

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



جامعة أمحمد بوقرة – بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

FACULTE DES SCIENCES, DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : science Biologiques

Spécialité : Biotechnologie Microbienne

Etude du comportement rhéologique d'une levure

***Saccaromyces cerevisiae* en milieu liquide.**

Réalisé par :

M^{lle} AGGOUNE Bahia

M^{lle} ZERKANE Iman

Soutenu le 29/06/2016 devant le jury composé de :

M^{me} BENZINA F.

MCB (UMBB)

Président de jury

M^{me} BEHIDJ N.

MCA (UMBB)

Promoteur

M^{me} GANA S.

MCA (UMBB)

Co-promoteur

M^{me} Ben-kortoby.

DOCTORANTE (ENSA) Examineur

2015/2016

Remerciement

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut . . . Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance. . . Aussi, c'est tout simplement que nous dédie ce projet de fin d'études...

*Nous remercions en premier lieu, **ALLAH** le tout-puissant, de nous avoir donné le foie, le courage et la confiance en nous-mêmes pour pouvoir mener à terme ce présent travail.*

*Notre gratitude et notre profond reconnaissance a notre promoteur :**M^{me} BEHIDJ.N**, pour nous avoir fait l'honneur de nous confier la réalisation de ce sujet et nous avoir permis de travailler sous sa responsabilité en nous guidant et nous encourageant, ainsi nos profonds remerciement a notre Co-promoteur **M^{me} GANA**, qui nous a guidé et aidé durant la réalisation de ce mémoire qu'elles trouve dans ces mots l'expression de nos vifs remerciement*

*Nous aimerions également remercier très particulièrement et solennellement tous les membres du jury, **M^{me} BENZINA.F** et **M^{me}. Ben kortoby** pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail*

Enfin en voudrait exprimer nos remerciement A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

*Je dédie ce travail a mes **très chers parents**: autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Allah, le tout-puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur, qui étude de l'esprit et vous protège de tout mal.*

*A mes frère « **Sofiane, Omer, Yassine, Ali** », ma sœur « **Bouchra** », la femme de mon frère « **Lamiss** » et bien sure les petit « **Loay et Noursine** » : les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Puisse Allah vous garder et vous protéger et que l'amour et la fraternité nous unissent à jamais*

*Ames **tantes**, mes **oncles** et à toute **ma famille**, je vous remercie pour vos encouragements..*

*A mes très **chers amis** : « **Meriem, Iman, Kenza, Soulef, Zahra, Nesrine, Aicha, Somia** » : pour tous les moments magnifiques et inoubliables que j'ai passés avec vous Pour tout l'amour, le soutien que vous m'avez offert, de votre affection je ne peux me surpasser, je vous remercie très fort et je ne vous oublierai jamais*

A tous ceux qui occupe une place dans mon cœur

Zahia

*Je dédie ce travail à mes **très chers parents** que m'ont soutenu et encouragé tout au long
de ma vie, grâce à eux je suis ce que je suis*

*A mes **frère** et mes **sœur**, tout ma famille*

*A mon marié de futur **Yousef** ; je vous remercie pour vos encouragements,*

*A mes **amie** et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*A tous **mes enseignants** tout au long de mes études : Permettez-moi de vous témoigner
tout le respect que vous méritez ainsi que ma profonde affection.*

A tous ceux qui occupent une place dans mon cœur

Imane

Sommaire

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. 1 Données bibliographiques sur *saccharomyces cerevisiae*.....3

I.1.1 Historique3

I.1.2 Définition3

I.1 .3. Identification.....3

I.1.3.1. Taxonomie.....3

I.1.3.2 Morphologie.....4

I.1.3.3 La structure.....4

I.1.4.1 Métabolisme.....5

- En aérobiose6

- En anaérobiose.....7

I.1 .4.2 Reproduction.....9

I.1 .4.2.1 Prolifération.....10

- Cycle cellulaires mitotique.....10

I.1 .4.2.2 Transition ou conjugaison sexuel et sporulation.....11

I.1.5. Constituants de la culture de saccharomyces.....13

I.1.5.1. Exigences nutritionnelles13

I.1.5.2 Influence des paramètres environnementaux14

- Influence du pH14

- Influence de température.....14

- Influence de l'éthanol	14
I.1.6 Principale application de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14.
I.2. Généralité sur la rhéologie.....	15
I.2.1 Définition.....	15
I.2. 2 Grandeurs étudiées en rhéologie.....	15
I.2. 2.1. Viscosité	15
I.2. 2.1.1. Définition.....	15
I.2. 3 Mesure de la viscosité	15
I.2.3.1 Mouvement de cisaillement.....	15
I.2.3.2 Contrainte de cisaillement.....	16
I.2. 4 Paramètres influençant la viscosité.....	16
I.2. 4.1 Température	16
I.2. 5 Rhéogrammes.....	17
I.2. 6 Différents comportements rhéologiques	17
I.2. 6. 1 Les fluides newtoniens.....	17
I.2. 6.2 Les fluides non newtoniens.....	17

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Matériel	18
II.1.1. Matériel biologique.....	18
II.1.1.a. Caractéristiques de la souche étudiée	18
II.1.1.b. Milieux de culture	19
II.2.Méthodes	19
II.2.1. Revivification de la souche <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
II.2.2.La culture en milieu liquide	20
II.2.2.1. . Etude de l'influence de la température, pH et concentration de l'inoculum sur la croissance de la levure.....	20

. II.3 Rhéologie.....	22
II.3.1 Comportement rhéologique des suspensions microbiennes.....	22

Chapitre III : Résultat et discussion

III.1.Revivification de la souche <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	23
III.2.Vérification de la pureté de la souche	24
.III-3. Influence de la température, pH et concentration de l'inoculum sur la croissance de la levure.....	24
III.4 Mesures rhéologiques des suspensions microbiennes de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28
III.4.1 Effet de la température sur les propriétés rhéologiques des suspensions microbiennes de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	29
III.4.2 Effet de la température sur le vieillissement des suspensions microbiennes de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	31
Conclusion	33
Annexe	34
Référence bibliographiques	40

INTRODUCTION

CHAPITRE I

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II

MATERIELS

ET

METHODES

CHAPITRE III

RESULTAS

ET

DISCUSSION

Conclusion

ANNEXE

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

Résumé

La suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* possède des propriétés rhéologiques très intéressantes telles que la viscosité. Ce paramètre physique présente la principale grandeur indiquant le degré de fluidité d'un fluide. Ainsi le comportement rhéologique de la suspension microbienne dépend de plusieurs paramètres physiques et chimiques à savoir la température, le pH, la concentration de milieu et la vitesse de cisaillement.

A travers cette étude, on mentionne que ce microorganisme se nourrit de glucose et de fructose. Sa croissance optimale est à 30°C, et à un pH 6,5. Ainsi au cours de ce travail une caractérisation du comportement rhéologique de la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* a été réalisée. La viscosité apparente de ces suspensions microbienne a été mesurée dans différents conditions. Les résultats obtenus ont montré que la viscosité apparent des solutions microbienne augmente avec l'augmentation de la concentration de la biomasse. la suspension de *Saccharomyces cerevisiae* a suivi un comportement rhéofluidifiant ($n >$) pour des vitesses de cisaillement entre 0 et 300 s⁻¹

Au delà de 300 s⁻¹, le comportement rhéologique des suspensions microbienne de type rhéoépaississant ($1 < n$). La viscosité apparente de la suspension microbienne a diminué avec l'augmentation de la température 80°C°. A ce niveau, on note une augmentation de la viscosité en fonction du vieillissement. Par contre, le vieillissement n'a pas d'effet sur la viscosité des suspensions microbienne à la température 10°C°

Mots clés: *Saccharomyces cerevisiae*, propriétés rhéologiques, suspension microbienne, pH, température, viscosité.

Abstract

The microbial suspension of *Saccharomyces cerevisiae* possesses very interesting rheological properties such as viscosity. This parameter shows the main physical quantity indicating the degree of fluidity of a fluid. And the rheological behavior of the microbial suspension depends on several physical and chemical parameters, namely the temperature, pH, medium concentration and the shear rate.

Through this study, it is mentioned that the organism feeds on glucose and fructose. Its optimum growth at 30 ° C, and at pH 6.5. Thus during this work a characterization of the rheological behavior of the microbial suspension of *Saccharomyces cerevisiae* was performed. The apparent viscosity of these microbial suspensions was measured in various conditions. The results obtained showed that the apparent viscosity of microbial solutions increases with increasing concentration of the biomasse. A suspension of *Saccharomyces cerevisiae* followed a shear-thinning behavior ($n > 1$) to shear rates from 0 to 300 s⁻¹. Beyond 300 s⁻¹, the rheological behavior of microbial suspensions type rhéoépaississant ($1 < n$). The apparent viscosity of the microbial suspension decreased with increase of the temperature 80C °. At this level, there is an increase of viscosity as a function of aging. By cons, aging has no effect on the viscosity of the microbial suspensions at temperature 10C °

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, rheological properties, microbial suspension, pH, température, viscosité.

...

ملخص

المعلقات الميكروبية نيين من أن خميرة الخبز تمتلك خصائص الانسيابية مثل اللزوجة. هذا المؤشر الفيزيائي هو المؤشر الرئيسي الذي يدل على درجة من سيولة السائل. وسلوك الانسيابية للمعلقة الميكروبية يعتمد على عدة معايير والدساتير الكيميائية وهي درجة الحرارة، ودرجة الحموضة على تركيز الوسط ومعدل القص.

من خلال هذه الدراسة، نذكر أن ذلك الكائن الحي الدقيق يتغذى من الجلوكوز والفركتوز. للنمو الأمثل عند 30 درجة مئوية، ودرجة الحموضة في 6.5. حتى خلال هذا العمل تم توصيف السلوك الانسيابية للخميرة *Saccharomyces cerevisiae*. تم قياس اللزوجة الظاهرية لهذه المعلقات الميكروبية في ظروف مختلفة. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن اللزوجة الظاهرية للمحاليل الميكروبية الصغيرة زادت مع زيادة تركيز الكتلة الحيوية. إن معلقات خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae* قد اتبعت نمط تشوهي سائل ($n < 1$) بين معدلات سرعة الفص 0-300 S-1 أما اذا زاد عن 300s-1 فان المعلقات الميكروبية تتبع نمطا تشوهيا بالسماكة سائل ($n < 1$)

اللزوجة الظاهرية لمعلقات *Saccharomyces cerevisiae*. تناقصت مع زيادة درجة حرارة 80 درجة مئوية، في هذه الحالة نسجل تزييدا في اللزوجة الظاهرية بالنسبة إلى الشيخوخة،

في المقابل الشيخوخة لا تأثير لها على لزوجة المعلقات الميكروبية عند درجة الحرارة 10

كلمات البحث: خميرة الخبز ، خصائص الانسيابية ، معلقات الميكروبية ، درجة الحموضة ، درجة الحرارة ، اللزوجة

I.1 Données bibliographiques sur *Saccharomyces cerevisiae*

I.1.1 Historique

Les levures sont les premiers microorganismes à avoir été utilisés par l'Homme. Ainsi, les sumériens, les babyloniens et les égyptiens ont laissé des traces iconographiques et/ou écrites, qui sont vieilles de plusieurs milliers d'années, de la production de boissons alcoolisées par fermentation et de l'utilisation des levures dans la fabrication du pain. Elles sont également les premiers microorganismes à avoir été observés au microscope par Van Leeuwenhoek qui les a dessinées vers 1680 et qui a même réalisé des modèles tridimensionnels en cire. Au dix-neuvième siècle, c'est à la suite de ses travaux sur les levures que Pasteur contribua à la fondation de la microbiologie. Les levures furent reconnues comme des champignons par Bary en 1866 lorsqu'il détecta des ascospores chez la levure de bière.

I.1.2 Définition

Selon Larpent et Gourgoud (1985), *Saccharomyces cerevisiae* vient du mot saccharose qui signifie «sucre», myces « champignon ». Tandis que *cerevisiae* fait référence à «cervoise», est un terme scientifique, qui est le nom qu'on donnait autrefois à la bière. Ainsi, c'est un terme utilisé pour désigner le petit champignon microscopique qui compose les différentes sortes de levures intervenant dans la fermentation. Donc, elle est littéralement connue comme levure du sucre. Les levures sont des eucaryotes faisant partie du groupe des champignons dont on les distingue par leurs caractères unicellulaires. Elles sont microscopiques et immobiles (Guiraud et Galzy, 1998).

I.1.3. Identification

I.1.3.1. Taxonomie

il est classé comme suit selon E.C .Hansen, 1883 .

Règne: Fungi

Division : Ascomycota

Sous-division : Saccharomycotina

Classe : Saccharomycets

Ordre: Saccharomycetales

Famille: Saccharomycetaceae

Genre: Saccharomyces

Espèce: *Saccharomyces cerevisiae*

I.1.3.2 Morphologie:

Saccharomyces cerevisiae est une cellule sphérique, ovoïde ou arrondies de taille très variable soit de 3 à 14 µm (**Figure 1**). Mais certaines cellules sont cylindriques et de grandes tailles jusqu'à 20 µm de longueur ou plus (Larpent, 1991).



Fig. 1: Micrographie de *S. cerevisiae* (Tortora et Anagnostakos, 1987)

I.1.3.3 Structure

Elle est présentée dans la figure 2.

Paroi cellulaire

Elle est rigide et très résistante comportant trois couches dont la composition chimique est différente de celle des végétaux supérieurs et des bactéries. La couche externe est formée de mannanes phosphorylés et de glycoprotéines tandis que les couches moyenne et interne sont formées de glucanes. On trouve également dans la paroi des lipides et de la chitine (Larpent, 1991; Larpent-Gourgau, 1997; Ferreira et Fennessy, 1997).

Noyau

Il est généralement en position centrale avec un diamètre d'environ 2 µm chez les cellules haploïdes. Le nombre haploïde de chromosomes est égal à seize chez *Saccharomyces cerevisiae* (Guiraud, 1998).

Cytoplasme

Il contient des vacuoles en nombre variable qui fusionnent le plus souvent chez les cellules âgées. On trouve également dans le cytoplasme des inclusions de glycogène et des microvésicules (Guinet et Godon, 1994; Bourgeois et Larpent, 1996; Guiraud, 1998):

Lorsque les levures vivent en aérobiose, on trouve dans le cytoplasme des mitochondries qui disparaissent en anaérobiose (Guinet et Godon, 1994; Bellam et Fould, 1996).

