussi humaine en tant que complément alimentaire ou probiotiques **(Riess, 2012).**

II.2.1. Levure : *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae vient du mot saccharose qui signifie sucre, et myces qui signifie champignon, tandis que cerevisiae fait référence à «cervoise», nom donné autrefois à la bière, terme utilisé pour désigner le petit champignon microscopique qui compose les différentes sortes de levures utilisées pour la fermentation. Elle est littéralement connue comme levure du sucre. *Saccharomyces cerevisiae* est une cellule non filamenteuse sphérique, ovoïde ou allongée de taille variable (3-10 µm, 4-14 µm). Certaines cellules sont cylindriques et de grande taille (jusqu'à 20 µm de long ou plus) **(Bacha, 2008).**

Saccharomyces cerevisiae est le microorganisme le plus utilisé par l'homme dans le cadre de productions alimentaires depuis des millénaires. Elle possède un génome relativement réduit pour une cellule eucaryote : approximativement 60 Megabases, codant environ 6000 gènes repartis sur 16 chromosomes. Elle a été le premier organisme eucaryote totalement séquence en **1996 (Goffeau et *al.*, 1996).** Cette levure est utilisée à très grande échelle aussi bien pour des productions traditionnelles (boissons alcoolisées, pain, levure de boulangerie, bioéthanol), que pour des productions à utilisations pharmacologiques ou chimiques telles que des vitamines, des enzymes ou des protéines recombinantes. Ses caractéristiques en ont fait l'organisme le plus utilisé dans le cadre de la production de bioéthanol par voie biotechnologique à partir de la biomasse **(Line et Tanaka, 2006).**Sa classification est donnée dans le Tableau 01

Tableau 01 : Classification de *Saccharomyces cerevisiae* **(Boulton et Quain, 2001).**

Règne	Protistes-Eucaryotes
Classe	Ascomycetes
Sous-classe	Hemiascomycetes
Ordre	Endomycetales
Genre	Saccharomyces
Famille	Saccharomycetaceae
Sous-famille	Saccharomycetoideae
Espèce	Saccharomyces cerevisiae

II.2.2. Caractéristiques de *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae prend la forme d'une cellule ronde ou ovale de 5 à 10 micromètres de diamètre. Elle possède un génome à ADN double brin linéaire, de 13 millions de paires de bases, partagées en 16 chromosomes (qui sont entièrement séquencés). Elle se réplique assez rapidement à 30 °C, environ toutes les deux heures. Elle peut vivre dans deux milieux différents :

En milieu aérobie, en présence d'oxygène, où elle se reproduit rapidement grâce au processus de respiration.

en milieu anaérobie, où elle fermente, c'est-à-dire qu'elle convertit le sucre en alcool. C'est une levure communément utilisée en cuisine (pour faire monter la pâte) et pour la fabrication d'alcool **(Morse et *al.*, 2009).**

II.3. Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées

Souvent les variétés de dattes communes de faible valeur marchande, sont les plus utilisées, les variétés sont : Degla Beida, Techerwit, Mech Degla, Takerbucht, Timjouhart et Hamraya.

Le choix de ces variétés de dattes, est guidé par leur disponibilité, leur abondance et leur appréciation pour la fabrication du vinaigre traditionnel et de leur pH et la richesse en sucres . Habituellement, les dattes de ces variétés sont destinées essentiellement à l'alimentation du bétail comme appoint alimentaire pendant les périodes de disette **(Oualed Elhadj et *al.*, 2012 ; Guetni larras, 2014 ; Chibi et *al.*, 2018).**

Les principales caractéristiques de ces variétés sont :

Degla Beida: C'est une datte sèche de couleur jaune pâle, produite en grande quantité au Sud-Est. Elle n'est pas appréciée par les populations sahariennes ;

Techerwit: C'est une datte demi-molle, de couleur rouge foncé, destinée uniquement à la production du vinaigre traditionnel et à l'alimentation du bétail ;

Mech Degla : C'est une datte sèche, de couleur jaune pale à blanche ;

Takerbucht : C'est une datte demi-molle, de couleur ambrée ;

Timjouhart : C'est une datte demi-molle, de couleur rouge ;

Hamraya : De couleur rouge foncée, cette datte molle est connue aussi sous le nom de **Tazagart.** Elle est très conseillée pour la production du vinaigre traditionnel ;

(Ould El Hadj et *al.* , 2012).

II.4. Procédés de fabrication et conditions de production

II.4.1. Préparation du moût de dattes

Après lavage, l'hydratation des dattes est faite à l'aide d'une eau chaude (90 à 95 °C) afin de faciliter le dénoyautage. Le broyage des pulpes est effectué par la suite ; l'eau d'imbibition, riche en sucre, sera utilisée comme eau de dilution du moût **(Boulal et *al*., 2010).**

Les dattes -ainsi traitées- sont ensuite diluées à raison de 200 g de pulpes pour 800 ml d'eau. Le pH du moût est ajusté entre 4.3 et 4.7 par l'acide sulfurique (H_2SO_4, 1N). Ce pH acide préjudiciable au développement des bactéries s'avère propice à la prolifération des levures **(Bedrani et *al.*, 2000).**

II.4.2- Procédé de la fermentation alcoolique

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 ± 2 °C (Figure 04) **(Touzi et *al.*, 1998)**. La fermentation est conduite en anaérobiose pendant 72 heures **(Kaidi et *al.*, 2001)**. Toutefois, la fermentation est favorisée par une agitation due au mouvement des bulles du CO_2 dégagé.

Pour suivre l'évolution de la fermentation, on procède chaque 24 heures à des prélèvements pour effectuer les analyses physico-chimiques et détecter l'odeur de l'alcool dans le moût. Après 72 heures, la fermentation est arrêtée.

Au cours de la fermentation, il faut faire un suivi de :

- L'acidité du moût à l'aide d'un pH mètre ;
- Le taux de glucose ;
- L'évolution de la couleur et de l'odeur du moût ;
- Le degré alcoolique ;
- La densité du milieu réactionnel ;
- Détermination des cendres.

Figure 04: Fermentation alcoolique **(Kaidi et Touzi , 2001)**

II.4.3. Distillation alcoolique

A la fin de la fermentation, le vin de dattes obtenu est distillé afin d'extraire l'éthanol. La température de distillation est de l'ordre de 78 °C **(Kaidi et Touzi, 2001).** La figure 05 représente le diagramme des différentes étapes de fabrication de l'éthanol.

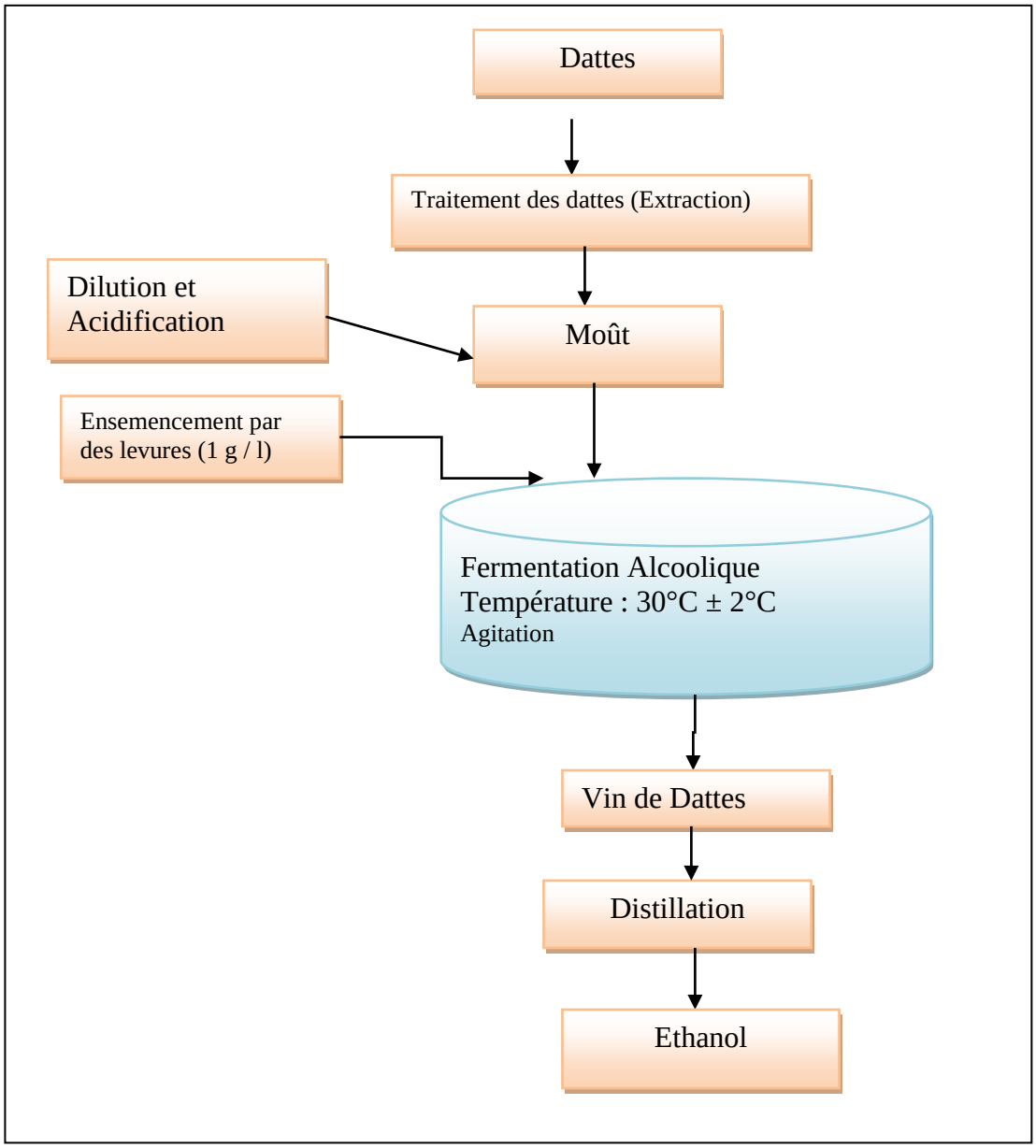

Figure 05 : Diagramme de déroulement de la fermentation (l'éthanol).alcool éthylique **(Guectin-larras , 2014).**

II.4.4. Techniques analytiques

La détermination du pH, est essentielle pour le contrôle du moût, avant et au cours de la fermentation. Sa variation nous renseigne sur l'activité métabolique de la levure au cours de la transformation des sucres en alcool. La détermination du pH s'effectue par une lecture directe à l'aide d'un pH mètre **(Guectin-larras, 2014).**

II.5. Rendement

L'alcool de dattes est soumis à des taxes qui rendent ce produit onéreux. Cependant, sa fabrication est autorisée dans certains pays comme alcool médical. On obtient environ 25 l d'alcool pour 200 Kg de dattes. La fabrication l'alcool de dattes est soumise à un règlement sévère, lorsqu'elle n'est pas prohibée, les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique. Selon **Touzi (1997)**, **(Djouab, 2007),** l'alcool éthylique a été produit au laboratoire avec un rendement de 87% **(Djouab, 2007).** Une formation d'alcool (méthanol) plus importante avec le milieu à base de dattes par rapport au milieu à base de mélasse a été enregistrée **(Açourene et Tama, 2001).** Lors de la fermentation alcoolique, on peut observer (un dégagement de gaz carbonique, 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, du à l'augmentation de la température et gaz carbonique qui s'échappe) et le pH du milieu est ajusté entre 4,2 et 4,5 **(Kaidi et Touzi, 2001).**

Açourene ; Ammouche ; Djaafri, en **2008,** ont fait une comparaison entre plusieurs souches de *Saccharomyces cerevisiae*. La souche témoin est **ATCC 1102** qui provient de la levurerie d'Alger, les souches testées sont celles isolées de dattes : **SDB** (Souche isolée de la variété Degla-Beida), **STB** (Souche isolée de la variété de Tantboucht), **SDN1** et **SDN2** (Souches isolées de la variété Deglet-Nour), **SHW** (Souche isolée de la variété Halwa), **SKD** (Souche isolée de la variété d'El-Kaid, **STN** (Souche isolée de la variété Tinissine) et **SSB** (Souche isolée de la variété Tissibi).

Les résultats obtenus montrent que les souches **SDB** et **SHW** produisent des vins ayant des teneurs en alcool variant entre 11.75 et 13.2 °. Ces valeurs sont comparables ou même meilleures que celle de la souche témoin de *Saccharomyces cerevisiae***(ATCC 1102)** soit 12.0 ° Il est à noter que la souche SDB donne les meilleurs résultats à savoir, un degré alcoolique de 13.2 ° et un rendement de métabolisation de 76.0 % supérieurs à ceux de la souche témoin de *Saccharomyces cerevisiae***(ATCC 1102).** Des résultats similaires ont été obtenus par **Al-Ogaidi et *al*. (1988) et Hayshida et *al.*, (1981**) en utilisant plusieurs souches de *saccharomyces cerevisiae* et par **Sachde et *al.*, (1981)** en utilisant des souches de *Zymomonas mobilis*.

Enfin, **Al-Ogaidi et *al.* (1988)** ont obtenu une teneur en alcool plus élevée soit 14.1° en utilisant une souche de *Saccharomyces cerevisiae* isolée à partir des dattes irakiennes. En outre, le degré alcoolique et le rendement de métabolisation augmentent au fur et à mesure que la quantité de sucres du milieu de fermentation devient plus importante pour se stabilise respectivement à 13.3 ° et 76.61 %, au-delà de180 g de sucres par litre de milieu de fermentation. Ainsi, le rendement optimal de métabolisation soit 76.61 % a été obtenu avec une teneur en sucres du milieu de 18 %. De même**, Al-Ogaidi et *al.* (1988) et Sachde et *al.* (1981)** ont obtenu un rendement de métabolisation de 80 %, en utilisant un moût de dattes ayant une teneur en sucres de 22 % au cours de la fermentation alcoolique.

Il est à noter que le phosphate d'ammonium améliore la teneur en alcool et le rendement de métabolisation qui peuvent atteindre respectivement, 13.4 ° et 77.18 %, en ajoutant une quantité supérieure ou égale à 1.0 g/l **(Açourene, 2008).**

Guetni-Larras, en **2014,** a révélé qu'après 72 heures de fermentation, les sucres des moûts sont majoritairement consommés et convertis en éthanol. La teneur en éthanol la plus élevée est relevée sur Degla Baida (11°), suivie par les variétés Mech Degla, Takerboucht, Timjouhart.

Ould El Hadj et *al.* (2012), dans leur étude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit et Hamraya) reparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est-algérien), montre que la cinétique de production d'alcool brut pour la variété Degla Beida est meilleure que celles des trois autres variétés. L'effet de la nature des sucres sur l'évolution du rapport alcool/sucres consommés a été remarquable. Le degré alcoolique obtenu à la fin de la fermentation est de 9,5° dans le moût de Degla Beida, est légèrement supérieur à celui des deux autres variétés, n'excédant pas 8,1°. **Al Ogaidi (1987)** a obtenu des degrés alcooliques allant de 13 et 15°, sur des milieux concentrés en sucres (22%)**.** Toutefois, **Douglas** et **Sachine** cité par **Maatallah (1970),** avec des milieux très concentrés en sucres de 22 à 25%, n'ont que obtenu des moûts titrant 11 à 13° d'alcool **.**Au cours de la fermentation, la biomasse évolue normalement, et se développe progressivement pendant les premières 48 heures puis décroit durant les derniers 72 heures. A cette phase, on note une décroissance de la masse de cellules du fait de l'épuisement des nutriments dans les milieux. Les rendements calculés en alcool brut produit sur les sucres consommés

correspondant à chaque cultivar, donnent 81,82+4,50% pour la variété Degla Beida (datte sèche), 71,30+2,97% pour la variété Tacherwit (datte demi-molle) et 70,90+3,69% pour la variété Hamraya (datte molle). Ces rendements sont supérieurs à ceux obtenus par **Boughnou (1988) ; Nadhim (1982)** ; **Nonus** et *al.* ; **Minnial (1988),** qui avoisinent les 55%. De leur côté **Maiorella (1985)** et **Gabriel (1985)** suggèrent des rendements respectivement de 51% et 46%**.** Ceux-ci peuvent s'expliquer par le fait que la souche de levure utilisée pour l'étude semble plus performante. Parallèlement, outre les conditions de fermentation, d'autres facteurs tel que le pouvoir des levures qui leur permit de continuer à fermenter les sucres même en phase de déclin, ce qui a favorisé l'augmentation du rendement.

