

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Ghardaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre**

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Science biologiques**

**Spécialité : Microbiologie appliquée**

**Par : BORNI Mebarka**  
**MINATA Hassna**

**Thème**

**Etude de la culture de la levure boulangère (*Saccharomyces cerevisiae*) sur un milieu de jus de datte et jus de maïs**

Soutenu publiquement, le 12/06/2023, devant le jury composé de :

Mme : MAIDI Lila	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Examineur 1
M : BELGHIT Said	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
M : BOURAS Noureddine	Professeur	Univ. Ghardaia	Président

**Année universitaire : 2022 /2023**

## ***Remerciements***

Avant tous nous remercions **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir aidé à surmonter toutes les difficultés lors de nos études et sur lequel nous appuyons avant toute chose.

Chers enseignants, collègues, superviseurs et toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de notre mémoire de fin d'études en microbiologie appliquée, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre profonde reconnaissance envers chaque individu et institution qui ont participé à ce voyage scientifique, en particulier les experts et les spécialistes de laboratoire.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre superviseur, **Mr BELGHIT Saïd**, pour son orientation et son précieux soutien tout au long de la préparation de ce mémoire. Vous avez été constamment prêt à nous guider, à nous inspirer et à nous fournir les connaissances nécessaires pour mener à bien cette recherche. Nous sommes reconnaissantes de la confiance que vous avez placée en nos capacités et nous considérons que nous avons eu la chance de vous avoir comme partie intégrante de notre voyage scientifique.

Nous remercions tous les membres du corps professoral du département de biologique pour le soutien et les connaissances que nous avons reçus tout au long de nos études. Vos cours inspirants et stimulants ont été la base sur laquelle nous avons construit cette recherche. Nous avons acquis de nombreuses compétences et connaissances scientifiques précieuses grâce à vous, qui auront un impact positif sur notre avenir professionnel.

Nous souhaitons également remercier tous les membres du jury **Mme MAIDI Laila** et **Mr Bouras Nouredine** pour leur temps précieux consacré à examiner notre travail et Qui nous ont fait l'honneur d'acceptant son examination

Nous exprimons notre sincère gratitude envers nos chers collègues qui ont partagé ce voyage scientifique avec nous

# Dédicaces

*Le voyage s'est terminé avec succès ! Elle a enduré ses épreuves et, malgré sa taille, les choses vont bien se passer. Aujourd'hui, avec l'aide de Dieu, j'ai terminé ce travail. Je dédie ce travail à la personne qui m'a nourri et combattu pour moi, à la personne qui a illuminé mon chemin comme une lampe, à la personne dont je suis fier de porter le nom. Je souhaite que Dieu prolonge ta vie, et tes paroles resteront une étoile qui éclairera mon chemin aujourd'hui, demain et pour toujours...*

*Mon cher père.*

*A mon premier exemple et au sens de l'amour et du sacrifice, au sourire de ma vie et au secret de mon existence, dont les prières ont été le secret de ma réussite. A qui les nuits ont-elles veillé ? Qu'Allah la protège et lui accorde le pardon et le bien-être... Ma mère bien-aimée.*

*À mes chers frères et sœurs N-Y-I-A-S, la fondation de ma vie, À ma belle-sœur de soutien W, À mes amis qui m'ont soutenu dans mon cheminement F-M-S -À mes neveux et frères Rahmon, Nourî et Jourî*

**HASSNA**

# *Dédicaces*

Louange à Dieu, prières et paix sur l'élu. L'histoire s'est terminée et j'ai levé mon chapeau pour dire adieu aux années de mon parcours académique. Je dédie mon diplôme et le fruit de mon travail à la source de tendresse, ma mère Djamaila et mon cher père Ramedan, qui m'ont soutenu dans ma carrière et enlevé les épines de mon chemin pour paver le chemin de la connaissance. Que Dieu les protège et fasse d'eux une couronne sur ma tête. A mon frère La prunelle de mes yeux Sid Ahmed, et à mes sœurs, ce que j'ai de plus précieux, c'est Mira, Fatima Zahraa, Safaa et Hana. Et à ma grand-mère bien-aimée, qui n'a pas lésiné sur moi avec ses prières, que Dieu prolonge sa vie Et à mes tantes et oncles, que Dieu les protège Et à mes amis, Hassna, Shahrazad, Siham Safaa, Fatima Zahraa, Marwa, Fatima, Souad, Houda, Sabrina Nouriya et Kaltoum, que Dieu les bénisse.

*Mebaraka*

## ملخص

خميرة الخبز هو كائن حي دقيق له أهمية كبيرة علميا وفي التغذية. حاليا، يتم استخدام ركائز مختلفة لإنتاج هذا الكائن الدقيق حيث تركز دراستنا على إنتاج هذه الخميرة باستعمال وسط طبيعي (التمور المهملة) أو (الذرة). تابعنا نمو هذه الخميرة على هذه الأوساط باستخدام طريقة حساب خلايا Malassez. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الوسط الطبيعي للذرة مفضل مقارنة بوسط التمر. حيث تم تسجيل معايير النمو التالية على هذا الوسط زمن الجيل  $G = 2.13h$  ساعة ومعدل نمو  $\mu = 0.46 h^{-1}$  من ناحية أخرى، فإن قيم هذه المعايير التي تم الحصول عليها مع أنواع التمور المستخدمة تعد أقل أهمية وهي كما يلي:

دقلة بيضاء، (  $G = 4.89h$  ؛  $\mu = 0.20h^{-1}$  ) ، حمرايا ، (  $G = 4.94h$  ؛  $\mu = 0.20h^{-1}$  ) ، أزرجا ، (  $G = 5.79h$  ؛  $\mu = 0.17h^{-1}$  ) و غرس ، (  $G = 5.94h$  ؛  $\mu = 0.16 h^{-1}$  )

الكلمات المفتاحية: خميرة الخميرة ، عصير التمر ، عصير الذرة ، زراعة

## Résumé

*Saccharomyces cerevisiae* est un microorganisme d'une grande importance en science et dans l'alimentation. Actuellement, divers substrats sont utilisés pour la production de cet organisme microscopique.

Notre étude est axée sur la production de cette levure à partir de milieux naturels tels que les jus de dattes rejetées ou le maïs. Nous avons suivi la croissance de cette levure sur ces milieux en utilisant la cellule de Malassez. Les résultats obtenus ont montré que l'environnement naturel du maïs est favorisé par rapport au milieu des dattes. En effet, la croissance de *Saccharomyces cerevisiae* sur ce milieu a atteint un temps de génération  $G=2,13h$  et un taux de croissance  $\mu=0,46h^{-1}$ . En revanche, les valeurs de ces paramètres de croissance obtenues avec les variétés de dattes utilisées sont moins importantes et se présentent comme suit :

(Degla beida,  $G=4,89h$  ;  $\mu=0,20h^{-1}$ ), (Hamraya,  $G=4,94h$  ;  $\mu=0,20h^{-1}$ ), (Azerza,  $G=5,79h$  ;  $\mu=0,17h^{-1}$ ) et (Ghars,  $G=5,94h$  ;  $\mu=0,16h^{-1}$ ).

Mots-clés : *Saccharomyces cerevisiae*, jus de dattes, jus de maïs, culture.

## Abstract

*Saccharomyces cerevisiae* is a microorganism of great importance in science and in food. Currently, various substrates are used for the production of this microscopic organism.

Our study focuses on the production of this yeast from natural media such as discarded date juice or corn. We followed the growth of this yeast on these media using the Malassez cell. The results obtained showed that the natural environment of corn is favored compared to the environment of dates. Indeed, the growth of *Saccharomyces cerevisiae* on this medium reached a generation time  $G=2.13\text{h}$  and a growth rate  $\mu=0.46\text{h}^{-1}$ . On the other hand, the values of these growth parameters obtained with the varieties of dates used are less important and are as follows:

(Degla beida,  $G=4.89\text{h}$ ;  $\mu=0.20\text{h}^{-1}$ ), (Hamraya,  $G=4.94\text{h}$ ;  $\mu=0.20\text{h}^{-1}$ ), (Azerza,  $G=5.79\text{h}$ ;  $\mu=0.17\text{h}^{-1}$ ) and (Ghars,  $G=5.94\text{h}$ ;  $\mu=0.16\text{h}^{-1}$ ).

**Keywords:** *saccharomyces cerevisiae*, date juice, corn juice, yeast

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Morphologie de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	4
<b>Figure 2:</b> Schéma de la glycolyse (A) et du cycle de Krebs (B) .....	5
<b>Figure 3:</b> Utilisation du glucose par <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sous condition anaérobies (fermentation) .....	6
<b>Figure 4:</b> le cycle biologique de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	7
<b>Figure 5:</b> modes de bourgeonnement de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	8
<b>Figure 6:</b> coupe longitudinale d'une date .....	13
<b>Figure 7 :</b> <i>Zea mays</i> L. Fleur femelle et male de Maïs .....	18
<b>Figure 8 :</b> partie d'une graine de maïs .....	18
<b>Figure 9:</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	22
<b>Figure 10 :</b> préparation de jus de datte .....	22
<b>Figure 11 :</b> Etapes de la culture de levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu solide de jus de datte .....	23
<b>Figure 12 :</b> Pré culture de <i>S. cerevisiae</i> sur milieu liquide de la variété d'azerza.....	24
<b>Figure 13 :</b> les étapes de cinétique de <i>saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu liquide .....	25
<b>Figure 14 :</b> cellule de Malassez .....	26
<b>Figure 15 :</b> schéma représente le quadrillage de la cellule de Malassez. ....	26
<b>Figure 16 :</b> exemple de levures sur un quadrillage de cellule de numération de cellule de Malassez .....	27
<b>Figure 17 :</b> Préparation de l'échantillon et lyophilisation .....	29
<b>Figure 18 :</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu YPD.....	30
<b>Figure 19 :</b> Croissance de <i>S. cerevisiae</i> sur les différentes dilutions solides de Hamraya.....	31
<b>Figure 20 :</b> Croissance de <i>S. cerevisiae</i> sur les les différentes dilutions solides d'azerza .....	32
<b>Figure 21 :</b> Croissance de <i>S. cerevisiae</i> sur les différentes dilutions solides de ghars immature .....	32
<b>Figure 22 :</b> Croissance de <i>S. cerevisiae</i> sur les différentes dilutions solides de Degla-Beida .....	33
<b>Figure 23:</b> Courbe de la croissance de levure dans le milieu d'azerza pendant 3 jours.....	34
<b>Figure 24 :</b> Courbe de la croissance de levure dans le milieu de déglà beida pendant 3 jours .....	34
<b>Figure 25 :</b> Courbe de la croissance de levure dans le milieu de ghars pendant 3 jours.....	35
<b>Figure 26 :</b> Courbe de la croissance de levure dans le milieu de hamraya pendant 3 jours ....	35
<b>Figure 27 :</b> Courbe de la croissance de levure dans le milieu de maïs pendant 72 heures.....	36
<b>Figure 28 :</b> Observation microscopique des cellules de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dans le milieu ghars (déchet) sous microscope en utilisant la cellule de Malassez. ....	38
<b>Figure 29 :</b> Colonies de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu YPD à partir de la culture sur milieu de ghars (déchet) .....	40
<b>Figure 30 :</b> Courbe des valeurs du pH de jus de dattes et jus de maïs .....	41
<b>Figure 31 :</b> Datte à moindre valeur marchand de azerza.....	52
<b>Figure 32 :</b> Datte à moindre valeur marchand utilisée hamraya.....	52
<b>Figure 33 :</b> Datte à moindre valeur marchand utilisée ghars immature .....	53



<b>Figure 34</b> : Datte à moindre valeur marchand utilisée de gla beida .....	53
<b>Figure 35</b> :appareil de lyophilisation.....	54
<b>Figure 36</b> : compteur de colonies .....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Sources et fonctions des éléments nutritionnels essentiels à la croissance de <i>S. cerevisiae</i> .....	10
<b>Tableau 2</b> : les principales applications de <i>S. cerevisiae</i> .....	12
<b>Tableau 3</b> : la teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes .....	13
<b>Tableau 4</b> : Teneur en sels minéraux pour 100g des dattes dénoyautées .....	14
<b>Tableau 5</b> : composition vitaminique des dattes .....	15
<b>Tableau 6</b> : Composition chimique des principales parties des grains de maïs .....	19
<b>Tableau 7</b> : Teneur en matières minérales du maïs .....	19
<b>Tableau 8</b> : Matériel utilisé .....	21
<b>Tableau 9</b> : Croissance de <i>S. cerevisiae</i> sur les milieux solides de jus de dattes .....	30
<b>Tableau 10</b> : Dénombrement des cellules de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu solide....	39

## Liste des abréviations

**°C** : Celsius

**µl** : microlite

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de Carbone

**D0** : solution mère

**D1** : dilution (80%D0 + 20 % eau)

**D2** : dilution (60 % D0 + 40 % eau)

**D3** : dilution (40 % D0+ 60 % eau)

**D4** : dilution (20 % DO + 80 % eau)

**FD** : facteur de dilution

**h** : heur

**IND**: indenumerable

**L**: Litre

**ml**: milliliter

**pH**: potential hydrogen

**rpm**: rotation per minute

***S. cerevisiae*** : *Saccharomyces cerevisiae*

**UFC** : Unité Formant Colonie

**YPD** : Yeast Peptone Dextrose

# SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction .....	1


## Etude bibliographique

I. Généralités sur <i>Saccharomyces cerevisiae</i> : .....	3
1. Définition : .....	3
2. Morphologie : .....	3
3. Taxonomie : .....	4
4. Métabolisme : .....	4
4.1. Milieu aérobie : .....	4
4.2. Milieu anaérobie : .....	5
5. Origine des différentes souches différentes de la levure : .....	6
6. Reproduction de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> : .....	7
6.1. Cycle de vie : .....	7
6.1.1. Reproduction asexuée (végétative) : .....	7
6.1.2. Reproduction sexuée : .....	8
6.2. Phases de croissance cellulaire : .....	9
7. Condition de culture : .....	9
7.1. Des besoins nutritionnels : .....	9
7.1.1. Azote .....	9
7.1.2. Phosphore : .....	9
7.1.3. Magnésium : .....	9
7.1.4. Soufre : .....	9
7.1.5. Potassium : .....	9
7.1.6. L'eau.....	9
7.1.7. Vitamines (Facteurs de croissance) : .....	10
7.2. Besoins physico-chimiques : .....	10
7.2.1. Température : .....	10

7.2.2. pH :	10
7.2.3. Aération :	11
7.2.4. Pression osmotique :	11
8. Importance de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dans le domaine industrie alimentaire :	11
8. 1. Fabrication de pates levées et pain :	11
8.2. Fabrication de boissons alcoolisées :	11
8.3. Production de probiotique :	11
8.4. Fabrication d'éthanol :	12
II. Description de la datte	12
1.Aspect botanique :	12
2. Composition biochimique de la partie comestible	13
2.1. Eau :	13
2.2. Sucres :	13
2.3. Les fibres	14
2.4. Protéines	14
2.5. Les acides gras :	14
2.6. Les minéraux :	14
2.7. Vitamines :	15
3. Composition biochimique de la partie non comestible :	15
4. Jus des dattes :	15
4.1. Utilisation du jus de dattes :	16
4.1.1. Production de P.O.U (Protéines d'Organismes Unicellulaires) :	16
4.1.2. Production d'oxytétracycline:	16
4.1.3. Production d'acide citrique :	16
4.1.4. Production d'alcool :	16
4.1.5. Production de vitamine B12	16
5. Généralités sur le maïs	17
5.1. Origine Le maïs :	17
5.2. Taxonomie.....	17
5.3. Morphologie du maïs :	17
5.4.Compositions du grain de maïs :	18
5 .4.1. Composition chimique :	18
5.4.2. Sels minéraux	19

5.4.3. Vitamines : .....	19
5.6. Exigences de maïs : .....	20
5.6.1. Sol.....	20
5.6.2. Température : .....	20
5.6.3. Lumière .....	20
5.7. Utilisation du maïs .....	20
1. Matériel : .....	21
1.1. Matériel du laboratoire .....	21
2. Méthodes : .....	21
2.1. Revivification de colonies de la levure sur milieu solide YPD : .....	21
2.2. Préparation du jus de dattes.....	22
2.2.1. Culture de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu solide : .....	23
2.2.1.1. Préparation de jus de maïs : .....	23
2.2.2.1. Préparation des pré-cultures : .....	24
2.2.2.2. Préparation de la culture : .....	24
2.3. Les méthodes de mesure de la croissance .....	25
2.3.1. La cellule de Malassez : .....	25
2.3.1.1. Détermination du nombre de grands rectangles à dénombrer : .....	26
2.3.1.2. Les cellules à dénombrer : .....	26
2.3.1.3. Calcul sur une cellule de numération : .....	27
2.3.1.4. Préparation d'une cellule de numération : .....	27
2.3.2. Dénombrement de cellules de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la surface du milieu solide YPD : .....	28
2.4. Mesure le pH : .....	28
2.5. Lyophilisation des cellules de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	28
2.5.2. Préparation de l'échantillon pour lyophilisation : .....	28
2.5.3. Revivification des cellules après lyophilisation.....	29
1. Résultat : .....	30
1.1. Isolement de colonies de la levure sur milieu solide YPD : .....	30
1.2. Culture de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu solide : .....	30
1.3. La cinétique de croissance de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu liquide : .....	33
1.3.1 Dénombrement des cellules : .....	33

1.3.2. Dénombrement des colonies de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en surface de milieu YPD : .....	38
1.4. Estimation de la variation du pH : .....	41
2. Discussion : .....	42
Conclusion : .....	43
Références : .....	45
Annexes.....	51



***Introduction  
générale***



Le pain est l'aliment de base de nombreuses sociétés. Il apporte le tiers des calories dont l'homme a besoin, sa préparation met en œuvre des actions mécaniques, fermentaires et thermiques dans un ordre bien précis (**Benlemmane, 2012**). La consommation de pain a nettement augmenté en Algérie, précisant que, d'après les statistiques du FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), en collaboration avec la Fédération mondiale des boulangers, les Algériens consomment 48 600 000 pains chaque jour, occupant de ce fait, le premier rang des consommateurs de pain dans le monde. Ils optent pour le pain blanc plutôt que pour du pain à grains entiers (**Fedala et al., 2015**).

La levure de boulanger, telle que la levure *Saccharomyces cerevisiae*, est l'agent levant typique utilisé dans la fabrication du pain. C'est un organisme unicellulaire qui se multiplie par bourgeonnement. La levure est commercialisée soit sous forme fraîche et comprimée, soit sous forme sèche. En boulangerie, les levures sont incorporées à des doses de l'ordre de 2% du poids (pour une levure fraîche) de la farine. La fermentation se déroule en condition anaérobie ; les cellules de levures consomment le glucose libéré par l'amidon et produisent du gaz carbonique et de l'éthanol, qui provoquent l'expansion de la pâte au cours de la fermentation et du début de la cuisson. Lors de la cuisson, les levures continuent à fermenter jusqu'à leur inactivation thermique (**Feillet, 2000**). L'activité de la levure de boulangerie est essentielle non seulement pour l'action levant de la pâte par la production de CO<sub>2</sub>, mais également pour la production d'une vaste gamme de composés aromatiques identifiés dans le pain (**Birch, 2013**).

L'Algérie importe la levure "*Saccharomyces cerevisiae*" pour répondre aux besoins croissants de la population en pain (**Boughnou, 1988**). Là où les boulangers en souffraient à cause de ses prix élevés sur les marchés, nous avons donc essayé de chercher une manière moins coûteuse pour la production de cette levure en exploitant des dattes à faible valeur marchande, car elles contiennent tous les nutriments nécessaires à sa croissance.

La palmeraie algérienne est une pierre angulaire de l'écosystème oasien en raison de son importance pour la production. Malheureusement, la croissance du taux de production global des palmiers dattiers est souvent limitée par les importantes pertes de fruits qui se produisent pendant les processus de récolte, de stockage, de commercialisation et de transformation (**Mouffok, 2018**). Il s'agit de déchets générés par l'industrie du conditionnement des palmiers et des dattes. Ce sont des dattes de cession et des dattes souches difficiles à écouler sur le marché. Selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture, la production nationale a en effet atteint 387 313 tonnes en 1998, dont 116 000 tonnes de déchets valorisables et transformables (**Bessah et Touzi, 2001**).

Le travail que nous avons entamé répondait aux demandes de certains propriétaires des boulangeries de la région qui se plaignaient du cout élevé de la levure de panification *Saccharomyces cerevisiae* sur le marché. Notre objectif est de trouver une solution pour produire cette levure avec des méthodes moins couteuses. Il porte sur la possibilité de cultiver la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur des jus de dattes à moindre valeur marchande en vue de leur utilisation comme source de production de cette levure.



***Etude  
bibliographique***

## I. Généralités sur *Saccharomyces cerevisiae* :

La levure est indispensable pour faire de la bière et du pain depuis 13 000-14 000 av. J.-C (Iiu *et al.*, 2018; Arranz-Otaegui *et al.*, 2018 ). Au 19ème siècle, Louis Pasteur a été le premier scientifique à prouver sans compromis et avec autorité qu'un "germe" vivant spécifique et défini était à l'origine de la fermentation du moût de raisin. Il a démontré le rôle vital de la levure dans le processus de fermentation. Là, il joue un rôle dans la conversion des sucres des céréales en éthanol et en CO<sub>2</sub> (Maicas, 2020).