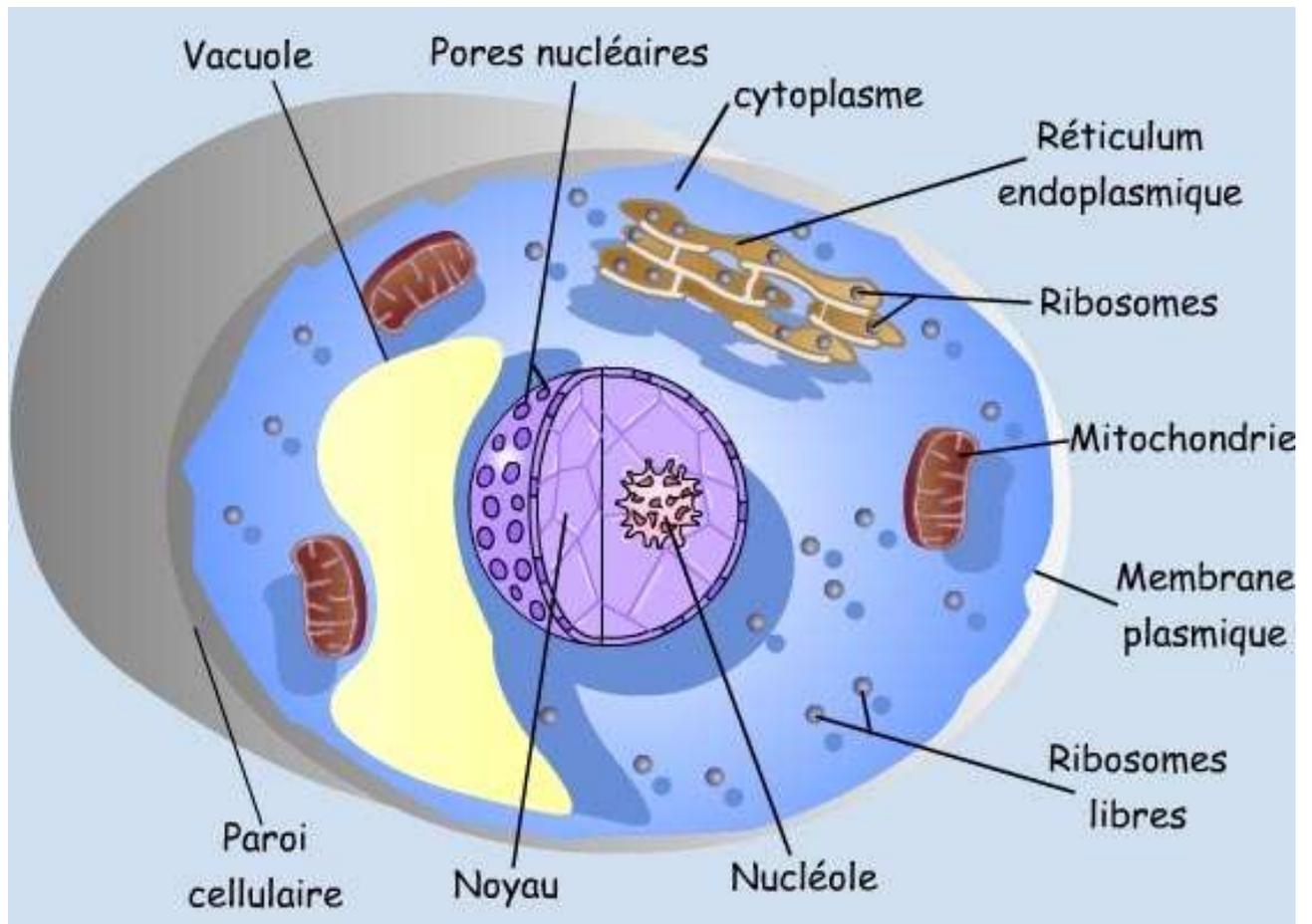


Fig 2: Structure de *Saccharomyces cerevisiae* (Thuriaux, 2004)

I.1.4 Biologie de *Saccharomyces cerevisiae*

I.1.4.1 Métabolisme

La levure comme tout être vivant vit en présence d'oxygène (aérobiose). Mais elle a aussi la remarquable faculté de s'adapter à un milieu sans air (anaérobiose).

Pour assurer ses dépenses énergétiques, elle peut utiliser différents substrats carbonés, principalement des sucres. Il faut noter que le glucose est l'aliment carboné préférentiel de *S. cerevisiae* (De queiroz, 1991). En se référant au catabolisme du pyruvate formé à partir du glucose, on peut distinguer deux types de métabolismes (Botton, 1991).

En aérobiose

Lorsque la levure se trouve en présence d'air, elle produit à partir du sucre et de l'oxygène du gaz carbonique, de l'eau et une grande quantité d'énergie. C'est le processus métabolique de la respiration. Dans ces conditions l'oxydation du glucose est complète (Guinet et Godon 1994).

Selon (Scriban, 1988; Guinet et Godon 1994, Hesclot et Vladescu, 1994; Ferreira et Fennesy, 1997; Guiraud, 1998), la réaction est la suivante:

Glucose + Oxygène -----> Gaz carbonique + Eau + Energie

Il se forme donc 13 fois plus d'ATP que par métabolisme anaérobie (Vladescu, 1994; Bellam et Fould, 1996; Ferreira et Fennesy, 1997).

Toute l'énergie biochimique potentielle contenue dans le glucose étant libérée, la levure peut seulement assurer son maintien en vie, mais aussi synthétiser de la matière organique. Donc elle va entrer en croissance et se multiplier.

La respiration fait intervenir de nombreuses enzymes mitochondriales (**Figure 3**). Cette fois, le pyruvate, en présence d'oxygène sera transformée en acétyl coenzyme A qui permettra l'entrée dans un cycle de dégradation des acides tricarboxyliques (Cycle de Krebs).

La chaîne respiratoire, dont le rendement énergétique est beaucoup plus efficace, est préférentiellement utilisée par la levure. Néanmoins, cette préférence est limitée par l'effet Crabtree (Guinet et Godon 1994).

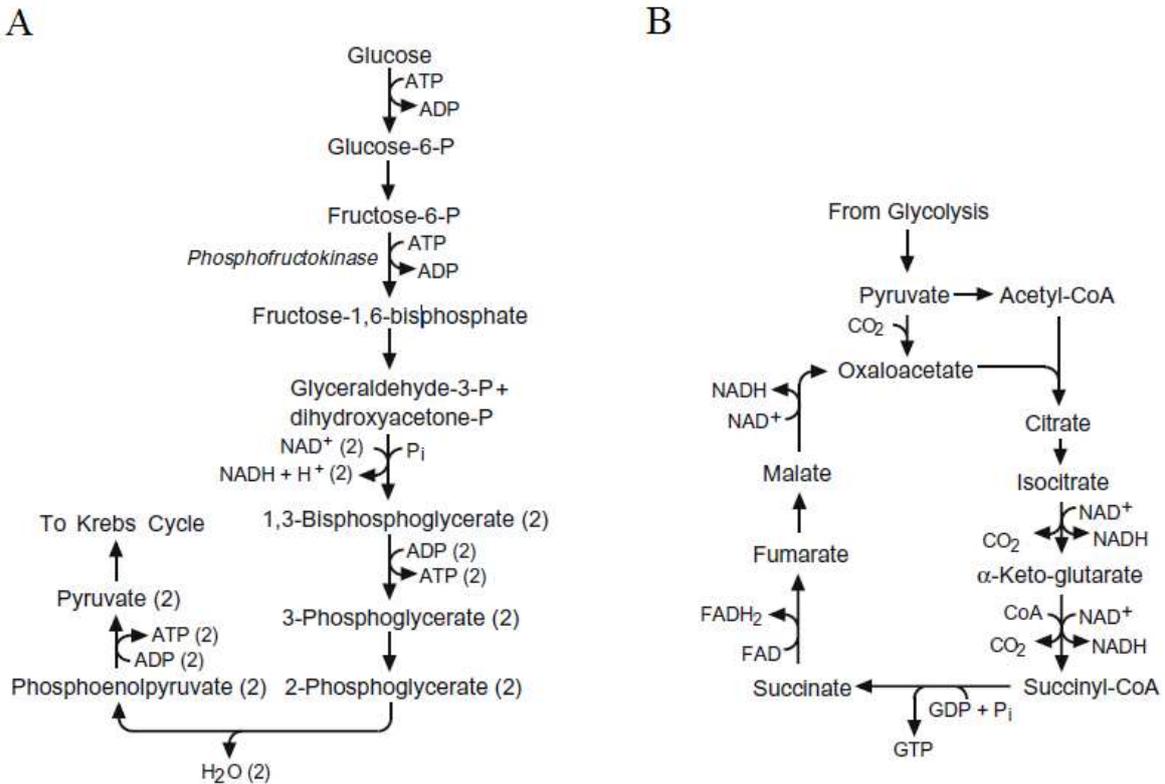


Fig. 3: La glycolyse (A) et du cycle de Krebs (B). (Fritsche, 1972)

En anaérobiose

Lorsque la levure ne dispose pas d'oxygène, elle peut néanmoins utiliser des sucres pour produire l'énergie nécessaire à son maintien en vie. Ce processus métabolique a été défini par Pasteur comme étant celui de la fermentation. Les sucres sont transformés en gaz carbonique et en alcool (Leyral et Vierlin, 2007; Lai, 2010)

L'oxydation du glucose est incomplète on parle de fermentation ou de vie sans air (Regnault, 1990).

Selon Scriban (1988), Guinet et Godon (1994), Hesclot et Vladescu (1994), et Ferreira et Fennes (1997), Guiraud (1998), la réaction est la suivante

Glucose -----> Gaz carbonique + Alcool + Energie

L'alcool formé contient encore beaucoup d'énergie. Il n'y a donc qu'une partie de l'énergie biochimique potentiellement présente dans le glucose qui a été libérée. Ainsi, on note environ 20 fois moins que pour la respiration. Elle assure un minimum vital à la levure, sans lui permettant de se multiplier rapidement (Guinet et Godon 1994).

Ce métabolisme se caractérise généralement par un ensemble de réactions qui se produisent en absence d'oxygène comme accepteur final d'électron (**Figure 4**).

Le métabolisme en anaérobiose porte le nom scientifique de glycolyse. Il s'agit de la dégradation des glucides en pyruvate, qui fait intervenir 30 à 65 % des protéines cellulaires que constituent les enzymes. Le glucose qui est un sucre à 6 atomes de carbone pénètre dans la cellule où il subit des phosphorylations consommatrices d'énergie avant d'être scindé en 2 molécules et à 3 atomes de carbone. Ces dernières entrent chacune dans une série de réactions aboutissant au pyruvate, qui en l'absence d'oxygène est transformé en acétaldéhyde puis en éthanol et sera ensuite excrété par la cellule (Guinet et Godon 1994; Tchango et Tchango 1996 .)

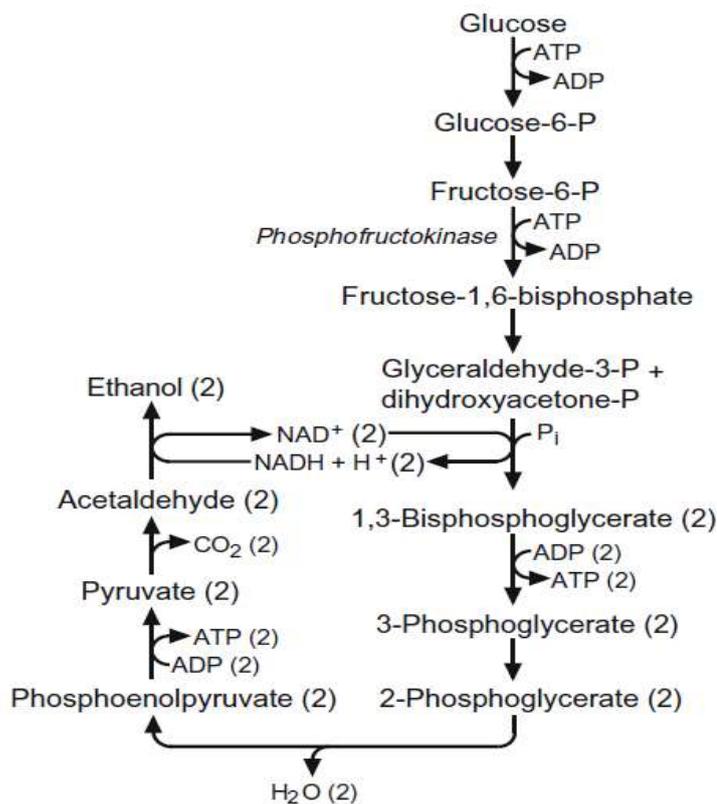


Fig.4: Utilisation du glucose par *Saccharomyces* sous conditions anaérobies (fermentation) (Fritsche, 1972).

I.1.4.2 Reproduction

Cycle cellulaire de *Saccharomyces cerevisiae*

Selon Herskowitz (1988) le cycle cellulaire de *S. cerevisiae* comprend deux modes de reproduction (Figure 3). Le premier est la prolifération cellulaire ou bourgeonnement. C'est un processus par lequel une cellule donne naissance à une autre cellule essentiellement identique. Tandis que le second est la transition de la ploïdie au cours du cycle cellulaire ou reproduction sexuée. Lors de cette transition, les cellules haploïdes de sexe opposé se conjuguent pour former des cellules diploïdes. Alors que les cellules diploïdes sporulent pour former des cellules haploïdes (Figure 5).