III. Acide Acétique (Vinaigre)

III- Acide acétique (vinaigre)

Le vinaigre a été connu par la plupart des anciennes civilisations. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation ou, dilué dans l'eau, comme boisson. Il est aussi antique que l'utilisation du vin, qui remonte à plus de 10000 ans puisqu'il s'agit d'une «maladie» du vin. Les Babyloniens l'ont fabriqué, 5000 ans avant J.-C., à partir du vin de palme **(Bourgeois et Larpent, 1996). Pasteur** fut le premier à démontrer en 1868 que l'acide acétique provenait bien de l'oxydation de l'éthanol par des microorganismes, à qui il proposa le nom de *Mycoderma aceti* **(Boukhair, 2009).** Par la suite, Hansen a démontré en 1879, la présence de plusieurs espèces bactériennes. **Beijerinck** proposa en 1899 le nom du genre *Acétobacter*

(Bourgeois et Larpent, 1996).

Les déchets de dattes peuvent faire l'objet de valorisation par voie biologique, après une double fermentation **(Boughanou, 1988)**

III-1 Intérêt économique et principe

III.1.1-Intérêt économique

Le vinaigre est un produit utilisé comme condiment, antioxydant, conservateur d'aliments, etc... **(L'Espagn<ol, 1975).** En plus de ses utilisations alimentaires multiples, le vinaigre est reconnu très tôt pour ses étonnantes propriétés bienfaisantes. Récemment, le dépistage du cancer du col de l'utérus par l'acide acétique, composant du vinaigre, a été mis en évidence **(Boukhair, 2009).**

L'acide acétique **est** utilisé comme additif alimentaire, en photographie, dans la fabrication de plastiques, comme le polyéthylène téréphtalate (PET) ou l'acétate de cellulose, utile à la production d'acétate de vinyle (peintures, adhésifs) et de solvants organiques. Il est utilisé notamment comme fongicide.

III.1.2-Principe

Le vinaigre passe par deux phases principales :

- Fermentation alcoolique en anaérobie, qui transforme les sucres de dattes en éthanol ;
- Fermentation acétique en aérobie, qui transforme l'alcool en acide acétique

➢ **Fermentation alcoolique :**

La fermentation alcoolique se déroule en milieu anaérobie, elle est assurée par des levures du genre saccharomyces à la température ambiante pendant quelques jours. Elle est principalement basée sur la transformation des sucres, essentiellement le glucose et le fructose, qui pénètrent dans la cellule de la levure par diffusion facilitée

(Bourgeois et Larpent, 1996 ; Larpent, 1991).

La décarboxylation de l'acide pyruvique, à la suite de la glycolyse ; puis réduction de l'acétaldéhyde en éthanol, cette fermentation intervient dans la fabrication du vin, de la bière, de cidre et divers boissons fermentées, ces derniers peuvent servir de matières premières à la fabrication du vinaigre. Son but est essentiellement la fabrication de l'éthanol **(Branger, 2008)**. La réaction se déroule selon l'équation suivante :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Glycolyse}} 2CH_3\text{-}CO\text{-}COOH \xrightarrow{\text{Décarboxylation}} 2CH_3\text{-}CHO \xrightarrow{\text{Reduction}} 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

Glucose pyruvate Acétaldéhyde Ethanol

- **Fermentation acétique :**

La fermentation acétique intervient dans la fabrication du vinaigre **(Guiraud et Galzy, 1998),** assurée par les acétobacters qui oxydent l'éthanol en acide acétique en présence d'oxygène **(Lafourcade, 1978 ; Bourgeois et Larpent, 1996)**. L'optimum de température pour l'aération se situe entre 30 et 32°C, au-delà de 33°C ; il y a une suroxydation de l'acide acétique en gaz carbonique et en eau **(Maiorella, 1985)**. Les acétobacters sont des bactéries aérobies strictes ou facultatives, donc l'oxygène est nécessaire pour oxyder l'éthanol en acide acétique. Elles tolèrent un pH de 3 à 4. Le degré d'alcool est compris entre 7° et 12°, car au-delà de 12°, l'éthanol se transforme en gaz carbonique et en eau ; pour la fermentation acétique **(Guiraud et Galzy, 1998).** Selon la réaction suivante :

$$CH_3\,CH_2\,–OH \xrightarrow[\text{Déshydrogénase}]{\text{Alcool}} CH_3–CHO \xrightarrow[\text{Déshydrogénase}]{\text{Acetaldehyde}} CH_3COOH$$

Ethanol Acétaldéhyde Acide acétique

III.2- Agent biologique responsable à la transformation

Le nom « vinaigre » provient de « vin aigre », le vin étant l'une des boissons alcoolisées les plus usuelles pour élaborer un vinaigre.

Le vinaigre, étymologiquement de vin et aigre, c'est un vin rendu aigre par le développement de bactéries acétiques ; par extension, on a appelé vinaigre tout produit obtenu par la fermentation acétique de boissons ou des dilutions alcooliques

(Bourgeois et Larpent, 1996).

La fabrication de vinaigre par voie biologique, après double fermentation :

- fermentation alcoolique du jus de dattes, en anaérobiose par des levures de la famille *Saccharomyces cerevisiae*, où les sucres seront transformés en éthanol (vin) de dattes.
- fermentation acétique du vin de dattes, réalisée en aérobiose par des bactéries acétiques (*Acetobactereae*), par extension, on a appelé vinaigre

III.3 -Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandées

Les travaux menés par **Benamara et *al*. (2008)** et **Boukhiar (2009)** ont prouvé la possibilité de produire du vinaigre en utilisant du moût de dattes (variétés sèches : MechDegla et Degla Beida). Les variétés de dattes ci-dessous sont les plus couramment utilisées, toutefois, Deglet Nour et Ghars, sont très appréciées, et sont aussi largement utilisées en vinaigrerie (**Ould El Hadj et *al.*, 2001**) :

- **Harchaya** : appelée aussi «Dkel Akerdede ». C'est une datte sèche à épicarpe interne épais, son goût est assez particulier (acide et sucré) d'où son utilisation préférentielle en en vinaigrerie traditionnelle ;
- **Assabri** : cette datte sèche de petite taille, est de couleur brune, elle est rare et sa valeur marchande est très faible ;
- **Hamraya** : C'est une variété molle de couleur rouge foncée, connue aussi sous le nom de 'Tazagart' ;
- **El Horra** : C'est une variété sèche de forme ovoïde.

Elles sont aussi souvent perdues car leur faible valeur ne compense pas les frais de récolte, même pour une utilisation en aliment de bétail.

III.4-Procédés de fabrication et conditions de production

Le principe est basé sur une double fermentation simultanée alcoolique et acétique par *Saccaromyces uvarum* ou *Saccaromyces cerevisiae*. Le vinaigre obtenu titre entre 4 et 5° (acide), Sa couleur varie en fonction de la variété de dattes utilisé **(Bouaziz, et Ould El Hadj, 2010).**

Il existe plusieurs méthodes de production du vinaigre :

- **<u>Le moût de fermentation</u>** : Il est préparé par macération de la pulpe, broyée dans l'eau chaude à 85°C.
- **<u>Le matériel biologique</u>** : La levure : *Saccharomyces uvarum*: souche de brasserie, isolée et conservée en gélose inclinée de Sabouraud au chloramphénicol. Les bactéries

acétiques : système de bactéries, Acétobacteracète et Acetomonas. Ces bactéries sont isolées à partir du moût industriel et conservées en gélose inclinée de Frateur et de Carr.

L'inoculum est obtenu par ensemencement du jus de dattes stérilisé (110°C/2 Snn avec de la levure *Saccharomyces uvarum*).

La fermentation proprement dite : L'inoculum est transféré dans des erlens de 3 litres contenant les 2/3 de leur volume de jus enrichi ou non en phosphates d'ammonium (2,5q/l), la fermentation est conduite en anaérobiose pendant 4 jours.

Conduite de la fermentation acétique : L'acétification du vin de dattes est effectuée dans un acétator pilote FRINGS, d'une capacité de 8 litres, le débit d'air est réglé à 15 l/heure, 1a température à 30°C. Le moût est enrichi en phosphate d'ammonium et en sulfate de magnésium à raison de Iq/I et de 0,25g/l, et traité avec de l'actidione (0, l Iq/I). La figure suivante résume toutes les étapes de préparation de vinaigre

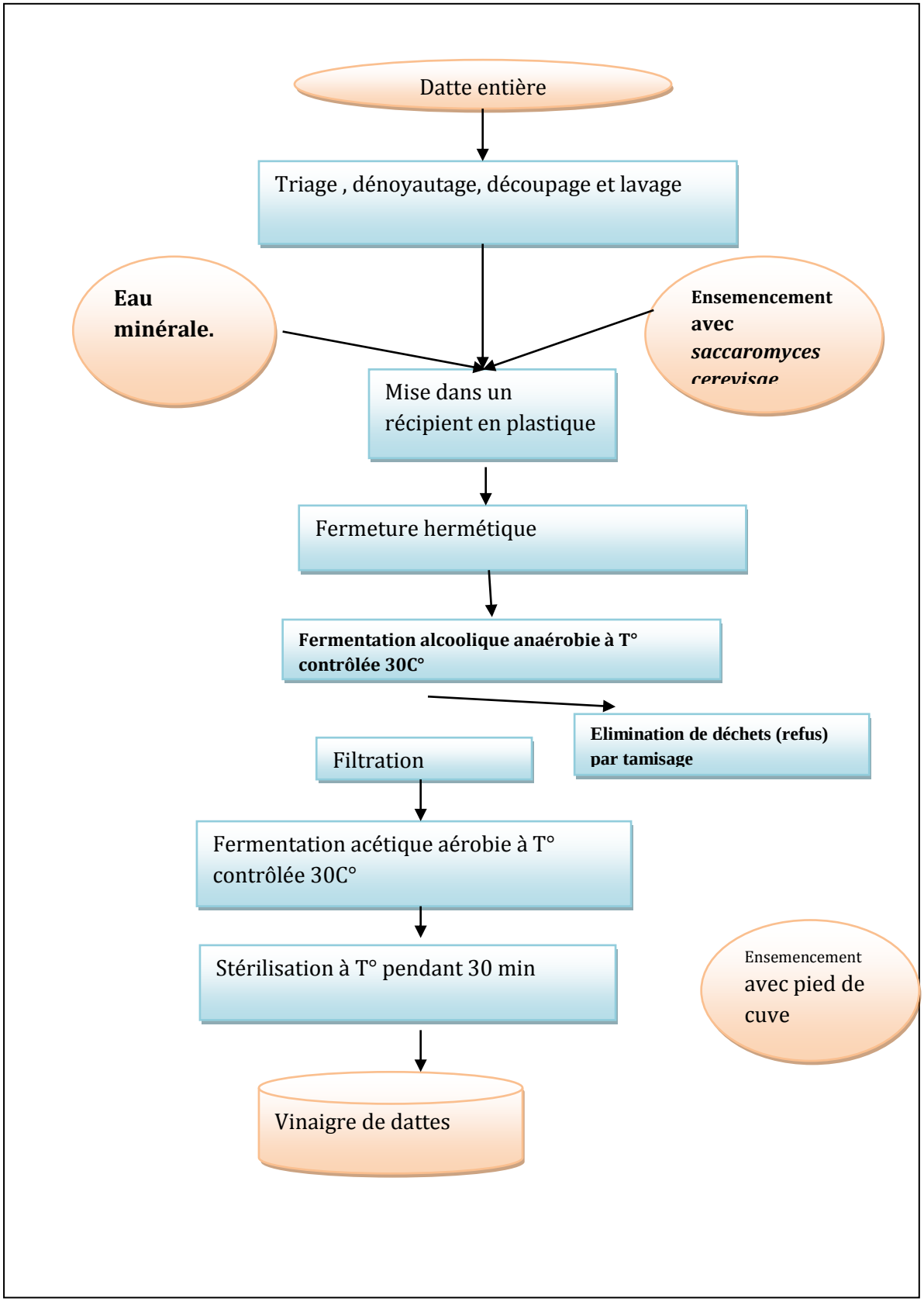

Figure 06 : Diagramme de préparation du vinaigre au laboratoire

III.5- Caractéristiques du produit et rendement

III.5.1-Caractéristiques du produit

Le volume utilisé est de 1/10 du volume de l'alcool. Cette transformation se fait de préférence à une température de 30 °C. Le rendement est de 5 % d'acide acétique pour une solution sucrée à 10 % de sucres monosaccarides **(Figure 07).**

Figure 07: photo de vinaigre

Selon **Boughanou (1988)**, le vinaigre de dattes ayant une acidité de 8.5%, avec un rendement de production de 80% répond aux normes fixées par le comité mixte (FAO/OMS). Ce vinaigre peut se substituer à celui fabriqué synthétiquement, il est possible d'obtenir 2.0 à 2.5 litres de vinaigre, titrant 8.5 par kg de datte.

Une étude physico-chimique et hygiénique de quelques vinaigres issus de cette production du savoir-faire traditionnel montre que ces produits renferment, après fermentation, des quantités importantes de sucres (16 à 24 %). Bien que le pH de l'ensemble des vinaigres soit acide, participant à l'inhibition de la flore indésirable, les taux d'éthanol obtenus sont élevés par rapport à la normale. Mais, il est important de noter que ces produits renferment également des quantités importantes en acide acétique.

Concernant la conservation des vinaigres, il est important de noter que si l'on porte le vin, destiné à la fabrication du vinaigre ou le vinaigre après son élaboration, à 55°C, les anguillules sont détruites et les bactéries acétiques inhibées. Ainsi le vinaigre est inaltérable. Il est remarquable que le vin et le vinaigre ne subissent aucune altération du goût, après chauffage à cette température.

III.5.<u>Rendement</u>

La quantité et le type de sucres est de (16 à 24%) de glucose au fructose.

La productivité d'acide acétique est de 0,4g/ 100 ml /heure, ce qui correspond à la valeur trouvée par **Lvanba (1984)** ; cependant, comparé à d'autres valeurs (0,19g/ 100ml/h (**Follman, 1983)** le même que la valeur trouvée par **(Maldonado, 1975)** 0,195g/100ml/h ; qui est plus que la valeur de (**Nanba, 1985)** 0,065g/100ml/g.

IV. Levures

IV - Levures

Les levures sont les premiers micro-organismes utilisés par l'homme depuis des millénaires, en particulier dans la fabrication des boissons alcoolisées et de pain par fermentation **(Bouix et Leveau, 1991 et Pol, 1996)**. Elles sont également les premiers micro-organismes à être observés au microscope par A. Van Leeuwenhoek en 1680, qui les a dessinées. Ce n'est qu'avec les travaux de **Pasteur (1866-1876)** que le rôle des levures dans la fermentation alcoolique a été mis en évidence. A la même époque, la levure fut à l'origine du développement de la biochimie avec notamment les travaux de Büchner. A l'heure actuelle, les levures constituent un matériel expérimental de choix en raison de leur double état de micro-organismes et d eucaryotes **(Pol, 1996)**. Elle est largement utilisée comme « usine cellulaire » pour plusieurs applications, comme la production de protéines recombinantes d'intérêt pharmaceutiques, de divers produits chimiques et plus récemment pour la production de bioéthanol **(Lim et *al.*, 2011 ; Martin et *al.* 2012 ; Neagu et Bahrim, 2012)**.