En 1883, Emil Christian Hansen isole la première souche de *Saccharomyces pastorianus*, cette levure responsable du brassage de la bière à la brasserie Carlsberg (Glamann et Glamann, 2009). Peu de temps après, *Saccharomyces cerevisiae* a également été isolée et est rapidement devenue la levure la plus utilisée dans la production de bière ainsi qu'un modèle majeur pour la génétique et la biologie cellulaire (Vanderwaeren *et al.*, 2022)

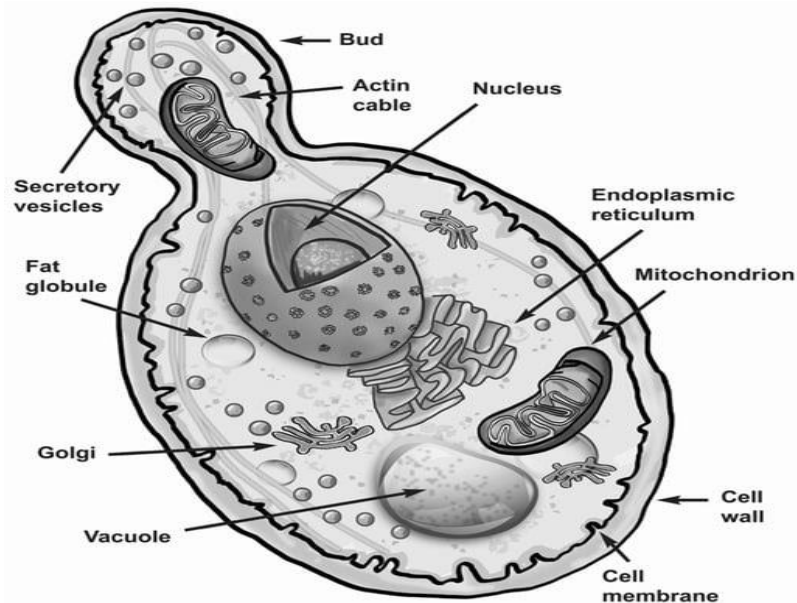
### 1. Définition :

Du mot saccharose signifiant sucre, myces signifiant champignon, et *cerevisiae* signifiant "cervoise ", nom autrefois utilisé pour la bière.

Ainsi, c'est un terme utilisé pour désigner les petits champignons microscopiques qui composent les différentes espèces de levures utilisées pour la fermentation (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1985). Les levures sont des eucaryotes hétérotrophes appartenant au groupe des champignons, caractérisés par un caractère unicellulaire et l'absence d'un véritable mycélium (au moins pour la plupart des cycles biologiques) (Guiraud, 1998). Cependant, ses propriétés microbiennes lui permettent de se développer en tant que procaryote. En raison de son petit génome, de son temps de doublement relativement court et de son analyse génétique, *S. cerevisiae* a été utilisé comme outil de recherche dans de nombreuses avancées en biologie moléculaire. L'organisme a également d'importantes utilisations industrielles dans la bière, le pain, le vin et la production de peptides et de protéines recombinants (Becker *et al.*, 1996).

### 2. Morphologie :

Les levures sont des champignons unicellulaires de forme ovoïde ou allongée (Noui, 2001) de taille variable (3-10µm, 4-14µm). Certaines cellules sont cylindriques et de grande taille (jusqu'à 20µm de long ou plus) (Goffeau *et al.*, 1996), Il ressemble aux caractéristiques ultrastructurales des cellules eucaryotes ultrasupérieures. (paroi cellulaire, noyau, mitochondries, réticulum endoplasmique (RE), appareil de Golgi, vacuoles, micro-organismes, vésicules de sécrétion, réseaux complexes de membranes extracellulaires et intracellulaires) (Noui, 2001)(Fig. 1).



**Figure 1:** Morphologie de *Saccharomyces cerevisiae* (Walker et Stewart, 2016)

### 3. Taxonomie :

La classification de la levure *S.cerevisiae* selon **Bacha (2008)** est la suivante :

<b>Règne</b>	Champignons
<b>Classe</b>	Ascomycètes
<b>Sous Classe</b>	Hémi-ascomycètes
<b>Ordre</b>	Endomycétales
<b>Famille</b>	Saccharomycetaceae
<b>Sous famille :</b>	Saccharomycetoideae
<b>Genre</b>	<i>Saccharomyces</i>
<b>Espèce</b>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> .

### 4. Métabolisme :

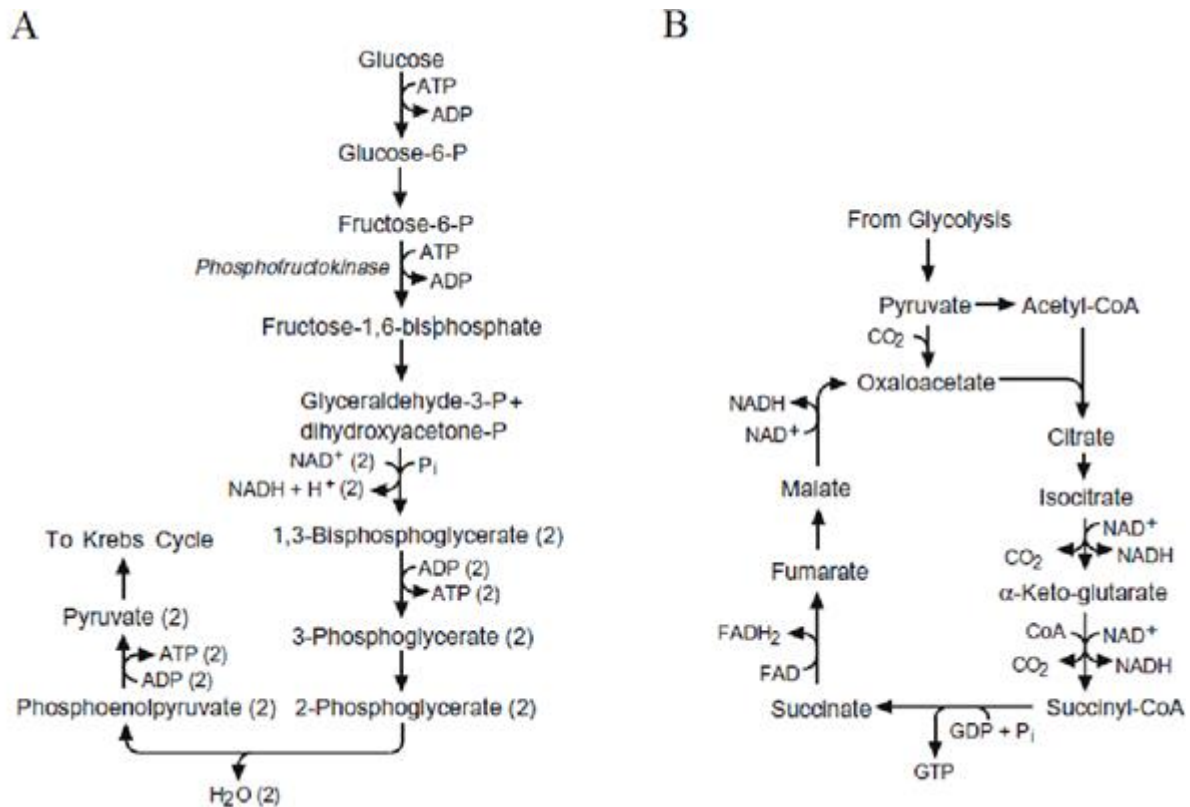
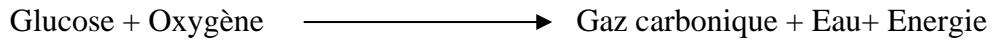
*Saccharomyces cerevisiae* utilise le glucose comme principale source d'énergie. Sa dégradation se produit par glycolyse, conduisant à la formation de pyruvate et à la libération d'ATP et de NADH. Les enzymes les plus importantes sont la phosphofructokinase et la pyruvate kinase. Le pyruvate est au cœur du métabolisme commun des levures (**Lei et al., 2001**).

#### 4.1. Milieu aérobie :

Lorsque la levure est en présence d'air, elle bourgeonne et se multiplie grâce au métabolisme oxydatif. Ce métabolisme est l'un des processus métaboliques les plus énergétiques avec des rendements cellulaires très élevés (**Sanchez, 2008**).

Le métabolisme oxydatif (respiratoire) du glucose se produit par les voies de la glycolyse (Fig. 2A), du cycle de Krebs (Fig. 2B) et de la phosphorylation oxydative, entraînant

l'oxydation complète des molécules de sucre en eau et en dioxyde de carbone (**Van Uden et Fell, 1968**). Elle extrait ainsi 40% de l'énergie contenue dans ce métabolite Grâce à cette énergie, elle réalisera ses travaux cellulaires. Selon plusieurs auteurs tels que (**Scriban, 1988; Guinet et Godon, 1994; Heslot et Vladescu, 1994; fennessy, 1997 ;Guiraud, 1998**) la réaction a été la suivante :



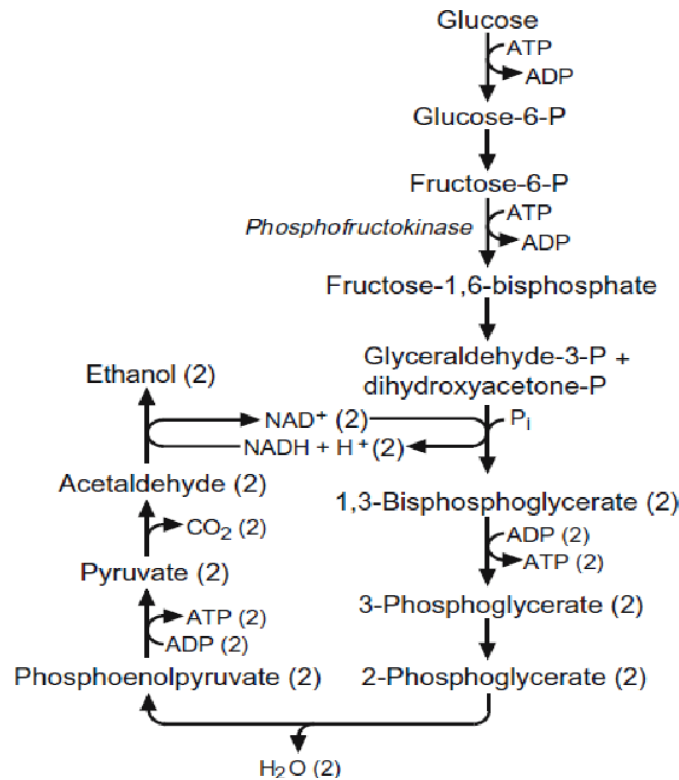
**Figure 2:** Schéma de la glycolyse (A) et du cycle de Krebs (B) (Fritsche, 1972)

Ainsi, plus de 13 fois plus d'ATP est formé à partir du métabolisme anaérobie (**Vladescu, 1994; fennessy, 1997**). De nombreuses enzymes mitochondriales sont impliquées dans la respiration. À son tour, le pyruvate est converti en acétyl coenzyme A en présence d'oxygène et peut entrer dans le cycle d'hydrolyse des acides carboxyliques (cycle de Krebs) (**Guinet et Godon, 1994**).

#### 4.2. Milieu anaérobie :

En l'absence d'oxygène, les levures utilisent des sucres pour générer l'énergie dont elles ont besoin pour survivre. Pasteur définit ce processus métabolique comme la fermentation. le sucre se transforme en dioxyde de carbone et en alcool (**Leyral et Vierling, 2007**). L'oxydation du glucose est incomplète on parle de fermentation ou de vie sans air (**Regnault, 1990**). Selon **Scriban (1988); Guinet et Godon (1994); Heslot et Vladescu (1994); Guiraud (1998)**, la réaction est la suivante (Fig.3):

Glucose  $\longrightarrow$  Gaz carbonique + Alcool + Energie.



**Figure 3:** Utilisation du glucose par *Saccharomyces cerevisiae* sous condition anaérobies (fermentation) (Fritsche, 1972).

Ce métabolisme se caractérise généralement par un ensemble de réactions qui se produisent en l'absence d'oxygène comme accepteur final d'électrons, elle implique la dégradation des glucides en pyruvate, qui comprend 30 à 65 % des protéines cellulaires qui forment les enzymes (Guinet et Godon, 1994; Tchango Tchango, 1996).

Dans des conditions anaérobies, le cycle de Krebs n'est pas entièrement fonctionnel, car l'activité succinate déshydrogénase nécessite la présence d'une coenzyme respiratoire stricte ; FAD (Furukawa et Kimura, 1971). Par contre, certaines enzymes du cycle de Krebs restent actives tout le temps (Camarasa et al., 2003). Cette partie active du cycle de Krebs (de l'oxaloacétate au succinate) produit du NADH qui sera réoxydé en formant du glycérol à partir de la dihydroxyacétone (Camarasa et al., 2003).

## 5. Origine des différentes souches différentes de la levure :

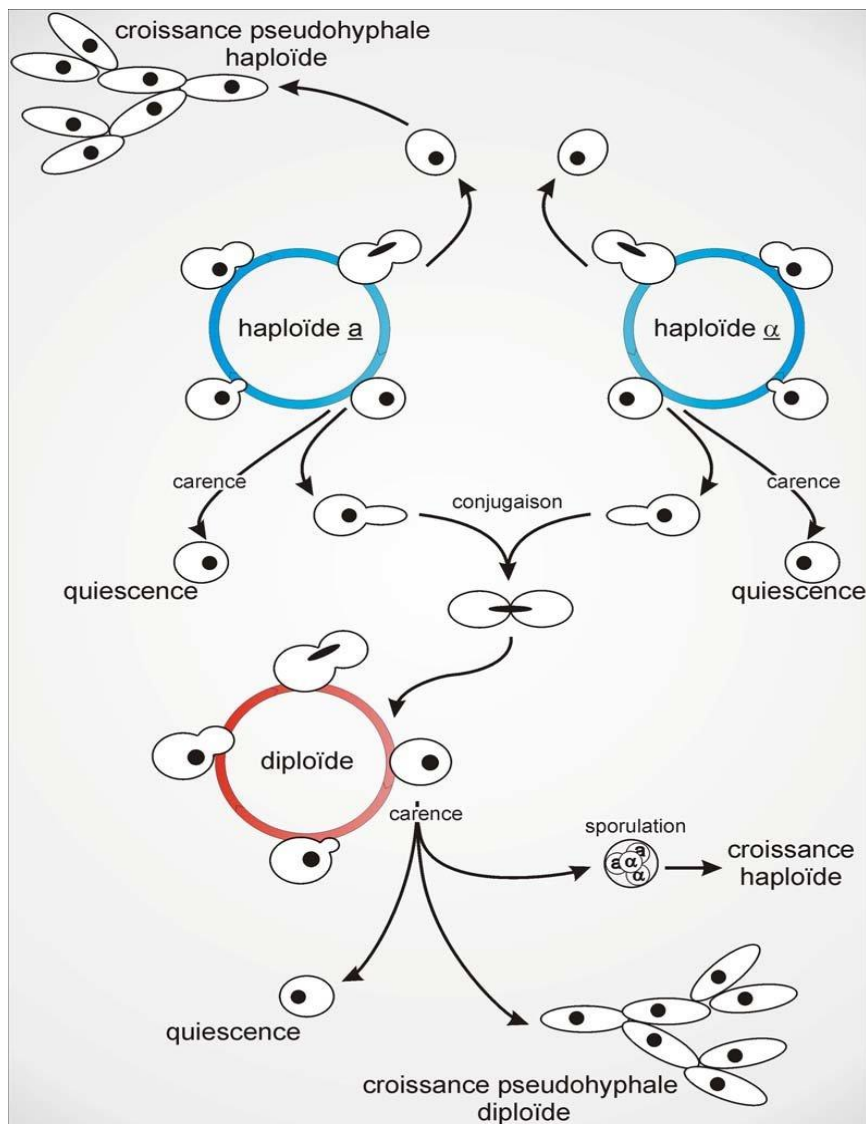
D'autres niches naturelles bien connues dominées par *S. cerevisiae* sont les feuilles et les tiges de diverses espèces végétales telles que le chêne (Mortimer et Polsinelli, 1999), les fruits (raisins), la sève des arbres, etc., et présentent des propriétés physiologiques différentes (Dunn et al., 2012). Leur capacité à s'adapter aux diverses circonstances environnementales est démontrée par leur diversité. La grande diversité génétique associée à l'origine et aux sources

géographiques explique ces différences (Jespersen, 2003; Fay et Benavides, 2005 ; Townsend *et al.*, 2006).

## 6. Reproduction de *Saccharomyces cerevisiae* :

### 6.1. Cycle de vie :

En ce qui concerne les levures, en particulier *S. cerevisiae*, le cycle de vie est appelé haplo-diplobiontique : ce terme désigne la capacité de cet organisme à croître à la fois en haploïde et en diploïde. La conjugaison permet le transit de l'état haploïde à l'état diploïde. La méiose, en revanche, permet la transformation de deux copies de chaque chromosome en une seule copie (Guiffant, 2008) (Fig. 4).



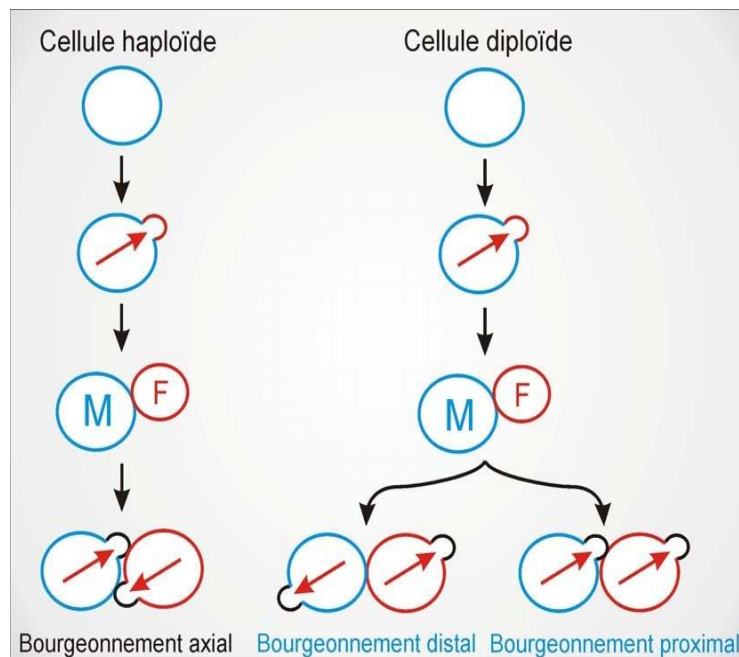
**Figure 4:** le cycle biologique de *Saccharomyces cerevisiae* (Guiffant, 2008).

#### 6.1.1. Reproduction asexuée (végétative) :

La croissance végétative de *S. cerevisiae* implique des cellules haploïdes et diploïdes, et c'est ainsi que les levures utilisées en laboratoire sont « cultivées ». Le concept de cycle



cellulaire découle de la reproduction végétative. En effet, après la succession des phases G1, S, G2 et M, *Saccharomyces cerevisiae* se divise par bourgeonnement, une cellule mère peut donner naissance à une cellule fille identique en termes de contenu chromosomique (Guiffant, 2008). La division de la cellule « mère » produit une nouvelle cellule. La cellule « mère » forme un bourgeon à sa surface lors de bourgeonnement. Le noyau de la cellule mère se divise (mitose). La cellule mère et le bourgeon commencent à former une paroi cellulaire. Lorsque la taille de la nouvelle cellule dépasse 2/3 de celle de sa mère, elle se divise dans deux cellules distinctes (Rupeš, 2002; Dickinson, 1998) (fig. 5).



**Figure 5:** modes de bourgeonnement de *Saccharomyces cerevisiae* (Guiffant, 2008)

### 6.1.2. Reproduction sexuée :

La conjugaison de deux cellules donne naissance à un zygote qui subit une méiose or les quatre noyaux haploïdes forment le cycle de reproduction sexuée. Quatre ascospores qui produisent ensuite des cellules haploïdes (Leveau et Bouix, 1993). Selon Mell et Burgess (2001) à l'état naturel, la levure vit principalement sous la forme diploïde et présente une croissance végétative. Cela lui permet de s'adapter aux changements de milieu et de mieux résister aux divers stress qui endommagent l'ADN. Il est plus résistant lorsqu'il a deux copies de chaque gène. Dans des situations de stress extrêmes, elle peut également s'orienter vers un état of quiescence ou encore vers une Croissance pseudohyphale qui lui permet d'explorer le milieu à la recherche de nutriments. Enfin, elle peut sporuler pour se protéger des agressions extérieures. Ensuite, dans des circonstances normales, la levure a la possibilité de se diviser

sous une forme haploïde or de se combiner avec une levure de type sexuel opposé pour revenir à une forme diploïde (Fig. 4).

## **6.2. Phases de croissance cellulaire :**

Il existe principalement quatre phases distinctes dans la croissance de la levure : la phase latence, la phase exponentielle, la phase stationnaire et la phase de déclin. En ajoutant deux phases : la phase d'accélération et la phase de ralentissement, elle peut être encore plus distincte. La phase exponentielle et la phase stationnaire sont les deux phases les plus importantes de la courbe de croissance pour les études fondamentales ou les applications industrielles. Les cellules se divisent rapidement pendant la phase exponentielle, et la vitesse de division et le taux de croissance dépendent de la qualité nutritionnelle du milieu. La croissance cellulaire ralentit ou même s'arrête lorsque les éléments nutritifs essentiels sont insuffisants. La levure contient more de tréhalose et de glycogène lorsque les cellules atteignent la phase stationnaire que dans les autres phases (**Kruckeber et al., 2004**). Les cellules de la phase stationnaire peuvent supporter une grande quantité de stress (**Werner-Washburne et al., 1993**).

## **7. Condition de culture :**

### **7.1. Des besoins nutritionnels :**

**7.1.1. Azote :** Les acides aminés, les peptides et d'autres sources d'azote peuvent être utilisés par la levure. L'azote sous forme d'ion ammonium est cependant plus facilement assimilable (**Jones et al., 1983**).

### **7.1.2. Phosphore :**

Il est principalement assimilé par l'ortho phosphate sous forme d'ion monovalent. Il est responsable du maintien de l'intégrité de la membrane et de la synthèse de lipides et d'hydrates de carbone (Winter, 1988).

### **7.1.3. Magnésium :**

Il est nécessaire pour que plus de cent enzymes de métabolisme fonctionnent correctement (Leveau et Bouix, 1993).