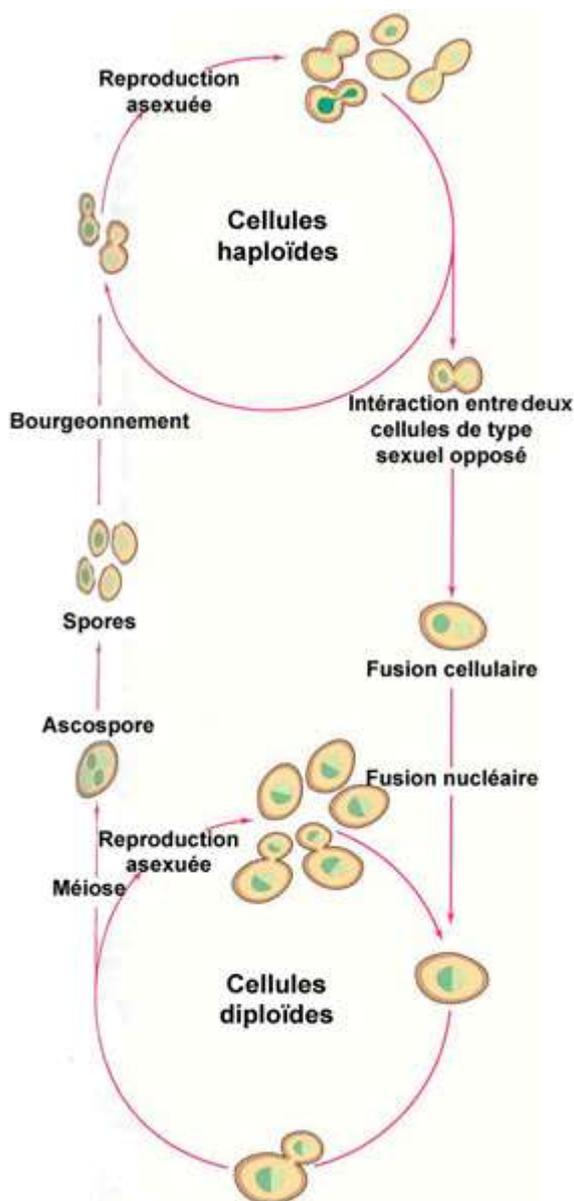


Fig. 5: Représentation schématique du cycle cellulaire de *S. cerevisiae* (Madigan *et al.*, 2000).

Selon les conditions environnementales externes, les cellules haploïdes et diploïdes débutant la phase G₁ «pré-Start» doivent faire un choix. Si la quantité de nutriments est suffisante, elles poursuivent le cycle cellulaire mitotique à ce niveau il s'agit de la reproduction asexuée. Par contre, si elles jugent que la quantité de nutriments est insuffisante (glucose) et qu'elles détectent la présence de phéromones sexuelles, les cellules haploïdes entrent alors en mode de conjugaison sexuelle. Donc, on parle de la reproduction sexuée. Tandis que les cellules diploïdes entrent en mode de sporulation (Herskowitz *et al.*, 1988).

I.4.2.1 Prolifération

Cycle cellulaire mitotique

Selon Herskowitz (1988), en présence d'une quantité suffisante de nutriments, les cellules de *S. cerevisiae* entrent en croissance végétative. Les cellules haploïdes et diploïdes se divisent par reproduction asexuée. Chez *S. cerevisiae* cette reproduction asexuée s'effectue par bourgeonnement (Figure 6). Le cycle cellulaire débute avec l'apparition d'un bourgeon à la fin de la phase G₁, après le point de repère «Start». Ensuite, le bourgeon croît tout au long de la phase S, en même temps que l'ADN de la cellule mère se réplique et atteint sa dimension finale lorsque la cellule est prête à entrer en mitose (phase M).

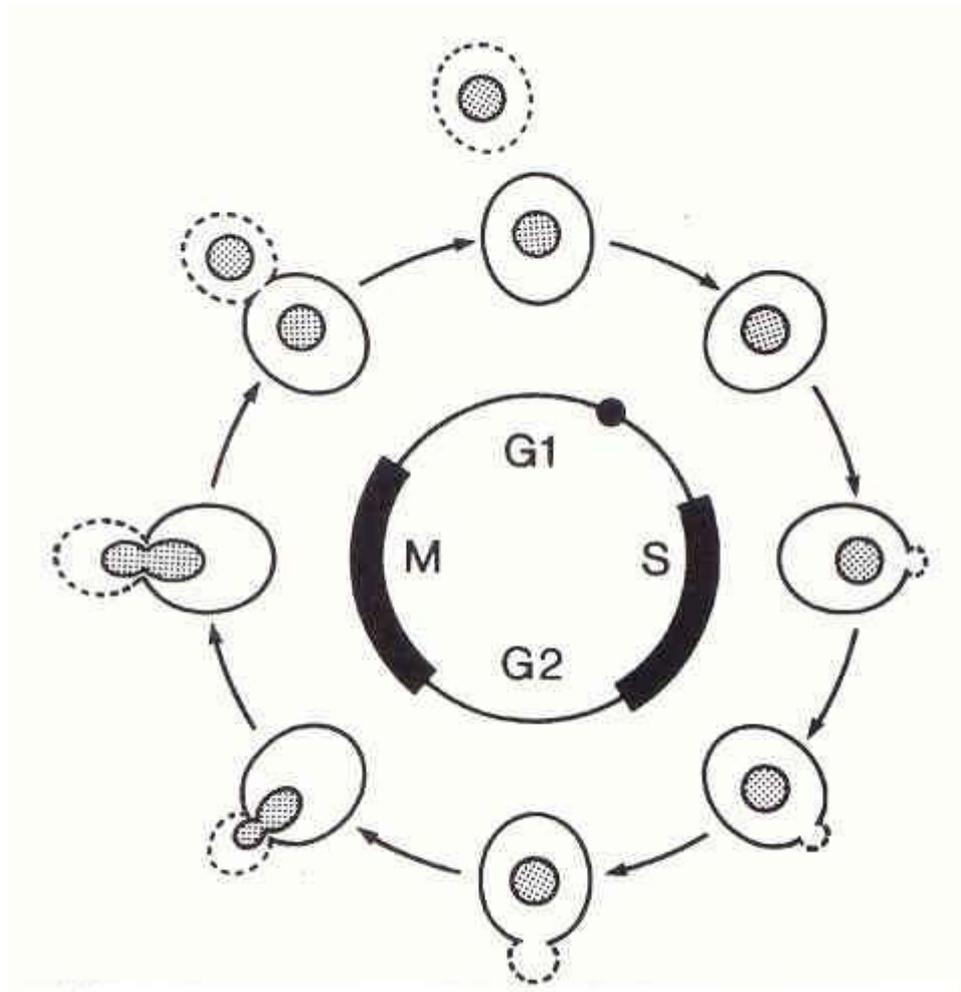


Fig. 6: Représentation schématique du cycle cellulaire de *S.cerevisiae* (Herskowitz, 1988).

1.4.2.2. Transition ou conjugaison sexuelle et sporulation

En absence d'une quantité suffisante de nutriments et en présence de phéromones sexuelles, les cellules haploïdes de *S. cerevisiae* abandonnent la reproduction asexuée et débutent la reproduction sexuée. La reproduction sexuée comprend deux étapes majeures; soit la conjugaison sexuelle ou la méiose (ou sporulation) (**Figure 7**). Au cours de la conjugaison sexuelle, deux cellules haploïdes se fusionnent pour produire une cellule diploïde. À l'inverse, au cours de la méiose, cette cellule diploïde sporule pour produire quatre cellules haploïdes (Herskowitz, 1988).

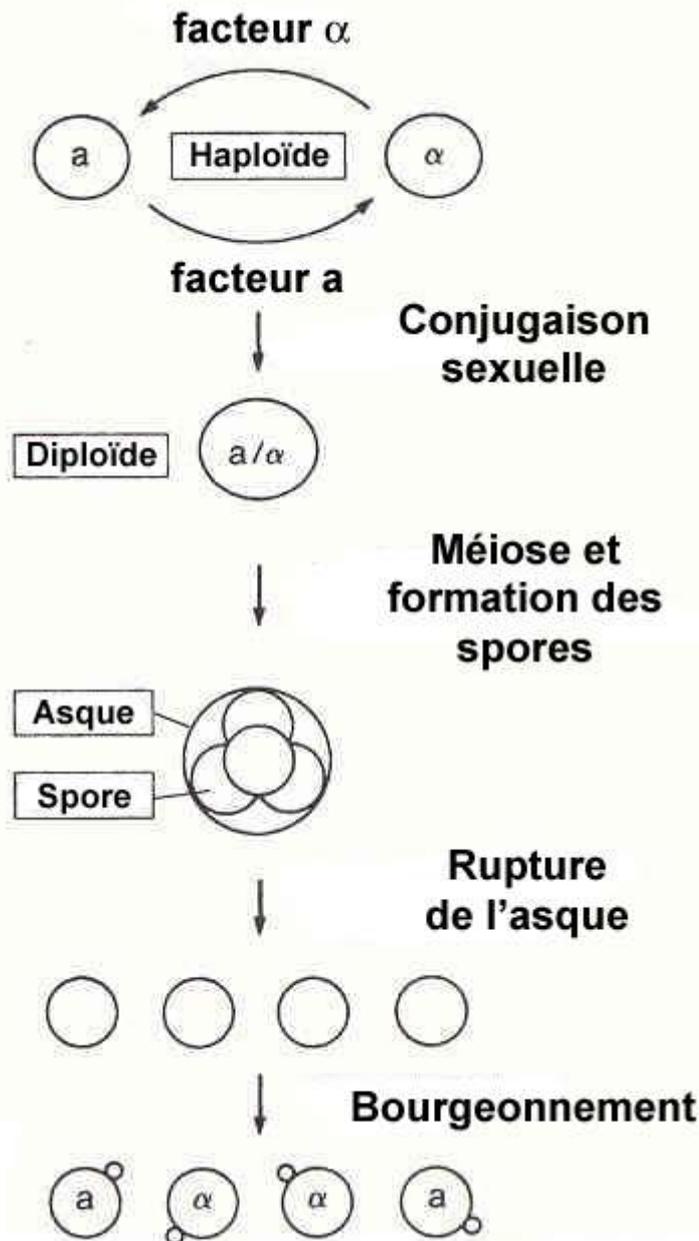


Fig.7: Transition de la ploïdie au cours du cycle cellulaire de *S. cerevisiae* (Herskowitz, 1988).

Lorsque les cellules diploïdes de *S. cerevisiae* sont exposées à un milieu pauvre en nutriments, elles peuvent choisir d'effectuer une transition dimorphique (Kron *et al.*, 1994). Dans un tel cas, le changement de la forme cellulaire et du patron de division cellulaire provoque l'apparition de filaments invasifs nommés pseudohyphes. Les cellules se servent alors de ces pseudohyphes pour pénétrer à l'intérieur du milieu de culture solide de façon à obtenir les nutriments retrouvés en profondeur (Gimeno *et al.*, 1992

I.1.5. Constituants de la culture de saccharomyces

Les paramètres environnementaux tels que la température, le pH et la concentration en éthanol dans le milieu ainsi que les apports nutritionnels comme les sels et les vitamines ont une influence sur les capacités de croissance et de production de la levure.

I.1.5.1. Exigences nutritionnelles

La levure *S. cerevisiae* est auxotrophe à certaines molécules qui sont nécessaires. Ces molécules sont considérées comme les principales sources énergétiques de la levure et classiquement apporté sous forme de glucose, de composés tels l'azote, le phosphore, le soufre, certains acides aminés, les vitamines et les oligo-éléments qui sont indispensables à son développement. (Bourgeois et Leveau, 1991).

L'azote

La levure peut utiliser des sources d'azote différentes tels que les acides aminés, les peptides. Mais l'azote sous forme d'ion ammonium est plus facilement assimilable (Jones et coll, 1981; winter, 1988).

Le phosphore

S. cerevisiae utilise l'orthophosphate, préférentiellement sous forme d'ion monovalent, comme unique source de phosphore (Winter, 1988). Jones et coll (1981) notent que cet élément sert à la synthèse des lipides, des hydrates de carbone et participe au maintien de l'intégrité membranaire.

Le soufre

Selon Rose et Harrison (1971), le soufre est assimilé généralement sous forme inorganique. IL est transformé dans la cellule sous forme d'un acide aminé qui est la méthionine

Les oligo-éléments

Les levures ont besoin d'éléments nutritifs pour assurer un développement adéquat. Il s'agit de sels minéraux et d'oligoéléments nécessaires à de très faibles concentrations (Larpen-Gourgand et Sanglier, 1992)

Les vitamines

Les vitamines sont généralement des coenzymes ou des précurseurs d'enzyme. Elles permettent une régulation du métabolisme de la levure (Botton et *al.*, 1990).

I.1.5.2 Influence des paramètres environnementaux

Influence du pH

S. cerevisiae présente l'avantage de croître sur un milieu acide, pour lequel la plupart des bactéries ne se développent pas. Elle préfère un pH compris entre 4 et 4,5 (Revuz, 1979). D'après Jones et coll (1981), le pH intracellulaire est varié. Pour des pH extracellulaire, il varie de 3 à 7. Il est à noter que dans cette gamme, la vitesse spécifique de croissance maximale est peu effectuée. Pour des pH au-delà de cet intervalle, on remarque un ralentissement de la croissance. Ainsi, pour un pH inférieur à 2,4 et supérieure à 8,6, la croissance est totalement inhibée.

Influence de température

La température convenable pour la levure *S. cerevisiae* se situe entre 25°C et 35°C. Il s'agit d'organismes mésophiles (Larpen et Gourgoud, 1985)

L'augmentation de la température accroît la vitesse de la production de certains métabolites comme l'éthanol (Aldeguier et al., 2004). Mais, elle augmente la sensibilité et l'effet néfaste des stress tels que les chocs osmotiques qui provoque une diminution de la viabilité, et de l'activité cellulaire (Maréchal et al., 1999; Beney et al., 2001). Selon Watson et al. (1987), cette élévation de la température au dessus de la température maximale de croissance entraîne des mutations. Comme, elle peut entraîner également des modifications au niveau de la synthèse des protéines

Influence de l'éthanol

L'éthanol représente la principale cause de stress et devient toxique à des concentrations allant de 8 à 18% (p/v) pendant la culture et ceci selon l'état physiologique de l'organisme. Une fois la concentration de l'éthanol augmente dans le milieu de culture, on assiste à une diminution de la vitesse de la croissance, de la viabilité cellulaire, de l'activité métabolique et de la capacité de production de la levure (Aguilera et al., 2006; Canatta et al., 2006; Hu et al., 2006; Kitagaki et al., 2007; Lei et al., 2007).

I.1.6 Principale application de *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae est la principale levure pour la production vinicole car elle possède une forte capacité de fermentation, une grande tolérance au faible pH et aux hauts niveaux d'alcool. Ainsi, cette levure est la levure de bière. A ce niveau, on assiste à une fermentation en présence d'oxygène. *Saccharomyces cerevisiae* est la levure de boulanger qui est caractérisée par la production rapide de dioxyde de carbone à partir de sucres. Cette levure est un outil biotechnologique pour la production de protéines d'intérêt commercial. Ainsi, elle est

considérée comme un outil de criblage de nouveaux médicaments. C'est un des principaux modèles cellulaires eucaryotes en recherche fondamentale. (Goffeau et *al*, 1996).

I. 2. Généralités sur la rhéologie

I.2.1 Définition

Le mot rhéologie (en anglais) a été introduit en 1928 par Eugene Bingham qui est professeur à l'université Lehigh aux États-Unis, sur une suggestion de son collègue Markus Reiner.