La description standard des levures se base sur la capacité à fermenter certains sucres, examinés dans des tubes de Durham pendant une période fixe. La caractérisation de la fermentation qu'elle soit vigoureuse, bonne, lente ou faible, dépend de la quantité de gaz dégagé dans le tube d'insertion **(Kreger-van Rij, 1984).**

- **La <u>levure de boulanger</u>** est une levure obtenue à partir de différentes souches de *Saccharomyces cerevisiae,* seules ou en mélange, utilisée pour obtenir une fermentation du pain lors du processus de panification. Elle est traditionnellement commercialisée sous forme de cubes pressés, de granules déshydratés ou moins couramment sous forme liquide.

Bien qu'elle soit fréquemment confondue avec la levure de bière, issue elle aussi de souches de *Saccharomyces cerevisiae*, elle en diffère par sa composition et ses effets. Elle contient notamment moins d'acides gras que la levure de bière.

Le processus physico-chimique de la levée s'explique par un dégagement gazeux lié à la production de dioxyde de carbone. **(Pol, 1996)**.

Les <u>levures alimentaires</u> sont des levures de différents types, utilisées dans l'alimentation animale et humaine. Elles sont fréquemment consommées par les végétariens.

IV.1-Intérêt économique et principe

IV.1.1 - Intérêt économique

Les levures occupent une place primordiale dans l'industrie alimentaire. Plus de **500** espèces de levures ont été décrites, mais l'espèce de loin la plus utilisée est *Saccharomyces cerevisiae* ; dont diverses souches interviennent dans la préparation du pain, vin, bière et d'autres boissons alcooliques. La production annuelle mondiale de levure est supérieure à **2** millions de tonnes. La levure se comporte de façon très différente selon qu'elle est ou non en présence d'air. Elles participent à l'élaboration de nombreux produits alimentaires (panification, fromagerie, brasserie,) et dans la production des enzymes (l'invertase, lactase, lipase et les amylases) et dans la production de la biomasse ***(*Simon et Meunier, 1970)**, du glycérol ainsi que certaines vitamines et solvants, mais aussi à la revalorisation de déchets agricoles, industriels et à la production des protéines **(Scriban, 1984 ; Lecterc et *al.*, 1995)**. Les biotechnologies et la recherche biomédicale exploitent ainsi largement ces microorganismes, pour la production de molécules d'intérêt médical (ex : production de protéines hétérologues, comme le vaccin de l'hépatite B) **(Mercier, 1997 et Blin, 2002).**

De nombreux produits de consommation quotidienne sont élaborés grâce à l'activité précieuse et importante des micro-organismes. Les levures, par leur activité de fermentation assurent des caractéristiques bien particulières de texture et d'arôme, mais aussi une bonne sécurité alimentaire grâce aux acides organiques produits. Les Levures qui en sont responsables sont toutes regroupées sous la même appellation de bactéries lactiques. Depuis des siècles jusqu'à l'avènement des biotechnologies, où la biologie moléculaire et le génie génétique permettent de transformer facilement les micro-organismes pour les rendre plus performants, la fermentation concerne tous les types de produits alimentaires comme le lait (fromages, crèmes, yaourt et autres laits fermentés), la viande (saucisse fermentée et produit saumuré sec), les végétaux (vins, bières, cidres) et les pains **(Abdelguerfi.et Ramdane, 2003).**

Le rôle le plus ancien des levures est la fabrication des boissons alcoolisées. Cette fabrication repose sur la fermentation alcoolique qui consiste à transformer les sucres simples en alcool. Ainsi, elles interviennent au cours de la vinification et de l'élaboration de la bière. En anaérobiose, la levure catalyse la fermentation alcoolique, transformant une molécule de glucose en deux molécules de CO2 et deux molécules d'éthanol, ainsi qu'une production faible d'énergie sous forme d'ATP. Cependant en aérobiose, elle produit beaucoup d'énergie **(Béguin et *al.*, 2008).** Les levures sont

largement répandues dans le domaine alimentaire. Les utilisations traditionnelles, telles que le vin, le cidre, la bière, le saké et autres boissons alcoolisées (rhum, whisky, gin, vodka), des produits à base de soja (sauce de soja, miso), le pain et les produits laitiers (fromage, kéfir) sont connues par la majorité des gens. Les levures ont bien d'autres utilités dans le domaine biotechnologique ; puisque plusieurs pays du monde ne produisent pas suffisamment de protéines pour l'alimentation de leurs populations, beaucoup de travaux ont été faits afin d'utiliser les levures comme sources de protéines **(Phaff et *al.*, 1978).**

Le vin, tout comme la bière, est né quand l'homme commença à domestiquer les récoltes et qu'il les stocka. Dans le cas du raisin, en présence d'une aération bénéfique, les fermentations spontanées devaient permettre d'obtenir un produit, certes stimulant être vigorant, mais pas toujours très savoureux. On retrouve des traces de l'existence du vin en Mésopotamie, en Arménie, en Egypte et en Grèce. Longtemps inexpliquée, la fermentation alcoolique du jus de raisin n'a été maîtrisée que très tard. C'est ainsi qu'au Moyen âge, les vins étaient additionnés de miel, d'épices ou piments, sans doute, pour atténuer certains défauts de fermentation. Une grande majorité des opérateurs utilisent désormais les levures sélectionnées pour sécuriser les fermentations et marquer le vin sur des critères spécifiques, recherchés par le consommateur (arômes agréables, acidité moindre…) **(Bourgeois et Larpent, 1996).** Cependant, une frange grandissante de professionnels, pour des raisons culturelles ou médiatiques, fait le choix de fermentations spontanées. Quelles que soient les raisons objectives ou subjectives de ces choix, le vinificateur doit maîtriser de manière fiable les conditions de développement de ces flores levuriennes, afin qu'elles puissent durablement exprimer leurs potentialités au cours de la fermentation alcoolique et éviter les accidents et les déviations organoleptiques **(Béguin et *al.*, 2008).** Une relation entre la levure et la fermentation alcoolique a été pour la première fois mise en évidence par Cagnard Latour et Schwann et Kutzing, au 19 ème siècle. **Pasteur (1866),** dans ses études sur le vin, apporta la preuve formelle que la fermentation était provoquée par des cellules vivantes.

On les utilise d'ailleurs souvent comme ingrédients dans les substituts fromagers. Elles peuvent se consommer, par exemple, comme substitut du parmesan.

- Levures «ferments» pour l'industrie alimentaire (pains, pains courants, pains spéciaux, pains de tradition française, pains biologiques, pizzas, viennoiseries...)
- Levures « aliments » à des fins nutritionnelles,

Figure 08 : La levure alimentaire (Hubert Cormier, 2019)

Figure 09 : Photo réelle de la levure boulangère (original) 31/05/2021

Les levures ayant une grande valeur nutritive peuvent entrer dans la ration alimentaire. Les levures-aliments, ou POU (Protéine d'Organismes Unicellulaires), autorisées dans les aliments humains et animaux, correspondent à la définition suivante:

- Levure tuée, privée de pouvoir fermentaire, séchée, n'ayant subi ni extraction ni ajout ;
- Elles doivent appartenir aux espèces *Saccharomyces cerevisiae, Kluyveromyces lactis, Candida utilis ;*
- Elles sont incorporées dans diverses préparations alimentaires comme exhausteurs de goût, ou pour leur pouvoir liant, épaississant, stabilisant ;
- Elles supplémentent les relations humaines ou animales en raison de leur richesse particulière en protéines (supérieur à 45%), en acides nucléiques, glutathions, lysine, choline, vitamine de groupe B).

IV.1.2-Principe

Les levures alimentaires sont fabriquées dans un bouillon de culture de micro-organismes sur de la mélasse de canne à sucre et betterave. Ces micro-organismes sont des levures de la famille *Saccharomyces Cerevisiae*. Ils se nourrissent de sucre et se multiplient. Après récolte, les levures alimentaires sont lavées, essorées, déshydratées et pasteurisées. Suite à ces traitements, les levures deviennent inactives et ne peuvent donc pas faire lever de la pâte. Elles sont vendues sous forme de poudre ou flocons secs et utilisées comme condiments pour donner une saveur «*umami*» (qui veulent dire savoureux en japonais) aux plats dans lesquels elles sont ajoutées.

IV.2-Agent biologique responsable à la transformation

***Saccharomyces cerevisiae* :** Les souches de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* peuvent être isolées depuis plusieurs origines, telles que le sol, les fruits (raisins), la sève des arbres, etc., et présentent des propriétés physiologiques différentes **(Barbara Dunn et *al.*, 2012).** Cette diversité indique leur capacité d'adaptation dans les conditions différentes de l'environnement. Ces différences sont basées sur une large variation génétique qui est corrélée avec l'origine géographique et les sources d'isolement **(Jespersen et a*l.* 2003 ; Fay and Benavides, 2005 ; Aa, Townsend et *al.* 2006).**

IV.3- Principales variétés de dattes utilisées et caractéristiques demandée

Les rebuts de Deglet-Nour ainsi que certaines variétés de dattes communes (Tinissine et Tantboucht), ayant une faible valeur commerciale comme substrat pour la fabrication de levure boulangère. En effet, ces dattes sont riches en sucres, qui peuvent être utilisés comme source carbonée de fermentation pour la production de biomasse microbienne **(Al-Obaidi et al 1987).**

Les dattes telles que la variété Mech-Degla présente une importance économique indéniable. Bounaga et Brac de la Perrière (1988) rapportent que ces dattes sèches renferment un concentré de sucre et de nutriment important.

D'après **Belguedj (1996) et Hannachi et *al.* (1998),** la datte Mech-Degla à des caractéristiques générales très importante telles que : sa qualité gustative, son abondance au niveau nationale et sa facilité de conservation (datte sèche) ; une datte sèche ayant une valeur technologique importante (une faible teneur en eau qui est inférieur à 20%) ; un produit disponible et à faible valeur marchande ; ont fait l'objet de d'incorporation dans plusieurs études de valorisation.

IV.4- Procédés de fabrication et conditions de production

La production de la levure passe par les étapes suivantes :

- Préparation de moût de dattes, en trompant les dattes dans de l'eau chaude à raison d'une mesure de dattes, pour cinq mesures d'eau. L'extraction de moût de dattes se fait par solubilisation des sucres, filtration et pasteurisation à 80 °C ; puis refroidissement. La concentration de la solution est entre 13 et 15 ° Brix.
- Purification du «jus de dattes» par filtration et centrifugation ; afin d'améliorer la qualité de la levure.
- La solution est réchauffée à une température de 20 à 30 °C et conduit vers des grands bassins pour l'ensemencer avec la levure *Saccharomyces cerevisiae.* Un courant d'air favorise le développement des levures avec l'addition de certains éléments comme : azote et phosphore. Pour cela, on utilise le sulfate d'ammonium, de l'acide phosphorique dilué, phosphate d'ammonium dilué. L'acide sulfurique est utilisé pour régler le pH.

La multiplication des levures se fait à raison d'une division, toutes les 2,5 heures. La fermentation se fait pour 5 générations successives. Les températures sont maintenues entre 20 et 30 °C, car son augmentation à 35 °C tue les levures.

Après la fermentation, la proportion de la levure dans la solution est de 10 à 14 %. Les levures sont séparées par centrifugation ; puis lavées avec de l'eau pour terminer avec une ou deux centrifugations.

Les levures sont séchées (sous vide) jusqu'à une humidité de 50 % ; puis conditionnement, pour finir avec la commercialisation. Cette levure est utilisée au cours d'une semaine. En cas d'augmentation de la période de conservation ou son exportation, il faut la sécher encore d'une manière à ne pas détruire l'activité des levures.

La levure *Saccharomyces cerevisiae* est d'abord stabilisée et conservée. La maîtrise de ces étapes est alors très importante et nécessaire pour que la qualité des produits fermentés finaux soit élevée. La déshydratation est une méthode adéquate pour stabiliser les cellules. L'intérêt de cette méthode est évident ; mais il est toujours compliqué de produire la levure séchée vivante et fonctionnelle. Pendant la déshydratation, la levure est soumise à un double stress mécanique (stress osmotique) et chimique (stress oxydatif). La réduction du volume cellulaire, la perturbation structurale de la membrane cellulaire et des protéines sont des conséquences majeures de ces stress. **(Morris et *al.*, 1983 ; Beker et Rapoport, 1987 ; Gervais et *al.*, 1992 ; Crowe et *al.*, 1992).**

IV.5 - Caractéristiques du produit et rendement

Reed et Peppleer (1973) et Litchfield (1979) signalent qu'au fur et à mesure que le rendement en levures diminue, la qualité de celle-ci au-mente en conséquence. Concernant la force de levée, la plus élevée a été obtenue avec Tinissine et la plus faible avec Tantboucht. La hausse de la force de levée obtenue avec Tinissine est probablement liée à la qualité du moût de ce cultivar. A ce propos, **Al-Ogaidi (1987)** signale que les substrats riches en biotine et en inositol améliorent le rendement et la qualité de la levure.

Les levures obtenues par fermentation du mout de datte , il est possible d'obtenir 4.4 g de levure boulangère sèche par litre du moût de datte en fermentation discontinue.

Le rendement en matière fraîche est plus élevé avec le milieu à base de rebuts de Deglet-Nour, soit 118,1 g/1 par rapport à la mélasse, soit 95,0 g/1. Par ailleurs, les résultats obtenus montrent que l'utilisation de l'urée comme source d'azote limite les rendements par rapport au sulfate d'ammonium et ceci quel que soit le substrat utilisé.

Les quantités de biomasse en matière sèche obtenues sont plus élevées avec le milieu à base de rebuts de Deglet-Nour ; quel que soit la source azotée utilisée, soient respectivement, 32,9 g de M.S /1, avec l'urée et 41,5g de M.S/1, avec le milieu à base d'urée et de sulfate d'ammonium à 50 % - 50 %

Cependant avec Tantboucht, les rendements obtenus sont comparables à ceux de la mélasse, soit en moyen 25,3-28,0 g de M.S/l avec l'urée et 34,5-36,17 de M.S/l avec l'urée et le sulfate d'ammonium à 50 % - 50 %. Par ailleurs, en présence du sulfate d'ammonium, il y a une tendance à l'amélioration des rendements de plus 36 % en plus de l'accélération de la croissance par rapport à l'urée. Des résultats similaires ont été obtenus par **Ammouche (1979)** avec *Hansenula Polymorpha* cultivée sur méthanol.
(Acourène S. et M. Tama 2001)

Selon **Rougieux et Girard (1984)**, la biomasse obtenue par valorisation de dattes peut contenir jusqu'à 60% de protéines et il est possible d'obtenir 5.0-8.0g /l des levures sèches par litre du moût de dattes en fermentation discontinue, son contenu en fibres est d'ailleurs intéressant ; puisque cette même quantité de levure fournit un peu plus de deux grammes de fibres. De plus, la levure nutritionnelle est presque toujours fortifiée en nutriments, principalement en vitamines du complexe B. En effet, les végétariens l'apprécient pour l'importante dose de vitamine B_{12} qu'elle procure. Elle est d'ailleurs faible en sodium et exempte de gras saturés puis de cholestérol. Elle fournit de

nombreux minéraux comme : le zinc, le magnésium, le potassium et le phosphore, tout en étant une source d'antioxydant.