### **7.1.4. Soufre :**

60 % du soufre est inorganique libre et incorporé dans les protéines. Les saccharomyces peuvent également utiliser le thiosulfate et le sulfite (Leveau et Bouix, 1993).

### **7.1.5. Potassium :**

L'élément minéral le plus essentiel dans la levure est le potassium (Leveau et Bouix, 1993).

### **7.1.6. L'eau :**

Représente 75 % du poids total de la cellule. Elle doit être présente dans le milieu (**Leveau et Bouix, 1993**).

**Tableau 1** : Sources et fonctions des éléments nutritionnels essentiels à la croissance de *S. cerevisiae* (Salma, 2013)

Elément	Sources	Fonctions cellulaires
Carbone	Sucres simples, polysaccharides, acides	Elément structural en combinaison Avec O, H et N ; source d'énergie du Métabolisme
Oxygène	Air/O <sub>2</sub>	Oxydant de la chaine respiratoire, Synthèse des stérols
Hydrogène	Hydrates de carbones, protons de L'environnement acide, etc.	Régulation du pH intracellulaire, Force proton-motrice
Calcium	Sels de calcium	Transduction de signal
Cuivre	Sels de cuivres	Oxydant
Fer	Sels de fer	Cytochromes/protéines Fer Soufre
Zinc	Sels de zinc	Activité enzymatique

les éléments nutritionnels sont nécessaires à la croissance, et la prolifération des levures joue également un rôle dans l'activation de certaines réactions enzymes et dans la fabrication de certaines vitamines et coenzymes (Bourgeois *et al.*, 1996), Ils sont à la fois catalytiques et structurellement basiques (Cot, 2006).

#### 7.1.7. Vitamines (Facteurs de croissance) :

Pour garantir une bonne croissance et une meilleure activité de fermentation des levures, l'apport de vitamines est essentiel. Les principales exigences de *S. cerevisiae* concernent la thiamine (B1), la biotine (H) et la pyridoxine (B6) (Leveau et Bouix, 1993).

#### 7.2. Besoins physico-chimiques :

##### 7.2.1. Température :

Comme les autres microorganismes, la levure ne peut fonctionner que dans une plage de températures optimales comprise entre 25°C et 30°C, jusqu'à une température critique au-delà de laquelle elle ne peut survivre. La température ne reste généralement pas constante pendant la croissance (Reski-Bekki, 2014).

##### 7.2.2. pH :

*S. cerevisiae* a l'avantage de se développer dans des milieux acides, contrairement à la plupart des bactéries. Elle préfère un pH de 4-4,5 (Revuz, 1979).

### 7.2.3. Aération :

L'objectif de l'aération est d'une part de fournir l'oxygène nécessaire à la croissance des levures, et d'autre part, d'homogénéiser et de garantir que la substance nécessaire circule dans le fermenteur. Cependant, il est intéressant de garder à l'esprit que la levure de boulanger s'adapte à deux modes de vie différents, dans présence ou en absence d'oxygène (Noui, 2001).

### 7.2.4. Pression osmotique :

La levure "*Saccharomyces cerevisiae*" est une espèce osmophile qui peut se développer sur des milieux à forte concentration en sucre ou en sel (Larpen, 1991). Mais avec un métabolisme lent au contraire de certaines espèces (Noui, 2001).

## 8. Importance de *Saccharomyces cerevisiae* dans le domaine industrie alimentaire :

### 8. 1. Fabrication de pates levées et pain :

La farine, la levure ou le levain, le sel et l'eau constituent le pain. Le dégagement de bulles de gaz carbonique et la levée de la pâte à pain sont provoqués par l'activité chimique des levures. Le pain est acidifié par des bactéries lactiques telles que *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus*. Par conséquent, l'activité fermentaire de la levure influence la qualité du pain, y compris ses propriétés organoleptiques et son dégagement de CO<sub>2</sub> pendant le façonnage. Pour répondre à cette question, plusieurs types de levures et levains sont vendus pour faciliter et optimiser la production du pain. Les levures utilisées dans la fabrication de boulangeries comprennent la levure pressée, la levure émiettée, la levure liquide, la levure sèche active, la levure sèche instantanée et la levure à humidité intermédiaire surgelée (Nguyen, 2016).

### 8.2. Fabrication de boissons alcoolisées :

Le rôle, le plus ancien des levures est la fabrication de boissons alcoolisées (bière, vin, cidre) (Deak, 2007). La fermentation alcoolique, processus qui transforme le glucose en éthanol et en dioxyde de carbone, est la base de cette fabrication. La fabrication de l'alcool est un processus complexe dans lequel plusieurs microorganismes participent fréquemment. (Nguyen, 2016). Par conséquent, elles jouent un rôle important dans le processus de vinification et d'élaboration de la bière. *Saccharomyces cerevisiae*, également connu sous le nom de levure de bière, est l'espèce la plus fréquemment utilisée par les hommes (Hencke, 2000).

### 8.3. Production de probiotique :

Selon Nguyen (2016), Les probiotiques sont des levures sèches concentrées (*Saccharomyces cerevisiae*) utilisées en alimentation animale comme apports nutritifs bénéfiques : les levures libèrent des vitamines, des acides aminés et des peptides qui aident à

renforcer la protection de la flore intestinale, à normaliser le transit et à stimuler l'immunité intestinale, renforçant ainsi les défenses naturelles des animaux. Les probiotiques réduisent considérablement la perte de poids des animaux et augmentent le rendement de la production laitière. Augmenter considérablement le taux de croissance des surfaces, améliorer la qualité de la viande, etc.

*Saccharomyces cerevisiae* est également utilisé comme modèle de levure pour les études de base sur les eucaryotes. Les progrès dans les domaines génétique et biologique ont modifié les gènes de cette levure pour produire de nouvelles protéines et enzymes actives (Nguyen, 2016),

#### **8.4. Fabrication d'éthanol :**

L'alcool avec un fort indice d'octane est obtenu en fermentant du sucre ou de l'amidon non fermenté provenant de grains de brasserie or de malt. La fermentation des sucres est déclenchée par l'ajout de levure, qui produit l'éthanol, qui est ensuite séparé du mélange par distillation. L'éthanol a de nombreux avantages par rapport à l'essence, tels que la diminution des émissions d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone, ainsi qu'une réduction globale des émissions de gaz à effet de serre. L'utilisation de matières premières comme les céréales et les produits du bois garantit la durabilité de la production d'éthanol (Nguyen, 2016).

**Tableau 2 :** les principales applications de *S. cerevisiae* (Camonis, 1990)

<b>Produits de <i>S. cerevisiae</i></b>	<b>Applications</b>
Alcool et CO2	Fabrication du pain, du vin, de la bière
Ethanol	Solvant
Glycérol	Chimie des matières plastiques industrie Pharmaceutique
Protéines alimentaires (à partir des Mélasses et divers déchets alimentaires)	Alimentation de l'homme ou du bétail
Invertase	Confiserie

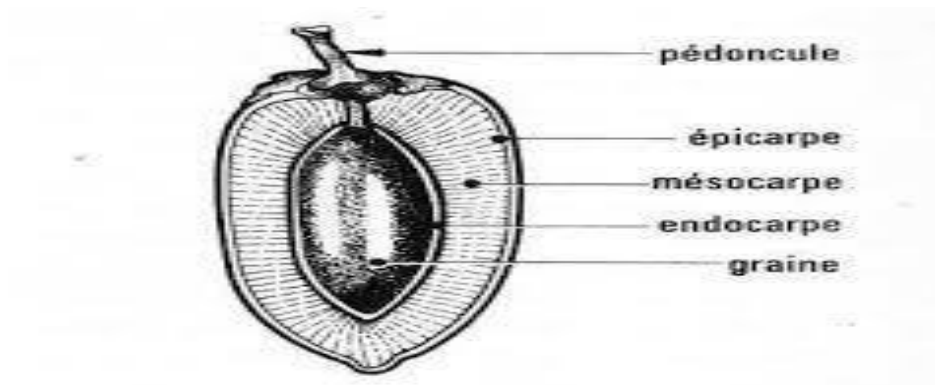
## **II. Description de la datte**

### **1.Aspect botanique :**

La datte est le fruit du palmier dattier, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de (Fig. 6) :

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue ;
- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (**Espiard, 2002**).

Les dimensions du palmier dattier sont très variables selon les variétés, 2-8 cm de long et 2-8 grammes de poids, et la couleur va du blanc jaunâtre au noir, avec des nuances plus ou moins foncées d'ambre, de rouge et de brun traverser (**Djerbi, 1994**).



**Figure 6:** coupe longitudinale d'une date (**Rouai et Zouzou, 2017**).

## 2. Composition biochimique de la partie comestible

### 2.1. Eau :

La teneur en eau est fonction du cultivar, du stade de maturité et du climat (**Matallah, 2004**). Selon **Booij et al. (1992)**, l'humidité chute du stade vert au stade de maturation. Les dattes ont généralement une teneur en humidité moyenne de 10 à 40 % de leur poids frais, ce qui en fait un aliment à humidité moyenne.

**Tableau 3 :** la teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (**Belguedj et al., 2008**)

Catégories	Variétés	Teneur en eau (%)
Dattes molles	Ghars	25.4
Dattes demi-molles	Deglet-Nour	22.6
Dattes sèches		13.7

### 2.2. Sucres :

Le principal composant des dattes est le sucre. L'analyse du sucre de palmier dattier a révélé essentiellement la présence de trois types de sucre : le saccharose, le glucose et le fructose (**Acourene et Tama, 1997**). Cela n'exclut pas l'existence d'autres sucres mineurs comme le galactose, le xylose et le sorbitol (**Siboukeur, 1997**). La teneur en sucres totaux est très variable

et varie selon les cultivars et le climat. Elle varie entre 60 et 80 % du poids de pulpe fraîche (Siboukeur, 1997).

### 2.3. Les fibres

La datte est riche en fibres, elle en apporte 8,1 à 12,7 % du poids sec (Al-Shahib *et al.*, 2003). Selon Benchabane (1996), les constituants pariétaux de la datte sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine.

### 2.4. Protéines

La pâte de dattes contient très peu de protéines. Les quotas varient selon la variété, en particulier selon la maturité, mais se situent généralement autour de 1,75 %. Poids de la pulpe. Il a également été démontré qu'il contient un pourcentage élevé de protéines. La pierre de datte est plus importante que la chair (Abou-Zeid *et al.*, 1991).

### 2.5. Les acides gras :

La chair des dattes contient très peu de matière grasse. Elle est concentrée dans la peau (2,5-7,5% MS) et a un rôle physiologique plutôt que nutritionnel. Ce rôle conduit à la protection du fruit (Barreveld, 1993).

### 2.6. Les minéraux :

Une étude de Acourene et Tama (2001) ont montré des dattes avec une teneur en cendres allant de 1,10 à 3,69% pour 58 cultivars de palmier dattier cultivés dans la zone de Ziban Les dattes sont l'un des fruits les plus riches en minéraux, principalement en potassium, magnésium, phosphore et calcium.

**Tableau 4 :** Teneur en sels minéraux pour 100g des dattes dénoyautées (Siboukeur, 1997)

Eléments minéraux	Teneur en mg
Potassium	649 -754
Chlore	268 -290
Calcium	58.3 -67.8
Phosphore	54.8 -63.8
Magnésium	50.3 -58.5
Soufre	43.8 -51.10
Sodium	4.1 -4.8
Fer	1.3 -2.0
Cuivre	0.18-0.2

## 2.7. Vitamines :

En général, les dattes ne sont pas une source importante de vitamines. La teneur en vitamines des dattes se caractérise par une quantité importante de vitamine groupe B (**oulad belkhir, 2016**).

**Tableau 5** : composition vitaminique des dattes ( **Tressol et al., 1995**)

Vitamines	Teneur moyenne de 100g
Vitamine (C)	2,00 mg
Thiamine (B1)	0,06 mg
Riboflavine (B2)	0,10 mg
Niacine (B3)	1,70 mg
B3Acide pantothénique (B5)	0,80 mg
Vitamine (B6)	0,15 mg
Folates (B9)	28,00 µg

## 3. Composition biochimique de la partie non comestible :

Le noyau présente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un album en blanc, dur et corné, protégé par une enveloppe cellulosique (**Espiard, 2002**). Selon **Djerbi (1994)**, les noyaux constituent un sous-produit intéressant. En effet, de ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge. Les données analytiques sur la composition chimique des dattes montrent qu'elles contiennent de multiples acides gras avec des proportions élevées d'acides oléique et laurique (**Devshony et al., 1992**).

## 4. Jus des dattes :

La production de jus de palmier dattier est connue depuis longtemps dans les pays du Moyen-Orient qui envisagent de transformer de grandes quantités de dattes de mauvaise qualité (**Chaira et al., 2009**). Pour la préparation du jus, la pulpe de palmier dattier est hachée, de l'eau est ajoutée (**Mahjoub et Jraidi, 1992**), et le mélange est incubé dans un bain-marie après un couple temps/température donné, Ensuite :

Une étape de filtration est suivie d'une clarification pour éliminer les déchets et les solides insolubles. Selon (**Espiard, 2002**), cela peut être estimé après 6 à 10 heures.

Diffusion de jus contenant environ 50% d'extrait sec soluble (selon variété) mesuré au réfractomètre. Le jus de dattes peut être utilisé dans de nombreux aliments, y compris les boissons gazeuses, le vinaigre et l'alcool (**Estanove, 1990**).



#### **4.1. Utilisation du jus de dattes :**

##### **4.1.1. Production de P.O.U (Protéines d'Organismes Unicellulaires) :**

**Bessah et Touzi (2001)** ont cherché à étudier le jus de palmier dattier comme substrat de fermentation pour la production de *Saccharomyces cerevisiae*. Les résultats obtenus montrent que le sucre du jus de palmier dattier production de protéines dans les organismes unicellulaires. Le travail a été réalisé par **Nancib et al. (1997)** ont montré que le jus de palmier dattier enrichi en hydrolysats et en cendre de roche de dattes est un milieu nutritif approprié pour la production de *Saccharomyces cerevisiae*.

##### **4.1.2. Production d'oxytétracycline:**

Différentes souches productrices d'oxytétracycline ont été utilisées dans des milieux à base de dattes. Les résultats obtenus ont montré que *Streptomyces rimosus* était le plus efficace (**Abou-Zeid et Khoja, 1993**).

##### **4.1.3. Production d'acide citrique :**

Le jus de dattes est un bon milieu pour la production d'acide citrique (**Siboukeur, 1997**), montrant que l'utilisation de jus de jujube non concentré peut augmenter le rendement d'Acide citrique d'*Aspergillus niger*. De même, **Abou-Zeid et Khoja (1993)**, ont montré que la concentration du jus de dattes avec l'hydrolysats de graines de dattes augmentait la production d'acide citrique chez *Yarrowia lipolytica* (**Al-Obaidi et Berry, 1979**) ont obtenu un rendement de 62% en utilisant un milieu à base de jus de dattes déionisé et une culture d'*Aspergillus niger*.

##### **4.1.4. Production d'alcool :**

La production d'éthanol à partir de jus de datte repose principalement sur l'utilisation de levure. **Kaidi et Touzi (2001)**, ont utilisé des cellules libres et immobilisées de *S. cerevisiae*. Ils ont utilisé deux souches de levure : *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces uvarum* pour produire de l'éthanol. Les meilleures performances ont été obtenues avec *Saccharomyces cerevisiae*.

##### **4.1.5. Production de vitamine B12**

Le jus de datte a été utilisé par *Streptomyces albidoflavus* et *Streptomyces antibioticus* comme source de carbone pour la production de vitamine B12. Les rendements obtenus sont similaires à ceux obtenus sur d'autres substrats comme la mélasse (**El-Akidi Hassen, 1982**).

## 5. Généralités sur le maïs

### 5.1. Origine Le maïs :

Le maïs aussi appelé blé d'Inde au Canada est une plante tropicale herbacée annuelle, largement cultivée comme céréale pour ses grains riches en amidon, mais aussi comme plante fourragère (Baubricourt & Hedin, 1988) Avant la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb, cette espèce, originaire d'Amérique centrale, était déjà l'aliment de base des Amérindiens (Oury, 2014).

C'est la culture la plus cruciale pour l'alimentation des humains, directement ou indirectement, après le blé et le riz. Il produit environ 500 millions de tonnes chaque année dans le monde. Les États-Unis sont les premiers pays producteurs avec plus de 45 % de cette production (Marchand *et al.*,1997)

### 5.2. Taxonomie

Le maïs, également connu sous le nom de *Zea mays ssp mays*, fait partie de la famille des Poaceae, tout comme le riz, le blé et la canne à sucre. Cette famille comprend environ 700 genres et 10 000 espèces qui se trouvent sur tous les continents et qui sont essentielles à l'alimentation humaine (Oury, 2014).

Selon Iltis & Doebley (1980) le maïs appartient à la classification suivante :

**Règne :** végétal

**Sous-Règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnolio

**Classe :** Liliopsidées

**Sous classe :** Commeliniadae

**Ordre :** cypérales,

**Famille :** Poacées,

**Sous-famille :** panicoidées,

**Tribu :** Maydeae

**Genre :** *Zea*

**Espèce :** *Zea mays*.

**Sous-espèce :** *Zea mays sub*

### 5.3. Morphologie du maïs :

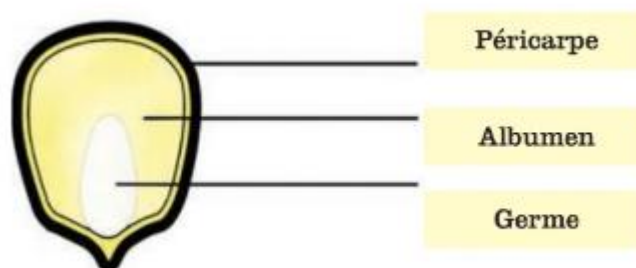
Le plant de maïs est une graminée annuelle haute, dressée et à tige solide. Les côtés opposés de la tige sont couverts alternativement de grandes feuilles étroites aux bords ondulés (Britannica, 2023)

Le maïs est une plante monoïque. Il présente deux variétés de fleurs : les fleurs mâles sont regroupées sur la panicule terminale ramifiée, tandis que les fleurs femelles sont attachées à un ou plusieurs épis dans l'aisselle des feuilles. Même si le maïs est autofertile, l'allogamie domine et atteint 95 % (Marchand *et al.*,1997)



**Figure 7 :** *Zea mays* L. Fleur femelle et male de Maïs (La Réunion mi-aime-a-ou)

#### 5.4.Compositions du grain de maïs :



**Figure 8 :** partie d'une graine de maïs (Hoopen, & Maïga,2012)

##### 5.4.1. Composition chimique :

Quelques composants chimiques des principales parties du grain de maïs et du grain entier sont résumés dans le tableau 1. Le grain entier est composé principalement d'amidon (64-78%, base sèche), de protéines (7-12%), de lipides (4-6%), de sucres (1,0-3,0%), de substances minérales (1,0-1,5%), de fibres (2,0-2,5%), et de vitamines (Watson, 1987).

Les sucres du grain de maïs proviennent en grande partie du germe mais ils sont également Fournis par les cellules de l'albumen et du péricarpe mais en faible quantité (Semassa *et al.*, 2016)

**Tableau 6** : Composition chimique des principales parties des grains de maïs (Hoopen, & Maïga, 2012)

Composant chimique	Péricarpe (%)	Albumen (%)	Germe (%)
Protéines	3.7	8.0	18.4
Extrait a l'éther	1.0	0.8	33.2
Fibres brutes	86.7	2.7	8.8
Cendres	0.8	0.3	10.5
Amidon	7.3	87.6	8.3
Sucre	0.34	0.62	10.8

#### 5.4.2. Sels minéraux

Le tableau 2 présente les teneurs en sels minéraux de maïs entier. Le germe est relativement riche en sels minéraux, avec une valeur moyenne de 11% contre moins de 1% dans l'albumen et le péricarpe. Le germe contient environ 80% des sels minéraux du grain entier probablement parce qu'ils sont essentiels pour la croissance rapide de l'embryon (Watson, 1987).

**Tableau 7** : Teneur en matières minérales du maïs (Semassa *et al.*, 2016)

Seles minéraux	Concentration (mg /100g)
Phosphate (P)	299,6± 57,8
Potassium (K)	324,8 ± 33,9
Calcium (Ca)	48,3 ± 12,3
Magnésium (Mg)	107,9 ± 9,4
Sodium (Na)	59,2 ± 4,1
Fer (Fe)	4,8 ± 1,9
Cuivre (Cu)	1,3 ± 0,2
Magnése (Mn)	1,0 ± 0,2
Zinc (zn)	4,6 ± 1,2

#### 5.4.3. Vitamines :

Le maïs contient à la fois des vitamines liposolubles telles que les vitamines A et E, ainsi que la majorité des vitamines hydrosolubles telles que la niacine, la thiamine, la pyridoxine, la riboflavine et l'acide pantothénique (Semassa *et al.*, 2016)

## **5.6. Exigences de maïs :**

### **5.6.1. Sol**

Le maïs est cultivé dans presque tous les types de sol, mais des efforts importants peuvent être nécessaires pour rendre la production réalisable. Le maïs pousse mieux avec un bon drainage et une bonne aération du sol (**Brewbaker, 2003**).

### **5.6.2. Température :**

Chaque baisse de température provoque la destruction du maïs nécessaire entre 18 et 25 ° C, donc la germination du maïs jaune nécessite une température inférieure (-10 ° C). Les températures supérieures à 30 ° C ont un impact négatif sur la pollinisation des fleurs de maïs (**Boukar, 2017**).

### **5.6.3. Lumière**

Le maïs et d'autres plantes tropicales au métabolisme C-4 sont considérés comme très efficaces pour récolter l'énergie solaire et la convertir en produits de croissance (**Brewbaker, 2003**).