La rhéologie (du grec rheo, coulé et logos, étude) est la mécanique des fluides qui étudie les rapports entre la viscosité, la plasticité et l'élasticité de la matière, ainsi que le comportement de celle-ci sous l'influence des pressions (Ferguson et Kemblowski 1991; Couarraze et Grossiord (2000).

La rhéologie est la science qui étudie les déformations et l'écoulement de la matière. Elle a pour objet d'analyser les comportements mécaniques des substances et d'établir leurs lois de comportement (Couarraze et Grossiord, 2000).

I. 2 Grandeurs étudiées en rhéologie

I. 2.1. Viscosité

I. 2.1.1. Définition

La viscosité est une grandeur indiquant le degré de fluidité d'un fluide se manifestant chaque fois que les couches voisines d'un même fluide sont en mouvement relatif. C'est –à-dire lorsqu'il s'établit un gradient de vitesse. Donc plus que la viscosité est importante, plus le fluide est épais. Ainsi plus que la viscosité est faible, plus que le fluide est liquide (Couarraze et Grossiord, 2000)

I. 3 Mesure de la viscosité

I.3.1 Mouvement de cisaillement

C'est un mouvement d'un échantillon entre deux surfaces planes, l'une immobile, et l'autre animée d'un déplacement parallèle à la première (**Figure 8**). Ce mouvement idéal s'apparente à celui de la peinture étalée sur un mur (Tixier, 2003).

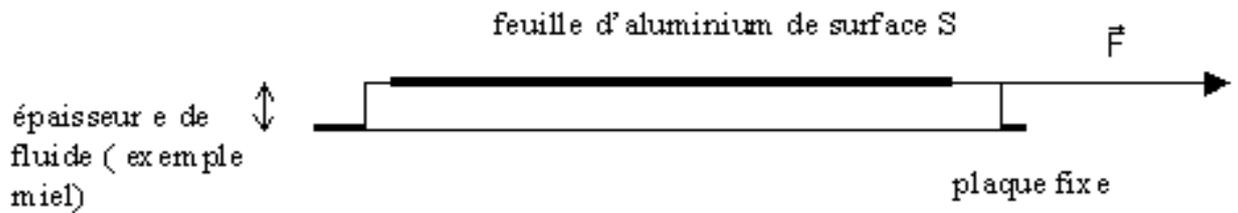


Fig.8: Schématisation du cisaillement entre deux plaques (Chabanane et Fouad2009.)

I.3.2 Contrainte de cisaillement

La contrainte de cisaillement (notée τ) est la grandeur dynamique fondamentale en rhéologie. Au cours d'un mouvement laminaire de cisaillement, deux couches successives au contact l'une de l'autre se déplacent relativement l'une par rapport à l'autre. Il apparaît à l'interface de ces deux couches des forces de frottement qui s'exercent tangentiellement à la surface de la couche (Couarraze et Grossiord, 2000).

On définit la contrainte de cisaillement τ par l'équation de Midoux (1988):

$$\tau = \frac{dF}{dS}$$

τ : représente une force par unité de surface.

Elle s'exprime en newton par m² ou bien plus commodément en Pascal (Pa)

dS : est la surface élémentaire de l'entité considérée.

dF : est la force exercée

I. 3 Paramètres influençant la viscosité

I. 3.1 Température

Solon Djeleb (2002), pour les gaz, la viscosité augmente un peu avec la température. Ainsi pour les liquides, la viscosité peut varier beaucoup avec la température soit de 0,5 à 10 % par °C. Mais pour les liquides purs comme l'eau, l'huile, et l'alcool on montre qu'elle suit une loi exponentielle croissante. Pour le miel, si on augmente la température de 1°C, la viscosité est divisée par 10.

Expérimentalement, il est donc très important de réguler la température lorsqu'on veut faire une mesure précise de viscosité. La plupart des appareils permettent de travailler à 0,01°C

I.4 Rhéogrammes

Un rhéogramme est une courbe qui représente et caractérise les propriétés de l'écoulement d'un matériau. En appliquant différentes contraintes, ou différents taux de cisaillement à un échantillon, durant un certain temps jusqu'à ce qu'un état stationnaire soit trouvé, on déterminera sa viscosité (Aurélien et Leon, 2001).

I. 5 Différents comportements rhéologiques

I. 5.1 Fluides newtoniens

Dans ce cas, le coefficient de viscosité est constant quelque soit le gradient de vitesse. Il est à remarquer quand on tourne une cuillère dans un bol, la résistance à l'avancement ne change pas si on change la vitesse de rotation. (Ronald et Larson, 1999).

I. 5.2 Fluides non newtoniens

Pour les fluides non-Newtoniens avec une contrainte seuil, Varadis et *al.*, (1993,) ont remarqué que l'augmentation du nombre de Bingham donc de la contrainte seuil, conduit à l'augmentation de la zone non cisailée et à la diminution de la vitesse maximale. Donc la viscosité diminue lorsque le gradient de vitesse augmente.

Le présent travail a été effectué au laboratoire de biotechnologie microbienne à la faculté des sciences pour la partie microbiologie. Tandis que la partie rhéologie a été réalisée à l'unité de Recherche –Mâtériaux Procédés et Environnement (UR-MPE) au sein de la faculté des sciences de l'ingénieur. Le matériel ainsi que les méthodes utilisées seront présentés dans ce chapitre.

II-1. Matériel

La liste des réactifs et des produits utilisés est présentée dans l'annexe

II-1-1. Matériel biologique

La souche utilisée durant cette étude est la levure instantanée boulangère *Saccharomyces cerevisiae* nommée (saf-instant). C'est une souche pure fabriquée en France par S.I.L esaffre59703Marq France. Le choix de cette espèce de levure est basé sur les critères suivants; croissance rapide, culture facile, obtention de biomasse abondante, conservation de ses caractères biochimiques, aucun risque de variation génétique, pouvoir fermentaire élevé et disponibilité.

II-1-1-a. Caractéristiques de la souche étudiée

Les caractéristiques physiologiques de la souche *Saccharomyces cerevisiae* sont représentées dans le tableau ci-dessus (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques et physiologiques de la souche étudiée *Saccharomyces cerevisiae*

Caractéristiques	
Température optimale de croissance	28- 30°C
pH optimal de croissance	4 - 4,5
Mode respiratoire	Aérobie anaérobie facultatif
Mode de reproduction :	Sexué et asexué
Forme	Sphérique plus ou moins arrondie
Métabolite	Production d'éthanol par voie fermentaire

II-1-1-b. Milieux de culture

Dans cette étude, nous avons utilisé un seul milieu de culture, il s'agit du milieu PDA, La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre (PDA) est utilisé pour l'isolement, culture et dénombrement des levures et des moisissures dans les produits laitiers et les autres produits alimentaires. Le milieu de culture préparé est favorable à la croissance de *Saccharomyces cerevisiae*, est le milieu PDA (PDL liquide) ou additionné de 15g/l d'agar quand il est solide. Pour la préparation du milieu PDA, on pèse 200g de pomme de terre, après l'avoir épluchée. Une fois coupée en petits morceaux, on met ces morceaux dans 300 ml d'eau distillée et on laisse ce mélange bouilli à 100° C pendant 20 à 25 minutes. Cette eau bouillie est récupérée (environ 300 ml). Après, on fait dissoudre 20g de glucose dans l'extrait de pomme de terre et on complète le volume avec de l'eau distillée jusqu' à 1000ml. La solution obtenue est autoclavée à la température de 104° C, pendant 30 min.(milieu organique).

II-2. Méthodes

II-2-1. Réactivation de la souche *Saccharomyces cerevisiae*

0,1 g de levure instantanée sont mis dans 10 ml d'eau physiologique stérile, une goutte de cette suspension servira pour ensemer une boîte de gélose PDA. Après croissance, la souche microbienne est repiquée avec une anse platine à partir du tube de conservation sur le même milieu repartit en boîte de Pétri. Cette dernière est incubée dans une étuve à 30C° pendant 24h (Figure 9).



Fig9: Ensemencement du milieu PDA par les *Saccharomyces cerevisiae*

Après croissance, la pureté de la souche obtenue est vérifiée au microscope photonique par l'observation de préparations à l'état frais.

II-2-2. Culture en milieu liquide

Cette culture a été faite pour pouvoir suivre l'évolution de la biomasse lors de la culture de notre souche microbienne en milieu liquide dans des conditions de température, pH et DO différentes.

Préparation d'inoculum

A partir d'une culture de *Saccharomyces cerevisiae* réalisée sur milieu PDA, à l'aide d'une anse de platine, on va préparer une suspension de levure, nous mettons quelques colonies de la souche de levure dans un Erlen contenant 100ml d'eau physiologie stérile, on mesure la DO, celle-ci est ajustée à la valeur de 1 par l'ajout de colonies levuriennes. Ce dernier servira d'inoculum pour le reste des expériences.

II-2-2-1. Etude de l'influence de la température, pH et concentration de l'inoculum sur la croissance de la levure

Après la préparation du milieu PDA liquide, on prépare 4 fioles, dans chacun des fioles, nous ajoutons 36 ml de milieu qui seront inoculés avec 4 ml d'inoculum de levure préparé ci-dessus. L'incubation se fait dans des températures égales à 4C° (les tubes sont mis au réfrigérateur), 25C°, 30°et 40C° sous une agitation de 120tr/min pendant 24h (**Figure 10**).



Fig10 : Préparation de culture *Saccharomyces cerevisiae*

De même, l'effet du pH sur la croissance de la levure a été suivi, en variant le pH du milieu PDA par ajout d'une solution de NaOH 1 M ou d'une solution de HCl 1N. Les valeurs de pH testés sont de 2,5, 4,5, 6,5 et 8,5. L'incubation des différents milieux se fait à une température égale à 30C° sous une agitation de 120tr/min pendant 24h.

Quand à l'étude de la concentration de l'inoculum sur la croissance de la levure, on va procéder comme suit; un inoculum de la souche de levure ayant un DO égale 2 à 620nm a été préparé. Cette suspension servira pour préparer une série de dilutions successives. Les dilutions obtenues serviront pour inoculer des Erlens contenant le milieu PDA liquide (**Figure 11**).

L'incubation des différents milieux ayant différentes DO à temps initial se fait à une température égale à 30C° sous une agitation de 120tr/min pendant 24h.



Fig. 11: Préparation des dilutions successives de l'inoculum de la levure à $Do=2$

II.3 Rhéologie

II.3.1 Comportement rhéologique des suspensions microbiennes

Des essais rhéologiques seront réalisés sur les suspensions microbiennes à différentes concentrations et à différentes températures à l'aide du rhéomètre AR 2000.

On doit tester le comportement rhéologique des suspensions à $t=0$; 2 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 (jours). A noter que les essais de chaque t seront répétés 3 à 4 fois et la moyenne calculée sera prise comme résultat.

Pour chaque essai rhéologique, un échantillon de 9cm^3 de suspension microbienne est soumis au rhéomètre utilisé pour les mesures. Les échantillons qui seront testés sont de faible viscosité, des anneaux de fermeture doivent être utilisés pour empêcher la fuite des échantillons à travers les sièges de la tasse (**Figure 12**).



Fig. 12: Rhéomètre AR 2000

III-1. Réactivation de la souche *Saccharomyces cerevisiae*

Après incubation de la souche *Saccharomyces cerevisiae* à 30C° pendant 24 heures sur milieu PDA, nous avons constaté l'apparition de colonies distinctes visibles à l'œil nu présentant les critères spécifiques de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*. L'observation macroscopique des colonies montre la présence d'un seul type de colonies présentant les caractéristiques suivantes : couleur blanchâtre et aspect bombé et crémeux, les caractères morphologiques de cette souche sont résumés dans la **figure 13 et le tableau 14**.

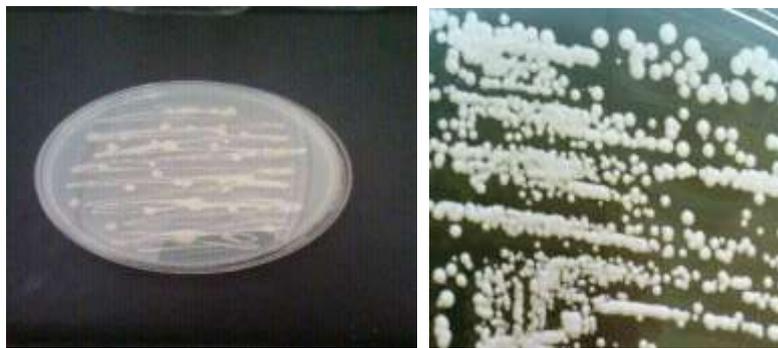


Fig. 13: Aspect macroscopique de la culture de la souche *Saccharomyces cerevisiae* sur milieu solide PDA

Tableau 2: Caractères morphologiques des colonies observées

Caractères macroscopiques	Observation
Forme	Sphériques, de 6 à 8 mm, pourvues d'un noyau.
Odeur	Caractéristique d'une odeur de levures de brasserie et/ou de boulanger
Couleur	Blanchâtre
Aspect de la surface	Bombé
Consistance	Visqueuse

III-2. Vérification de la pureté de souche

L'observation de la levure montre la présence de cellules de forme ovoïde avec des bourgeonnements (**Figure 14**).