Une étude comparative des levures cultivées sur les variétés des dattes (Deglet Nour, Tinissine et Tantboucht) montre que celles produites sur milieu à base de Tinissine sont de qualité meilleures, représentées par des teneurs en phosphore et en protéines élevées, respectivement de 44,9 et 2,4 % de M.S et une force de levée élevée ; soit 1525 ml de CO2 **(Reed et Peppleer, 1973 ; Litchfield, 1979).**

V. Acide citrique

V. Acide citrique

L'acide citrique (acide 2-hydroxypropane -1,2,3-tricarboxylique) est très diffus dans la Nature. **(Moretti et Felippone, 2000).**

Il est solide, blanc, incolore, inodore, d'unesaveur excessivement aigre. **(Eugene, 1837).**

Il intervient dans le métabolisme de nombreux animaux et plantes. Il a été isolé sous forme cristalline à partir du jus de citron, en **1784**, par **Sheele**. Sa structure a été établie par **Liebig** en **1838.**La synthèse chimique de l'acide citrique, à partir de la glycérine, remonte à **1880**. En **1893, Wettmer** découvrit quelques micromycètes capables de produire de l'acide citrique par fermentation de substrats contenant du sucre. Ils produisaient l'acide citrique par extraction à partir de citrons (qui en contiennent de 7 à 9 %) ; jusqu'en**1920**, plus de 90 % de la production mondiale d'acide citrique était réalisée en Italie. À cette époque le procédé industriel par fermentation, en utilisant *Aspergillus niger* comme microorganisme producteur et le sucre comme matière première commença à se développer en Europe et aux États-Unis. Au début des années 30, 80 % de la production mondiale d'acide citrique était réalisée par fermentation (**Moretti et Felippone, 1996).**

V.1. Intérêt économique et principe

V.1.1. Intérêt économique :

L'acide citrique est utilisé en industrie alimentaire et pharmaceutique. Il est utilisé comme additif (boisson, confiture, etc...) **(Meyer *et al*., 2004).**

Dans les boissons, il est utilisé en général comme rafraîchissante ou effervescente :

- Dans la fabrication des bonbons, dans la conservation des fruits, de poisson, des glaces, des friandises en général, les sauces, les jus et sirops de fruit, etc ;
- Pendant les vendanges, comme acidifiant du moût ;
- Dans les vins blancs, rosés et rouges, pour corriger l'acidité pendant les processus d'élaboration ;
- Il peut être utilisé comme agent nettoyant de l'acier inoxydable en raison de son pouvoir séquestrant **(Agrovin, 2012).**
- Dans les plastiques, sous la forme d'esters ;

-Dans la purification des métaux grâce à son pouvoir chélatant **(Meyer, 2004).**

Selon **Meyer, (2004)** l'acide citrique intervient dans plusieurs industries pharmaceutiques puisque il joue un rôle très importante dans le corps, favorise

indirectement la croissance des os en facilitant l'assimilation du calcium et en régulant la taille des cristaux de calcium dans les os. Il est utilisé comme composant de solutions d'irrigation vésicale ; l'acide citrique et ses sels empêchent la coagulation sanguine du sang conservé. Il est utilisé également comme solution de rinçage lors de traitements du canal radiculaire en médecine dentaire. Dans les poudres et comprimés effervescents, l'effet effervescent est obtenu grâce à l'acide citrique et le bicarbonate de sodium**.**

Cet acide est couramment utilisé en cosmétique pour modifier ou stabiliser le pH du produit ; ainsi que pour ses propriétés astringentes. Cette action cosmétique dépendra de la quantité d'acide contenu dans le produit de soin. Il joue un rôle d'agent de chélation afin de stabiliser le produit sur son aspect / composition.

Il peut également servir d'agent masquant, pour atténuer les odeurs d'autres compositions du cosmétique. On le retrouve notamment dans certains savons, gels douche, shampoings, démaquillants, déodorants **(Briki et *al.*, 2013).**

V.1.2. Principe

L'acide citrique est transformé en oxaloacétate et acétate dans une réaction catalysée par la citrate-lyase (CL) :

$$\text{Citrate} \xleftrightarrow{\text{CL}} \text{oxaloacétate} + \text{acétate}$$

En présence de la malate-déshydrogénase (MDH) et de la lactate-déshydrogénase (LDH), l'oxaloacétate et son dérivé de décarboxylation, le pyruvate, sont réduits en L-malate et en L-lactate par le nicotinamide-adénine-dinucléotide réduit (NADH) **(Mayer et *al.*, 1969**) :

:

$$\text{Oxaloacétate} + \text{NADH} + \text{H}^+ \xleftrightarrow{\text{MDH}} \text{L-malate} + \text{NAD}^+$$

$$\text{Pyruvate} + \text{NADH} + \text{H+} \xleftrightarrow{\text{LDH}} \text{L-lactate} + \text{NAD}^+$$

La quantité de NADH oxydé en NAD+ dans ces réactions est proportionnelle au citrate présent. L'oxydation du NADH est mesurée par la diminution de son absorbance à la longueur d'onde 340 nm.

V.2. Agent biologique responsable de la transformation

Les champignons du genre *Aspergillus* ont été décrits pour la première fois en **1729**. Ce sont des champignons saprophytes, c'est-à-dire qui tirent leur nourriture de substances organiques en décomposition. Ce sont des moisissures à filaments hyalins, cloisonnés, et ils sont haploïdes. Le genre *Aspergillus* comprend aujourd'hui 185 espèces, dont une vingtaine est retrouvée en pathologie humaine **(Badillet *et al.*, 1987).** Les *Aspergillus* sont ubiquistes, et en région tempérée plus particulièrement à la fin de l'été, en automne et en hiver. Ces champignons ont un métabolisme aérobie. De plus ils participent au recyclage du carbone et de l'azote de l'environnement. Ils sont thermophiles (certaines espèces peuvent survivre à des températures proches de 70°C) et ne requièrent pas de nutriments spécifiques **(Quatresous, 2011)**.

A. niger est devenu un organisme industriellement utilisé lorsque l'acide citrique a été tout d'abord produit par fermentation en **1919**.

L'acide citrique est produit presque exclusivement par la fermentation d'*A. niger* et *A. Fistulosum* parce que les rendements de ces organismes sont élevés et formation des produits indésirables tels que l'acide gluconique et l'acide oxalique est minime. La Food and Drug Administration (FDA) a classé *A. niger* comme source d'acide citrique (21 Code of Federal Regulations et 173.280) **(Schuster *et al.*, 2002)**.

On plus de l'acide citrique, *A. niger* offre plusieurs applications par sa production d'enzymes comme Pectinase, protéase et amyloglucosidase qui étaient les premiers à être exploitées et ont été initialement produites en culture de surface
(Schuster *et al.*, 2002).

Et d'autres acides carboxyliques comme les acides malique, fumarique et oxalique et plus récemment la production de mycotoxines **(Hamdi, 1993)**.

La figure suivante représente l'*Aspergillus niger* **(Figure 10).**

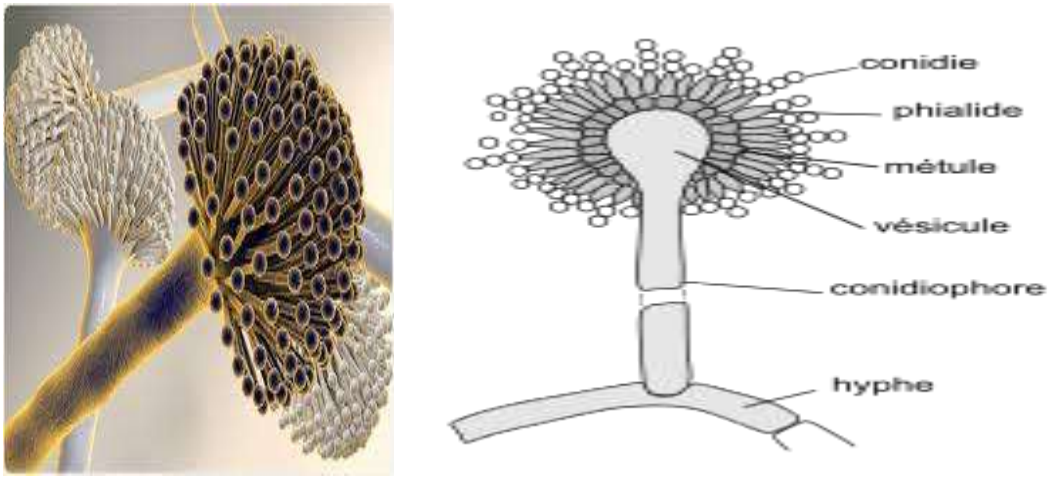

Figure10 : Photo et Schéma du champignon genre "*Aspergillus*" **(Vaubourdolle, 2007)**.

Le tableau suivant reprisant la Position systématique d'Aspergillus niger **(Alexopoulos, 1979).**

Tableau 02 : Position systématique d'*Aspergillus niger* **(Alexopoulos, 1979)**

Règne	Mycètes (Fungi)
Embranchement	Amastigomycota
Sous-Embranchement	Deutéromycotina
Classe	Deutéromycètes
Ordre	Oniliales (hyphales)
Famille	Moniliacéaes
Genre	Aspergillus
Espèce	*Aspergillus niger*

V.3. Principale variétés de datte utilisée et caractéristiques demandées

D'après notre recherche bibliographique, la variété dont les dattes ont fait l'objet d'étude pour produire de l'acide citrique est «Ghars». C'est une variété molle, riche en sucres et ayant un pH de 5.48. La richesse en sucres et le pH acide sont des conditions favorables au développement de la flore microbienne. C'est une variété molle à sucres réducteurs susceptibles d'être facilement assimilés par les micro-organismes **(Briki et *al.*, 2013).**

V.4. Procédés de fabrication et conditions de production

Le prélèvement d'*Aspergillus niger* s'est fait au niveau du laboratoire à l'aide d'une anse de platine flambée, à proximité d'une zone stérile.

Pour le réaliser, il faut frotter la pourriture verte et ensemencer l'échantillon de moisissure prélevé à la surface d'un milieu de culture (Potatoes Dextrose agar "PDA"). Avant l'ensemencement, on additionne trois gouttes d'acide acétique concentrées à 3% dans chaque boite de pétri utilisée, comme agent bactériostatique pour éviter la contamination bactérienne. Les boites sont ensuite mises à incuber à 37°C pendant 7 jours **(Delarras, 2007).**

On récupère les boites et on prélève une partie des colonies à l'aide d'une anse de platine stérile. Par la suite, et par la même méthode que la précédente, on ensemence de nouvelles boites contenant le milieu de culture "PDA". On réalise la purification par cinq repiquages successifs jusqu'à l'obtention des colonies identiques **(Delarras, 2007).** L'identification des moisissures fait essentiellement appel aux caractères culturaux et à

la morphologie, rarement à des propriétés biochimiques. Elle nécessite souvent l'utilisation de milieux standards favorisant la croissance ou la reproduction et permettant ainsi une expression correcte des caractères à étudier **(Botton et *al.*,1990)**.

Le moût de dattes a été utilisé comme substrat de fermentation par **Zergat** en (**1996).** Pour sa préparation, ils ont procédé successivement à:

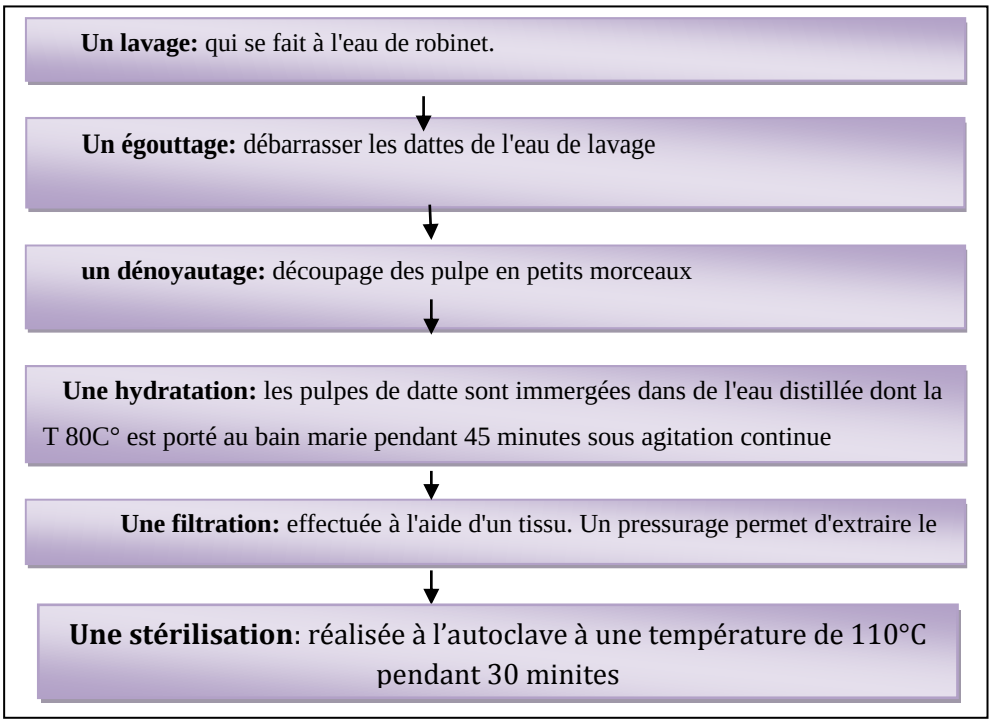

Figure 11 : Diagramme du procédé de la préparation de mout de dattes **(Zergat**, **1996).**

La concentration en sucres totaux est voisine de 14 % permettant ainsi de donner les meilleurs rendements **(Zergat, 1996).**

Une comparaison des résultats obtenus, avec un milieu enrichi (ME) et un autre non Enrichi (MNE) est effectuée.

Le milieu enrichi contient les sels suivants avec les proportions suivantes :

- $MgSO_4$: 0,15g/l
- KH_2PO_4: 0,3g/l
- Urée : 1g/l

Le pH final est ajusté à 3,5 par une solution d'acide sulfurique 0,1 N.

Ce milieu est additionné de 100 mg/l d'oxytétracycline afin d'empêcher le développement bactérien **(Zergat, 1996)**.

La souche *Aspergillus niger* est ensemencée stérilement sur des boites de pétri contenant 10 ml de milieu PDA. Pour récupérer le maximum des spores. Après 7 jours d'incubation à 37°C, des spores apparaissent à la surface du tapis mycélien. Elles sont récupérées dans l'eau distillée stérile ; puis dénombrées grâce à la cellule de malass **(Zergat, 1996)**.

La suspension fongique est ensuite diluée de façon à obtenir une concentration de l'ordre de 1.57× 107spores/ml. Cette concentration suffit pour inoculer 50 ml de moût **(Zergat, 1996).** Les étapes suivies, après par l'auteur, sont :

❖ **Inoculation du milieu de fermentation :**

1l du moût est ensemencé, stérilement, avec 1.57 × 107spores/50 ml du moût **(Zergat, 1996).**

❖ **Fermentation :**

La fermentation est réalisée en erlenmeyer. L'incubation a lieu dans un agitateur Incubateur ; dont la température est réglée à 30°C.

❖ **Phase secondaire de croissance :**

Cette phase est caractérisée par une accélération de la vitesse de production de l'acide citrique.

❖ **Phase de production :**

Durant cette phase, la majorité de l'acide citrique est formée. La durée de cette phase dépend de la température et de la concentration en sucres **(Zergat, 1996)**.