## **5.7. Utilisation du maïs**

Le grain de maïs est utilisé dans l'alimentation humaine sous diverses formes (cuit, grillé, en salade, en soupe...). Il peut également être transformé pour produire une variété de produits, tels que des farines et des semoules de maïs. Il participe également à la nourriture des animaux (volailles, porcs, bovins) sous forme de grains, de provenderie ou de fourrage. Dans certaines industries (agroalimentaire, textile, pharmaceutique, etc.), il est également utilisé comme base pour la fabrication de plastiques biodégradables, de biocarburants et même d'alcool (**Hoopen, & Maïga, 2012**).



***Matériel et  
méthodes***

## 1. Matériel :

### 1.1. Matériel du laboratoire

Les appareils, les produits chimiques et petit matériel utilisés sont représentés dans le tableau

**Tableau 8** : Matériel utilisé

Appareils	Produits chimiques et biologie	Petit matériel
Autoclave, Etuve, Shaker pH mètre, Balance, Réfrigérateur, Congélateur, Vortex, Plaque chauffante, Incubateur, Lyophilisateur, Centrifugeuse	Glucose, Extrait de levure Extrait de malt, Agar, Peptone, HCl (0,1 N), NaOH (0,1 N), NaCl, Poudre de Lait écrémé, Ethanol, milieu YPD, maïs	Bec bunsen, Boites de Pétri Pipettes Pasteur, Eprouvette graduée, Entonnoir, Micro seringue, Flacons 250 ml, Flacons 500 ml, Erlenmeyers, Papiers Joseph, Bêchers, Cellule de Malassez, Eppendorfs, Micropipettes, Embouts bleus, Embouts jaunes.

## 2. Méthodes :

### 2.1. Revivification de colonies de la levure sur milieu solide YPD :

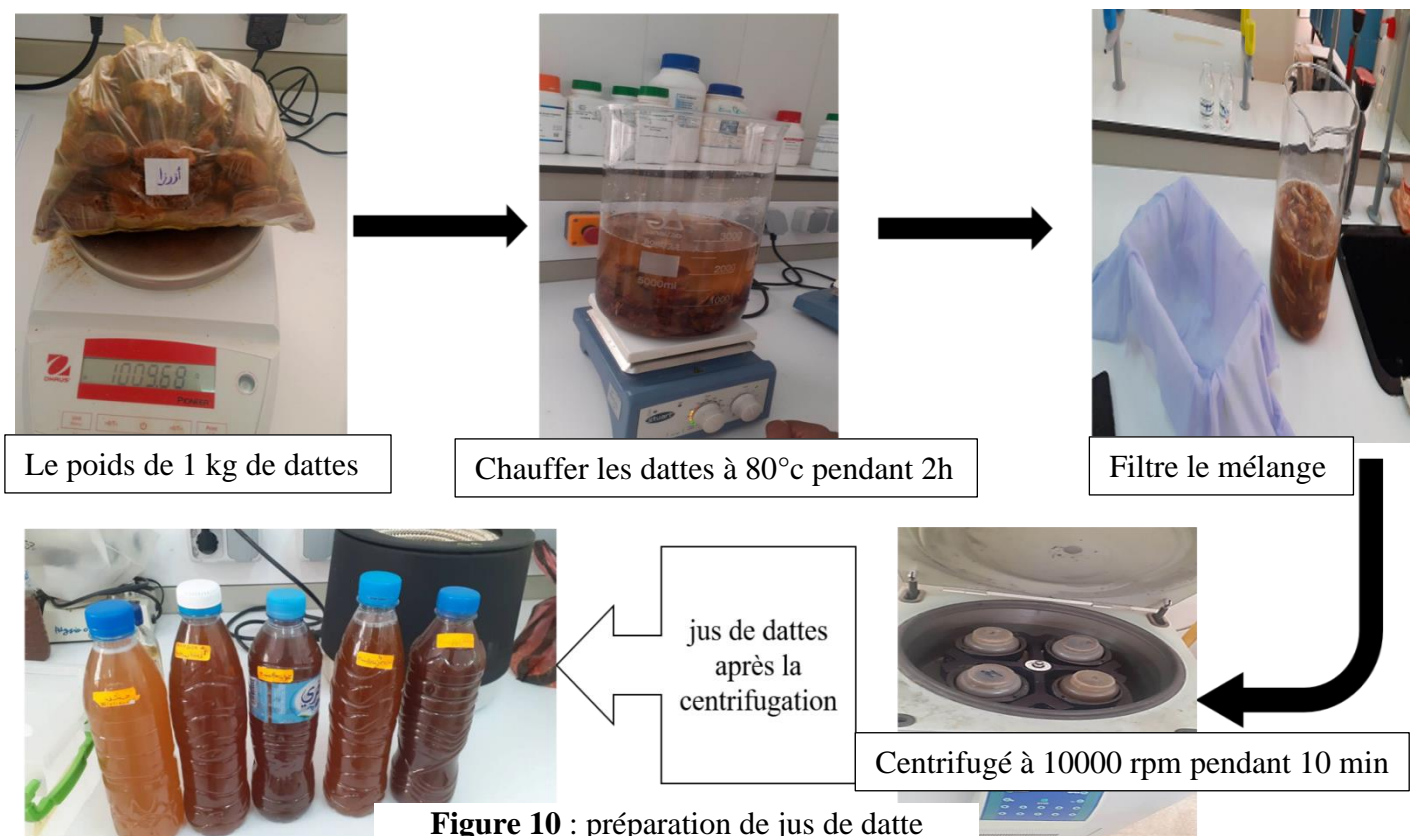
Une suspension de *S. cerevisiae* a préparée par mise en suspension de 0,5 g de la levure sèche commercialisée dans 50 ml d'eau distillée stérile (tiède) + sucre (glucose). Après, la suspension levurienne résultante est homogénéisée à l'aide d'un vortex. Une goutte est ensemencée à la surface de la gélose d'Yeast Peptone Dextrose (YPD) préparé avant. Les boites sont incubées pour 2 jour à 37°C



**Figure 9:** *Saccharomyces cerevisiae*

## 2.2. Préparation du jus de dattes

Une quantité de 1 kg de chaque variété des dattes et lavée puis dénoyautée. Ensuite, 2 litres d'eau est ajoutée à cette quantité et l'ensemble est chauffé à 80°C pendant 2 heures sur une plaque chauffante équipée d'un agitateur magnétique. Le mélange a été filtré à travers un tissu et le jus résultant a été centrifugé à 10000 rpm pendant 10 minutes. Le surnageant collecté a été utilisé comme solution mère (DO) pour préparer les dilutions suivantes : Jus de datte/eau distillée en ml : D1 (80/20), D2 (60/40), D3 (40/60) et D4 (20/80) pour chaque variété des dattes à savoir (Azerza -Hamraya- déchet de ghars- degla en poudre) (Fig. 10).

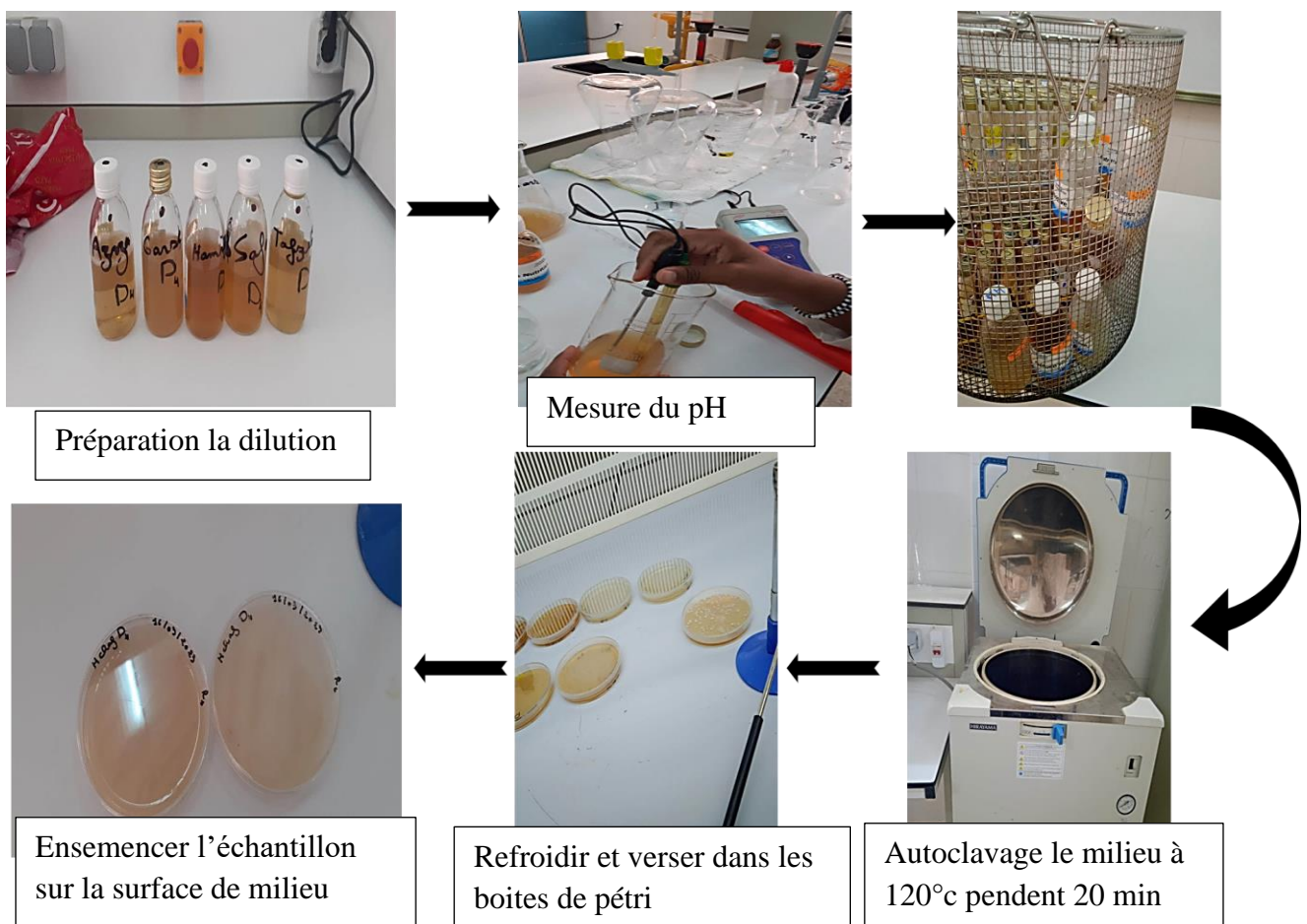


**Figure 10 :** préparation de jus de datte



### 2.2.1. Culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide :

Pour étudier la culture de la levure sur milieu solide de jus de dattes, un volume de 60 mL de chaque dilution (D1, D2, D3 et D4) des quatre variétés est ajusté pour le pH à 7, ensuite une quantité de 1,2 gramme d'agar agar a été ajoutée pour chaque volume puis le milieu est chauffé et homogénéisé à l'aide d'une plaque chauffante rotative. Après autoclavage et refroidissement (45 °C) le milieu de chaque dilution est versé dans deux boîtes de Petri pour faire deux essais d'ensemencement. À l'aide d'une anse de platine stérile, la levure préparée précédemment est ensemencée sur la surface du milieu solide de jus de datte et incubée à 37 °C pendant 3 jours (Fig. 9).



**Figure 11** : Etapes de la culture de levure *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide de jus de datte

#### 2.2.1.1. Préparation de jus de maïs :

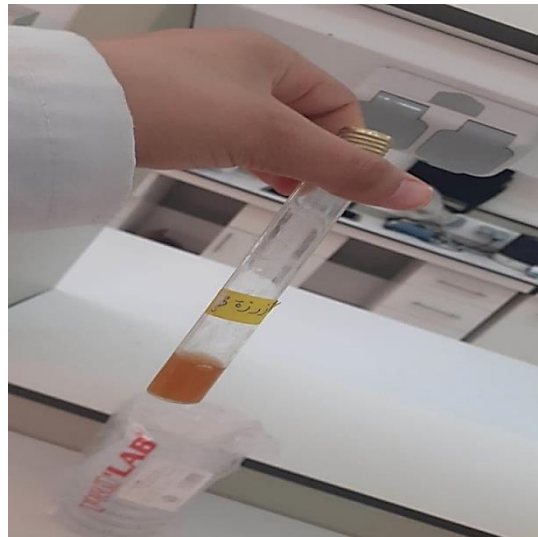
Après avoir lavé le maïs, nous ajoutons 1 litre d'eau à 100 mg de maïs. Le mélange est chauffé à 80°C pendant 2 heures à l'aide plaque chauffent sous agitation puis filtre le mélange à travers un tissu et l'utiliser en tant que solution mère

### 2.2.2. Culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu liquide

Pour la suite des travaux sur milieu liquide, nous avons choisi la dilution D4 pour chaque variété de dattes. Il est à noter que dans cette étude aussi nous avons choisi d'ajouter la culture de la levure sur le milieu de jus de maïs suite à des travaux effectués précédemment et qui ont montré que cette levure a une bonne croissance sur ce dernier (Tatsinkou Fossi *et al.*, 2009). Pour le jus de maïs, Nous avons choisi la dilution D2 en fonction de sa solution mère qui n'était pas concentré comme les dattes.

#### 2.2.2.1. Préparation des pré-cultures :

Des précultures sont préalablement préparées à partir de cultures pures de la souche *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide de jus de dattes. Les spores sont ainsi récupérées en surface et inoculées dans des tubes à essais contenant chacun 3 ml de milieu liquide (Fig. 10) pour les différents types de dattes (Azerza -Hamraya- déchet de ghars- degla en poudre) et jus de maïs. Les suspensions sont incubées au shaker à 37°C sous agitation à 150 rpm durant 48 heures.

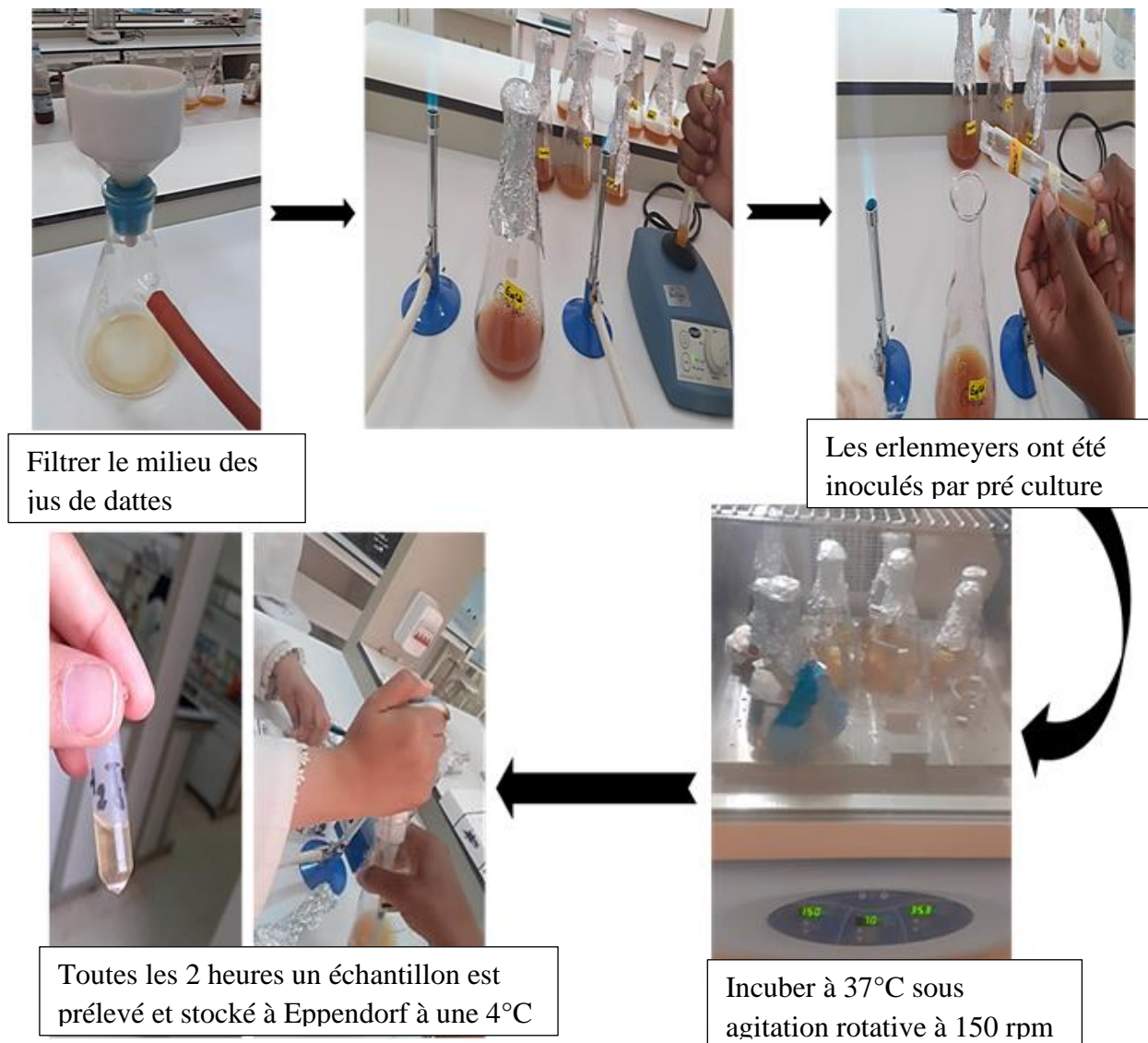


**Figure 12** : Pré culture de *S. cerevisiae* sur milieu liquide de la variété d'azerza

#### 2.2.2.2. Préparation de la culture :

La cinétique de croissance de *Saccharomyces cerevisiae* a été suivie pendant 72 heures. Elle a pour but de déterminer l'évolution du nombre des cellules chaque deux heures. Pour cela, 5 erlenmeyers de volume de 500mL contenant chacun 100 ml de l'un des 4 types des milieux de jus de dattes (Azerza -Hamraya- déchet de ghars- degla en poudre) et 1 erlenmeyer pour le jus de maïs, ont été préparés. Il est à noter que les milieux de dattes sont filtrés sous vide pour séparer les débris celluloses. Les erlenmeyers sontensemencés par les précultures

correspondantes à raison de 3% et incubés à 37°C sous agitation rotative à 150 rpm. Afin de mesurer la croissance et le pH, des prélèvements de (200 µl) chaque 2 heures sont effectués et stockés dans des Eppendorfs à basse température (4°C). Les méthodes utilisées pour mesurer la croissance sont la technique de numération par la cellule de Malassez et la technique de dilution et dénombrement.



**Figure 13** : les étapes de cinétique de *saccharomyces cerevisiae* sur milieu liquide

## 2.3. Les méthodes de mesure de la croissance

### 2.3.1. La cellule de Malassez :

La cellule de numération est une lame de microscope portant un quadrillage gravé qui facilite le comptage des cellules observées au microscope. La cellule la plus utilisée pour la numération des micro-organismes est celle de Malassez (Fig. 12).



Figure 14 : cellule de Malassez

### 2.3.1.1. Détermination du nombre de grands rectangles à dénombrer :

Selon la méthode 5 grands rectangles ont été choisis pour dénombrer le nombre de cellules et puis faire la moyenne. Le calcul du nombre de cellules est effectué pour 1 ml.

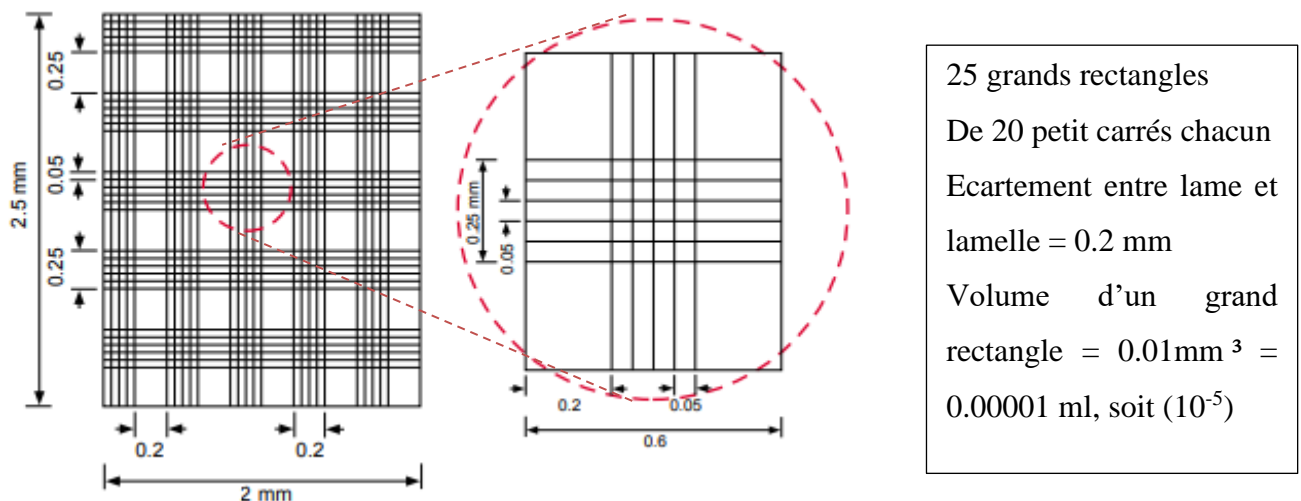
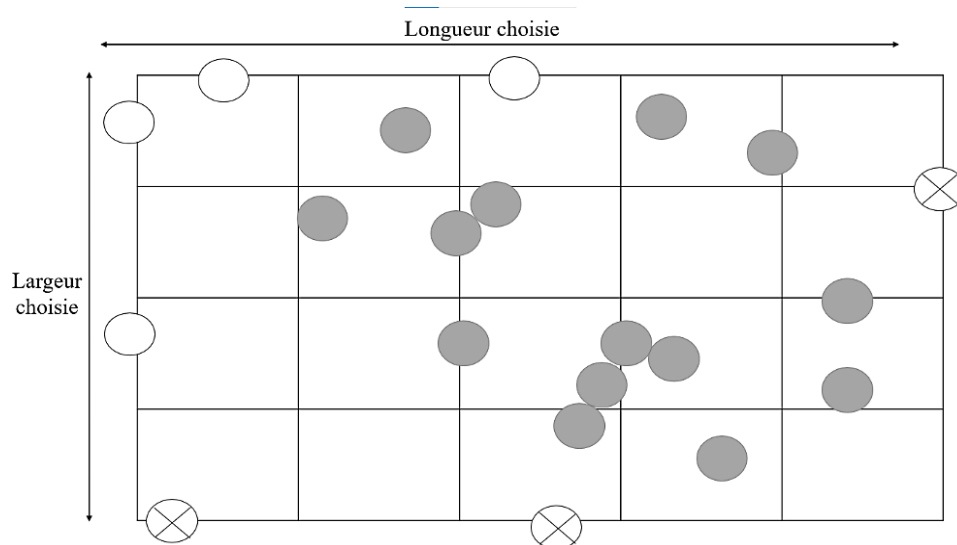


Figure 15 : schéma représente le quadrillage de la cellule de Malassez. (labomedico)

### 2.3.1.2. Les cellules à dénombrer :

- Toutes les cellules à l'intérieur du grand rectangle :
- Pour les cellules positionnées sur la limite du grand rectangle, on comptabilise les cellules d'une seule longueur et d'une seule largeur
- Soit au total pour le grand rectangle.