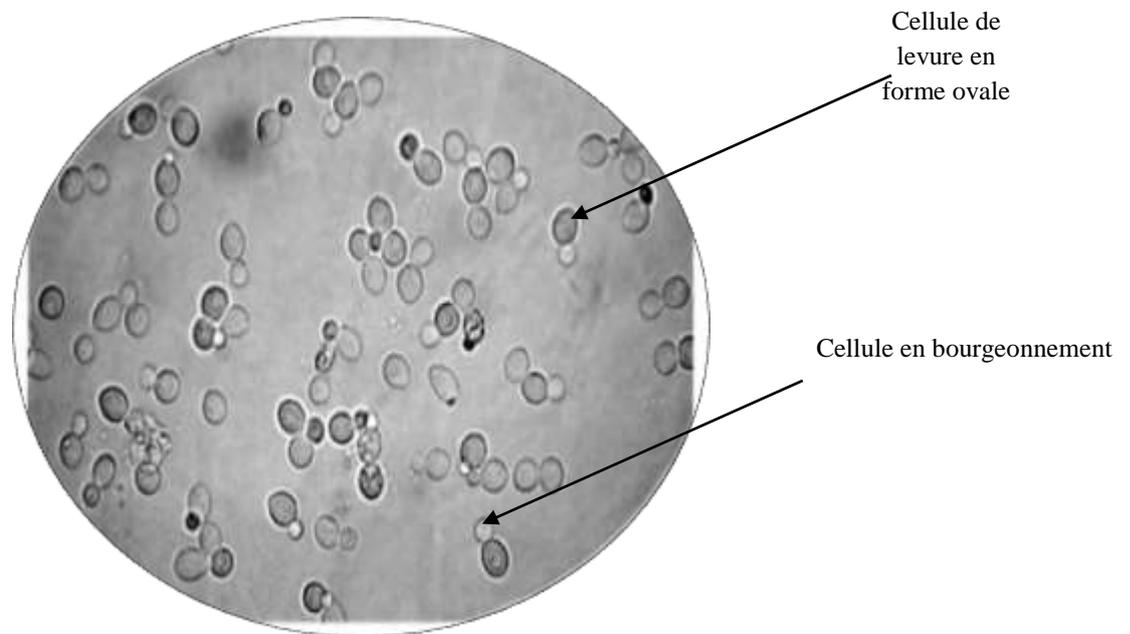


Fig.14: Aspect microscopique de *Saccharomyces cerevisiae*

Ces deux éléments montrent respectivement qu'il s'agit de levures en pleine croissance.G4

III-3. Influence de la température, pH et concentration de l'inoculum sur la croissance de la levure

L'influence de la température sur la croissance de la levure étudiée afin de déterminer son optimum de la température de croissance à savoir 4°C, 25°C, 30°C et 40°C. Les résultats sont représentés dans la **figure 15** et la **figure 16**.

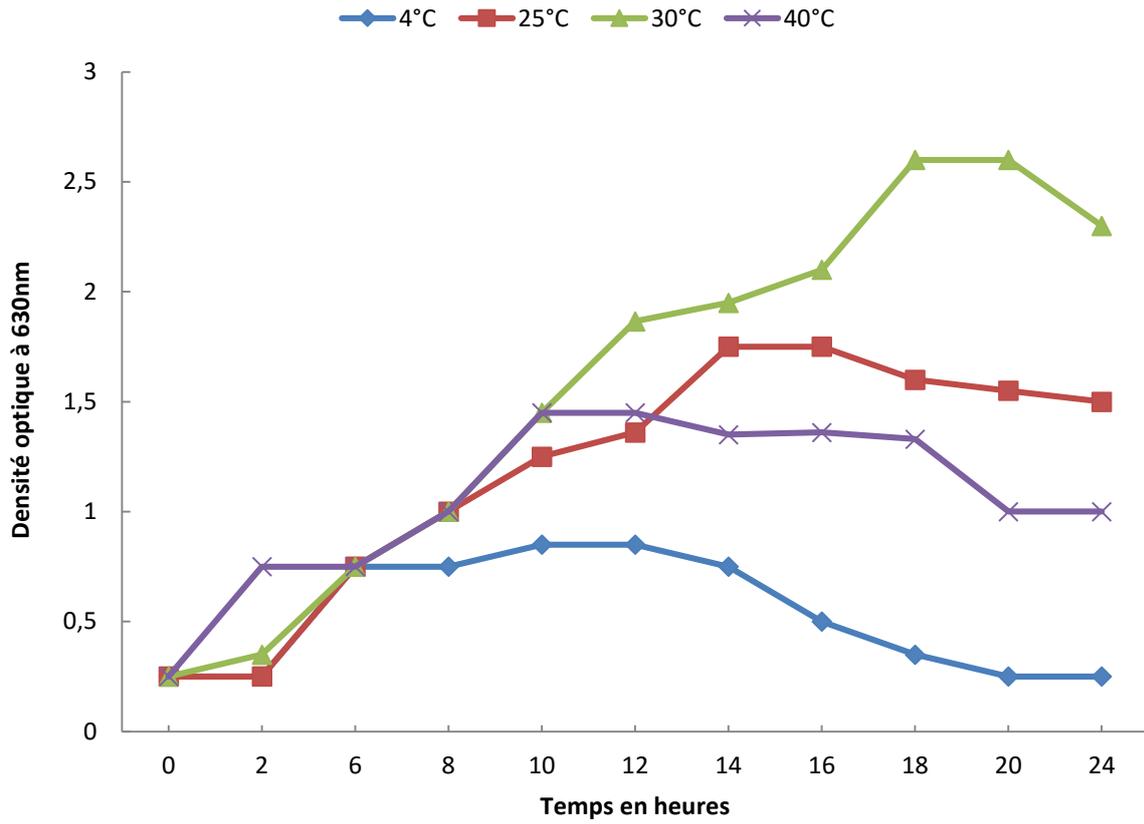


Fig. 15: Cinétique de croissance de la souche de levure sous différents température sur milieu PDA pendant 24 heures

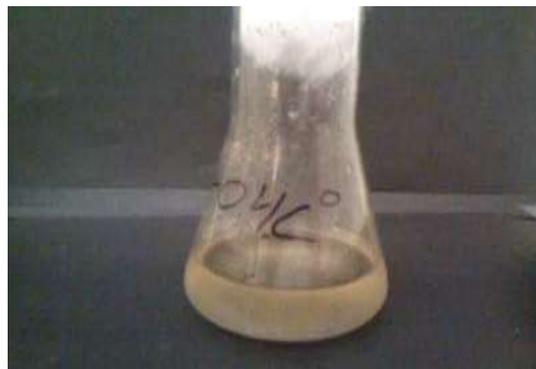


Fig.16: Aspect de la culture de levure incubé à 4 C⁰

Dans les conditions favorables au développement, la présence d'une levure donne lieu à une multiplication qui se poursuit jusqu'à l'épuisement du milieu. Disposant de techniques d'évaluation par la lecture de la densité optique, il est possible de suivre le phénomène de croissance. En effet, cette courbe peut être

Obtenue en portant, en fonction du temps (t), l'évolution de la densité optique à 620nm (Oteng-Gyang, 1984); cette courbe est caractérisée par plusieurs phases successives. Il est possible de distinguer (Leveau et Bouix, 1993b): la phase de latence, la phase d'accélération, la phase exponentielle, la phase de ralentissement, la phase stationnaire et la phase de déclin.

Après inoculation d'un milieu de culture par une souche de levure, tout d'abord il n'y a pas de croissance: c'est la phase de latence qui reflète une période d'adaptation (Halász et Lázity, 1991). Une fois les cellules commencent une division cellulaire active, la phase d'accélération a lieu et le taux de croissance augmente (Oteng-Gyang, 1984).

Puis s'ensuit une phase de croissance rapide. Dans ce cas, toutes les cellules se divisent théoriquement à un taux de croissance constant et maximum (Leveau et Bouix, 1993). Lorsque la concentration d'un élément nutritif prépondérant devient limitant, la culture se retrouve en phase de ralentissement. La phase stationnaire est atteinte lorsque la population devient relativement stable et la croissance s'arrête en raison de l'épuisement d'un facteur limitant tel que le carbone (Thevelein et Hohmann, 1995; Walker, 1998). Il s'ensuit une phase de déclin pendant laquelle le nombre de cellules viables diminue du fait de la mortalité dont le taux augmente progressivement (Leveau et Bouix, 1993b).

Dans cette étude, l'influence de la température sur la croissance de la levure étudiée est faite afin de déterminer son optimum de la température de croissance à savoir 4°C, 25°C, 30°C et 40°C. Les résultats sont représentés sous forme de courbe illustrés à la figure 15.

D'après la figure, la levure possède une faible croissance à 4°C, 25°C, et 40°C, par contre à 30°C, nous remarquons une croissance cellulaire importante. Par contre, l'influence du pH sur la croissance de cette levure nous a permis d'évaluer son pH optimum qui est égale à 6,5. On remarque bien que les pH 8,5 et 2,5 ne sont pas favorables à la croissance de cette levure, par contre à pH 6,5, la croissance semble optimale.

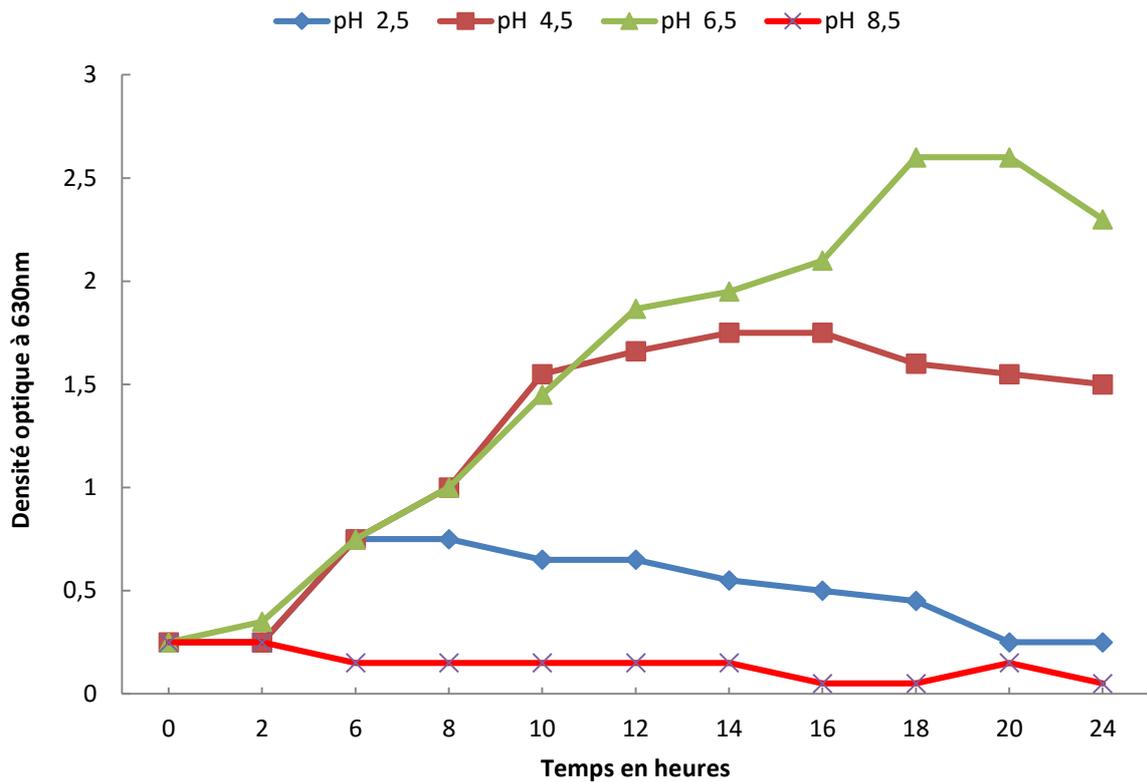


Fig. 17: Cinétique de croissance de la souche de levure sous différent pH à une température de 30°C sur milieu PDA pendant 24 heures

Cependant, l'influence de la concentration de l'inoculum sur la cinétique de croissance semble avoir un effet proportionnel sur la biomasse finale obtenue en fin de culture, un inoculum moins riche ne fait que prolonger la phase de latence et l'inverse est vrai.

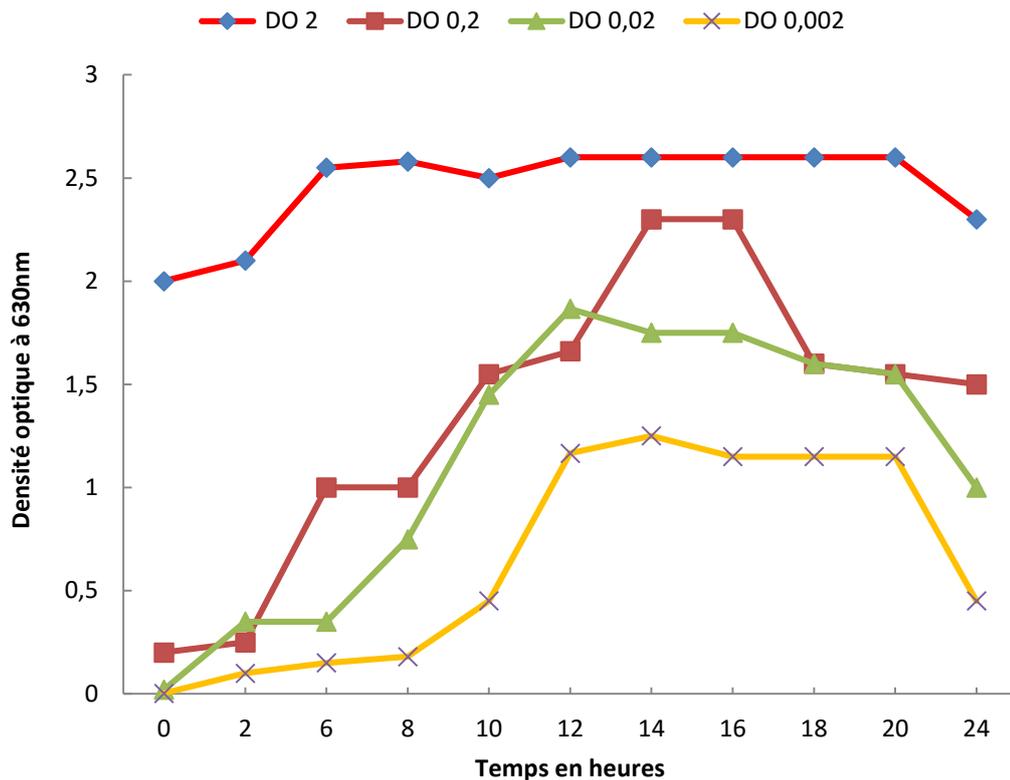


Fig. 18: Cinétique de croissance de la souche de levure sous différent concentration d'inoculum à une température, pH 7 de 30°C sur milieu PDA Pendant 24 heures

Pour son développement la levure de boulanger a besoin de composés carbonés source de carbone et d'énergie, de composés azotés réduits sous forme d'ammonium. D'éléments minéraux variés, vitamines et facteurs de croissance. La levure a la particularité de pouvoir vivre en présence ou en absence d'air : ces deux processus énergétiques sont la respiration et la fermentation. Elle se nourrit de glucose et de fructose (sucres simples), quand tous ces éléments nutritifs sont épuisés du milieu environnant, la levure passe à sa forme sporulée et on assiste à une phase de déclin.

III.4 Mesures rhéologiques des suspensions microbiennes de *Saccharomyces cerevisiae*

Pour suivre le comportement rhéologique de *Saccharomyces cerevisiae*, on a changé quelques paramètres pendant cette étude (la températures, Ph, DO).