Le diagramme suivant reprisant le procédé de la fermentation citrique :

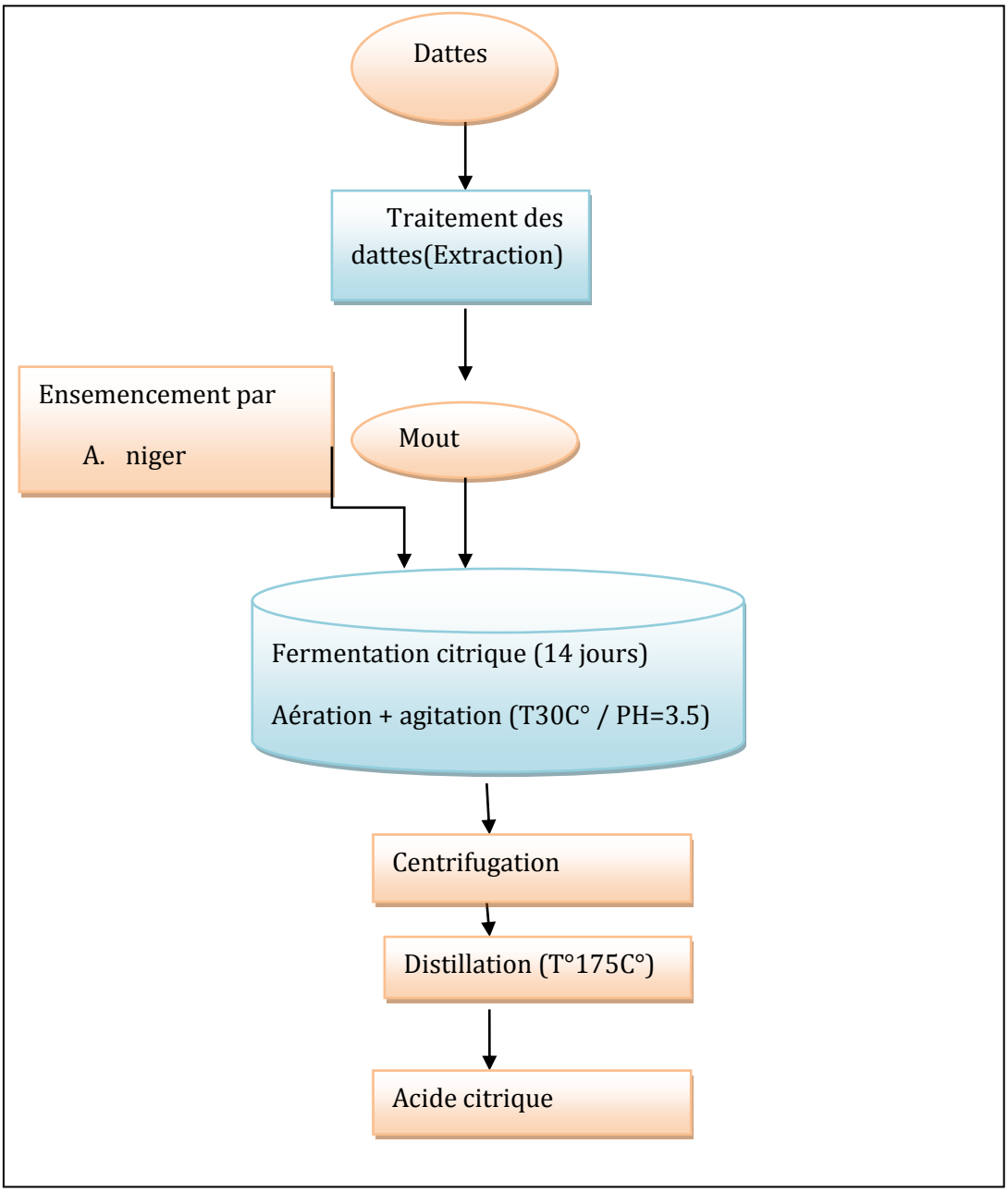

Figure12 : Diagramme représentant le procédé de préparation de mout de dattes **(Briki et *al.*, 2013)**

V.5. Rendement

Le jus de dattes constitue un bon milieu pour la production d'acide citrique. **Abou-Zeid et Khoja (1993**), montrent que l'enrichissement du jus de dattes avec l'hydrolysat de noyaux de dattes permet d'améliorer la production à partir de *Yarrowia lipolytica*. **Al Obaidi et Berry (1979)** obtiennent un rendement de 62% en utilisant un milieu à base de jus de datte déionisé et une culture *d'Aspergilus.*

Briki et **Zitouni** en **2013** ont étudié la possibilité de substituer la mélasse par les dattes "Ghars". Le moût de dattes est enrichi en MgSO4: 0,15g/l; en KH_2 PO_4: 0,3g/l et en azoté: 1g/l d'urée.

Dans cette étude deux types de milieux ont été étudié un milieu non enrichi et un milieu enrichi.Ces deux milieux sont inoculés par *Aspergillus niger*, à raison de 1,57. 10^7 spores/ml. Ils renferment 14% de sucre totaux, avec un pH initial de 3,5, à une température de 30ºC.

La fermentation est menée sous agitation avec une aération continue et dure 14 jours.

La meilleure production d'acide citrique a été obtenu dans le milieu non enrichi avec une valeur égale à 92g/l qui correspond à un taux de consommation en sucres de 134,98g/l et un pH de l'ordre de 1,92 à la fin de la fermentation. Le rendement obtenu est de 68,15%.

A l'échelle industrielle, le meilleur milieu de culture est celui qui permet à une souche de produire le maximum de citrate, avec un faible coût et dans un temps court.

Ces résultats sont les même que ceux de **Siboureur et *al* (2001).**

Roukas et **kotezidou** (1997) ont utilisé *l'Asperillus niger* **(ATCC9142)** après prétraitement du sirop de dattes afin d'augmenter le rendement de production d'acide citrique. Ils ont testé l'ajout de l'acide sulfurique, du phosphate tricalocique seul ou en combinaison avec l'acide hydrochlorhdrique et du ferrocyanure de potassium afin de diminuer la teneur en minéraux et d'augmenter le rendement en acide citrique. Ils ont montré que le meilleur rendement (55g d'acide citrique /l) est obtenu en additionnant 2% de phosphate tricalcique.

L'addition de 4% de méthanol, à la solution préparée à partir du sirop de dattes et traitée avec 2% de phosphate tricalcique, améliore nettement la concentration en acide citrique qui passe de 55 g /l à 90 g /l **(Roukas et Kotzeidou,1997).**

Açourene en **(2013)** a montré que les meilleurs résultats ont été obtenus avec des teneurs en nitrate d'ammonium et en phosphate de potassium de 2,5g/l.

En résumé, les conditions optimales pour une production maximale en acide citrique sont les suivantes : teneur en sucres de 150.0g/l, un pH initial de 3.5, une quantité en méthanol de 3 %, une quantité en inoculum de 10^6CFU/ml, un taux d'aération de 1.0L/L/min et de teneurs en nitrate d'ammonium et en phosphate de potassium de 2.5g/l avec *Aspergillus niger* ont été obtenues avec ces conditions optimales. Enfin, il est à noter que l'acide citrique est l'un des produits les plus importants du métabolisme fongique produit à l'échelle industrielle par fermentation submergée avec des souches d'*Aspargillus niger*.

.

VI. Acide lactique

VI. Acide lactique

L'acide 2-hydroxypropanoïque ou acide lactique est l'élément principal de tous les produits laitiers acidifiés auxquels il donne leurs caractéristiques fondamentales. C'est un produit naturel non toxique. Il fut identifié en 1847 par **Blondeau** comme produit de la fermentation bactérienne et mis en évidence pour la première fois dans le lait par **Scheele en 1870.**C'est en 1881 que sa production industrielle commence aux USA. En 1894, la production, essentiellement destinée aux industries du cuir et du textile atteint 5 tonnes/an (Vick Roy, 1985). Chaque année, environ 50 000 à 80 000 tonnes d'acide lactique sont produites à travers le monde dont 90% sont réalisées à partir de la fermentation microbienne. Les 10% restants sont produits synthétiquement à partir du lactonitrile **(Hofvendahl et Hahn-Hägerdal, 2000).** Le prix d'un kg d'acide lactique peutaller de 1,40 US$, pour 50% de pureté à 1,90 US$ pour 88% de pureté
(Akerberg et Zacchi, 2000).

Figure 13 : Représentation des deux formes isomériques de l'acide lactique **(Heni, 2019).**

VI.1. Intérêt économique et principe

VI.1.1. Intérêt économique :

Le tableau suivant représente les intérêts économiques de l'acide lactique

Tableau 03 : les intérêts économiques de l'acide lactique **(Nancib, 2007).**

Domaine	**Intérêt économique**
Alimentaire	• Acidulant • Agent antimicrobien, exhausteur de goût • Contrôleur du pH • Fortifiant minérale
Cosmétique	• Hydratant • Agent d'éclaircissement de peau • Agent de rajeunissement de peau • Contrôleur de pH -agent anti-acné • Agent antitartre
Pharmaceutique	• Solution de dialyse • Préparation minérale • En capsulation (comprimés) • Implants biodégradables • Fils résorbables • Contrôle de la libération de médicament **(Nancib 2007).**
Chimique	• Agent de détartrage • Contrôleur de pH • Neutralisant • Intermédiaire chiral • Agent complexant -agent de nettoyage • Agent de verdissement**(Nancib 2007).**
Matière chimique	• Oxyde de propylène • Acétaldéhyde • Acide propanoique • 2,3-pentanedione • Lactate d'ethyl -dilactide • Poly (lactic acid) **(Nancib 2007).**

VI.1.2. Principe

Chez les organismes vivants en aérobiose, l'ATP qui est la forme majeure d'énergie directement utilisable par la cellule, est produit au fil de réactions métaboliques incluant l'oxydation de sucres, notamment du glucose, lors de la glycolyse. La glycolyse met en jeu des cofacteurs oxydés (NAD+ et FAD), qui sont réduits. Ils nécessitent donc d'être régénérés au niveau de la chaine respiratoire **(Burillard et *al*., 2016).**

Dans des conditions d'anaérobiose, la molécule acceptrice des protons des cofacteurs réduits est l'acide pyruvique, alors réduit en acide lactique (**FAO.,1995).** Ce dernier permet à la glycolyse de perdurer dans des conditions d'anaérobiose, ce qui conduit à la production de 2 molécules d'ATP contre 36 en présence d'oxygène.

VI.2. Agent biologique responsable de la transformation

VI.2.1. Les bactéries lactiques :

Le groupe des bactéries lactiques ou bactéries de l'acide lactique a été défini par Orla-Jensen (1919). Il réunit plusieurs genres caractérisés par leur capacité à fermenter les glucides en produisant de l'acide lactique. La fermentation est dite : homolactique si l'acide lactique est pratiquement le seul produit formé et hétérolactique si d'autres composés sont aussi formés: de l'acide acétique, de l'éthanol et de dioxyde de carbone (CO_2). Selon le mode de fermentation obligatoire ou préférentiel, on parle de bactéries Homo-fermentaires ou hété-rofermentaires. Dans des conditions de croissance non optimale ou selon la nature du sucre utilisé, certaines bactéries homo-fermentaires sont aussi capables de fermentation hété-rolactique.

Les bactéries lactiques sont en général aérotolérantes. Cependant certaines espèces sont anaérobies strictes. Même en présence d'oxygène elles sont incapables de réaliser des phosphorylations oxydatives, ceci est corrélé à leur incapacité de synthétiser les cytochromes et les enzymes à noyau hème. Quelques souches sont capables d'utiliser l'oxygène par l'intermédiaire des systèmes flavoprotéine oxydase, produisant le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), bien que la plupart ne possèdent pas la catalase et se débarrassent du peroxyde d'hydrogène toxique grâce à des enzymes appelées peroxydases

(**Schleifer *et al*.1985).**

VI.2. 1.1. Les lactobacilles

Les espèces de *Lactobacillus* sont caractérisées par des cellules en forme de bâtonnets souvent groupés en chaînes (Figure 14), une forte exigence en facteurs de

croissance, en vitamines et en minéraux sous forme ionique (de **Roissart** et **Luquet**, **1994 ; Desmazeaud, 1983 ; Snell, 1989)**. Elles sont caractérisées par l'hétérogénéité de la composition de leur ADN: le GC% varie de 32 à 53% **(Kandler**et**Weiss, 1986**). Elles sont considérées comme GRAS (Generally Recognized As Safe).

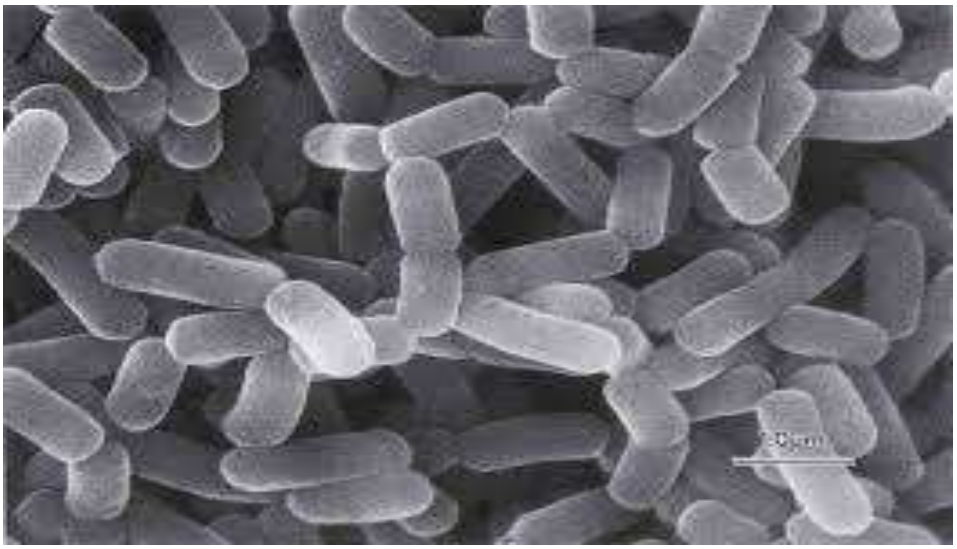

Figure14 : Les Bactéries lactique **(lactobacilles) (Belarbi, 2011)**

Originalement, elles ont été classées par **Orla-Jensen (1919)** en trois sous genres: *Thermobacterium*, *Streptobacterium* et *Betabacterium*. Ce classement avait été fait suivant des critères de température optimale de croissance et de produits de fermentation des sucres.

VI.2.1.2. Les Lactocoques

Schleifer et *al*. (1985) ont proposé de séparer les streptocoques lactiques mésophiles du Genre *Streptococcus* et de créer le genre *Lactococcus.* Par définition, le genre *Lactoccoccus* est formé de bactéries à Gram positif dont les cellules, en forme de coques, sont associées par paires ou en chaînettes de longueur variable.

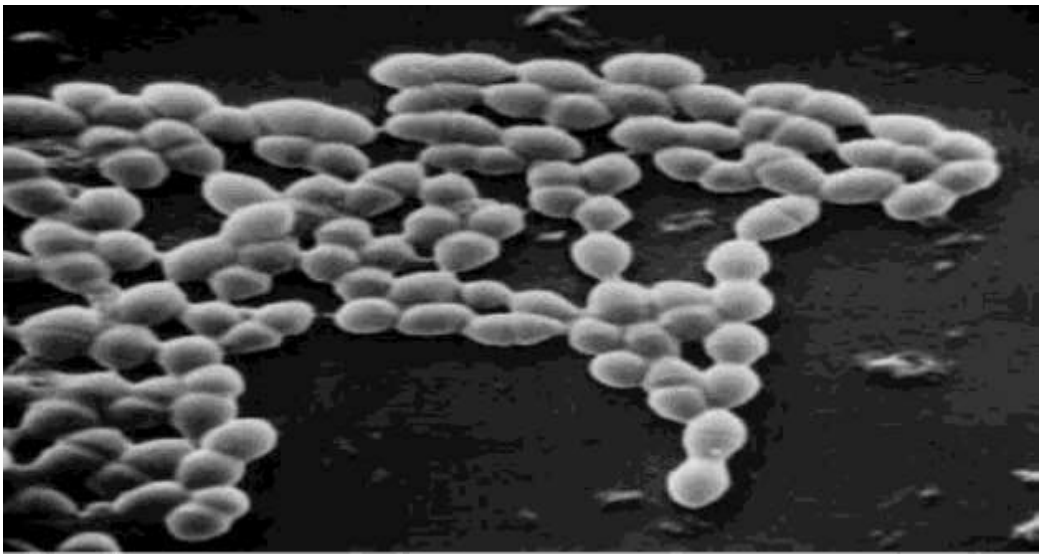

Figure 15 : les bactéries lactiques (**Lactocoques**) **(Belarbi, 2011)**

Ces bactéries sont dépourvues de catalase et ne sont pas capables d'utiliser l'oxygène ; mais se multiplient en sa présence (anaérobies aérotolérantes). Parmi les *Lactococcus lactis* sp., deux sous espèces et un biovariant prédominent en fermentation laitière : Lactococcus lactis subsp. lactis (Lactococcus lactis), Lactococcus lactis subsp. Cremoris (Lactococcus cremoris) et Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis (Lactococcus diacetylactis).

Le groupe des levains mésophiles, auquel les lactocoques appartiennent, est le premier à avoir fait l'objet de sélection et de production pour l'industrie laitière. Les souches sont sélectionnées pour leur aptitude à acidifier le lait, à travers leur métabolisme homofermentaire, et à former des arômes. Les espèces de ce genre se distinguent par la présence dans leur enveloppe d'antigène du groupe N, la production d'acide L(+) lactique, une croissance optimale à température moyenne de 20 à 30°C et une température minimale au moins égale à 10°C.