**Figure 16** : exemple de levures sur un quadrillage de cellule de numération de cellule de Malassez

### 2.3.1.3. Calcul sur une cellule de numération :

**Étape 1** : Calcul du nombre moyen des germes par grand rectangle (cellule de Malassez)

- Reprendre les résultats de chaque dénombrement réalisé (entre 5 à 10 rectangles)
- Réaliser la moyenne ( $n_{moyen}$ ) du nombre de germes par grand rectangle (cellule de Malassez)

$n_{moyen}$  = Somme des résultats de chaque comptage / Nombre de résultats

**Étape 2** : Calcul du nombre de germes par millilitre :

- Diviser le nombre de germes moyen (moyen) par le volume du grand rectangle

$$\text{Nombre de germes /ml d'échantillon dilué} = \frac{n_{moyen}}{\text{volume du grand rectangle en ml}}$$

- À ne pas oublier de multiplier le résultat précédent par le facteur de dilution (FD)

$$\begin{aligned} \text{Pour la cellule de Malassez : germes /ml} &= \frac{n_{moyen}}{10^{-5}} * \text{FD} \\ &= n_{moyen} * 10^5 * 5 \\ &= 5 * 10^5 * n_{moyen} \text{ germes/ml} \end{aligned}$$

Dans le cas d'une dilution de l'échantillon au 1/5, FD= 5

### 2.3.1.4. Préparation d'une cellule de numération :

A l'aide d'une micropipette, une goutte de 15  $\mu\text{L}$  a été prise à partir de chaque Eppendorf contenant la suspension cellulaire et déposée entre lamelle et cellule. La cellule est placée sous microscope (grossissement x40). Le dénombrement est effectué selon le protocole propre de la cellule. Des dilutions sont effectuées lorsque le dénombrement devient impossible.

### **2.3.2. Dénombrement de cellules de *Saccharomyces cerevisiae* sur la surface du milieu solide YPD :**

Des dilutions décimales dans de l'eau distillée stérile ont été faites à partir des suspensions cellulaires stockées à 4°C dans les Eppendorfs jusqu'à la dilution 1/100. Par la suite, un volume de 100 µL de chaque dilution est étalé sur le milieu solide YPD. Les boîtesensemencées sont incubées à 37°C durant 2 jours. Deux répétitions sont effectuées pour chacune des dilutions. Le dénombrement des colonies est effectué pour les deux boîtes et le nombre moyen est calculé en UFC par mL de suspension mère en multipliant par le facteur de dilution.

### **2.4. Mesure le pH :**

Des échantillons quotidiens ont été prélevés toutes les deux heures pendant 3 jours à partir des erlenmeyers, du jus de datte et du jus de maïs, et ils ont été mesurés avec un pH-mètre.

### **2.5. Lyophilisation des cellules de *Saccharomyces cerevisiae***

Afin de conserver les cellules obtenues à partir des cultures sur milieux liquides, nous avons tenté de les lyophiliser en suivant les étapes selon le protocole de (**Chin et al., 2021**) :

#### **2.5.2. Préparation de l'échantillon pour lyophilisation :**

Pour préparer les cellules de *S. cerevisiae*, elles ont été cultivées dans des erlenmeyers contenant du jus de dattes et du jus Maïs à une température de 37 °C pendant une période de 4 jours. Après avoir collecté les cultures dans un seul Erlenmeyer, les cellules ont été centrifugées à 4000 rpm pendant 15 minutes. Le culot des cellules est séparé du surnageant constitué du liquide et du résidu de dattes. Les cellules ont été lavées par une solution physiologique de NaCl (0,9%) puis centrifugées une 2<sup>e</sup> fois. L'agent protecteur utilisé selon l'étude de (**Chin et al., 2021**) est le 'skin milk' a été stérilisé aux rayons ultraviolets pendant 45 minutes puis ajouté à raison de 1ml à l'échantillon et homogénéisé avec les cellules.

Le lyophilisateur utilisé est de marque Alpha 2-4 LSCbasic avec 8 fioles à fond rond, capacité de condenseur 4kg et la température du condenseur -85°C.

L'échantillon a été déposé sur l'étagère de lyophilisateur refroidie à -80°C pendant 3h. Par la suite, le vide a été allumé avec une pression de vide négative de 5Pa pendant 24h, et la température a été élevée jusqu'à -51°C.

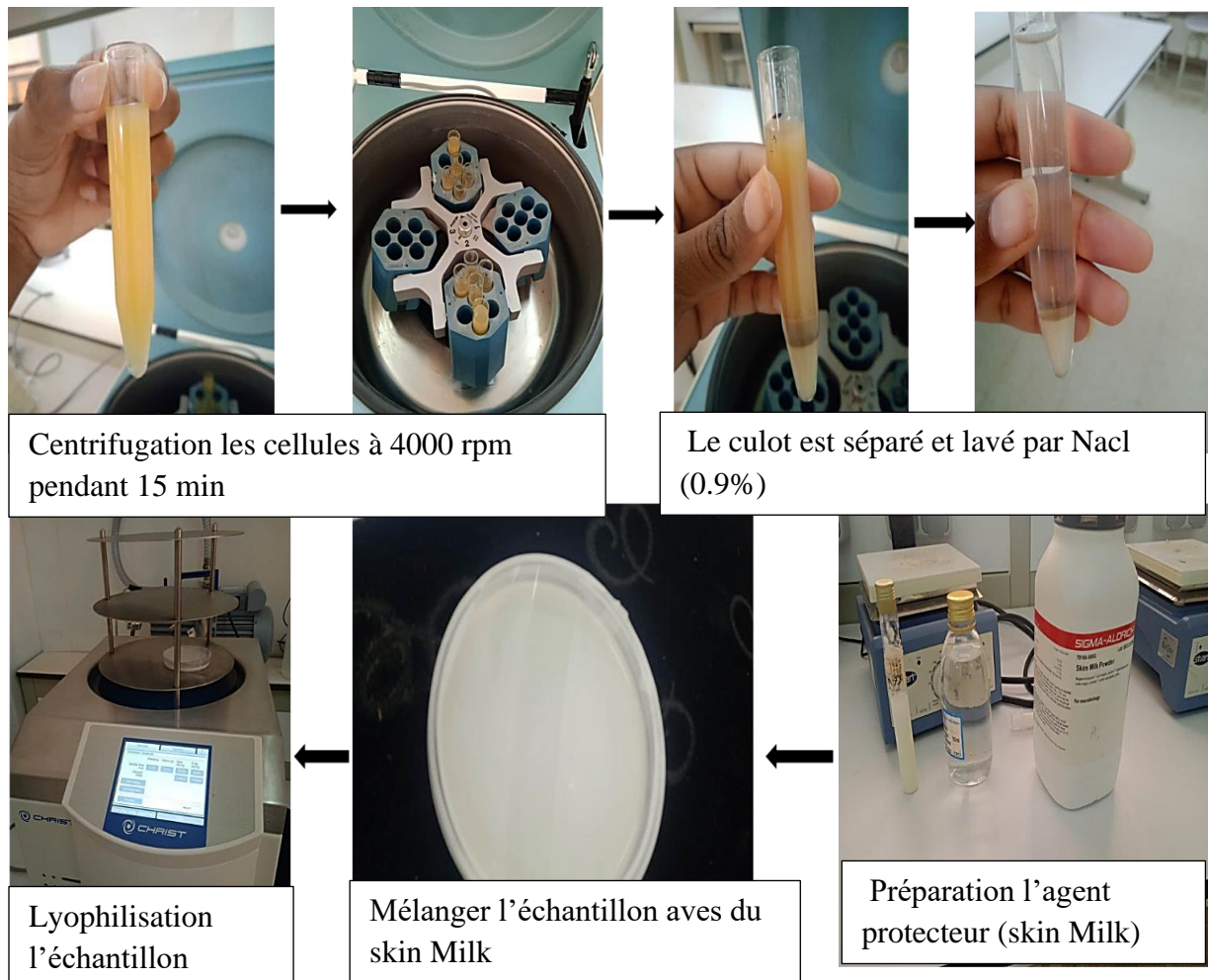


Figure 17 : Préparation de l'échantillon et lyophilisation

### 2.5.3. Revivification des cellules après lyophilisation

Après lyophilisation, l'échantillon a été réhydraté au volume d'origine en ajoutant de l'eau distillée stérile puis exposé à un choc thermique de 45°C pendant 20min. Deux volumes de 100 µl de l'échantillon ont été étalés sur deux boîtes de Petri contenant la gélose YPD. Ces boîtes sont par la suite incubées à 37°C pendant 3 jours. Le volume qui reste de l'échantillon a été utilisé pour inoculer deux erlenmeyers contenant le milieu YPD liquide. Ces erlenmeyers sont incubés au shaker à 37°C et 150 rpm pendant 4 jours afin de vérifier la croissance sur milieu liquide.

$$\text{Taux de survie (\%)} = \frac{\text{Nombre des cellules vivantes après lyophilisation } \left(\frac{\text{UFC}}{\text{mL}}\right)}{\text{Nombre des cellules vivantes avant lyophilisation } \left(\frac{\text{UFC}}{\text{mL}}\right)} \times 10$$



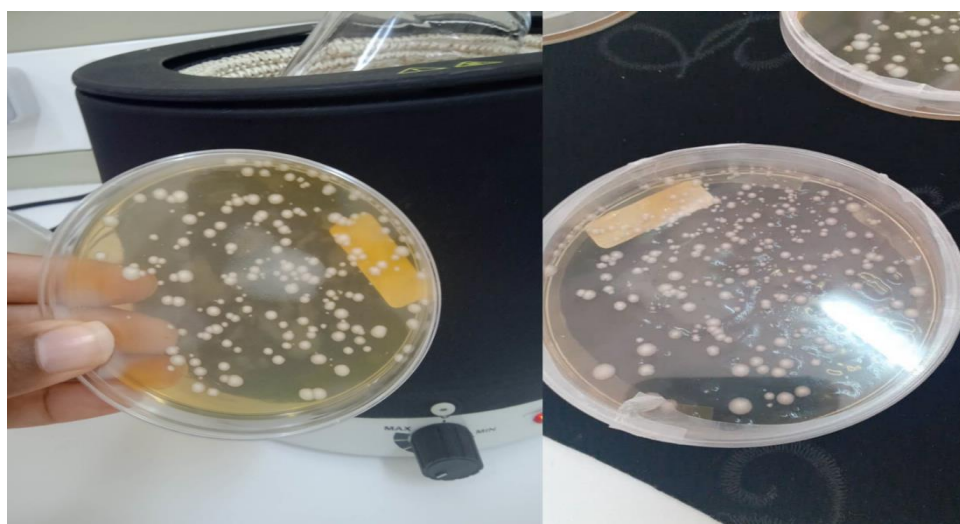
***Résultat &  
discussion***



## 1. Résultat :

### 1.1. Isolement de colonies de la levure sur milieu solide YPD :

La levure sèche a été cultivée à la surface du milieu de culture YPD, où le processus d'incubation a eu lieu pendant deux jours à 37 ° C, et la levure a montré une bonne croissance, car des colonies blanches rondes se sont formées sur la surface de milieu, représentent la levure de *Saccharomyces cerevisiae* (Fig. 18).



**Figure 18 :** *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu YPD

### 1.2. Culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide :

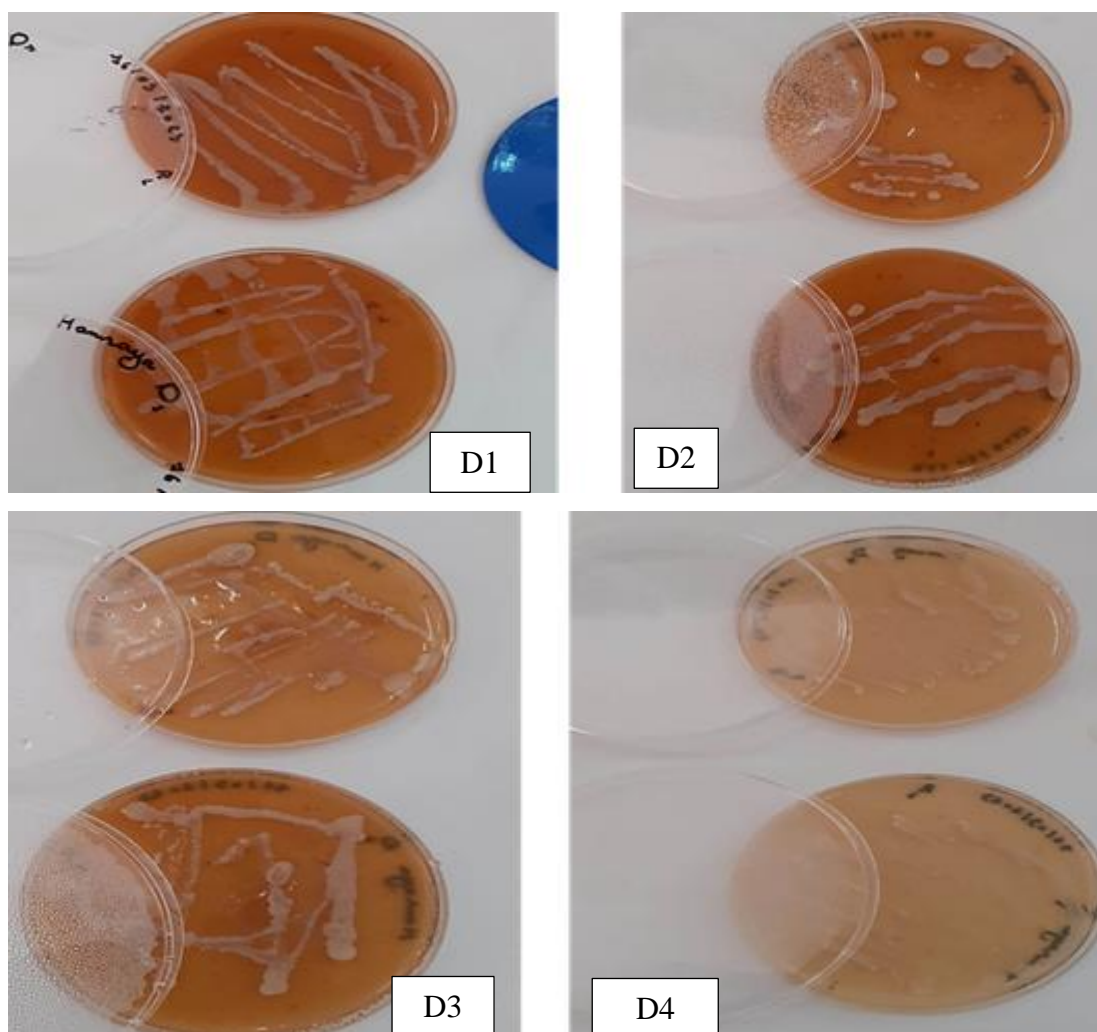
Nous avons évalué la croissance sur milieux solides (jus de datte + gélose) à différentes dilutions (D1, D2, D3, D4). Il est à noter que D0 est la solution mère équivalente à 1 kg de pulpe de datte dans 2 L d'eau. Les résultats de la croissance de la levure sur les différentes dilutions des jus de dattes sont consignés dans le tableau 9.

**Tableau 9 :** Croissance de *S. cerevisiae* sur les milieux solides de jus de dattes

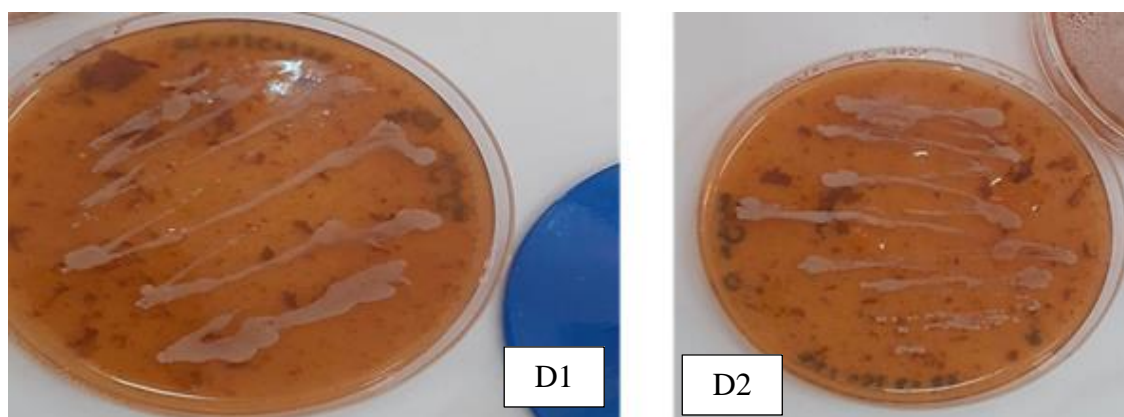
Variété Dilution	Azerza		Ghars (déchet)		Degla-Beida		Hamraya	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
D1	+++	+++	+	+	+++	+++	+++	+++
D2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
D3	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
D4	+++	++	+++	+++	+++	++	+++	+++

E1 : Essaye1 ; E2 : Essaye2 ; +++ : bonne croissance ; ++ : croissance moyenne ; + : croissance faible

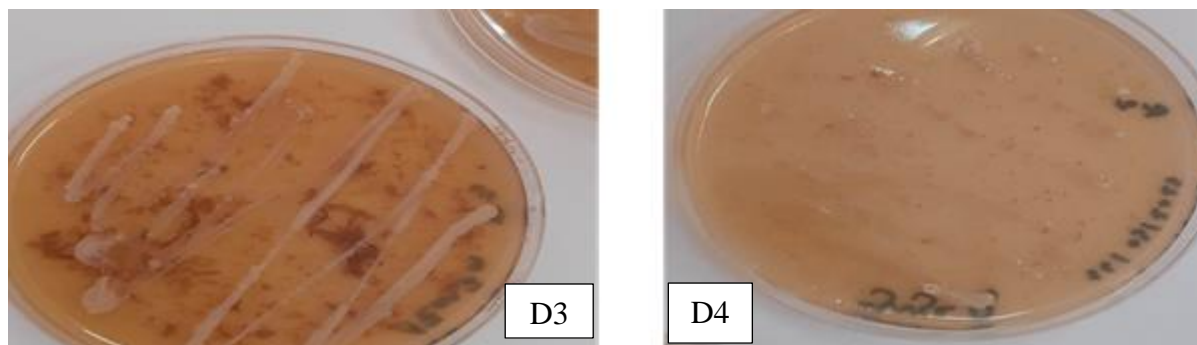
D'après le tableau, on constate que la levure a poussé dans toutes les dilutions des 4 types de jus de dattes sans exception. La croissance est majoritairement bonne (Photos : 19, 20, 21 et 22).