III.4.1 Effet de la température sur les propriétés rhéologiques des suspensions microbiennes de *Saccharomyces cerevisiae*

L'effet de la température sur les propriétés rhéologiques des suspensions microbiennes de *Saccharomyces cerevisiae* est présenté dans la figure 19.

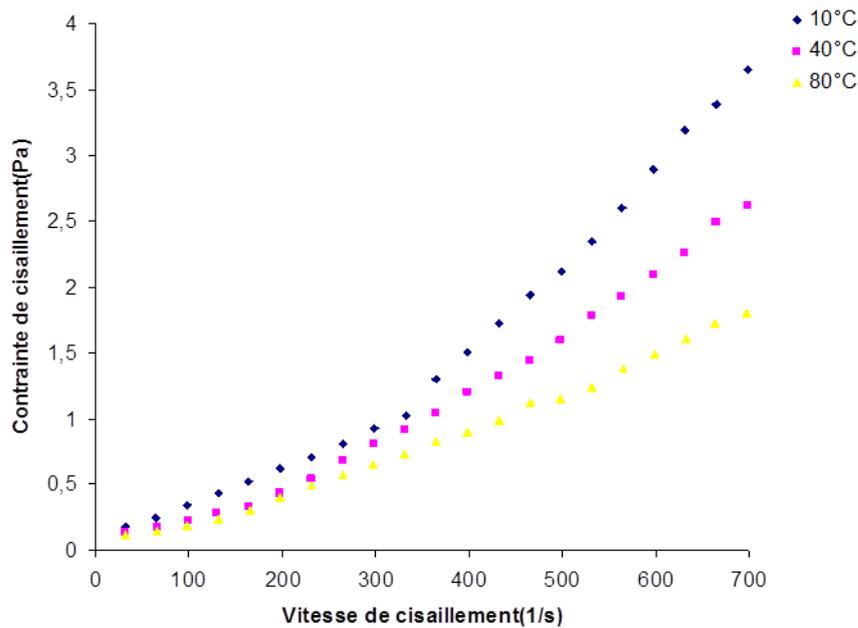


Fig. 19: Courbe d'écoulement de la suspension microbienne *Saccharomyces cerevisiae* au 14^{ème} jour à différentes températures

On remarque que la température a un effet sur le comportement rhéologique de la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae*. Il est à signaler la présence d'une relation entre la contrainte de cisaillement et la vitesse de cisaillement de la suspension étudiée. A vitesse de cisaillement constante, la contrainte de cisaillement diminue au fur et à mesure de l'augmentation de la température. Notamment, pour des taux de cisaillement supérieurs à 300 s⁻¹. L'analyse des rhéogrammes à différentes températures montre clairement un comportement non newtonien. On note aussi la présence de la contrainte seuil.

Selon la bibliographie, les suspensions microbiennes présentent différents comportements rhéologiques. Warren et al, (1995) ont trouvé que la rhéologie des races de *Saccharomyces* dans la culture submergée est devenue pseudoplastique dès que la croissance importante a eu

lieu. L'étude de Zhong et *al.*, (1992) signale que la suspension de cellules présente les caractéristiques d'un fluide plastique avec une faible contrainte d'élasticité.

Le travail fait par Al-Asheh et *al.*, (2002) sur le comportement rhéologique des suspensions bactériennes de *Pseudomonas aeruginosa* et de *Bacillus aureus* montrent que ces suspensions présentent des comportements non-newtoniens. Donc ce résultat est semblable au résultat obtenu lors de cette étude.

L'évolution de la viscosité de la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* au 14^{ème} jour en fonction de la température à un taux de cisaillement de 600 s^{-1} est donnée dans la figure suivante.

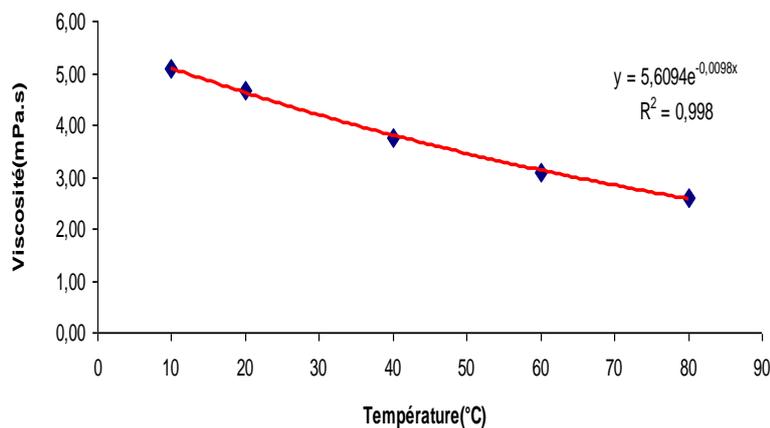


Fig. 20: Evolution de la viscosité de la suspension bactérienne de *Saccharomyces cerevisiae* au 14^{ème} jour en fonction de la température à un taux de cisaillement de 600 s^{-1}

Afin de mettre en évidence l'effet de la température sur les propriétés rhéologiques, on a représenté la relation entre la viscosité apparente à 600 s^{-1} et la température (**Figure 20**). Cette figure montre nettement que la viscosité diminue quand la température augmente. La relation mathématique entre ces deux paramètres physiques (la viscosité, la température) est très bien ajustée par une loi exponentielle avec un coefficient de corrélation R^2 de 0,998.

Les résultats de la présente étude sont en accord avec ceux de, Al-Asheh et *al.*,(2002). Ils ont constaté, que la viscosité apparente diminue avec l'augmentation de la température selon une équation mathématique de type Arrhenius pour les deux bactéries *P. aeruginosa* et *B. cereus*.

III.4.2 Effet de la température sur le vieillissement des suspensions microbiennes de *Saccharomyces cerevisiae*

L'effet de la température sur le vieillissement des suspensions microbiennes de *Saccharomyces cerevisiae* est donné dans la figure 21a et la figure 21b.

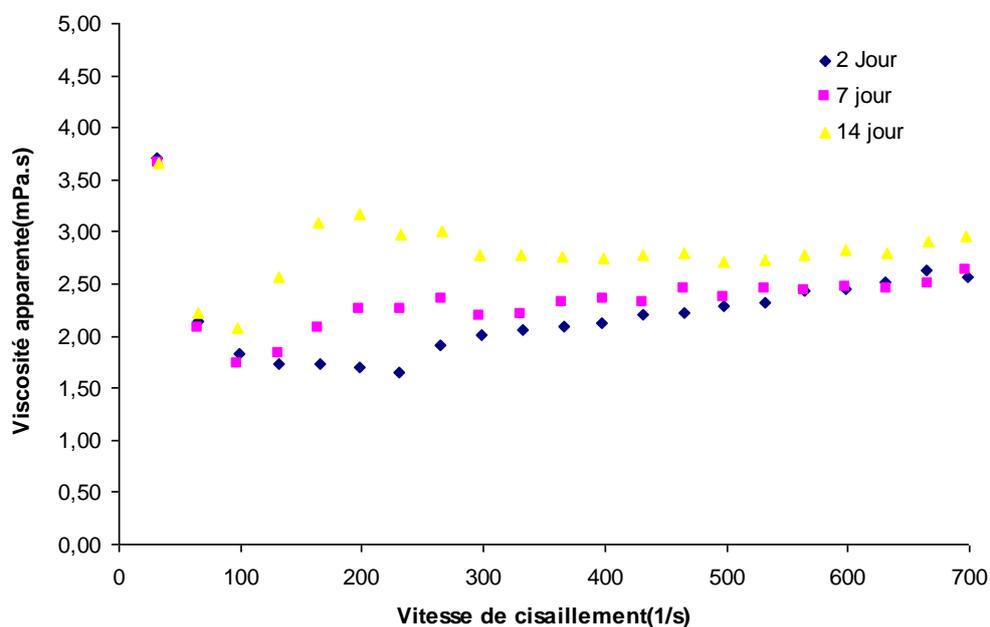


Fig. 21a: Courbe d'écoulement du vieillissement de la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* aux 2^{ème}, 7^{ème} et aux 14^{ème} jours à 80°C

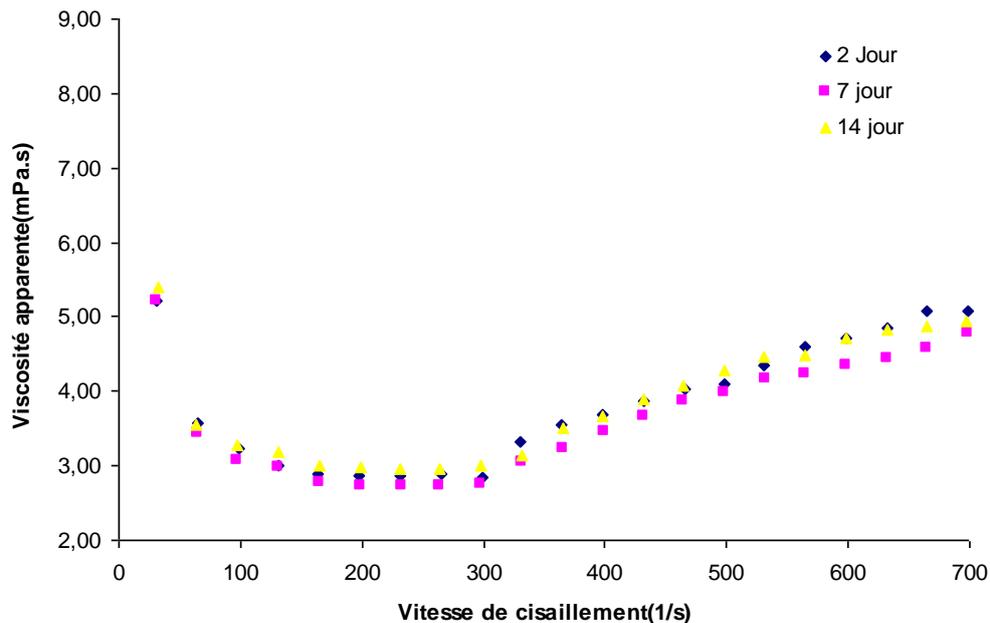


Fig. 21b: Courbe d'écoulement du vieillissement de la de la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* D₂₁ aux 2^{ème}, 7^{ème} et aux 14^{ème} jours à 10°C

La représentation de la viscosité apparente en fonction du gradient du cisaillement montre un comportement rhéofluidifiant ($n < 1$) pour des vitesses de cisaillement comprises entre 0 et 300 s⁻¹. Au-delà de 300 s⁻¹, le comportement rhéologique des suspensions microbiennes est de type rhéoépaississant ($n > 1$).

A travers les deux figures présentées dessus, on constate que le vieillissement est nettement prononcé à la température 80°C. A ce niveau, on note une augmentation de la viscosité en fonction du vieillissement. Par contre, le vieillissement n'a pas d'effet sur la viscosité des suspensions microbiennes à la température 10°C.

Al-Asheh et al, (2002), confirment les résultats du présent travail. Ils montrent que la viscosité des suspensions de *P. aeruginosa* et *B. cereus* augmente avec l'augmentation de la concentration en biomasse.

L'objectif de ce travail est l'étude du comportement rhéologique des suspensions microbiennes d'une levure; *Saccharomyces cerevisiae*. Ainsi, à travers cette étude, on a montré l'effet de la température, du pH et de la concentration des milieux sur sa croissance

A propos de l'effet de la température sur les propriétés rhéologiques de la suspension microbienne en question, on constate que la température a un effet sur le comportement de cette suspension microbienne. Ainsi que l'analyse des rhéogrammes à différentes températures montre clairement un comportement non newtonien. Il faut mentionner qu'en se basant sur l'effet de la température sur les propriétés rhéologiques, on note que la viscosité diminue quand la température augmente.

Les essais rhéologiques réalisés sur la suspension microbienne de *Saccharomyces cerevisiae* à différentes concentrations et aux différentes conditions du milieu vont donner les caractéristiques rhéologiques de cette suspension afin de maîtriser l'utilisation de ces microorganismes dans ses domaines d'application.

Annexe 1

Composition du milieu PDA (pomme de terre Dextrose Agar)

Rapilly F 1968

Pour 1 litre de milieu :

300 ml l'extraie de pomme de terre

15 g de glucose

20 G Agar agar

700 ml de l'eau distillée

Le ph de milieu prêt a l'emploi : 7

Le milieu de culture précédemment décrit ; est utilisée aussi sous forme liquide avec la même composition chimique mai il est dépourvu d'Agar.

Annexe 2

Réactifs et produit utilisé

- ✓ Eau distillé
- ✓ Eau physiologie
- ✓ Na OH
- ✓ HCL

Annexe 3

Mesure de la densité optique :

L'absorption A ou la densité optique est la propriété d'une substance matérielle de diminuer

L'intensité d'un faisceau qui la traverse. Cette propriété varie principalement en fonction de la longueur d'onde et caractérisé par un coefficient.