VI.2.1.3. Champignons

Un nombre limité d'autres micro-organismes est capable de produire de l'acide lactique. Parmi ces derniers, il existe quelques moisissures. L'utilisation de champignons, tel que : *Rhizopusoryzae*, pour la production d'acide lactique présente un intérêt, car elle ne requiert pas de sources d'azotes organiques, utilise des glucides tel que les hexoses ou les pentoses et est facilement séparable du milieu de culture lors des procédés de purification de l'acide lactique **(Miura et *al*., 2003 ; Magnuson et Lasure, 2004).** Ces micro-organismes occupent une place importante sur le marché des enzymes. Il s'agit presque exclusivement d'hydrolases dont les producteurs principaux appartiennent aux

zygomycètes. Le genre *Rhizopus*comme*R. oryzae*et*R. Arrhizus* possèdent des enzymes amylolytiques capables de transformer l'amidon en acide L(+)lactique**(Yin *et al*., 1997; Oda *et al*., 2002).**

VI.3. Principales variétés de datte utilisées et caractéristiques demandées

Hani (2019) a utilisé le cultivar Tafezouine pour sa disponibilité et surtout pour sa faible valeur marchande (11DA/kg "prix du marché"). Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des dattes Tafezouine sont reportées sur la figure 16.

Figure16 : Aspect des dattes cultivar "Tafezouine" **(Hani, 2019).**

VI.4. Procédés de fabrication et conditions de production

La conservation des souches à moyen terme est réalisée sur milieu à base de glycérol (glycérol stock). Une culture de la souche *Lactobacillus casei* sub sp. *Rhamnosus* est effectuée en milieu liquide MRS et une culture de la souche *Lactococcus lactis* sub sp. *Lactis* est effectuée en milieu liquide M17. Après croissance des bactéries jusqu'en phase exponentielle, un volume de glycérol stérile est ajouté à trois volumes de la culture. La suspension bactérienne à 25% de glycérol est ensuite répartie dans des tubes stériles (1 ml) puis congelée à -20°C **(Djidel, 2007).**

Les cultures stocks ont été décongelées au fur et à mesure des besoins, puis utilisées. Le tube de conservation sert à inoculer le milieu de préculture. Cette dernière est prise à l'ensemencement en phase de croissance exponentielle (12 heures). Puis le fermenteur est inoculé à raison de 10% (v/v) de manière stérile **(Djidel, 2007).**

Les dattes sont soigneusement lavées et dénoyautées. L'eau est additionnée à raison de deux litres par kilogramme de pulpes. Le mélange est chauffé à 80 °C pendant 2 h. L'extrait obtenu est centrifugé à 5000 rpm pendant 30 mn afin de séparer les débris

cellulosiques. Le surnageant recueilli puis dilué aux proportions voulues est utilisé comme source de carbone et d'énergie. **(Boudjellal et *al.*2001)**

Des cultures en batch ont été réalisées en erlenmeyers de 250 ml, avec un volume utile de 100 ml, inoculées en présence du milieu MRS et incubés à 42 °C pendant 24 h à 200 rpm. Des cultures similaires ont également été conduites dans un réacteur de 6 litres avec un volume utile de 3 litres. Le pH est maintenu à 6,5 par addition automatique d'une solution de NH_4OH 5M.

L'évolution de la biomasse, la consommation du glucose et la production d'acide lactique sont suivies à des intervalles de temps réguliers (**Boudjellal et *al.*2001).**

Boudjellal et *al*. (2001) ont suivi l'évolution de la biomasse par la mesure de la densité optique (DO) à 570 nm. La concentration de l'acide lactique est déterminée par titrage de l'acidité avec du NaOH 0.1N. La quantité du glucose consommé durant la fermentation est déterminée grâce à une méthode enzymatique utilisant l'auto-analyseur 'Technicon II' **(Amrane et Prigent 1994).** La figure 17 illustre les étapes de déroulement de la fermentation.

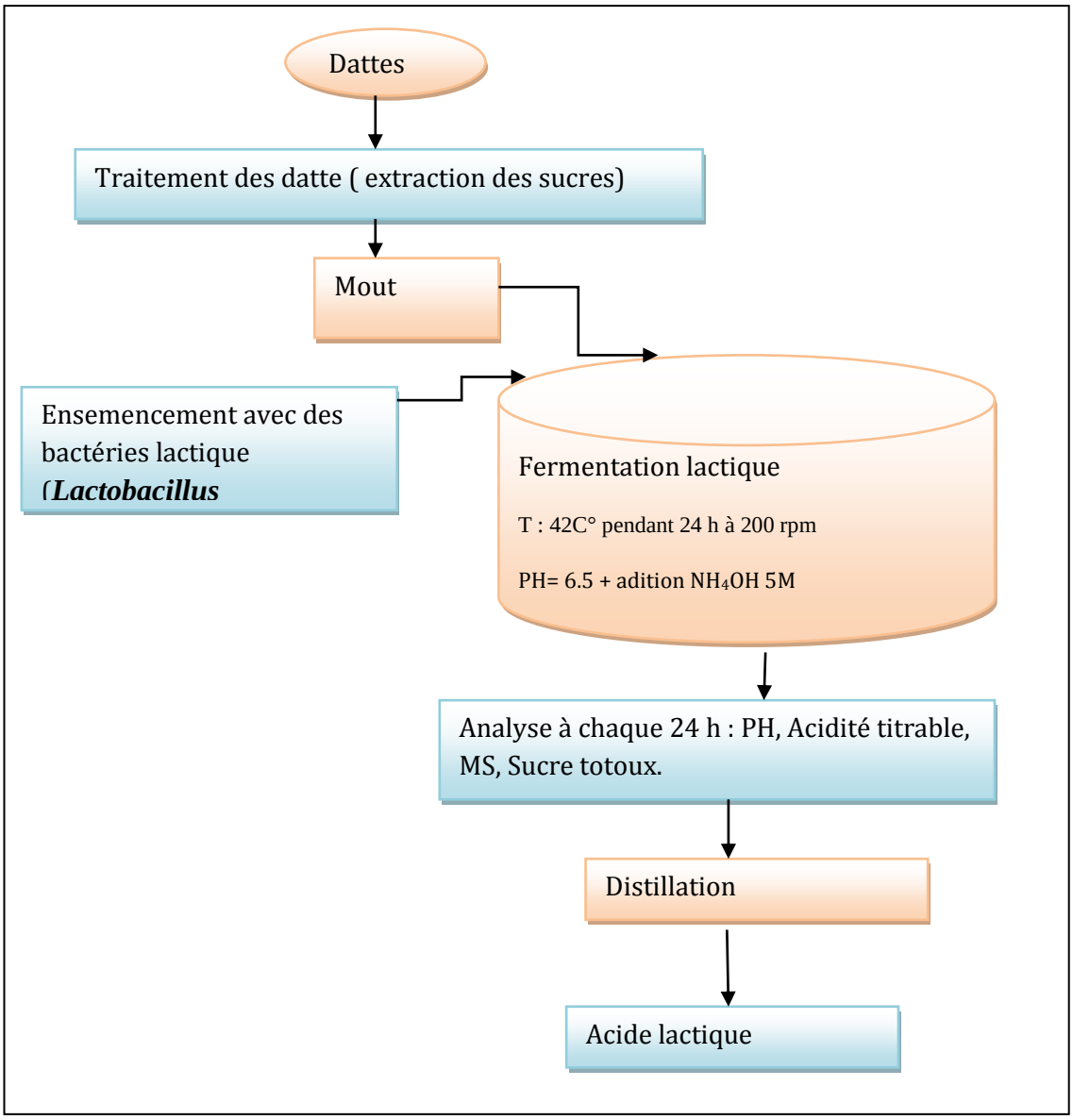

Figure 17 : Diagramme de déroulement de fermentation **(Heni, 2019).**

VI.5. Rendement :

Selon **Boudjelal et Nancib (2001)**, la fermentation par le *Lactobacillus rhamnosus* peut produire jusqu'à 30 g/l d'acide lactique sur milieu à base de jus de dattes contenant 60 g/1 de sucres totaux. Une production maximale est 47g/l d'acide lactique a été atteinte après optimisation des conditions physicochimiques.

VII. Autres produits

VII. Autres produits

VII.1. α-amylase

L'α amylase est considérée l'une des enzymes industrielles la plus importante et la plus ancienne **(Gupta *et al.*, 2008).** C'est une macromolécule appartenant à la classe des protéines globulaires, de type endoglycanases, de la classe des hydrolases, qui agit sur les liaisons α (1-4) de l'amidon. Son action fournit dès le début un mélange de glucose, de maltose et de dextrines. En fin de réaction elle fournit du glucose et des résidus correspondant aux liaisonsα (1-6) situées aux points de ramification des chaines (**Raimbault, 1981 ; Alais et *al.*, 2008**).

Elle est largement présente chez les animaux, les végétaux et les microo

rganismes. Bien que les α-amylases de différentes origines aient très peu de séquences d'acides aminés identiques, leur structure tridimensionnelle et l'organisation de leur site actif sont similaires **(Mercier, 1985).** Leur chaîne polypeptidique est organisée en trois domaines formé chacun d'un tonneau de huit segments bêta, entourés par huit hélices alpha. Leurs sites actifs sont constitués d'un ensemble de sous-sites (**Scriban, 1999).**

VII.1.1. Intérêt économique

Les α-amylases sont parmi les hydrolases les plus importantes pour toutes les industries à base d'amidon, et leur commercialisation est la plus ancienne, avec première utilisation en 1984, comme aide pharmaceutique pour le traitement de désordres digestifs. Aujourd'hui, les α- amylases trouvent l'application dans tous les processus industriels, avec une dominance des α- amylases microbiennes qui ont complètement remplacé, non seulement l'hydrolyse chimique dans les industries de transformation d'amidon, mais également dans les industries chimiques pharmaceutiques et autres **(Bennett, 1998).**

Actuellement, les α-amylases ont la part principale du marché mondial d'enzymes, dont plusieurs différentes préparations d'α-amylase sont disponibles avec de divers fabricants d'enzymes pour utilisation spécifique dans diverses industries **(Aehle et Misset, 1999).**

Le tableau suivant reprisant les intérêts économiques de α-amylase :

Tableau 04 : Intérêt économique d' α -amylase (**Zoubiri, 2012).**

Domaine	**Intérêt**
Glucoserie	Solubilisation de l'amidon, accompagnée d'une chute importante de la viscosité (liquéfaction)
Sucrerie	Réduction de la viscosité des sirops de cannes à sucre, en hydrolysant les contaminants amylacés pour assurer la réussite de processus de cristallisation
Biscuiterie et panification	Amélioration des propriétés rhéologiques et fermentaires de la pâte, ainsi que le volume de la mie et la coloration de la croûte
Industrie textile	Désencollage textile, qui permet d'éliminer la colle d'amidon qui enduit les fibres et les protège au cours du tissage
Papeterie	Liquéfaction de l'amidon, pour préparer des sauces de couchage permettant d'éliminer les irrégularités superficielles de la feuille
Détergent	Dégradation des taches à base d'amidon, les oligosaccharides et les dextrines libérés de l'action hydrolytique sont solubles, ce qui facilite le découpage physique de la tache
Industrie pharmaceutique	Traitement de diabète et de l'obésité

VII.1.2. Procédés de fabrication et conditions de production

VII.1.2.1. Production d'a-amylase par utilisation d'*Aspergillus niger*

Les souches sont ensemencées stérilement dans des Erlenmeyers de 250ml contenant 50ml d'un milieu de culture de composition suivante (g/l) : Glucose, 20 ;(NH_4) SO_4, 6.6 ; KH_2 PO_4, 3.5 ; $FeSO_4$, 0.15 ; MgSO4 ,0.10MnCL2, 0.45 et peptone ,3.0. La culture a été incubée à 30 C° durant 48 h à 200 trs/min. La suspension fongique est diluée de façon à obtenir une concentration avoisinante 3.10^8 CFU/ml. Cette concentration de 1.0 ml suffit pour inoculer 50 ml de jus **(Ellaiah et *al*., 2002).**

L'extrait obtenu à partir des dattes produites par le cultivar Tinissine et les rebuts de dattes ayant une teneur en sucres variant entre 205 et 20g/l a été amélioré en ajoutant les éléments nutritifs suivants : Extrait de levure de 0 à 6.0 g/l et KH_2PO_4 de 0 à 6.0 g/l.

les milieux ont été ajustés à un pH variant entre 4.0 et 9.0, stérilisés à 121C° durant 15 min, ensemencés avec une concentration en inoculum de 2.0 % (2x 10^8 CFU/ml) et incubés à une température de 30 C° durant 48 à 144 h. Toutes les cultures ont été réalisées dans de Erlenmeyers de 250 ml contenant 50 ml du milieu de culture dans un agitateur orbital à raison de 105 trs/min. les échantillons ont été récoltés en fin de fermentation soit 96 h **(Açourene, 2013).**

VII.1.2.2. Production d'a-amylase par utilisation de *Candida guilliemondii*

On ensemence les souches de *Condida guilliemondii* dans des Erlenmeyers de 100 ml contenant 20 ml d'un milieu de culture ayant une composition en g/l de : Glucose, 20.0 ; Extrait de levure 5.0 ; $KHPO_4$, 6.0 ; le pH du milieu est fixé à 5 et la culture a été incubée à 30 C° durant 48 h à trs/min **(Lagzouli et *al.*, 2006).**

L'extrait obtenu à partir des dattes produites par le cultivar Tinissine et les rebuts de dattes ayant une teneur en sucres variant entre 2.5 et 20 g/L a été amélioré en ajoutant les éléments nutritifs suivants : Amidon de 0 à 20.0g/L, extrait de levure de 0 à 6.0 g/L et KH_2PO_4 de 0 à 6.0 g /L. les milieux ont été ajustés à pH variant, entre 4.0 et 9.0, stérilisés à 120 C° durant 15 min, ensemencés avec une concentration en inoculum de 2.0% (3x108 CFU/ml) et incubés à une température de 30 C° durant 48 à 144 h. Toutes les cultures ont été réalisées dans des Erlenmeyers de 250 ml contenant 50 ml de culture dans un agitateur orbital à raison de 105trs/min les échantillons ont été collectés en fin de fermentation soit 72h **(Açourene, 2013).**

VII.1.3. Caractéristiques des produits obtenus

Le substrat naturel de l'α-amylase est l'amidon **(Pandey*etal*., 2000 ; Alais et *al*., 2008).** Dans la molécule d'amidon, les unités de glucose sont reliées par des liaisons osidiques α (1- 4) en formant ainsi des chaînes hélicoïdales d'amylose, sur lesquelles de courtes chaînes de même constitution se branchent par des liaisons osidiques α (1-6) **(Mercier, 1985).**

La production d'α-amylase par certaines souches fongiques (*Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. et *Penicilium* sp.) est contrôlée par l'amidon; il s'agit d'une induction de l'enzyme par son substrat naturel (**Leveau et Bouix, 1993 ; Nouadri, 2011).**

En général, les α-amylases ont une température optimale comprise entre 25 °C et 70 °C, avec une grande stabilité thermique pour les α-amylases bactériennes **(Larpent-gourgaud et Sanglier, 1992).**

Vertiani et *al*. (1998), signalent que la température optimale des α-amylases bactériennes varie de 50 °C à 90 °C, avec possibilité de résistance à des températures dépassant 100°C, pour celles isolées des souches hyperthermophiles.

Cependant la température optimale des α-amylases fongiques varie de 40 °C à 60 °C avec un optimum plus élevé (65 °C) pour l'α amylase de la souche *Rhizopus orysae* **(Lucio *et al*., 1996).**

Les α-amylases sont généralement stables dans une gamme de pH de 4 à 9, avec un optimum variant de 4 à 5 pour les α-amylases fongiques, et un optimum supérieur à la neutralité, soit 6 à 8.5 pour les α-amylases bactériennes (**Larpent-gourgaud et Sanglier, 1992).**

Selon **Lucio *et al*., (1996**), l'α-amylase de la souche *Rhizopus orysae*a un pH optimal se situe entre 4 et 6,5.