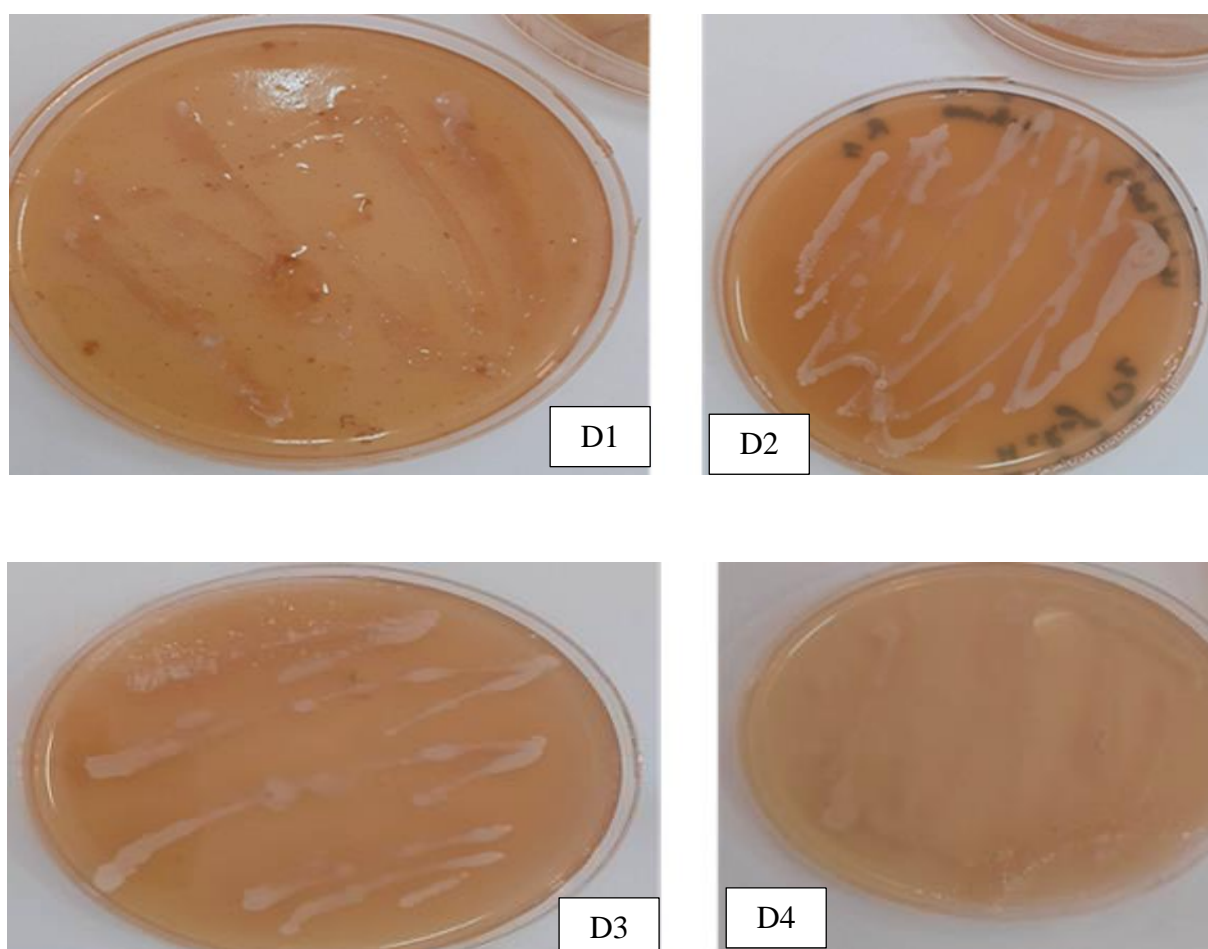
**Figure 19** : Croissance de *S. cerevisiae* sur les différentes dilutions solides de Hamraya



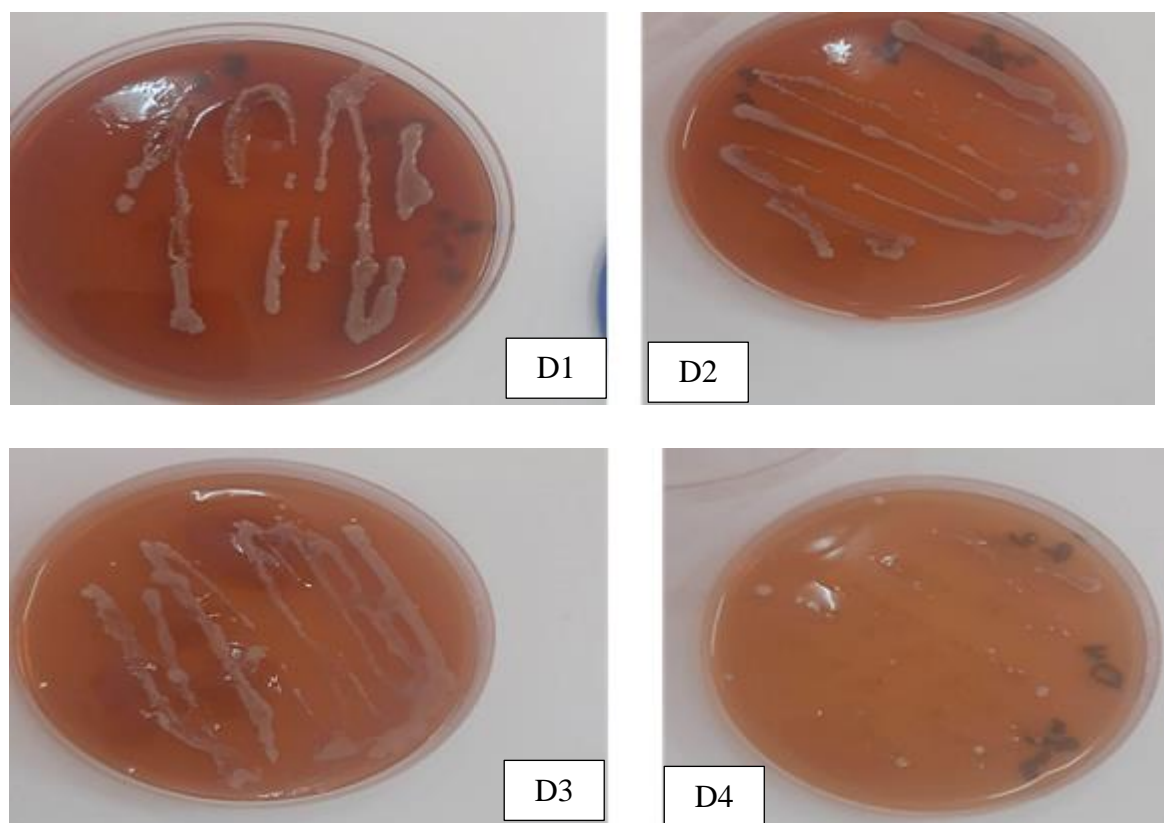
la suite



**Figure 20** : Croissance de *S. cerevisiae* sur les les différentes dilutions solides d'azerza



**Figure 21** : Croissance de *S. cerevisiae* sur les différentes dilutions solides de ghars immature



**Figure 22** : Croissance de *S. cerevisiae* sur les différentes dilutions solides de Degla-Beida

### 1.3. La cinétique de croissance de *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu liquide :

#### 1.3.1. Dénombrement des cellules :

Afin de mesurer la croissance de la levure nous avons utilisé la méthode de dénombrement par la cellule de Malassez. Ainsi à partir des prélèvements quotidiens chaque 2 heures contenus dans les eppendorfs, une goutte de 15 $\mu$ L a été prise et étalée dans l'endroit spécifique sur la lame de Malassez puis recouverte par une lamelle.

La cellule est placée dans un microscope optique au grossissement X40 et les cellules ont été comptées pour 5 grands rectangles pour faire la moyenne.

Le volume de chaque grand rectangle est 10<sup>-5</sup> ml.

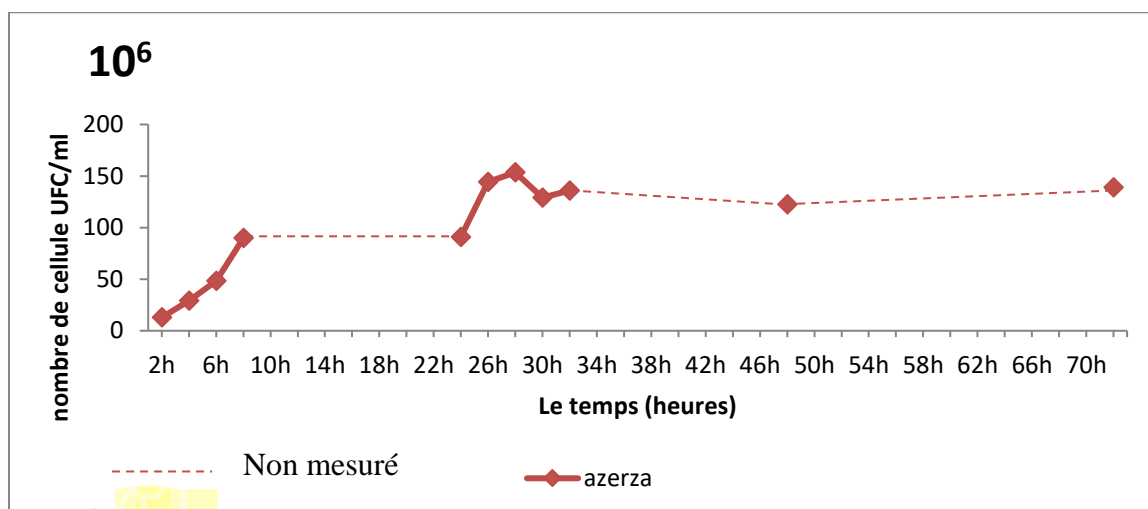
Le nombre des cellules est calculé chaque 2h. Les valeurs obtenues sont traduites dans des courbes pour chaque variété de datte (les figures : 23, 24, 25, 26 et 27)

- Pour calculer le temps de génération (G) et le taux de croissance ( $\mu = \frac{1}{G}$ ) de chaque milieu :

$$N = \log(N_t) - \log(N_0) / \log(2)$$

$$G = \frac{t}{n} = \frac{t}{3,3 \times \log(N_t - N_0)}$$

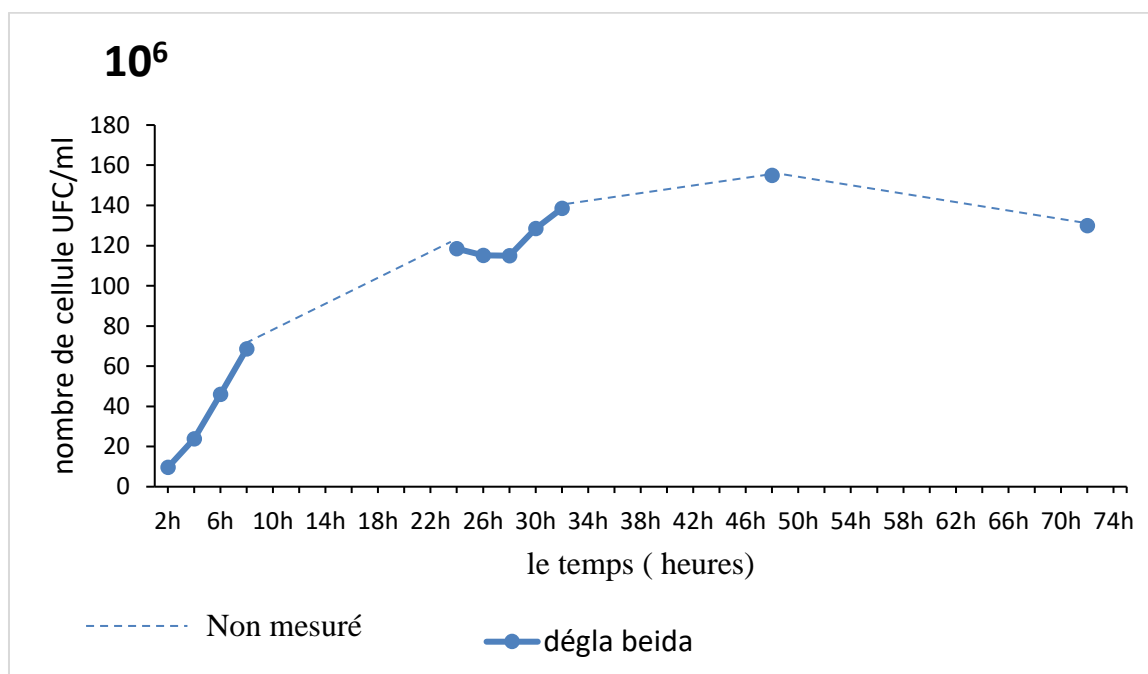
➤ **Azerza :**



**Figure 23:** Courbe de la croissance de levure dans le milieu d’azerza pendant 3 jours

D’après la courbe de la croissance de la levure dans le milieu Azerza, nous avons constaté une augmentation progressive du nombre de cellules chaque 2h à partir de 2h jusqu’à 26h où nous avons constaté un peu de stabilité dans le nombre des cellules jusqu’à 72. D’après la courbe de tendance linéaire nous avons calculé le temps de génération qui est  $G=5,79h$  et le taux de croissance  $\mu= 0,17$ .

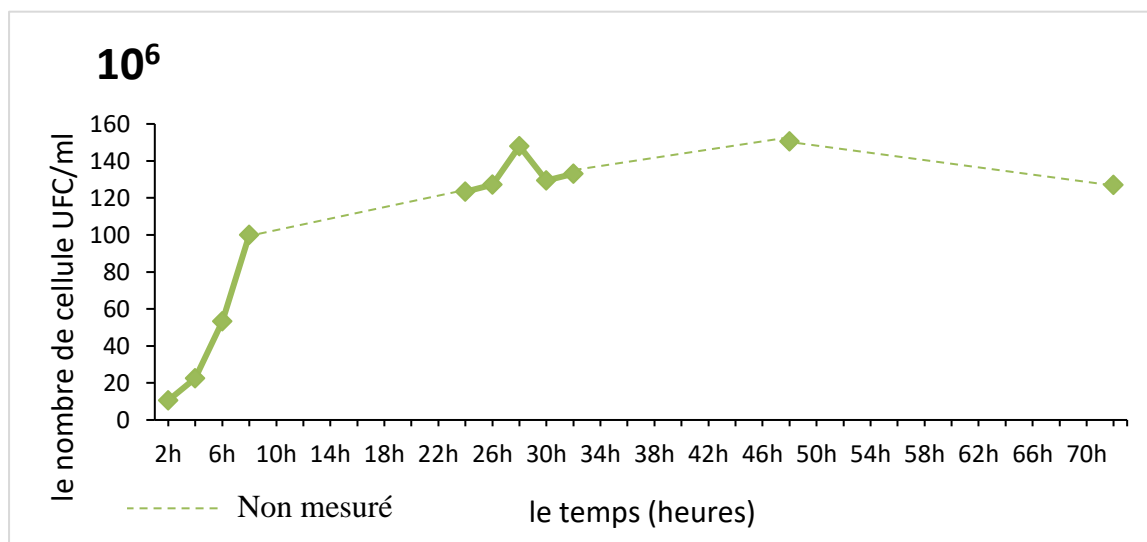
➤ **Dégla Beida :**



**Figure 24 :** Courbe de la croissance de levure dans le milieu de dégla beida pendant 3 jours

D'après la courbe nous avons remarqué une augmentation progressive durant la première période qui s'étende de 2h jusqu'à 24h, après-il y a une stabilité puis augmentation très lente. Le temps de génération calculé est  $G=4,89h$  et le taux de croissance égal à  $0,20$ .

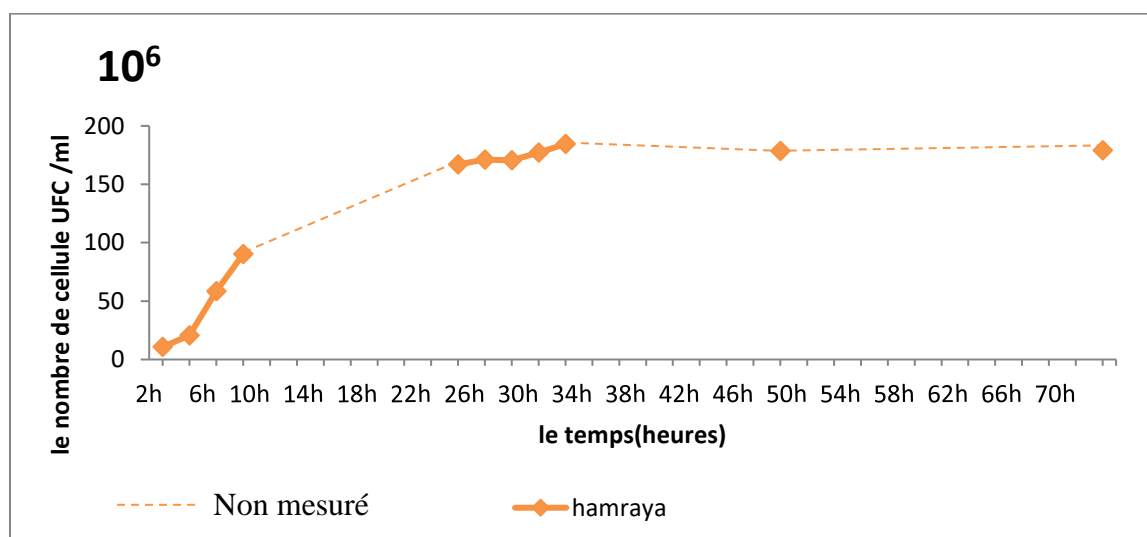
➤ **Ghars (déchet) :**



**Figure 25 :** Courbe de la croissance de levure dans le milieu de ghars pendant 3 jours

A partir de la courbe, on peut lire la même allure tel qu'on enregistre une période de progression lente qui s'étale jusqu'à 24h puis une stabilité dans ce qui suit jusqu'à 72h. Le temps de génération dans ce cas est  $G=5,94h$  et le taux de croissance égal  $\mu=0,16$ .

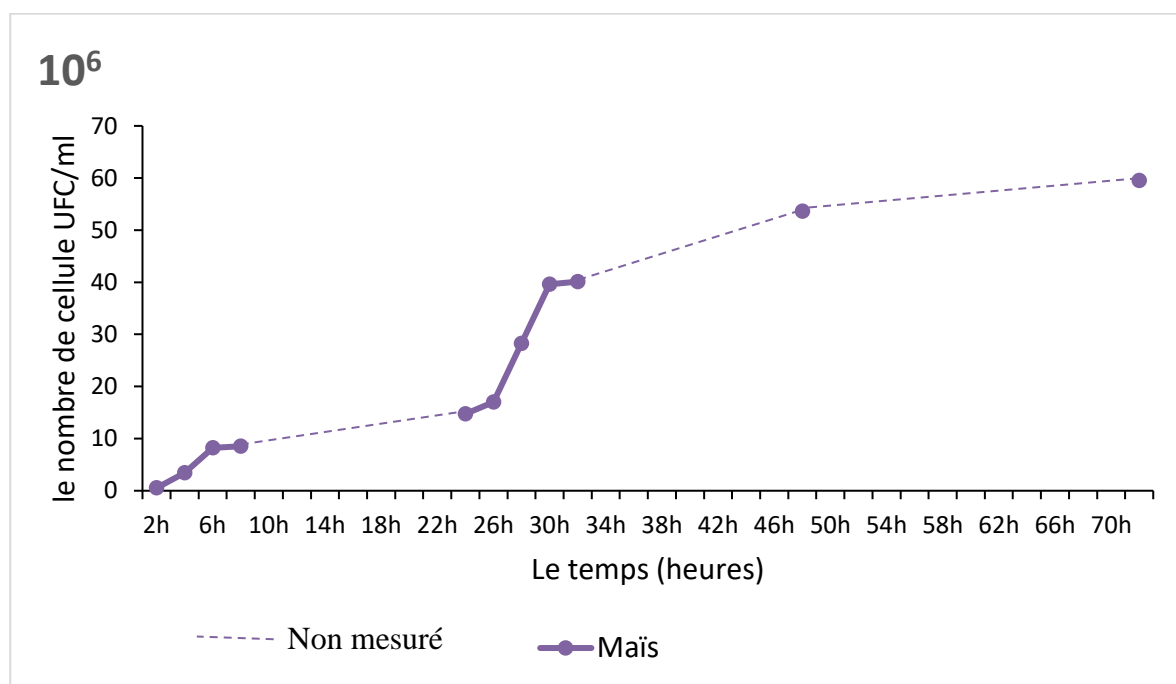
➤ **Hamraya :**



**Figure 26 :** Courbe de la croissance de levure dans le milieu de hamraya pendant 3 jours

Dans ce cas, la même linéarité de cinétique de croissance avec les variétés des dattes précédentes a été enregistrée, telqu'on remarque que le nombre des cellules augmente en fonction du temps dans le premier jour puis devient constant au deuxème et au 3è jour d'incubation. Le temps de génération calculé dans ce cas est  $G=4,94h$  et le taux de croissance  $\mu=0,20$ .

➤ **Maïs :**



**Figure 27 :** Courbe de la croissance de levure dans le milieu de maïs pendant 72 heures

En ce qui concerne la courbe de la production de levure dans le maïs, nous avons remarqué qu'elle est différente par rapport à celles obtenues avec les dattes. Au début nous avons constaté un taux de croissance faible et augmente lentement dans le premier jour, alors au 2è et 3è jour nous avons enregistré une continuité d'augmentation et il n'y a pas la phase de stabilité remarquée chez les variétés des dattes. Et ce, qui a confirmé cette différence le calcul du temps génération qui apparait le meilleur avec  $G=2,13$  et un taux de croissance  $\mu=0,46$  division/h. en effet presque une division chaque 2h.

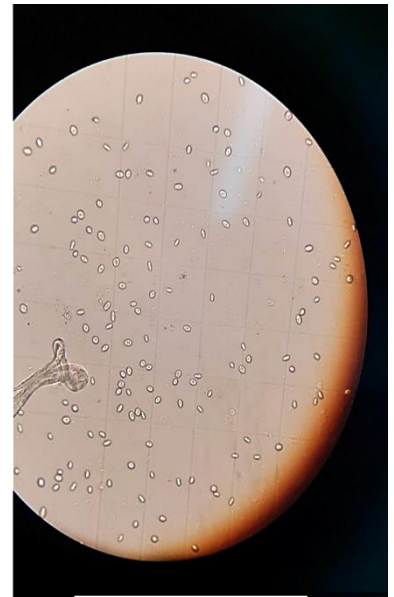
- Nous citons les photos de la figure 28 ci-dessous qui montrent les cellules de la culture de *Saccharomyces cerevisiae* dans le milieu de déchet de Ghars photographiées au cours de dénombrement en utilisant la cellule de Malassez.



