



Licence En-Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE (TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUIVI DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA LEVURE PRESSEE EN GLACIERE

Présenté par :

◆ ALAMI LEILA

Encadré par :

◆ Pr. A.BENNANI (LESAFFRE-Maroc)
◆ Pr. M.K.SKALLI (FST – Fès)

Soutenu le 09 Juin 2016 devant le jury composé de:

- Pr. M. K. SKALLI (FST – Fès)
- Pr. J. ASSOUIK (FST – Fès)
- Pr. M. CHAOUQI (FST – Fès)

Stage effectué à : LESAFFRE-Maroc

Année Universitaire 2015 / 2016

Dédicace

*À mes chers parents Khadija El Alami &
Mohammed Alami.*

*Pour les sacrifices, le soutien, l'amour et l'affection.
Je vous dis Merci d'avoir toujours été là pour moi.
Merci pour vos prières, bénédictions et efforts.*

*Puisse Dieu le tout puissant, vous préserver, vous
accorder santé, bonheur et longue vie.*

*À mes chers frères
Accrochez-vous bien à vos rêves, c'est la clé de la
réussite. Je ferai de mon mieux pour être toujours un
bon exemple.*

*A la mémoire de ma très chère grand-mère,
A toute ma famille,
A tous mes chers amis,
Je dédie ce travail.*

Remerciements

Au terme de ce travail, je me sens redevable à toutes les personnes qui ont contribué à rendre mon stage à LESAFFRE MAROC aussi agréable et qui, par leur enseignement et leurs conseils ont contribué à sa réalisation.

Je tiens à remercier tout particulièrement Mr le Directeur de la société LESAFFRE MAROC pour m'avoir accepté comme stagiaire.

J'adresse mes plus vifs remerciements à MR.A.BENNANI pour son accueil, son encadrement, sa disponibilité, et pour la confiance qu'il m'a accordée .Merci pour les nombreuses discussions que nous avons eu et les conseils précieux qu'il m'a prodigué tout au long de ce stage.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon encadrant Mr. SKALLI Mohammed Khalid, qui m'a accordé de son temps précieux, pour son soutien, sa disponibilité pour mener à bien ce modeste projet.

Nous tenons à remercier les membres du jury Pr. CHAOUQI Mohammed et Pr. ASSOUIK Jamal pour avoir eu l'extrême gentillesse de bien vouloir évaluer notre projet de Fin d'études.

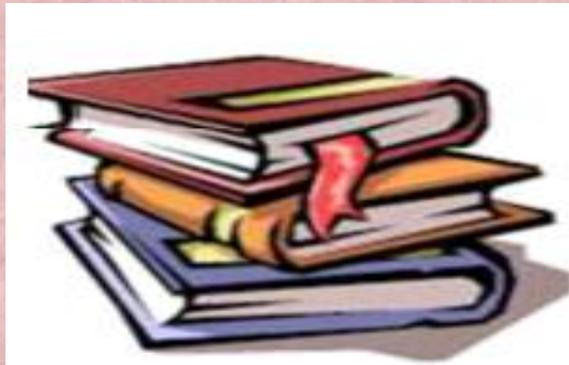
Enfin, je souhaite remercier chaleureusement tout le personnel de la société LESAFFRE MAROC de m'avoir consacré de leur temps avec beaucoup de sympathie. A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, je dis MERCI.

Table des matières :

<i>Dedicace</i>	
<i>Remerciement</i>	
<i>Introduction Générale</i>	1
<i>Présentation de l'organisme d'accueil</i>	2
1. Introduction	2
2. Présentation du groupe LESAFFRE	2
3. Historique de groupe LESAFFRE	2
4. Leur mission.....	3
<i>Historique LESAFFRE-Maroc</i>	3
1. Laboratoire LESAFFRE-Maroc	4
2. Produits et marques	4
3. L'organigramme de l'entreprise	5
<i>Chapitre I : Généralités sur la levure</i>	6
<i>Introduction</i>	7
1- la levure	7
a-Définition	7
b-Historique	7
c-Structure de la levure	7
2- Mode de vie de la levure	8
a-Développement de la levure	8
b-Type de levure	9
c-Paramètres influençant l'activité levurienne	9
3- Etapes de production de la levure	10
3.1-A l'échelle du laboratoire.....	10
Ensemencement	10
3.2-A l'échelle industrielle	10
a-Pré fermentation	10
b-Fermentation.....	11
c-Séparation	11
d-Filtration et emballage.....	12
e-Conditionnement	13
f-Conservation	14
<i>Chapitre II : Partie expérimentale</i>	15
1- Analyses physico-chimiques	16
a- La matière sèche	16
b-Conductivité	16
c-La force CO ₂	17

d-Dosage de l'azote par la méthode de KJELDHAL.....	17
a-Dosage de phosphate par spectrophotométrie	19
Chapitre III : Résultats Et interprétation	22
1-Introduction.....	23
2-Analyses physico-chimiques	23
2-1Résultat	24
2-2Interprétation.....	26
Conclusion	29
Références.....	30
Matériel.....	31

Référence :



☒ www.lesaffre.com/fr/le-groupe/lesaffre-dans-le-monde.html

☒ <http://fr.wikipedia.org/wiki/fermentation>

☒ <http://www.lesaffrehumancare.fr/>

☒ www.Lesaffre.com

☒ www.toutsurlalevure.fr

☒ <http://techno.boulangerie.free.fr/>

Matériel :