Les α-amylases sont des métalloprotéines absolument dépendantes du Ca^{2+}, qui est vraisemblablement un activateur allostérique **(Egas *et al.*, 1998).** Le calcium ne participe pas directement à la formation du complexe enzyme-substrat, mais il maintient l'enzyme dans une conformation optimale pour un maximum d'activité et de stabilité vis à vis de la dénaturation thermique **(Savcheko et *al.*, 2002 ; Peixoto-Nogueira et *al.*, 2008)** et de la dénaturation par protéolyse **(Nigam et *al.*,1995 ; Mc tigue et *al.*, 1995).**

L'activité enzymatique de l'α-amylase n'est pas modifiée par les ions K^+, Na^+, NH^{4+} **;** mais elle est fortement inhibée par l'éthylène diamine tétra acétate (EDTA) et les métaux lourds **(Igarashi et *al.*, 1998 ;Talamond et *al.*, 2002).**

VII.2.l'oxytétracycline

L'oxytétratcycline est un antibiotique de la famille des tetracyclines, produit par différentes espèces de Streptomyces, actif contre les bactéries à gram positif et à gram négatif, les spirochètes et quelque virus.

Le jus de dattes ainsi que les hydrolysats, obtenus par attaque acide des noyaux de dattes, ont été utilisés respectivement comme source de carbone et d'azote pour la production d'oxytétracylcline par fermentation en utilisant *streptomyces rimosus*

(**Abou Zied et *al.*, 1993).**

Conclusion

Conclusion

La richesse de notre pays, en particulier notre région saharienne, par une diversité du palmier dattier, nous donne un avantage et une possibilité de trouver une variabilité importante dans les dattes, en matière du goût, des taux de sucres, de forme, de consistance, de taux d'humidité, de valeur nutritive et même de valeur commerciale.

L'objectif de notre travail est de faire diagnostic sur les méthodes d'exploitation et de biotransformation de dattes pour un objectif de valoriser les variétés de dattes de faible valeur marchande et de produire des nouveaux produits qui présentent un intérêt économique, agroalimentaire et socioéconomique.

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

Les déchets de dattes peuvent constituer un substrat de choix pour la mise au point de substances à forte valeur ajoutée, entre autres l'alcool éthylique et la mise au point d'un procédé de fabrication d'alcool permettra sans doute une meilleure maîtrise du procédé industriel ; mais ces recherche nécessitent d'autres travaux complémentaires tels que; l'isolement d'autres souches de levures à partir de dattes et les tests pour la caractérisation de la production d'éthanol; essai d'enrichissement de milieu de fermentation par des produit biologique non synthétiques.

La production de vinaigre à partir de moût de dattes peut être également développée et passer du cadre artisanal à une vrai agro-industrie qui valorise les dattes de faible valeur marchande ; mais également les rebus de dattes.

Le moût élaboré à partir des dattes est un milieu riche en sucres, convenant à la culture du champignon du genre *Aspergillus niger* producteur d'acide citrique. Les résultats de ce recherche bibliographique montre qu'il faut entamer d'autres recherches sur la production de l'acide lactique et d'enzymes à partir de moût de dattes.

Plusieurs recommandations sont à suggérer :

- Maîtrise des procédés de production de l'acide citrique, par l'optimisation des paramètres de production ;
- Diversification des milieux de culture, à base de dattes : dattes à saccharose ;
- Utilisation d'appareillage approprié : fermenteur, agitateur, ……

Conclusion

La valorisation des dattes de faible valeur marchande par la production du vinaigre et autres produits alimentaires, permet de mieux exploiter ces variétés, et d'éviter leur disparition. De plus, ces variétés peuvent être riches en éléments nutritifs par rapport aux dattes de haute valeur marchande, ce qui leurs donne une certaine valeur ajoutée. La valorisation des dattes par des procédés biotechnologiques, et leur transformation en vinaigre, en l'occurrence, peut contribuer à sauvegarder la biodiversité.

Les milieux à base de dattes et plus particulièrement les rebuts de Deglet-Nour et Tinissine donnent des rendements élevés par rapport au milieu de fermentation à base de mélasse. De ce fait, on peut préconiser les rebuts de dattes et les dattes communes comme substrat de substitution à la mélasse pour la fabrication de la levure boulangère.

A l'échelle industrielle, le meilleur milieu de culture est celui qui permet à une souche de produire le maximum de l'acide lactique, avec un faible coût et dans un temps court.

Il serait intéressant de mener une recherche sur l'optimisation des conditions de fermentation telles que : l'agitation parce qu'elle joue un rôle crucial dans le développement des microorganismes.

L'amélioration du production d'α-amylase, exige une étude complémentaire, elle est recommandée pour :

- Déterminer la meilleure concentration en sucres de ce moût, ainsi que les optima des facteurs sélectionnés par le plan d'expérience de Plackett et Burman par l'utilisation d'un plan composite centré de Box et Wilson (1951) ;
- Identifier les souches isolées ;
- Produire l'α-amylase par les mêmes souches, par fermentation solide (SSF), pour pouvoir choisir le procédé le plus rentable ;
- Purifier et caractériser l'enzyme.

L'oxytétracycline, s'agit d'un élément encore peu connu en termes de procédés de production sur jus de dattes, il nécessite également des études approfondies sur ses procédés et les conditions contribuant à l'amélioration de la production.

Références Bibliographiques

Références bibliographique

1. **Abdelguerfi. A, Ramdane. S.A ,2003**. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de labiodiversité importante pour l'agriculture, Bilans des Expertises sur «La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie » MATE-GEF/PNUD : Projet ALG/97/G31(TOME XI).

2. **Abou-zeid . A.A et Khoja S.M**. **1993,** *'Utilisation of Date in the Fermentative Formation of Citric Acid by Yarrowia Lipolytica*', Zentrahl. Microbiol., **148**, pp, 213-221.

Açourène S., Ammouche A. et Djaafri K., 2008. Valorisation des rebuts de dattes par la production de la levure boulangere, de l'alcool et du vinaigre. Sciences & Technologie C -(28), pp.38 -45.

3. **Açourene S.2012**.Valorisation biotechnologique des dattes de faible valeur marchande par la production de levure boulangère, éthanol, acide citrique et α-amylase thèse de doctorat INA option science Agronomique 164p.

4. **Açourene, 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 Recherche Agronomique*, N° 8, Ed. INRAA, pp.19-39.

5. **Acourene, S., et Tama M,** 1997. Caractérisation Physico-Chimique des Principaux Cultivars de Dattes de la Région des Zibans, *Recherche Agronomique*, N°1, 59 – 66, Institut National de la Recherche Agronomique, Algérie.

6. **Aehle, W., et Misset O., 1999.** Enzymes for industrial applications. In: Rehm H.J., Reed G.,editors. Biotechnology, 2nd ed. Germany: Wiley-VCH, pp.189-216.

7. **Agrovin ., 2012.** ACIDE CITRIQUE Acidifiant et antioxydant de moûts et de vins.Rev. AGROVIN **10**, 1.

8. **Akerberg, C. et G. Zacchi 2000.** An economic evaluation of the fermentative production of lactic acid from wheat flour. Bioresource Technology, **75**, 119-126

9. **Alais C., Linden G. et Miclo L., 2008**. Biochimie alimentaire, DUNOD. 6ème édition, paris, pp.67-71.

10. **Alied S.M, 2011.** Industrial Biotechnology , University Al-HASSA, Saudi Arabia.Mémoire Master81p.

11. **Al-Obaidi.,Z.S. Aziz.,G.M. Al-Hakkah** et **AL-Hilili.,MA, 1987.** optimization of propagation medium for Baker's yeast using date extract and molasses:

Determination of the optimum concentration of microelements and vitamins. Date Palm j. 5(9), pp.64-78.

12. **Al-Ogaidi H. K. H., 1987.** Dates and microbial biotechnology. Regional project for palm and dates research center in the Near Est and Nord Africa. Al Watanprintig press Co, Libana: 301-318.
13. **Al-Ogaidi, H.K., Muslh, R. and Ali, N.M., 1988** "Isolation and identification of some Iraqi local ethanol production yeast grown on date juice". Date Palm Journ., Vol. 6(2), N°12 (1988), pp. 433 - 445.
14. **Ammouche, A., 1979.** Contribution à l'Etude de la Concentration en Méthanol et de la Source Azotée sur la Croissance de la Levure *Hansenula Polymorpha,* Thèse Magister, INA, 72 p.
15. **Açourene .S 2013,** Valorisation Biotechnologique des dettes de faible valeur marchande par la production de levure Boulangère, éthanol, acide citrique et α-amylase. Thése de Doctorat en science Agronomique171p.
16. **Baca, A., 2008.** Production et étude de l'activité de l'invertase produite par la levure *saccharomyces cerevisaie* sur substrat à base de datte. Thèse de Magister Université Elhadjlakhdar-Batnz option Qualité et sécurité Alimentaire.75p.
17. **Ballerini, D., 2006**. Les biocarburants état des lieux, perspectives et en jeux du développement. Editions technip, Paris.348p.
18. **Barbara Dunn, C. R., Daniel J. Kvitek, Tom Pugh, and Gavin Sherlock 2012.** "Analysis of the*Saccharomyces cerevisiae* pan-genome reveals a pool of copy number variants distributed indiverse yeast strains from differing industrial environments." *Genome research* 22: 908 924.
19. **Barceloux, G. R. Bond et al., 2002**. « American Academy of Clinical Toxicology Practice Guidelines on the Treatment of Methanol Poisoning », Clin. Toxicol., vol. 40, nº 4,p. 415-446 (DOI 10.1081/CLT-120006745)
20. **Béguin. J, Coarer. M, Poulard. A, Poupault. P et Vinsonneau .E, 2008**. Maîtrisedes fermentations spontanées et dirigées. Institut Français de la Vigne et du Vin. PP : 29-4
21. **Beneddine, D., Bentadj, S. 2009.** Recherche des substances toxiques dans le vinaigre traditionnel de datte. Mémoire de licence en Biochimie non publier, Université de Kasdi Merbeh, Ouargla 80p.

22. **Benmabarek. S., 2015,**Valorisation des sous produits de palmier dattier et leur utilisation .Memoir de Master Academiques Universite Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued.Biologie 98p.
23. **Bennett J.E., 2002,** Douglas and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases, 8th ed. Elsevier Saunders, 3577 pp. (Section G, Chapitres 257-272).
24. **Bennett J.W. (1998).** Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. *J. Biotechnol*.,(66), pp.101-107.
25. **Benziouche, S. 2000**.Analyse de la filière datte en Algérie, étude de cas les daïras de Djamaa et Mghaier. Thèse de magister. Option Développement Rural, INA, Alger142p.
26. **Benziouche, S. 2012** Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie pdf 9p https://newmedit.iamb.it/share/img_new_medit_articoli/465_49benziouche.pdf. **14/04/2021**
27. **Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Drira N.E., Attia H., 2003.** Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84, pp 577–584.
28. **Bessah R., Touzi A., 2001.** Production de Protéines d'Organismes Unicellulaires(P. O. U) à partir des Déchets de Dattes. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation–Biomasse*, 37-40.
29. **Botton B., Breton A., Fever M., Gauthier S., Guy PH., Larpent G.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P., 1990.** Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. 2ième Ed, MASSON,Paris.183p.
30. **Bouaziz, S. 2008.** Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Mémoire de magistère en biochimie et analyse de bioproduit non publièr, université kasdi Merbah, Ouargla. 243 p.
31. **Bouaziz. S., Ould EL Hadj, M. D. 2010.** Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de quelques types de vinaigres traditionnels de dates obtenues à partir de quelques variétés de la région d'Ouargla. *Annales desSciences et Technologie,* 2 (1) , 81 -80 .
32. **Boughnou, N. 1988.** Essai de production de vinaigre à partir de déchets de dattes. Thèse magister, INA. El- Harrach, Alger.
33. **Bouix .M. et Leveau J-Y, 1991.** Les levures .Techniques d'analyse et de contrôle.

34. **Boulal A., Benali B., Moulai M. et Touzi A., 2010.** Transformation des déchets de dattes de la région d'Adrar en bioéthanol. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 13 (**3**), pp.455-463.

35. **Boultn,C.,Quain,D, 2001.**Brewing Yeast and fermentation. Blackwelle science LTd-9380 P.

36. **Bourgeois .C-M et Larpent .J-P, 1996.** Microbiologie alimentaireTome 2 : Aliments fermentés et fermentations alimentaires - 2éme éditionEd. Tec & Doc. PP: 523.

37. **Branger, A. 2008.** Fabrication de produits alimentaires par fermentation l'ingénierie. f3501, Paris-France, Vol. 1, 1-16.

38. **Briki kh et Zitouni N, 2013** production d'acide citrique par aspergillus niger cultivée sur milieu à base de dattes "variété ghars", thése master academique universite kasdi merbah ouargla option microbiologie appliquée 80 p.

chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84, pp 577–584.

39. **Chibi , S .,et El-hadi ,D ., 2018**. La bio-production de l'éthanol á partir de dechets de dattes : effet de l'incorporation des cendres du noyau de deglet–nour sur le rendement *Revue Agrobiologia* (2018) **8**(1): 685-694 10p.

40. **Cot M, 2006**. **'**Etudes Physiologiques de l'Adaptation et de la Résistance de la Levure Saccharomyces Cerevisiae au Cours de la Production Intensive d'Ethanol', Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse 256 p.

41. **Dahmani, S., Rebbouh, I. 2009.** Etude comparative des caractéristiques physicochimiques de différents types de vinaigres : le vinaigre traditionnel de datte (Deglet Nour, Degla Beida, Tacherwit), vinaigre de pommes et vinaigre vendu en épicerie. Mémoire de licence en Biochimie, Université de Kasdi Merbeh, Ouargla.

42. **Demibas, M.F., Balat M., Balat H., 2009.** Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. Energy convers Marage.50:1746-60.

Desmazeaud, M. 1983. L'état des connaissances en matière de nutrition sur les Bactéries lactiques. Le Lait, 63, 286-310.

43. **Djouab, A., 2007**. Contribution à l'identification des constituants mineurs de la datte Mech-Degla. Essai de valorisation par incorporation dans une recette de margarine allégée. Mémoire de Magistère spécialité génie alimentaire, Université de Boumerdès, 133p.

44. **Egas M.C.V., DA Costa M.S., Cowan D.A. et Pires E.M.V., 1998.** Extracellular α-amylase from Thermusfiliformis OrkA2. Purification and biochemical characterization. Extremophiles *Applied and Environmental Microbiology*. (**2**):23-32

45. **Ellaiah P., Adinarayana K., Bhavani Y., Padmaja P. et Srinivasulu B., 2002.**Optimization of process parameters for glucoamylase production under solid state fermentation by a newly isolated *Aspergilus* species, Process Biochem. (38), pp. 615–620.

46. **Erlend .Aa, Jeffrey. P. Townsend, Rachel l Adms, kaare .M. Nielsen, John W Taylor, 2006.** Population structure and gene evolution in Saccharomyces cerevisiae. FEMS Yeast Research 6(5): 702-715.

47. **Fay, J. C.** and **Benavides J. A.,2005**. Evidence for Domesticated and Wild Populations of Saccharomyces cerevisiae.PLoS Genet 1(1):e5 0066-0071.

48. **G.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P., 1990.**

Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. 2ième Ed, MASSON, Paris.183p.

49. **Gabriel H., 1985**. Les carburants de substitution. *La recherche*, N° 175: 376-38

50. **Gouffeau, A.W., Barrell, B.G., Bussey, H., Davis, R.W., Duyon, B., Feldmann, H., Galibert, F., Hoheisel, J.D., Jacq, C., Johnston, M., 1996.** Life With 6000 *Germes. Science*. 274(5287)=546-567

51. **Guiraud. J-P, 1998.**Microbiologie alimentaire Ed. Dunod. PP : 320-652.

52. **Gupta A., Gupta V-K., Modi D-R. et Yadava L-P., 2008**. Production and characterization of α- amylase from *Aspergillusniger. Biotechnologie**7 (3)**, pp.551-556. Asian Network For Scientific Information. ISSN* 1686-296X.