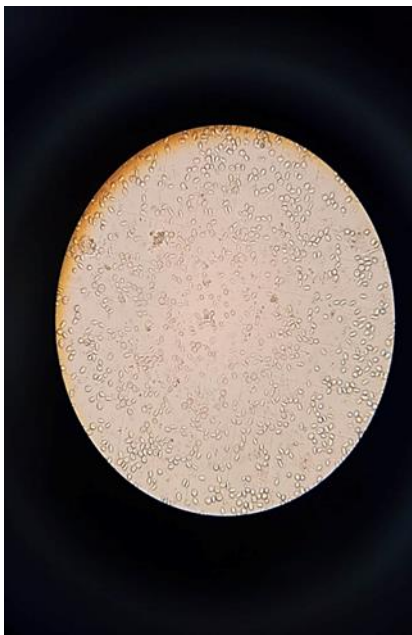
2h



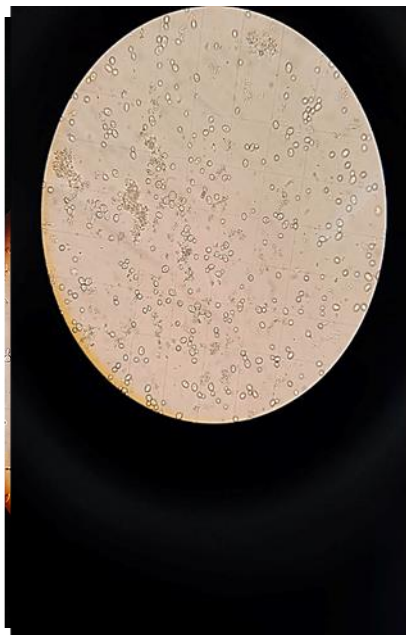
4h



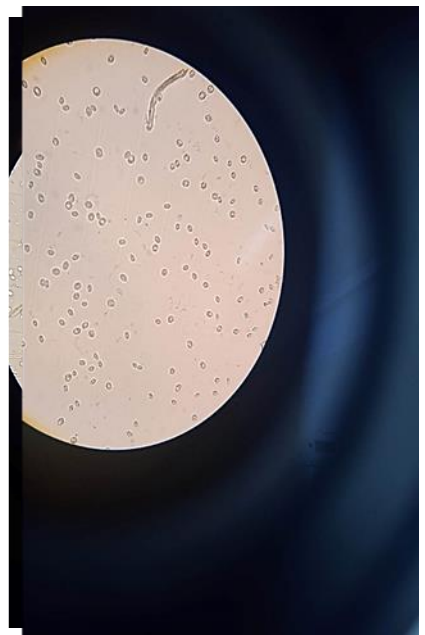
6h



28h



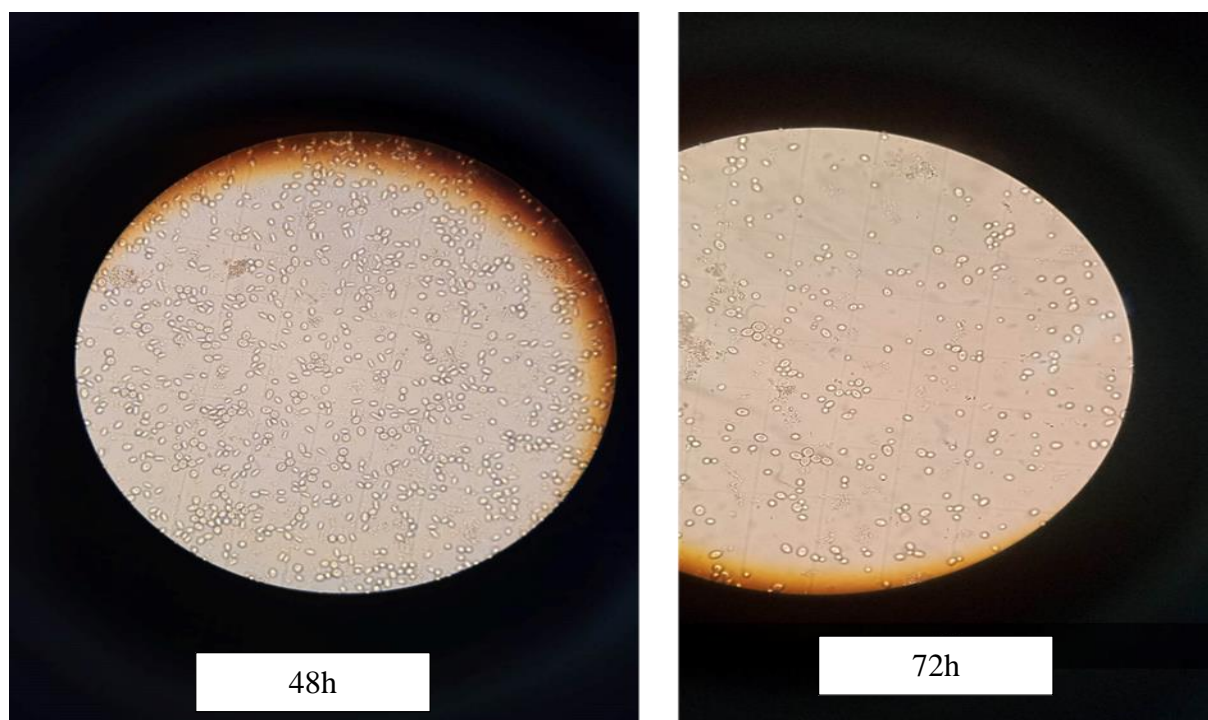
30h



32h



## Supplément photos



**Figure 28** : Observation microscopique des cellules de *Saccharomyces cerevisiae* dans le milieu ghars (déchet) sous microscope en utilisant la cellule de Malassez.

Pour essayer de bien donner à notre étude une crédibilité, nous avons tenté d'utiliser une autre méthode est celle de dénombrement des colonies après ensemencement par étalement sur boites contenant la gélose YPD. Pour cela un volume de 0,15µL a été pris à partir des eppendorfs de chaque prélèvement de 2h et a été étalé sur boites à l'aide d'un râteau stérile.

### 1.3.2. Dénombrement des colonies de *Saccharomyces cerevisiae* en surface de milieu YPD :

$$N = \frac{\text{nombre de colonies}}{\text{volume des gouttes}} \times \text{FD}$$

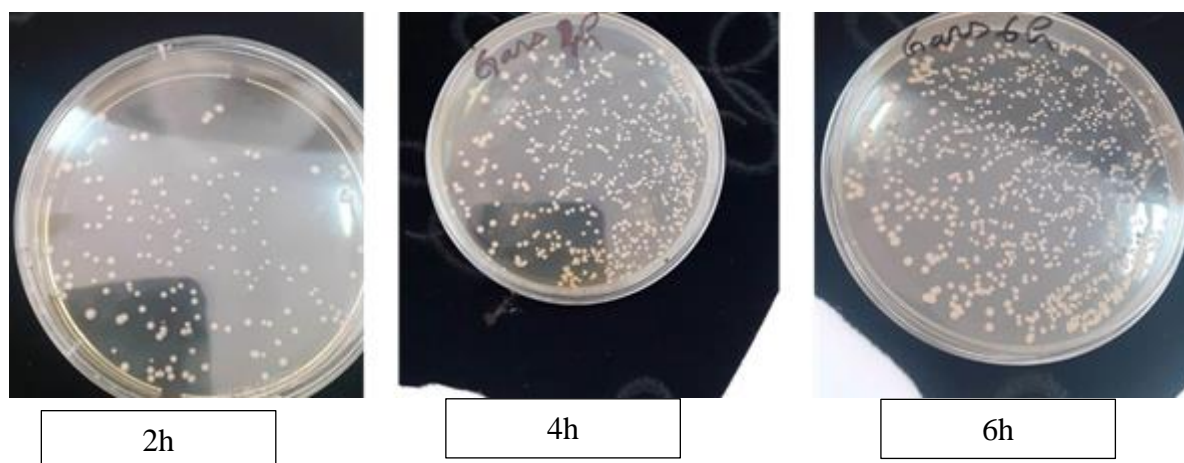
Les résultats de cette étude sont consignés dans le tableau 10.

**Tableau 10 :** Dénombrement des cellules de *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide x dilution

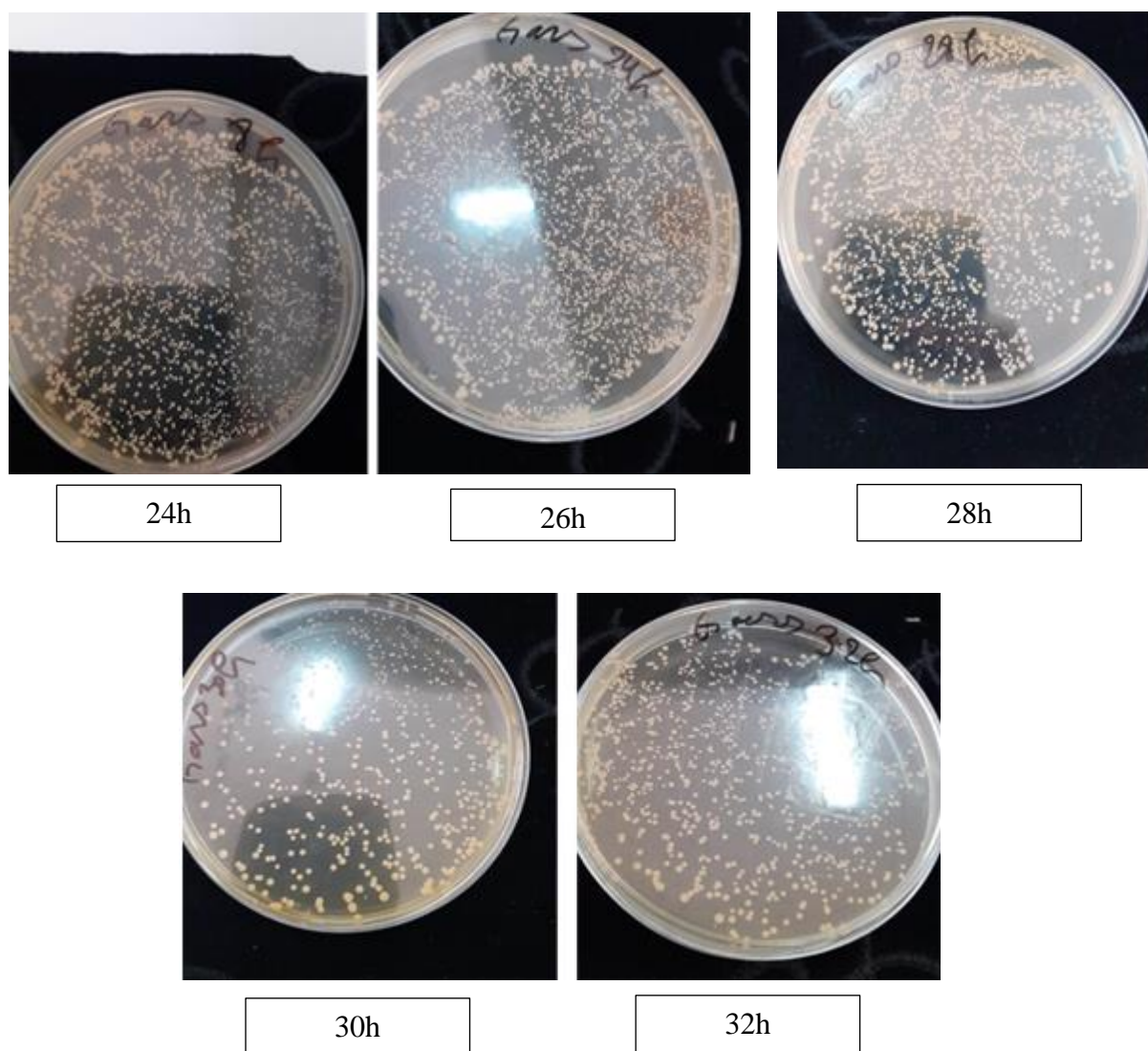
Le milieu X 10 <sup>6</sup>	Ghars immature	Degla Beida	hamraya	Maïs	Azerza
2h	5,13	9,9	6,99	1,8	12,866
4h	IND	IND	IND	8,9	IND
6h	IND	IND	IND	12,4	IND
8h	IND	IND	IND	IND	IND
24h	IND	IND	IND	IND	IND
26h	IND	IND	IND	IND	IND
28h	IND	IND	IND	IND	IND
30h	IND	IND	IND	IND	IND
32h	IND	IND	IND	IND	IND
48h	IND	IND	IND	IND	IND
72h	IND	IND	IND	IND	IND

IND : indénombrable (300 colonies et plus)

La figure 29 montre le nombre des colonies obtenues de chaque prélèvement de 2h pour la culture de la levure sur le milieu liquide de la variété de Ghars.



## Supplément photos



**Figure 29 :** Colonies de *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu YPD à partir de la culture sur milieu de ghars (déchet)

Comme le présenter le tableau 10, nous n'avons pas pu dénombrer que les colonies du prélèvement de 2h pour toutes les variétés de dattes. Les autres prélèvements à partir du 4h et plus sont indénombrables malgré que nous avons répété le travail 2 fois en diluant les prélèvement jusqu'à la dilution  $10^{-3}$ . Et ce n'était pas pareil avec le maïs car nous avons pu dénombrer les 3 premiers prélèvements pour (2h, 4h et 6h). Ceci peut confirmer la croissance lente au début de l'incubation de la levure sur celui-ci (Figure 27)

### 1.4. Estimation de la variation du pH :

Des prélèvements quotidiens à intervalle de 2h ont été effectués en parallèle pour déterminer l'évolution du pH Pendant 3 jours, sur les 2 milieux (maïs et Jus de datte) dans des conditions aseptiques

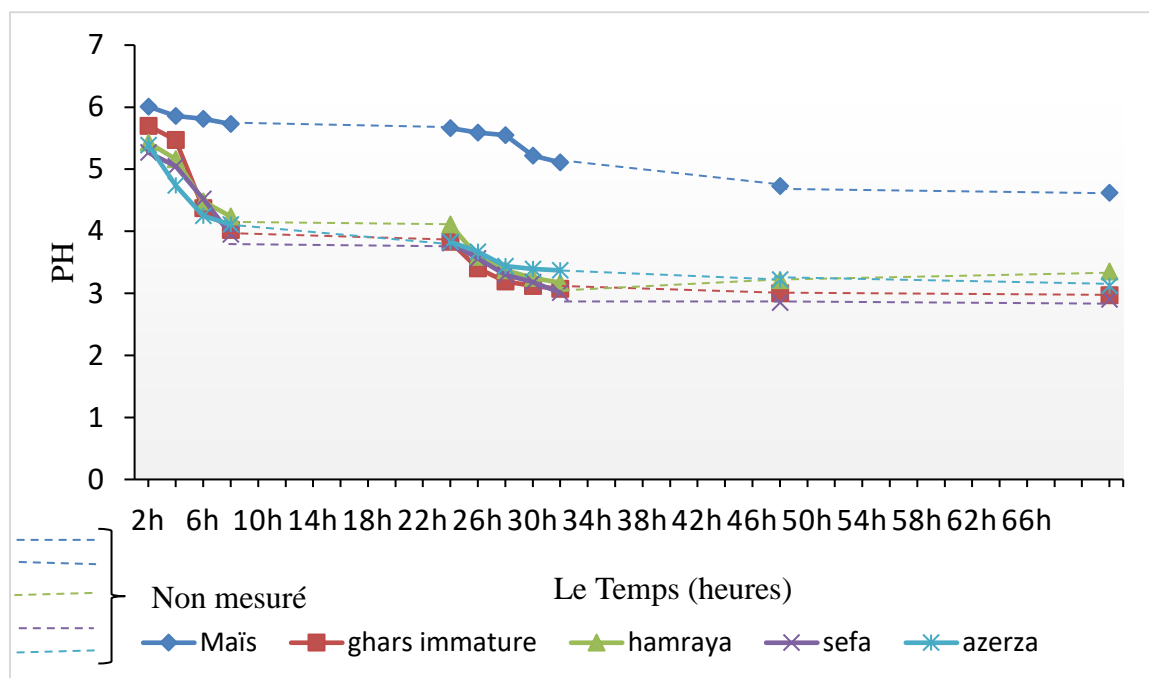


Figure 30 : Courbe des valeurs du pH de jus de dattes et jus de maïs

La courbe montre que le pH pour l'ensemble des variétés de datte était entre 5 et 6 dans le dixième heure de prélèvement, puis diminue de la même allure jusqu'à valeur de 3. Par contre pour le maïs, le pH commence par une valeur de 6 au 2h puis diminue légèrement.

### 1.3. Lyophilisation :

Après la lyophilisation de cellules obtenues par culture sur les milieux de jus de dattes et de maïs, nous avons procédé immédiatement le test de viabilité de notre échantillon. Pour cela, nous avons essayé de réhydrater et ensemercer sur milieu liquide et solide YPD, les cellules lyophilisées. Le résultat obtenu est négatif car nous n'avons pas enregistré aucune croissance ni sur milieu liquide ni solide. Il faut noter que plusieurs essayes de revivification ont été faites (choc thermique, mécanique...) mais vainement et le pourcentage de viabilité=0.



## 2. Discussion :

Notre objectif par ce travail est d'essayer de cultiver la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur différents milieux de jus de dattes et essayer de connaître dans quelle mesure qu'on peut utiliser ces derniers pour la production de cette levure. Pour cela et en premier lieu nous avons utilisé une levure de *Saccharomyces cerevisiae* commercialisée pour la cultiver sur milieu solide YPD à base d'extrait de levure, peptone et glucose. Le choix de ce milieu est basé sur des travaux des chercheurs ayant montré que ce dernier est utilisé en biotechnologie. Selon **Nguyen (2016)** ce milieu sélectif est riche et contient tous les nutriments essentiels pour le développement cellulaire et a été utilisé pour dénombrer les colonies sur milieu gélosé. La première partie de notre travail expérimental est consacré pour la culture de levure sur les milieux solides de jus de dattes. Cette dernière a montré une grande capacité de croissance sur toutes les dilutions solides des variétés de dattes choisies **Ghobrini et al. 2012** ont essayé non seulement de cultiver la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide des rebuts de dattes mais aussi de l'utiliser pour la fermentation pour produire l'éthanol.

En ce qui concerne la culture de notre levure sur milieu liquide et d'après ce que nous avons décrit dans les résultats nous pouvons déduire la présence de deux phases très bien explicites de croissance dans tous les milieux liquides des variétés de dattes choisies. Il s'agit de la phase exponentielle et la phase stationnaire, la phase de latence n'était pas claire. Ce, qui n'est pas le cas pour le maïs qui a présenté une longue période de latence. Ces résultats ne peuvent être expliquées que par le contenu des dattes qui comprend trois types de sucre : le saccharose, le glucose et le fructose et la meilleure production de la biomasse de *S. cerevisiae* est observée dans le cas d'assimilation des hexoses comme le glucose et le fructose que ce soit pures ou contenus dans l'extrait de dattes (**Siboukeur, 1997**). Au premier temps la levure dans les dattes consomme les sucres simples le glucose et le fructose en effet ces nutriments pouvant pénétrer facilement à travers la paroi et la membrane cellulaire des levures (**Chniti, 2015**)

La décroissance ou la stabilité de la courbe quelques fois suivi d'une augmentation peut être expliqué par le fait que lorsque le glucose ou le fructose est finit dans le milieu la levure commence à hydrolyser Le saccharose en glucose et fructose par l'action de l'enzyme invertase ( $\beta$ -fructofuranosidase), sécrétée dans le milieu extracellulaire. Ceci explique

Quant au maïs, la reproduction a d'abord été lente car le maïs contient de l'amidon, un sucre complexe. Selon des études antérieures de **Reyes et al. (2016)** *S. cerevisiae* ne possède pas toutes les enzymes amylolytiques, principalement l'amylase  $\alpha$  et  $\beta$ , qui participent à la rupture des chaînes d'amidon en glucose. De plus, la production d' $\alpha$ -glucoamylases est assez

lente, En présence de chaînes d'amidon insolubles et d'un manque de sucre, *S. cerevisiae* est capable de subir une adaptation pour la production d' $\alpha$ -glucoamylases, et briser la chaîne d'amidon pour produire un substrat accessible (comme le glucose).

Selon les valeurs de temps de génération  $G$  et de taux de croissance  $\mu$  nous pouvons déduire que le maïs est relativement meilleur par rapport aux variétés de dattes car il a un temps de génération  $G=2,13h$ . il est vrai que la croissance de levure au début dans ce milieu est lent mais à long terme est meilleur et dans les 3 jours de cinétique nous n'avons pas marqué l'apparition de la phase stationnaire dans ce milieu, par contre dans tous les milieux des variété de dattes la phase stationnaire est apparu après 24h ou 26h. Nous pouvons faire l'ordre l'ordre des milieux par rapport à leurs faveur pour la production de levure selon le taux de croissance comme suit : le maïs ( $\mu=0,46 h^{-1}$ ) puis Degla beida ( $\mu=0,20 h^{-1}$ ) puis Hamraya ( $\mu=0,20 h^{-1}$ ) puis Azerza ( $\mu=0,17 h^{-1}$ ) puis Ghars ( $\mu=0,17 h^{-1}$ ). **Ould el hadj et al. (2006)** ont noté le faible taux de croissance dans le milieu naturel deglet nour par rapport au même milieu enrichi.

La diminution du pH que ce soit pour le milieu de maïs ou les dattes lors de fermentation dû à la consommation des sucres et la production des acides organiques (**Scriban, 1988 ; Guinet et Godon, 1994 ; Torija et al., 2003**).

En ce qui concerne l'échec de revivification de la levure après lyophilisation peut être expliqué par la quantité du protecteur 'skin-milk' qu'on a utilisé car nous avons dépassé beaucoup par la faute la quantité conseillée au protocole suivi. En plus en suivant ce protocole nous avons utilisé que le skin milk mais selon **Chin (2021)**, une meilleure protection contre la lyophilisation et celle qui combine entre les protecteurs skin milk, maltose, trehalose (taux de survie 61%).



***Conclusion***

**Conclusion :**

Le travail que nous avons entrepris a pour objectif de trouver une solution pour produire la levure boulangère (*Saccharomyces cerevisiae*) avec des méthodes moins coûteuses. Pour cela, nous avons pensé à la production de cette levure sur un milieu de jus des dattes à moindre valeur marchande et un milieu de Jus de maïs. Ainsi, nous avons préparé des dilution D1, D2, D3 et D4 de jus de dattes pour 4 variétés à savoir : Azerza, Hamraya, Ghars et Degla Beida et un jus de maïs. Nous avons cultivé la levure sur les milieux solide puis sur les milieux liquides des différents jus. Le suivi de la cinétique sur les milieux liquides était en utilisant la méthode de dénombrement de la cellule de Malassez. A partir des graphes obtenus nous avons déduit les paramètres de croissance : Le taux de croissance et le temps de génération. Les résultats obtenus ont montré que : le milieu de maïs est meilleur avec un temps de génération  $G=2,13\text{h}$  et un taux de croissance  $\mu=0,46\text{ h}^{-1}$ . Par contre les valeurs de ces paramètres de croissance obtenues avec les variétés de dattes sont comme suit :

(Degla beida,  $G=4,89\text{ h}$  ;  $\mu=0,20\text{ h}^{-1}$ ), (Hamraya,  $G=4,94\text{ h}$  ;  $\mu=0,20\text{ h}^{-1}$ ), (Azerza,  $G=5,79\text{ h}$  ;  $\mu=0,17\text{ h}^{-1}$ ) et (Ghars,  $G=5,94\text{ h}$  ;  $\mu=0,16\text{ h}^{-1}$ ).