La densité optique d'une solution est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre qui émet un faisceau d'ondes monochromatiques d'intensité I_0 . Celui-ci traverse une cuve contenant la solution dont on veut déterminer la densité optique et suit il arrive sur une cellule réceptrice qui mesure l'intensité transmise I. I et I_0 sont reliés par la loi de Beer-Lambert :

$$A = \log I_0/I = \epsilon \cdot I \cdot C$$

Avec:

ϵ = coefficient d'extinction molaire (en l/mole /cm)

c = concentration en mol/l

L =trajet optique en cm

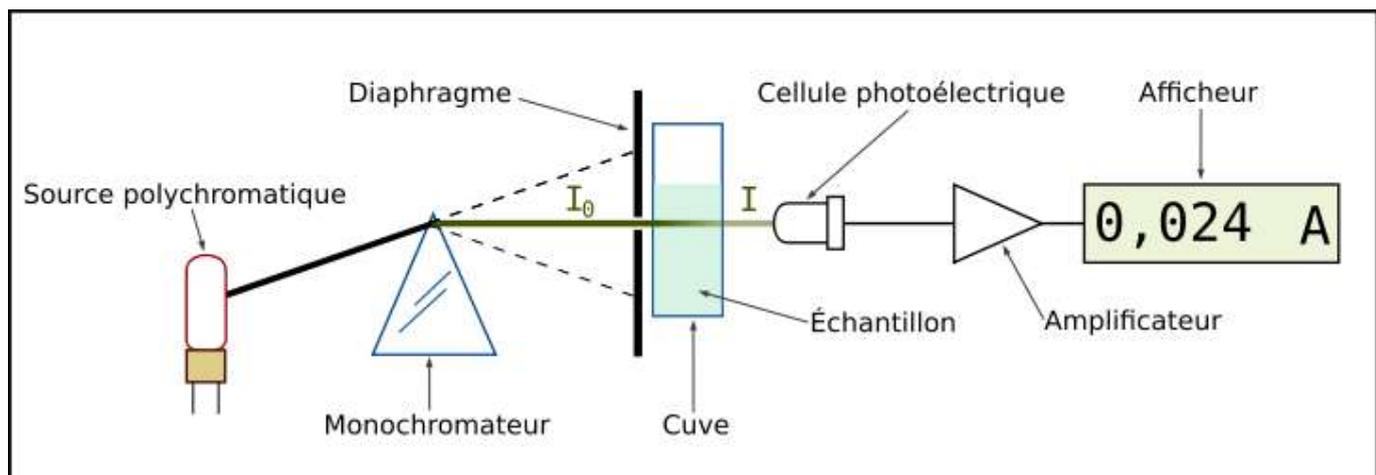


Figure 22 : Schéma de principe de spectrophotomètre UV-visible mono faisceau

Annexe 4

Afin de suivre la croissance de l'évolution de la biomasse dans la structure de *Saccharomyces cerevisiae*, nous avons fait après chaque dilution des mesures de la densité optique (Do), les valeurs sont représentés dans le tableau 4 :

Tableau 3 : résultats des mesures de Do obtenus

La délutions	Do a 620 nm
10^{-1}	2
10^{-2}	0.2
10^{-3}	0.02
10^{-4}	0.002
10^{-5}	0.00002

Annexe 5 :

En va suivre l'évolution de la biomasse dans la culture de *Saccharomyces cerevisiae* dans des conditions de PH différent, les valeurs de PH sont 2.5 ,4.5, 6.5, et 8.5

En va suivre l'évolution de la biomasse dans la culture de *Saccharomyces cerevisiae* dans des conditions de température différent es valeurs de T° sont 4°, 20°, 30° et 40°.

En va suivre l'évolution de la biomasse dans la culture de *Saccharomyces cerevisiae* dans des déférentes concentrations de l'inoculum

Annexe 6 :

Fonctionnement de pH-mètre

Le pH-mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution. Il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur.

Le fonctionnement du pH-mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ions H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre.

En général cette électrode est une électrode combinée, c'est-à-dire qu'elle est constituée de deux électrodes : une dont le potentiel est connu et constant et l'autre dont le potentiel varie avec le pH. Le potentiel entre ces deux électrodes est nul à $\text{pH}=7$. On peut alors déterminer la valeur du pH par corrélation car la différence de potentiel entre les deux électrodes évolue proportionnellement au pH.



Figure 23 : schéma d'une PH mètre

A

- **Al.-Asheh et al (2002)**, international journal of biological Macromolecules :30 p.67-74
- **Abraham H.(1996)**; Asphalt and Allied Substances, 1 (6th Ed., Van Nostrand, New York, 1960)
- **Aldiguier A.S ;Alfenore S ; cameleyer X; Goma G; Uribelrrea J.L, Guilouer S.Eand Molina-Jouve C.(2004)**;Synergistic temperature and ethanol effete on *Saccharomyces cerevisiae* dynamic behavior in ethanol bio-fuel production bioprocess biosyst Eng; 26:217-222
- **Alguilera F; Peinado R. A ;Millan C ;Ortega J .M and Mauricio J .C (2006)** ;Relationship between ethanol tolerance (+)-ATPase activity and lipid composition of the plasma membrane in different win yeast strains ;Int J food Microbiol:110-34.42
- **Aurélien Leon,(2001)** ;Rhéologie des fluides complexes. Transitions de texture et de phases
Induites par le cisaillement : phases lamellaires et éponges de surfactant, l'Université Pierre et Marie Curie -PARIS VI

B

- **Bazant, Z. P.,(1979)**; «Thermodynamics of solidifying or melting viscoelastic material», Journal of Engineering Mechanics, 1979, Vol. 105, p. 933–955
- **Bellam et Fould Springer (1996)**; Levure et panification -Nathan Communication Paris,-73 p.
- **Beney L; Martinez I; Marchel P;Moundaga S.and Gervais P .(2001)** ;Osmotic destruction of *Saccharomyces cerevisiae* is not related to a high water flow rate across the member biochemical engineering journal ;9;205-210
- **Botton B., (1991)**- La physiologie des levures Ds :
- **Botton et al. (1990)** Moisissures utiles et nuisibles d importance industrielle. 2^{ème} édition. Masson. Collection Biotechnologies : 34-381.
- **Bourgeois C. M., Leveau J. Y., (1991)**. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Vol.III: le contrôle microbiologique. (Ed) Lavoisier. Paris, 451p.
- **Bourgeois CM, Larpent I-P. (1996)** ; Microbiologie alimentaire Tome 2 : Aliments fermentés et fermentations alimentaires - 2^{ème} édition Ed. Tec & Doc,-523 p.

C

- **Cannata E; Adya K.A; Walker G.M;(2006);** Atomic force microscopique study of the effect of ethanol on yeast cell surface morphology .FEMS .Microbial let;255:308-319
- **CHABANANE Fouad** «contribution a la modélisation de transfert de chaleur lors du remplissage d'un moule Thèse de Magistère Université Batna 2009.
- **Couarraze, G. and J. L. Grossiord,(2000)** ; "Initiation à la rhéologie" 3e éd., Tec & Doc Lavoisier, 300p
- **Couarraze et Grossiord (2000).**mécanique des fluides vol 13 :45-52

D

- . Dieulesaint, R. and D. Royer, *Ondes élastiques dans les solides*. 1974, Paris: Masson.
- **Djeleb.M, Helel.y.(juin 2002)** ; « Modélisation de la Phase de Remplissage du Moulage par Injection des Matières Plastiques par la Méthode de Mise à Plat », Projet de Fin d'étude, Université Med Khider de Biskra
- **D.H. Gadani, et al. (2012).** *Effects of salinity on the dielectric properties of water*. Indian Journal of Pure and Applied Physics, 50, 405–410.

E

- **Ello-Martin, J. A., L. S. Roe, et al. (2007).** "Dietary energy density in the treatment of obesity: a year-long trial comparing 2 weight-loss diets." *Am J Clin Nutr* **85**(6): 1465-77.
- Eurocodes, Eurocode 5, Cdrom Afnor, 2009.

F

- Faubion, J.M. et Faridi, H.A. 1986. Dough rheology: Its benefits to cereal chemists. Dans *fundamentals of dough rheology*. Éditeru- rH. Faridi et J.M. Faubion. American Association of Cereals Chemists, **Inc.** St Paul, Minnesota. pp. **1-9**.
- **Ferguson, J. and Z. Kemblowski, (1991);**"Applied Fluid Rheology" Elsevier Applied Science, 323p.
- **Ferry, J.D.,(1980)** *Viscoelastic properties of polymers*. 3rd edition Ed, New-York, Chichester, Brisbane, Toronto: John Wiley & sons, Inc.

- **Ferreira Fennessy ; (1997) ;** *Saccharomyces cerevisiae* : importance dans le développement des sociétés humaines. Rôle dans l'industrie agro-alimentaire et en thérapeutique. - 119 p. Thèse: Pharmacie: Paris XI
- **Fritsche, W. (1972).** The Yeasts, Vol. 2. Physiology and Biochemistry of Yeasts. Z. Für Allg. Mikrobiol. 12, 349–34

G

- **Gimeno et al., (1992)** unipolar cell divisions in the yeast *S. cerevisiae* lead to filamentous growth: regulation by starvation and RAS. Cell 68, 1077-1090
- **Goffeau Barrell, B.G., Bussey, H., Davis, R.W., Dujon, B., Feldmann, H., Galibert, F., Hoheisel, J.D., Jacq, C., Johnston, M., Louis, E.J., Mewes, H.W., Murakami, Y., Philippsen, P., Tettelin, H. & Oliver, S.G. (1996).** Life with 6000 genes Science (Vol. 274, pp. 546, 563-547).
-
- **Guinet R ; Godon B.(1994) ;** La panification Française Ed. Tec & Doc.-521 p.
- **Guiraud J., Galzy P., 1998.** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod. Paris. 615 P.
- **Guiraud J. P.(1998).** Microbiologie alimentaire. Et Dunod, Paris. p : 310-321 (Thuriaux, 2004)
- **Guiraud R. (1998) ;** Microbiologie alimentaire Ed. Dunod,'652 p.

H

- **Halász A., Lásztity R., (1991).** Use of yeast biomass in food production. CRC Press, Etats Unis, 312 p.
- **Herskowitz I (1988)** Life cycle of the budding yeast *Saccharomyces cerevisiae* *Microbial Rev* 52(4):536-53
- **Herskowitz, I., J. Rine, and J. Strathem, 1992,** Mating-type determination and mating-type interconversion in *Saccharomyces cerevisiae*. In The molecular and cellular biology of the yeast *Saccharomyces*: Gene expression (ed. E.W. Jones et al.), p. 583. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York.
- **Hesclot 1 ; Vladescu B. (1994) ;** La levure dans les industries alimentaires Ed. Tec & Doc, Lavoisier, 1994.-56 p
- **Hirasawa T; Yoshikawa k; Nakakura Y; Nagahisa k.; Furusawa C; katakura Y. Shioya S.(2007);** Identification of target genes conferring ethanol stress tolerance to *Saccharomyces cerevisiae* based on DNA microarray data analysis J .Biotechnology; 131:34,44

- **Hum X. H ;Wang M.H; Tan T; Li J.R ;Yang H ;Leach L; Zhang R.M;and Lue Z.W (2007);**Genetic dissection of ethanol tolerance in the Budding yeast *Saccharomyces cerevisiae* Genetics 175:1479-1487

I

- **Isci, S., E. Günister, Ö. I. Ece and N. Güngör,(2004);** "The modification of rheological properties of clays with PVA effect" Mater. Lett. **58**, 1975-1978.
- **Izydorczyk, M. S., A. Hussain and A. W. Macgregor. (2001).** "Effect of barley and barley components on rheological properties of wheat dough." Journal of Cereal Science **34**: 251-260

J

- **James, G. A., R. M. Cook, S. M. West and J. G. Lindsay (1995).** The private dehydrogenate complex of *Saccharomyces cerevisiae* is regulated by 1
- **Jones et coll, (1981); winter, (1988).** . Observations of a persistent upwelling center off Point Conception. California.In: Suess, E., Thiede, J. (ed.) Coastal upwelling.Plenum Press, New York, p. 37-

K

- **Kitagaki H .; Araki Y; Finato K ,and Shimoi H (2007) ;**Ethanol induced death in yeast exhibits features of apoptosis mediated by mitochondrial fission pathways ,FEBS Lett, 581:2935-2942
- **Kron et al., (1994);** Symmetric cell division in pseudohyphae of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*.

L

- **Lai Q.P (2010).** Utilisation des levures non saccharomyces en œnologie : études des interactions entre *Torulaspora delbrueckii* et *Saccharomyces cerevisiae* en cultures mixtes, thèse de doctorat, université de Toulouse
- **Larpent- Gourgaud et Sanglier., (1992) ;** Biotechnologies. Principes et méthodes : 574-581.
- **Larpent-Gourgaud M (1997) ;** Mémento technique de microbiologie - 3ème édition Ed. Tec & Doc,-103

- **Larpent J. P., Gourgoud M., (1985).** Elément de microbiologie. Ed. Herman. Paris, 464p.
- **Larpent J. P., (1991).** Biotechnologie des levures. Ed. Masson. Paris, 426 p.
- **Larpent J. P., (1992).** La microbiologie de la fermentation panaire. (Ed)Technologie et documentation. Cedex, 51 p.
- **Larpent J.P., (1997) ;** Biotechnologie des levures Thèse: Pharmacie: Paris XI.
- **Larpent I-P.(1991) ;** Les ferments microbiens dans les industries agro-alimentaires (produits laitiers et carnés) Ed. APRIA, 1991.-242 p.
- **Lei J; Zhao X; Ge X and Bai ;.(2007)** Ethanol tolerance and the variation of plasma membrane composition of yeast floc population with different size distribution J Biotechnology ,131:270-275
- **Leyral G. et Vierling É., 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et
 - sécurité alimentaires. *4^{ème} édition, Doin*, pp 20-36.
- **Leveau J.-Y., Bouix M., (1993) a.** Microbiologie industrielle: les micro-organismes d'intérêt industriel. Techniques et Documentation – Lavoisier, Apria, Paris, 612 p.
- **Leveau J.-Y., Bouix M., (1993) b.** Cinétiques microbiennes. Dans: *Biotechnologie*, 4^{ème} édition (Edité par Scriban R.). Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, p. 181-209.
- **Lo Prest F; Riffand S ;Meugnier H ,Reyralle M; Lasney .Gnimont ; P.A.D et Freney J.(2001) ;**Legionella gresilensis sp.nov.and legionella beliardensis sp.nov.isolated from water in France .international journal of systematic and evolutionary microbiology;51:1949-1957

M

- **Macosko, C.W.(1994),** Rheology: Principales, Measurements, and Applications, New York, Wiley -VCH
- **Madigan et al, (2000).** Brock Biology of Microorganism. 8th End, Prentice Hall, Upper Saddle River, pp: 891-921.
- **Marden J.P (2007) ;** contribution à l'étude du mode d'action de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sc. 47 chez le ruminant : approche thermodynamique chez la vache laitière thèse de doctorat, université de Toulouse.

- **Maréchale P.A ; Martinez; Poirier I. et Gervais P. (1999).** The importance of the Kinetics of application of physical stresses on the viability of microorganism: significance for minimal food processing. *Trends in food science and technology*; 10:15-20
- **Martinez-Rodriguez AJ, Carrascosa AV, Polo MC (2001)** Release of nitrogen compounds to the extracellular medium by three strains of *Saccharomyces cerevisiae* during induced autolysis in a model wine system. *Int. J. Food. Microbiol.* 68: 155-160.
- **Midoux N. (1988)** Mécanique et rhéologie des fluides en génie chimique. *Technique et documentation (Lavoisier)*, 2^{ème} édition, 513p.
- **Molina-Jouve C.(2004);**Synergistic temperature and ethanol effete on *Saccharomyces cerevisiae* dynamic behavior in ethanol bio-fuel production *bioprocess biosyst Eng*; 26:217-222

N

- **Nissen P, Nielsen D, Arneborg N (2003)** Viable *Saccharomyces cerevisiae* cells at high concentrations cause early growth arrest of non-*Saccharomyces* yeasts in mixed cultures by a cell contact-mediated mechanism. *Yeast.* 20: 331-341.