53. **Hamdi M., 1993.** Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de .l'extraction de l'huile thèse de doctorat, Université de Provence, Marseille.

54. **Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac De La Perrière R. A., 1998**- Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Ed. Anep, Rouïba: 12-13.

55. **Heni B, 2019** Essai préliminaire sur la production d'acide lactique à partir de déchets dattes du cultivar : Tafezwine Mémoire Master Acadimique 82p .

56. **Hofvendahl, K et B. Hahn-Hägerdal 2000.** Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. Enzyme and Microbial Technology, 26, 2,87-107.

57. **Hosahalli J. et Jasmin *A*., 2006**.*Physico-chimical properties of commercial date pastes (Phoenix dactylifera) ;Journal of food Engineering*76(3):348-352.

58. **Igarshi K., Hatada Y., Hagihara H., Saeki K., Takaiwa M., Ulmura T., Ara K., Ozaki K., Kawai S., Kobayashi T. et Ito S., 1998.** Enzymatic properties of novel liquefyingamylase from an alkalophilic Bacillus isolated and entire nucleotides and aminoacidssequences .Appl. Environ. Microbiol., 64 (**9**), pp.3282-3289.

industrielle. Les micro-organismes d'intérêt industriel. Edition Tec et Doc .Lavoisier .Apria, pp.110-170.

59. **INA 1975,** palmier dattier dans : voyage d'étude en oasis algériennes. édition : INA. Alger El Harrache, 190 p

60. **Kaidi, F., Touzi A., 2001**. Production de bioalcool à partir des déchets de dattes. *Rev. Energ.Ren*. Production et Valorisation-Biomasse, pp.75-78.

61. **Kreger -Van Rij N-J, 1984.**The yeast, a Taxonomic Study, Elsevier Biomedical Suarit, R., Gopal, P-K, ET Sherped, M-G, 1988. Evidence for a glycosidic linkage between chitin and glucan in the cell wall of *Candida albicans*. J. Gen. *Microbial*, 134. Pp : 359 - 368.

62. **Lafourcade, S.L. 1978** Les origines microbiologiques de l'acidité volatile des vins. Microbiologie et industrie alimentaire. Ed Apria.

63. **Larpent .J-P, 1991.** Biotechnologie des levures. Ed. Masson. Paris. PP : 97-426.

64. **Larpent-gourgaud M. et Sanglier J.J., 1992.** Biotechnologies, principes et méthodes. Ed Doin., pp 574-581.

65. **Leclerc H., Meyer A. et Deiana J. 1995.** Cours de microbiologie générale. Nouveau programme. Biosciences et techniques. Doin éditeurs, Paris. 73 92.

66. **Leveau J.Y. et Bouix M., 1993.** Les moisissures. *In :* Florent J. Ed. Microbiologie industrielle. Les micro-organismes d'intérêt industriel. Edition Tec et Doc .Lavoisier .Apria, pp.110-170.

67. **Lin Y., Shozo T.,2006.** Ethnol fermentation from biomass resources=current stste and prospects.ApplMicrobiol Biotechnol.69=627-642

Logsdon,2004. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley et Sons, (ISBN 978-0-471238966.DOI10.1002/0471238961.0520080112150719.a01.pub2, lire enligne [archive]), « Ethanol ».

68. **Lucio de-Sousa E., Erika M-E-H., Castilho V-M., Dclima A., Bellini M-Z. et Cruz Z-R., 1996.** Production and characterization of α-amylase from *Rhizopus sp. Art.Biol. Technol*., 39 (**4**), pp.813-839.

69. **Maatallah S., 1970.-** Contribution à la valorisation de la datte algériene. Thèse ing. d'Etat, INA, El Harrach, Alger, 63 p.

70. **Maiorella, B.L. 1985** Ethanol Comprehensive Biotechnology the Principal Applications and Regulation of Biotechnology in Industry Agriculture and Medicine. Ed Perganon. Vol 3. P 861-900

71. **Maldonado,O., Rolz, C., shneider de Cabrera,S.1975**.Wine and vinegar production from tropical fruits..food scienc.,40(2),pp.265-267.

72. **Martine J.S., Mccormack B., Fitzsimons D. Et Spirig R. (2012).Journal Of Nursing Managemen***t*20, 72–80.

73. **Mayer K. et Pause G. 1969,** *Lebensm. Wiss. u. Technol.,*. **2**, 143.

74. **Mcdonnell eT Russell**, Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance, Clin. Microbiol. Rev., vol. 12, nº 1, 1999, p. 147–179 (ISSN 0893-8512, PMCID PMC88911, lire enligne [archive] [PDF])

75. **Mechraoui n., Belkhadem S., 2009.** Essai d'incorporation de la farine de dattes Variétés « Mech-Degla » en biscuiterie. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Biologie.98.

76. **Mercier C., 1985.** Les enzymes amylolytiques. *In* : Mouranche A. Coste C. hydrolases et dépolymérases. Ed Gauthier-Villars., pp.110-140.

77. **Mercier, 1997** .Champagne Brut Average rating · France. PP: 86.

78. **Messaid H., 2007**-Optimisation du processus D'immersion- Réhydratation du système dattes sèches-jus d'Orange. Mémoire du diplôme de Magister. Université M'Hamed BOUGUERA-Boumerdès.96p.

79. **Messar E.M., 1996.** Le secteur phoenicicole algérien; situation et perspectives à l'horizon 2010, Options méditerranéennes, 2.

80. **Meyer A., Deiana J., Bernard A., 2004.** Cours de microbiologie générale M'Hamed BOUGUERA-Boumerdès.96p.

81. **Miura, S., T. Arimura, M. Hoshino, M. Kojima, L. Dwiarti et M. Okabe 2003.**Optimization and scale-up of L- lactic acid fermentation by mutant strain *Rhizopus* sp.MK-96-1196 in airlift bioreactors. Journal of Bioscience and Bioengineering, 96, 65-69.

82. **Moretti E., Felippone F., 2000.** Acide citrique par fermentation. *Pressindustria SpA - Biassono (MI) Italie*.

83. **Nadhim D. J., 1982.-** Production d'éthanol à partir des sucres de dattes. Séminaire sur les dattes, 4-5 décembre 1982, Bagdad: 115-130.

84. **Nancib N., Nancib A, and J. Boudrant,**1997 'Use a Waste Product in the Fermentative Formation of Backer's Yeast Biomasse by *Saccharomyces Cerevisiae'*, Biores. Technol., **60**, pp. 67-71.

85. **Nancib.A,2018** Production d'acide lactique par *Lactobacillus casei*surjus de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). ThéseDoctorat 3ème CYCLE 234p

86. **Nonus M., Minnial M. M., 1988**.-Gain de productivité d'éthanol en fermentation alcoolique des produits de sucrerie. IAAT, Paris : 231-346.

87. **Nouadri T., 2011.** L'α-amylase de *Penicillium camemberti* PL21: Production, Purification, Caractérisation et immobilisation. Thèse de Doctorat d'Etat ; Option Biochimie-Biotechnologies. Université Mentouri-Constantine, 125p.

88. **Oda, Y., K. Saito, H. Yamauchi et M. Mori 2000**. Lactic acid fermentation of Optimization of process parameters for glucoamylase production under solid state *oryzae* using an air lift bioreactor. Journal of Fermentation and Bioengineering, **84**, 249-253.

89. **Ould EL hadj M. D., Cheick M., Hamdi W., Sayah Z. & Bouaziz, S., 2012.** Etude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit Et Hamraya) reparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien). *Algerian journal of arid environment* **2(2)**, 78-87.

90. **Ould Elhadj M. D., 2012.** Valorisation de la Datte par la Formulation d'une Boisson a Base de Lait et de Jus d'Orange. *Algerian journal of arid environment* 1(2), 25-35.

91. **OuldEL-Hadj, M.D., Sebihi, A.H., Siboukeur, O. 2001.**Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes d'Ouargla. *Revue Energie Renouvelable : Production et valorisation-Biomasse,* pp 87- 92.

92. **Pandey A., Nigam P., Soccol C.R., Soccol V. T., Singh D. et Mohan R., 2000.** Advances *In*. Microbial amylases. Biotechnology. *Appl*. Biochem. (31), pp.135-152. Paris. p 436.

93. **Pasteur. L, 1866.** Etude sur le vin. 1ère édition. Masson. Paris.

94. **Peixoto-nogueira S.C., Sandrim V.C., Guimarães L.H.S., Jorge J.A., Terenzi H.F. et Polizeli M.L.T.M., 2008.** Evidence of thermostableamylolytic activity from *Rhizopusmicrosporus* and *Rhizopodiformis* using wheat bran and corncob as alternative carbon source, Bioprocess and Biosystem Engineering, (31), pp.329-334**.**

95. **Phaff. H, William. T, Starmer. H et Kricher .J, 1978.**Evolution and Speciation ofhost plant specific. Widmer Tanner, F.A. Loewus. PP: 137.

96. **Pol .D, 1996.** Travaux pratiques de biologie des levures. Pellisepse, édition marketing. 158. PP : 21-151.

97. **Quatresous N., 2011.** Aspergillose humaine. Épidémiologie, diagnostic biologique, contrôle. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, Limoges 204p.

98. **Raimbault M., 1981.** Fermentation en milieu solide : Croissance de champignons filamenteux sur substrat amylacé. Travaux et documents de L'O.R.ST.O.M, N°127, 273p.

Reed,G. Andpeppler,H.J.1973.Baker'yeast Production .Yeast technology,Ed:Westport,connectuant, AVI,pub.company.INC,New York,pp.53-102.

99. **Riess, j.,2012.** Intensification de la brique "Fermentation alcoolique " de substrats betteraviers (et autre substrats) pour la production d'éthanol. Thése de doctorat (INP Toulouse option génie des procédés et de l'environnement 178 p.

100. **Roukas, T., Kotzekidou, P., 1997.** Pretreatment of date syrup to increase

S., 2012. Etude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit Et Hamraya) reparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien). *Algerian journal of arid environment* **2(2)**, 78-87.

101. **Sachde, A.G 1981.** "On study of the possibility of producing quantity wines from some commercial varieties of dates". Journ. Agr. N°16 (1) pp. 93 - 106.

102. **Savcheko A., Vieille C., Kang S. et Zeikus J-C., 2002.** Pyrococcus -amylase is stabilisedbycalcium and zinc .Department of biochemistry and molecular biology. UniversityeastLausing, pp.111-123.

103. **Schleifer, K.H, J. Kraus, C. Dvorak, R. Klipper-Balz, M.D. Collins et W. Fisher1985.** Transfert of *Streptococcus lactis* and related streptococci to the genus *Lactococcus* gen. nov. Systematic and Applied Microbiology, **6**, 183-195

104. **Schuster E., Dunn-coleman N., Frisvad J C., Van dijck P. W. M., 2002.** On the safety of *Aspergillus niger* – a review. Appl Microbiol Biotechnol

59,426–435.

105. **Scriban R. 1999.** Biotechnologie. 5eme édition. Technique et Documentation. Lavoisier.Paris, pp.149-159.

106. ***Scriban, R et Arnaud. A, 1984* .**Biotechnologie. Edition LCDA .Land Réville, France. PP : 150

107. **Scriban. R, 1988.** Les Industries Agricoles Alimentaires .Ed. Tec & Doc. PP: 382.149.

108. **SedraM. H 2003,** LE palmier dattier , base de la mise en valeur des oasis de maroc INRA Edition maroc72p.

109. **Siboukeur O., Ould El Hadj MD. et Zargat F., 2001.** Contribution à l'Etude de la Production d'Acide Citrique par *Aspergillus niger* cultivée sur moût de dattes de la variété Ghars. *Rev. Energ. Ren.* : Production et Valorisation- Biomasse, pp 93-96.

110. **Simon. P et Meunier .R, 1970.**Microbiologie Industrielle et Génie Biochimique.Paris. PP : 88- 188.

111. **Tesco, 1992.** Rapports de l'aspect socio- économique de l'étude du projet de réhabilitation des oasis de Oued Righ. Document polycopié.

112. **Touzi A., 2001.** Production de bioalcool à partir des déchets de dattes. *Rev. Energ.Ren. Production et Valorisation-Biomasse*, pp.75-78.

113. **Touzi, A., 1997**. Valorisation des produits et sous-produits de la datte par les procédés biotechnologiques. Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte", CIHEAM - Options Méditerranéennes, pp. 214.

114. **Vaubourdolle M., 2007.** Infectiologie. 3e Ed, LE MONITEUR INTERNAT, Paris. p 436.

115. **Vick roy, T.B., 1985**, Lactic acid, Ed. in Comprehensive Biotechnology, vol. 38, byMOO YOUNG M., 761-775

116. **Walker, G. M., 2010.** Bioethanol : Science and technology of fuel alcohol; Vents Publishyng Aps ISBN 987-87-7681-681-0.114.114p.

117. **Yin, P.N, Y. Nishiya, Y. Kosakai, K. Yahira, Y.S. Park et M. Okabe 1997**. Enhanced production of L(+) lactic acid from corn starch in a culture of *Rhizopus oryzae* using an air lift bioreactor. Journal of Fermentation and Bioengineering, **84**, 249-253.

118. **Zergat F., 1996.** Contribution à l'Etude de la Production d'Acide Citrique par *Aspergillus niger* Cultivée sur Moût de Dattes. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie saharienne, Université Kasdi Merbah, Ouargla 163 p.

119. **Zoubiri L, 2012** Production d'alpha amylase par des moisissures cultivées sur milieu à base de rebuts de dattes Magistère en Sciences Alimentaires universite mentouri-constantine option Agro-alimentaires (INATAA) option Biotechnologie Alimentaire 104p.

DSA d'Ouargla, 2019 : Direction des Services Agricoles de la Wilaya Ouargla 2019.

APS 2017 : Algérie Presse Service

FASTAT : Données de l'alimentation et de l'agriculture 2019.

FAO : Food and Agriculture Organization of The United 1995.

Web :https://www.hubertcormier.com/new-blog/levure-alimentaire-nutritionnelle Hubert Cormier, 2019.

Annexes

Tableau 01 : caractéristique de l'éthanol **(Guetni-larras, 2014).**

Caractéristiques	**Ethanol**
Formule chimique	C5H5OH
Indice d'octane	111
Masse moléculaire g /mol	49.07
C (% poids)	52.2
H (%poids)	13.1
O (% poids)	34.7
Masse volumique (Kg /m^3)	794
Point d'ébullition (°C)	78.4
Chaleur patente de vaporisation (KJ//Kg)	854
Pouvoir calorifique massique (KJ/Kg)	26805
Rapport stœchiométrique	8.95
Pouvoir calorifique inferieur volumique (KJ/L)	21285
Rapport H/C	3

Tableau 02: Caractéristiques du vinaigre

Paramètres	**Pourcentage**
Température	55°C
Acidité	8.5%
Volume d'alcool	1/10 du volume de l'alcool
Pourcentage d'acide acétique	5%

Tableau 03 : Caractéristiques d'acide citrique (Gani, 2012)

Caractéristique	**Acide citique**
Formule	$C_6H_8O_7$
Masse molaire	192.1235+ 0.0075 g :mol
T° d'ébullition	Se décompose au-dessous du point d'ébullition à 175C°
Solubilité	Soluble dans l'eau 592g.l^{-1} à 20C° Soluble dans l'éther .
Masse volumique	1.665 g cm^{-3}
Point d'éclaire	100C°

Tableau 04 : Caractéristiques d'acide lactique **(Gani, 2012)**

Caractéristique	**Acide lactique**
Formule	$C_3H_6O_3$
Masse molaire	90.0779+ 0.0037
T° d'ébullition	122 C° (12mmHg)
Solubilité	L'légèrement soluble. Dans l'éther insoluble. dans le chloroforme l'éther de pétrole, le disulfure de carbone
Miscibilité	Miscible avec l'eau, l'alcool, le glycérol
Masse volumique	1.2485 g cm^{-3}
PKa	3.86 (20C°)
Point d'éclaire	110C°