En fin de cette étude nous pouvons dire le milieu naturel de maïs est préféré pour la production de *Saccharomyces cerevisiae* et comme perspective de cette étude nous pouvons citer :

- Etudier les facteurs favorisants et défavorisant la culture de *S.C* sur maïs
- Rechercher les conditions favorables menant à une production maximale de *S.C* sur maïs.
- Trouver le problème du taux de survie obtenu nulle après la lyophilisation
- Penser à d'autres méthodes que la lyophilisation pour sécher la levure car la lyophilisation est coûteuse.





***Références***

**Références :**

1. Aa, E., Townsend, J. P., Adams, R. I., Nielsen, K. M., et Taylor, J. W. (2006). Population structure and gene evolution in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS yeast research*, 6(5), 702-715.
2. Abou-Zeid, A. Z. A., Baeshin, N. A., et Baghlaf, A. O. (1991). The formation of oxytetracycline in a date-coat medium. *Bioresource Technology*, 37(2), 179-184.
3. Abou-Zeid, A. A., et Khoja, S. M. (1993). Utilization of dates in the fermentative formation of citric acid by *Yarrowia lipolytica*. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 148(3), 213-221.
4. Acourene, S., et Tama, M. (1997). Caractérisation physico-chimique des principaux cultivars de dattes de la région des Zibans. *Recherche Agronomique*, 1(1), 59-66.
5. Acourene, S., et Tama, M. (2001). Utilisation des dattes de faible valeur marchande (rebut de Deglet-Nour, Tinissine et Tantboucht) comme substrat pour la fabrication de la levure boulangère. *Rev. Energ. Ren.: production et valorisation-biomasse*, 1-10.
6. Al-Obaidi, Z., et Berry, D. R. (1979). The use of deionised date syrup as a substrate for citric acid fermentation. *Biotechnology Letters*, 1, 153-158.
7. Al-Shahib, W., et Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future?. *International journal of food sciences and nutrition*, 54(4), 247-259.
8. Arranz-Otaegui, A., Gonzalez Carretero, L., Ramsey, M. N., Fuller, D. Q., et Richter, T. (2018). Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(31), 7925-7930.
9. Bacha, A. (2008). *production et étude de l'activité de l'invertase produite par la levure Saccharomyces cerevisiae sur substrat à base de datte*. Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des sciences,
10. Barreveld, W. H. (1993). *Date palm products*.
11. Baubricourt, A. G., & Hedin, L. (1988). *Le maïs et les industries*, éd AM Métaillé; p 97.
12. Becker, J. M., Caldwell, G. A., et Zachgo, E. A. (Eds.). (1996). *Biotechnology: a laboratory course*. Academic Press.
13. Belguedj, M., Tirichine, A., et Guerradi, M. (2008). La culture du palmier dattier dans les oasis de Ghardaïa (Algérie). *Alger: INRA, Algérie*.
14. Benchabane, A. (1996). Rapport de synthèse de l'atelier «Technologie et qualité de la datte». *Options méditerranéennes, série A*, 28, 205-210.

15. Benlemmane, S. (2012). Formulation de pains composites a bases de melanges de farines de différentes céréales. Mémoire de magister. p13
16. Bessah, R., et Touzi, A. (2001). Production de Protéines d'Organismes Unicellulaires (PO U) à partir des Déchets de Dattes. *Revue des Energies Renouvelables*, 37-40.
17. Birch, A. N., Petersen, M. A., & Hansen, Å. S. (2013). The aroma profile of wheat bread crumb, influenced by yeast concentration and fermentation temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 480–488. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.019>
18. Binnewies,S. BA Alpha 1-4 2-4 LSCbasic en.pdf, [https://www.martinchrist.de/fileadmin/user\\_upload/christ/PDF/Bedienungsanleitung/Labor/en/BA\\_Alpha\\_1-4\\_2-4\\_LSCbasic\\_2018-03\\_1-7\\_en.pdf](https://www.martinchrist.de/fileadmin/user_upload/christ/PDF/Bedienungsanleitung/Labor/en/BA_Alpha_1-4_2-4_LSCbasic_2018-03_1-7_en.pdf). 07/01/2022.
19. Booiij, I., Piombo, G., Risterucci, A. M., Coupe, M., Thomas, D., et Ferry, M. (1992). Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*).
20. Boughnou, N. (1988). Essai de production de vinaigre à partir de déchets de dattes.
21. Boukar, I. (2017). Comportement de quelques variétés importées du maïs vis à vis des conditions du milieu de la région d'Adrar. *Mémoire de fin d'études, Université de Mostaganem*, 61p.
22. Bourgeois, C. M., Larpent, J. P., et Accolas, J. (1996). Microbiologie alimentaire: Tome 2, Aliments fermentés et fermentations alimentaires. *Collection Sciences et techniques agroalimentaires, Edition Lavoisier, Technique et Documentation, France*.
23. Brewbaker, J. L. (2003). *Corn production in the tropics: The Hawaii experience*. University of Hawaii.
24. Britannica, T. (2020). Editors of encyclopaedia. *Argon. Encyclopedia Britannica*.
25. Camarasa, C., Grivet, J. P., et Dequin, S. (2003). Investigation by <sup>13</sup>C-NMR and tricarboxylic acid (TCA) deletion mutant analysis of pathways for succinate formation in *Saccharomyces cerevisiae* during anaerobic fermentation. *Microbiology*, 149(9), 2669-2678.
26. Camonis, J. (1990). *Cdc25, modulateur de l'activite des proteines ras et regulateur du cycle de division cellulaire de la levure Saccharomyces cerevisiae* (Doctoral dissertation, Paris 11).
27. Chaira, N., Smaali, M. I., Martinez-Tomé, M., Mrabet, A., Murcia, M. A., et Ferchichi, A. (2009). Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera L.*). *International journal of food sciences and nutrition*, 60(sup7), 316-329.

28. Chniti, S. (2015). *Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorisation des refus de l'industrie de conditionnement des dattes* (Doctoral dissertation, Université Rennes 1).
29. Cot, M. (2006). *Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production intensive d'éthanol* (Doctoral dissertation, Toulouse, INSA).
30. Deak, T. (2007). *Handbook of food spoilage yeasts*. CRC press.
31. Devshony, S., Eteshola, E., et Shani, A. (1992). Characteristics and some potential applications of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds and seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(6), 595-597.
32. Dickinson, J. R. (1998). *Metabolism and molecular physiology of *Saccharomyces cerevisiae**. Taylor et Francis.
33. Djerbi, M. (1994). Précis de phoeniciculture. *Ed. FAO, Rome*, 24(4).
34. Dunn, B., Richter, C., Kvittek, D. J., Pugh, T., et Sherlock, G. (2012). Analysis of the *Saccharomyces cerevisiae* pan-genome reveals a pool of copy number variants distributed in diverse yeast strains from differing industrial environments. *Genome research*, 22(5), 908-924.
35. El-Akidi Hassen, H. (1982). Les sucres de dates, les fermentations et les domaines d'application dans le monde arabe. *Séminaire sur les sucres de dattes, Baghdad*, 4-9.
36. Ejemni, M., & Mejri, S. (2006). Valorisation des écarts de triage de dattes. cas d'application: Production biologique du vinaigre. *Actes des 13e mes Journées Scientifiques sur les Résultats de la Recherche Agricoles–Hammamet*, 861-870.
37. Espiard, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits (Ed) TEC et DOC. *France*, 259, 265.
38. Estanove, P. (1990). Note technique: Valorisation de la datte. CIHEAM-IAMM.
39. Fay, J. C., et Benavides, J. A. (2005). Evidence for domesticated and wild populations of *Saccharomyces cerevisiae*. *PLoS genetics*, 1(1), e5.
40. Fedala, N., Mekimene, L., Mokhtari, M., Haddam, A., Fedala, S. (2015). Consommation du pain en Algérie : état des lieux. *Annales d'Endocrinologie*, Vol. 76, n° 4, p. 665.
41. Feillet, P. (2000). Le grain de blé, Composition et utilisation. (INRA, Ed.).
42. Fennessy, I.F. (1997). *Saccharomyces cerevisiae; importance dans le développement des sociétés humaines; rôle dans l'industrie agro-alimentaire et en thérapeutique* (doctoral dissertation).

43. Fritsche, W. (1972). AH Rose and JS Harrison (Editors), The Yeasts, Vol. 2. Physiology and Biochemistry of Yeasts. XIV+ 571 S., 73 Abb., 39 Tab. London-New York 1971: Academic Press \$24, 50.
44. Furukawa, Y., et Kimura, S. (1971). Effect of pantothenic acid deficiency on lipid metabolism in the yeast. *The Journal of Vitaminology*, 17(4), 219-224.
45. Glamann, K., et Glamann, K. (2009). *The Story of Emil Chr. Hansen*. Carlsberg Foundation.
46. Goffeau, A., Barrell, B. G., Bussey, H., Davis, R. W., Dujon, B., Feldmann, H., ... et Oliver, S. G. (1996). Life with 6000 genes. *Science*, 274(5287), 546-567.
47. Guiffant, D. (2008). *Utilisation de la levure en tant que modèle et outil: de la compréhension de la cytokinèse à l'étude de sélectivité d'une molécule à potentiel thérapeutique* (Doctoral dissertation, Rennes 1).
48. Guinet, R., et Godon, B. (1994). *La panification française* (pp. 521-p). Lavoisier.
49. Giraud, J. P. (1998). Microbiologie alimentaire. *Dunod/RIA. Paris*, 696.
50. Hencke, S. (2000). *Utilisation alimentaire des levures* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).
51. Heslot, H., et Vladescu, B. (1994). *La levure dans les industries alimentaires*. Technique et documentation.
52. Iltis, H. H., & Doebley, J. F. (1980). Taxonomy of Zea (Gramineae). II. Subspecific categories in the Zea mays complex and a generic synopsis. *American Journal of Botany*, 67(6), 994-1004.
53. Jespersen, L. (2003). Occurrence and taxonomic characteristics of strains of *Saccharomyces cerevisiae* predominant in African indigenous fermented foods and beverages. *FEMS yeast research*, 3(2), 191-200.
54. Jones, B. H., Brink, K. H., Dugdale, R. C., Stuart, D. W., Van Leer, J. C., Blasco, D., et Kelley, J. C. (1983). Observations of a persistent upwelling center off Point Conception, California. *Coastal Upwelling Its Sediment Record: Part A: Responses of the Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling*, 37-60.
55. Kaidi, F., et Touzi, A. (2001). Production de bioalcool à partir des déchets de dattes. *Revue des Energies Renouvelables*, NS: *Biomasse Production et Valorisation*, 75-78.
56. Kruckeber, A. L., et Dickinson, J. R. (2004). The metabolism and molecular physiology of *Saccharomyces cerevisiae*. *Carbon Metabolism, 1st ed.; Dickinson, JR, Schweizer, M., Eds.*
57. Larpent, J. P. (Ed.). (1991). *Biotechnologie des levures*. Masson.
58. Larpent, J.-P., et Larpent-Gourgau, M. (1985). *Éléments de microbiologie. Collection Enseignement des sciences, Ed Hermann, Paris*, 146.

59. Lei, F., Rotbøll, M., et Jørgensen, S. B. (2001). A biochemically structured model for *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of biotechnology*, 88(3), 205-221.
60. Leveau, J. Y., et Bouix, M. (1993). Microbiologie industrielle: les micro-organismes d'intérêt industriel.
61. Leyral, G., et Vierling, E. (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité alimentaires. 4<sup>ème</sup> édition: Doin. *Biosciences et techniques*.
62. Liu, L., Wang, J., Rosenberg, D., Zhao, H., Lengyel, G., et Nadel, D. (2018). Fermented beverage and food storage in 13,000 y-old stone mortars at Raqefet Cave, Israel: Investigating Natufian ritual feasting. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 783-793.
63. Mahjoub, A., et Jraidi, Z. (1992). Elaboration d'une boisson gazeuse et d'une confiture aromatisée à partir de deux variétés de dattes. *INAT*, 7, 37-44.
64. Maicas, S. (2020). The role of yeasts in fermentation processes. *Microorganisms*, 8(8), 1142.
65. Marchand, J. L., Berthaud, J., Clerget, B., Dintinger, J., Reynaud, B., & Dzido, J. L. (1997). Le maïs. *L'amélioration des plantes tropicales, Cirad-Orstom*, 401-427.
66. Matallah, M. A. A. (2004). Contribution à l'étude de la conservation des dates variétés Deglet-Nour: Isotherme d'adsorption et de désorption. Mémoire d'Ingénieur agronomes. *INA. El-Harrach*, 79.
67. Mell, J. C., et Burgess, S. M. (2001). Yeast as a Model Genetic Organism. In eLS.
68. Mortimer, R., et Polsinelli, M. (1999). On the origins of wine yeast. *Research in microbiology*, 150(3), 199-204.
69. Mouffok, A. (2018). Étude de la production d'acide glutamique à partir de jus de datte par *Corynebacterium glutamicum* 2262 thermo-inductible (Doctoral dissertation).
70. Nancib, N., Nancib, A., et Boudrant, J. (1997). Use of waste date products in the fermentative formation of baker's yeast biomass by *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology*, 60(1), 67-71.
71. Nguyen, T. D. (2016). *Protection de la levure Saccharomyces cerevisiae par un système biopolymérique multicouche: effet sur son activité métabolique en réponse aux conditions de l'environnement* (Doctoral dissertation, Dijon).
72. Noui, Y. (2001). L'optimisation de la production de la biomasse «*Saccharomyces cerevisiae*» cultivé sur un extrait de datte. *Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Batna*. 62p.

73. Oulad belkhir, A. (2016) *Fabrication de la levure boulangere a base des rebuts des dattes ghars* (Doctoral dissertation, Universite kasdi Merbah. Ouargla).
74. Ould el hadj, M. D., Cheick, M., Hamdi, W., Sayah, Z., et Bouaziz, S. (2018). Etude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit et Hamraya) réparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien)
75. Oury, V. (2014). *Déterminisme du nombre de grains chez le maïs (Zea mays L.) en déficit hydrique: rôles de la dynamique d'émergence des soies et du métabolisme carboné* (Doctoral dissertation, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier).
76. Regnault, I. P. (1990). Microbiologie générale-Vol. *Edition Vigot*.
77. Reski-Bekki, M. A. (2014). *Production de metabolites par les levures: caractérisation et identification des aromes et des alcools* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Université d'Oran. Algérie).
78. Revuz, B. (1979). Microbiologie et industrie alimentaire (culture de la levure sur mûlasse). (Ed) Lavoisier. In: Paris.
79. Reyes, I., Cruz-Sosa, F., Roman-Guerrero, A., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2016). Structural changes of corn starch during *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Starch-Stärke*, 68(9-10), 961-971.
80. Rouai, M., et Zouzou, A. (2017). *Estimation du potentiel de la production d'hydrogène à partir de la biomasse* (Doctoral dissertation).
81. Rupeš, I. (2002). Checking cell size in yeast. *TRENDS in Genetics*, 18(9), 479-485.
82. Salma, M. (2013). *Etude et caractérisation de l'état " Viable mais Non Cultivable" chez Saccharomyces cerevisiae* (Doctoral dissertation, Dijon).
83. Sanchez Gonzalez, Y. (2008). *Etude de l'adaptation et de la gestion de l'activité cellulaire dans un bioréacteur biétagé: intensification de la production d'éthanol* (Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse).
84. Scriban, R. (1988). Les industries agricoles et alimentaires. *Progrès des sciences et techniques. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris*.
85. Semassa, A. J., Padonou, S. W., Anihouvi, V. B., Akissoé, N. H., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Diversité Variétale, Qualité Et Utilisation Du Maïs (Zea Mays) En Afrique De l'Ouest: Revue Critique. *European Scientific Journal*, 12(18).
86. Siboukeur, O. (1997). Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. *Mémoire de Magister, INA, El Harrach, Alger*.

87. Tchango Tchango, J. (1996). *Qualité microbiologique des jus et nectars de fruits exotiques: croissance et thermorésistance des levures d'altération* (Doctoral dissertation, Lille 1).
88. Torija, M. J., Beltran, G., Novo, M., Poblet, M., Rozès, N., Mas, A., & Guillamón, J. M. (2003). Effect of organic acids and nitrogen source on alcoholic fermentation: study of their buffering capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(4), 916-922.
89. Tressol, J. C., Ireland-Ripert, J., Favier, J. C., Feinberg, M., et Lamand, M. (1995). Répertoire général des aliments: Table de composition minérale. *Répertoire général des aliments*, 1-226.
90. Van Uden, N., et Fell, J. W. (1968). Marine yeasts. *Adv Microbiol Sea*, 1, 167-201.
91. Vanderwaeren, L., Dok, R., Voordeckers, K., Nuyts, S., et Verstrepen, K. J. (2022). *Saccharomyces cerevisiae* as a Model System for Eukaryotic Cell Biology, from Cell Cycle Control to DNA Damage Response. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 11665.
92. Vladescu, B. (1994). La levure dans les industries alimentaires Ed. *Tec et Doc, Lavoisier.* - 56 p.
93. Walker, G. M., et Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*, 2(4), 30.
94. Werner-Washburne, M., Braun, E., Johnston, G. C., et Singer, R. A. (1993). Stationary phase in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiological reviews*, 57(2), 383-401.
95. Winter, J. (1988). *Fermentation alcoolique par Saccharomyces cerevisiae: contribution à l'étude du contrôle de la dynamique fermentaire par l'inhibition et les facteurs nutritionnels* (Doctoral dissertation, ANRT).
96. Watson, S. A. (1987). Structure and composition. *Corn : Chemistry and technology.*, 53-82.
97. Labomedico(malassez<https://labomedico.com/comment-faire-comptage-cellule-malassez/>)
98. La Réunion mi-aime-a-ou ([https://www.mi-aime-a-ou.com/zea\\_mays.php](https://www.mi-aime-a-ou.com/zea_mays.php))





***Annexes***

**Milieu YPD :** extrait de levure :10 g /l ; peptone :20 g/l ; glucose : 20 g/l ;agar : 20 g/l

Eau distillé 1000 ml ; pH = 7

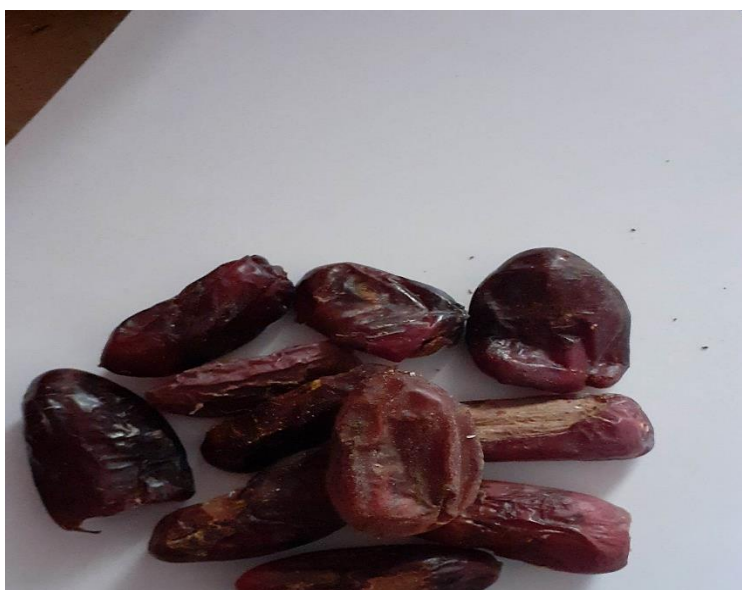
**Milieu bouillon nutritif :** extrait de malte : 1,5 g/l ; Nacl :0,5 g/l ; peptone : 1,5 g/l

Eau distillé 150 ml ; pH = 7

**Le jus de datte :** Les dattes utilisées : Ghares sèche de palmiers , azerza , dehgla écrasé, hamraya , a une faible qualité marchande. d'ELMENIAA



**Figure 31 :** Datte à moindre valeur marchand de azerza



**Figure 32 :** Datte à moindre valeur marchand utilisée  
hamraya



**Figure 33** : Datte à moindre valeur marchand utilisée  
ghars immature



**Figure 34** : Datte à moindre valeur marchand utilisée  
degla beida

- ❖ Le jus est préparé de cette façon :
- ❖ Pour les dattes
  - Laver les dattes à l'eau de robinet.
  - Dénoyer les.
  - Rajouter l'eau à raison de 2 litres par 1 kg de pulpe de datte.
  - Chauffer le mélange à 80°C pendant 2 heures avec plaque chauffant sous agitation (ou laisser macérer une nuit).
  - Filtrer le mélange à travers un tissu (une gaze).
  - Centrifuger le jus obtenu à 15000g pendant 10 minutes.
  - Recueillir le surnageant et l'utiliser en tant que solution mère pour la production *saccharomyces cerevisiae*
- ❖ Pour le Maïs
  - Laver le Maïs a l'eau de robinet
  - Rajouter l'eau a raison de 1 litre par 100 mg de Maïs
  - Chauffer le mélange à 80°C pendant 2 heures avec plaque chauffant sous agitation
  - Filtrer le mélange à travers un tissu et l'utiliser en tant que solution mère



Figure 35:appareil de lyophilisation



**Figure 36** : compteur de colonies