O

- **Osborne JP, Edwards CG (2006)** Inhibition of malolactic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* during the alcoholic fermentation under low and high nitrogen conditions: a study in synthetic media. *Australian Journal of Grape and Wine Research.*12: 69-78.
- **Oteng-Gyang K., 1984.** Introduction à la microbiologie ans les pays chauds. Ed. Lavoisier. Paris. Pp: 43-46

P

- **Perscott *et al.*, (2007)**
- **Phaff H.J; Miller M .W et Mark E. M (1978).**the life of yeast, Harwarde university press Cambridge ;London
- **Polcic, P., L. Sabova and J. Kolarov (1997).** Fatty acids induced uncoupling of *Saccharomyces cerevisiae* mitochondria require an intact ADP/ATP carrier. *FEBS Letters.* **412**: 207-210
- **Pronk, J.T., H. Y. de Steensma, and J. P. Van Dijken (1996).** Pyruvate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast.* **12(16)**: 1607-33.

Q

- Queiroz MMC 1991. *Aspectos da bioecologia de Chrysomya albiceps (Wiedemann, 1819) (Diptera, Calliphoridae), em condições de laboratório*. Master Thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, Brasil. 72 pp.

R

- **Rainieri S, Zambonelli C, Giudici P, Castellari L (1998)** Characterization of thermotolerant *Saccharomyces cerevisiae* hybrids. *Biotechnology. Lett.* 20: 543-547.
-
- **Rambaud J.C. (2004)**. flore microbienne intestinal : physiologie et pathologie digestives Edit John libbey Euronext, paris ,247p
- **Rapilly F (1968)** Les techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann Épiphyt* 19, (n° HS)
- **Regnault IP. (1990)** ; Microbiologie générale - Vol. Ed. Vigot -859 p.
- **Revuz B., (1979)**. Microbiologie et industrie alimentaire (culture de la levure sur mûlasse). (Ed) Lavoisier. Paris, pp 113-120.
- **Rieger, M., O. Käppeli and A. Fiechter (1983)**. The role of limited respiration in the incomplete oxidation of glucose by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Gen. Microbiol.* **129**: 653-661.
- **Rocco .K.A. Galligan P; little K.J et spurgash A (1985)**. Arapide bioluminescent ATP method for determining yeast contamination in a carbonated beverage food technologies: 39; 49.52
- **Ronald G. Larson,(1999)**; "Foams, emulsions, and blends", in "/the Structure and rheology of complex fluids"/. Oxford University Press, New York.
- **Rose A.H et Harrison J.S (1971)**, the yeast vole, 4, 2 ém edition 297p

S

- **Safouane, M., (2003)** ;"Drainage des Mousses Aqueuses : Rôle de La Rhéologie du Fluide Moussant," **Thèse** de doctorat de l'Université Paris XI Orsay .
- **Salvado, Z., Arroyo-Lopez, FN, Barrio, E., Querol, A., Guillamon, JM (2011)**. Quantifier les effets individuels de l'éthanol et de la température sur l'avantage de remise en forme de *Saccharomyces cerevisiae*. . *Alimentation Microbiol*, **28** (6): 1155-1161.

- **Salvado, Z., Arroyo-Lopez, FN, Guillamon, JM, Salazar, G., Querol, A., et Barrio, E. (2011).** Température d'adaptation détermine fortement l'évolution au sein du genre *Saccharomyces*. *Appl. Environ Microbiol*, **77** (7): 2292-2302.
- **Scriban R., (1999)** ; Biotechnologie. (5ème Ed) Technologie et documentation - Lavoisier. Paris, 1017 p.
- **Scriban R. (1988)** ; Les Industries Agricoles Alimentaires Ed. Tec & Doc, 1988.-382 p.
- **Slaa, J., Gnode, M., et Else, H. (2009).** La levure et la fermentation: la température optimale. *Journal of Organic Chemistry*, **134**: ac.
- **Staron T., (1977).** Les protéines non conventionnelles pour l'alimentation humaine dans la communauté économique Européenne .ed. Apria, Paris. 559 P
- **Stevens S, Hofemyer JHS (1993)** Effects of ethanol, octanoic and decanoic acids on fermentation and the passive influx of protons through the plasma membrane *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 38: 656-663.

T

- **Tai, SL, Daran-Lapujade, P., Walsh, MC, Pronk, JT et Daran, JM(2007).** Acclimatation de la basse température: une analyse de transcriptome basée chemostat. *Biologie moléculaire de Cell*, **18**: 5100 à 5112.
- **Tchango Tchango (1996).** Qualité microbiologique des jus et nectars de fruits exotiques. Croissance et thermorésistante des levures d'altération, -217 p. Thèse: Sciences: Lille; n 50376-25
- **Thuriaux P., 2004.** Les organismes modèles : "la levure" .Ed. DECLIN. Paris. 1-144 P
- **Tixier.M ;(2003),**Journal of rheology 46:56-21
- **Tortora G.J., Anagnostakos, N.P., 1987.** Principes d'anatomie et de physiologie. Ed. INC, 5 ème édition, pp 688-693.
- **Thevelein J.M., Hohmann S., (1995).** Trehalose synthetase: guard to the gate of glycolysis in yeast. *Trends in Biochemical Sciences* 20: 3-10.

V

- **Van Leeuwenhoek** qui les a dessinées vers 1680
- **Varadi et al ;(1993),** Branching solution and Lei series , *Celest. Mech. Dyn . Astron.*, 57 :517
- **Veenhuis M., M. Mateblowski, W.-H. Kunau and W. Harder (1987).** Proliferation of microbodies in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* **3**: 77-84.

- **Vladescu B.(1994)** ; La levure dans les industries alimentaires Ed. Tec & Doc, Lavoisier.-56 p.

W

- **Walker G.M., (1998).** Yeast: physiology and biotechnology. John Wiley and Sons, Angleterre, 350 p.
- **Watson J.D.;Hopkins N.H ;Roberts J.W ;Stteitz .;J.A ;and wainer ;A.M (1978);**Yeast as the ;E.coli of eukaryotic cell. Molecular biology of gene ;Benjamin .communing :550-593
- **Warren, D.M., L.J. Slikkerveer and D. Brokensha (eds) (1995)** "The cultural dimension of development: Indigenous knowledge systems". London: Intermediate Technology Publications
- **Watkins, P. A., J.-F. Lu, S. J. Steinberg, S. J. Gould, K. D. Smith and L. T. Braiterman (1998).** Disruption of the *Saccharomyces cerevisiae* FAT1 gene decreases very-long chain fatty acyl-coA synthetase activity and elevates intracellular very-long chain fatty acid concentrations. *J. Biol. Chem.* **273**: 18210-19.
- **Whitcomb, P. J. and C. W. Macosko, (1987);**"Rheology of Xanthan Gum" *J. Rheol.* **22**, 493-505.
- **Winter,J.W.(1988).**Ecological specialization of mammals in Australian tropical and sub-tropical rainforest: refugial or ecological determinism?Proceedings of the Ecological Society of Australia 15,127-38

Z

- **Zang, W; Hu; Wang .H; Sun.L ;(2009);** Identification and characterization of a virulenc- associated protease from a pathogenic *Pseudomonas fluorescens* strain . *vet Microbiol.* (sous presse ;”pruve corrigée)

Liste d'abréviation :

PDA: Pomme de terre Dextrose Agar

Do: Densité optique

ml: millilitre

dS: surface élémentaire

dF: la force exercée

τ : représente une force par unité de surface

Pa.s : pascalle par second

atm : atmosphère

C : concentration en mole

ϵ : coefficient d'extension molaire (en 1/mole /cm)

I : trajet optique en cm

t :jour

Liste de figures :

Figure 1 : Micrographie de <i>S. cerevisiae</i> (Tortora et Anagnostakos ;1987)	4
Figure 2 :Structure de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Thuriaux, 2004)	5
Figure 3 : La glycolyse (A) et du cycle de Krebs (B).(Fritsche,1972)	7
Figure 4 : Utilisation du glucose par <i>Saccharomyces</i> sous conditions anaérobies (fermentation) (Fritsche, 1972).....	8
Figure 5: Représentation schématique du cycle cellulaire de <i>S. cerevisiae</i> (Madigan <i>et al.</i> , ,2000).....	9
Figure6 : Représentation schématique du cycle cellulaire de <i>S..cerevisiae</i> (Herskowitz, 1988).....	11
Figure 7 : Transition e la ploïdie au cours du cycle cellulaire de <i>S. cerevisiae</i>	12
Figure 8 : Schématisation ducisaillement entredeux plaques.....	16
Figure 9 : Ensemencement du milieu PDA par les <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	20
Figure 10 : Préparation de culture <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
Figure. 11: Préparation des dilutions successives de l'inoculum de la levure à Do=2.....	21
Figure 12 : Rhéomètre AR 2000.....	22
Figure 13 : Aspect macroscopique de la culture de la souche <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur milieu solide PDA.....	23

Figure14 : Aspect microscopique de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24
Figure 15 : Cinétique de croissance de la souche de levure sous différents température sur milieu PDA pendant 24 heures.....	25
Figure 16 : Aspect de la culture de levure incubé à 4 C ⁰	25
.Figure 17 : Cinétique de croissance de la souche de levure sous différent pH à une température de 30°C sur milieu PDA pendant 24 heures.....	27
Figure 18 : Cinétique de croissance de la souche de levure sous différent concentration d'inoculum à une température, pH 7 de 30°C sur milieu PDA.....	28
Figure 19 : Courbe d'écoulement de la suspension microbienne <i>Saccharomyces cerevisie</i> au 14 ^{ème} jour à différente températures	29
Figure 20: Evolution de la viscosité de la suspension bactérienne de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> au 14 ^{ème} jours en fonction de la température à un taux de cisaillement de 600 s ⁻¹	30
Figure 21a : Courbe d'écoulement du vieillissement de la suspension microbienne de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> aux 2 ^{ème} , 7 ^{ème} et aux 14 ^{ème} jours à 80°C.....	32
Figure 21 b : Courbe d'écoulement du vieillissement de la suspension microbien de <i>Saccaromyces cerevisiae</i>	32
Figure 22 : Schéma de principe de spectrophotomètre UV-visible mono faisceau	36.
Figure 23 :Schéma de PH mètre	39

Liste de tableau :

Tableau 1 : <i>Caractéristiques</i> morphologiques et physiologiques de la souche étudiée <i>Saccharomyces.cerevisiae</i>	18
.....	
Tableau 2 : Caractères morphologiques des colonies observées	23
.....	
Tableau 3 : résultats des mesures de Do obtenus	37

Les levures sont des organismes eucaryotes hétérotrophes faisant partie du règne des champignons dont on les distingue par leur caractère unicellulaire et l'absence de vrai mycélium. Elles sont microscopiques et immobiles (Guiraud et Galzy, 1998). Les levures occupent une place importante dans l'industrie alimentaire. Elles participent à la fabrication de nombreux produits agroalimentaires; brasserie, fromagerie, vinification...etc. Mais, ces microorganismes interviennent dans la valorisation des déchets agricoles et industriels et à la production des protéines. Actuellement leur rôle est fondamental dans les industries de fermentation. Ainsi elles utilisent les substrats sucrés ou amylacés pour la production de certains métabolites à savoir l'alcool pour *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, les nucléotides, et la production des antibiotiques (Scriban, 1999). Donc les levures sont des acteurs essentiels intervenant dans divers domaines. Il faut noter que l'intérêt qu'elles suscitent aujourd'hui et du à leur grande diversité. Un grand nombre de levure communément utilisé en biotechnologie à été obtenu à partir d'habitat naturel ou elles ont développé une faculté d'adaptation à un grand nombre de niche écologique grâce à leur propriété physiologique très caractéristique. Ces microorganismes ont la capacité de vivre en présence ou en absence d'oxygène et de se multiplier très rapidement.

Les levures sont des produits alimentaires n'étant pas pathogène. Ainsi elles ne causeront pas d'intoxication alimentaire. Mais elles peuvent produire par leur développement des altérations de la qualité marchande de ces aliments (Rambaud, 2004)

Saccharomyces cerevisiae est largement étudié en biologie cellulaire et moléculaire présentant de nombreux avantages car ce microorganisme sert comme une modèle pour étudier les eucaryotes (Phaff et al. 1978; Bonaly 1990). Selon Rocco et al. (1985), les levures vivent principalement sur les végétaux riches en sucre, dans les liquides sucrés ou dans des aliments tel que le pain et les céréales. Staron (1977) note qu'il existe plusieurs utilisations possibles de *Saccharomyces cerevisiae* dans différent domaines. Ces levures ont joué un rôle de premier ordre dans l'alimentation humaine; vinification, panification, brasserie, et fromagerie. Elles sont des champignons qui peuvent être développés industriellement soit, pour leur utilisation en tant qu'agents de fermentation. La production industrielle la plus importante dans ce domaine étant celle la levure de boulangerie (panification) et leur utilisation à l'état mort en tant qu'aliment comme source de protéines et de vitamines.

Des travaux sur *Saccharomyces cerevisiae* ont été faits par Bacha Ali ;(2007). A travers ces travaux, sont propose d'étudier la production et l'activité de l'invertase produite *Saccharomyces cerevisiae* sur substrat à base des dattes. Au cours de ce travail, ils ont essayé d'isoler une souche de levure « *Saccharomyces cerevisiae* » à partir d'extrait de dattes. Les résultats obtenus montre que il y à une activité élevée del'invertase due à la richesse des dattes en saccharose (0,65g/min). Ainsi, cette étude montre que l'utilisation de cette nouvelle biotechnologie permet d'une part d'éviter la dépendance vis-à-vis de l'étranger concernant l'importation de l'enzyme et d'autres part stimuler la valorisation des produits dérivés des dattes.

Ce travail pore sur l'étude des propriétés rhéologiques de la suspension d'une culture microbienne de *Saccharomyces cerevisiae*. Une étude des caractéristiques d'écoulement du fluide, c'est-à-dire sa viscosité, sa contrainte de cisaillement et son indice de cohérence sont réalisés.

Cette étude sera échelonnée sur trois chapitres .Dans le premier chapitre, les données bibliographiques sont exposées. Le second chapitre traite le matériel ainsi que les déférentes méthodes utilisées lors de la réalisation de cette étude. Les résultats obtenus et leurs discussions sont détaillés dans le troisième chapitre. Enfin, une conclusion générale clôtüre ce travail