Etuve



Agitateur magnétique



Spectrophotomètre



Balance électronique



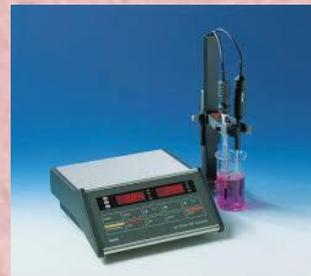
Colorimètre NOVO-SHADE



Digesteur



Distillateur Büchi



pH-mètre



Dessiccateur



Titrateur

Liste des figures :

Figure 1 : Organigramme de la société.....	5
Figure 2 : Structure d'une cellule de levure.....	8
Figure 3 : Représentation des étapes d'ensemencement	10
Figure 4 : Représentation des étapes de fermentation.....	11
Figure 5 : Représentation de séparation.....	12
Figure 6 : Présentation de la filtration sous vide.....	13
Figure 7 : Procèdes de fabrication de la levure.....	14

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Différents tests effectués sur lot P3 2000.	21
Tableau 2 : Différents tests effectués sur lot P4 2000.....	22
Tableau 3 : Différents tests effectués sur lot P3 2170.....	23
Tableau 4 : Différents tests effectués sur lot P4 2170.....	24

Introduction Générale

La levure fait partie des biotechnologies traditionnelles qui ne reposent sur aucune connaissance théorique mais sur une utilisation empirique.

Ce microorganisme fait penser à l'univers de la boulangerie et la panification. Or, il n'est pas présent que dans ce Domaine.

Dans l'industrie de la fermentation, la levure est employée dans les industries alimentaires pour la fabrication du pain, du vin ou la bière. Elle est également employée dans les filières non alimentaires comme celle des biocarburants pour produire l'éthanol.

D'autres applications :

- En alimentation par exemple les exhausteurs de goûts,
- En nutrition santé comme complément alimentaire et probiotique,
- En médecine pour la recherche biomédicale et dans la voie de synthèse d'antibiotiques et d'autres molécules d'intérêt, elle est également employée comme organisme modèle en génétique,
- En environnement pour la dépollution, la valorisation des déchets et la protection des cultures.

Cependant, elle joue parfois un rôle négatif en contaminant et en dégradant les aliments ; certaines sont pathogènes pour l'homme ou les animaux.

En effet, *Saccharomyces cerevisiae*, espèce à laquelle appartient la levure de boulangerie a été et est encore l'un des organismes modèles les plus utilisés en laboratoire de recherche universitaire pour des études biochimiques, physiologique et génétiques.

Dans ce cadre, j'ai eu l'occasion d'effectuer un stage au sein de la société « Lesaffre Maroc » spécialisée dans la fabrication de levure de panification, et plus précisément au sein du laboratoire d'analyse physico-chimique pour suivre les analyses des différents lots stockés dans la glacière pendant une période de 9 semaines.

Présentation de l'organisme d'accueil

1 - Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation de LESAFFRE-Maroc, l'organisme qui m'a accueilli pendant toute la période de mon stage de fin d'études.

2 - Présentation du groupe LESAFFRE :

Lesaffre est un groupe familial, un acteur référent sur le plan mondial, né dans le nord de la France, le groupe est spécialisé dans des produits de fermentation, aujourd'hui multi-local et pluriculturel, il s'engage dans chacune de ses activités : la panification, le goût et le plaisir alimentaire, la nutrition-santé et la biotechnologie, il a réalisé un chiffre d'affaires en 2014 estimé à 1,56 milliard d'euros.

Ses produits sont distribués dans plus de 180 pays. Lesaffre emploie 8000 collaborateurs répartis dans plus de 70 filiales. Lesaffre Maroc fait partie de ce groupe par son siège qui se situe est situé au quartier industriel SIDI BRAHIM à Fès.

3 - Historique de groupe LESAFFRE :

L'histoire raconte qu'en **1853** deux frères Louis Lesaffre-Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille.

Un premier moulin est acquis en **1863** à Marcq-en-Barœul. Mais l'industrie de la levure démarre réellement en Autriche en **1867** avec le procédé Mautner. Ce procédé empirique consistait à préparer un moût de grains, de telle sorte que le dégagement gazeux entraînait la levure à la surface où elle était recueillie.

Lorsqu'en **1871** le baron autrichien Max de Springer, propriétaire à Maisons-Alfort près de Paris d'une très belle distillerie, rapporte de chez Mautner, à Vienne, l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers ; Lesaffre & Bonduelle décident à leur tour en **1873** de développer la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Barœul, à la place de l'ancien moulin. Mais contre toute attente en **1901** les familles LESAFFRE et BONDUELLE décident de poursuivre séparément leurs activités. L'entreprise est partagée en 2 branches : Lesaffre & Cie (alcool et levure) et Lesaffre Frères (sucrierie et distillerie). Bonduelle est aujourd'hui un acteur reconnu sur le marché du légume. Mais en **1910** l'usine de Marcq-en-Barœul subit un grand

incendie qui la détruit totalement, elle est reconstruite. **1923** avec la crise de l'alcool de grains, l'Etat français décide brutalement d'abaisser le prix, rendant sa production économiquement impossible.

Une nouvelle matière première pour la levure sera trouvée, la mélasse, moyennant quelques aménagements techniques.

De **1939-1945** lors de la seconde guerre mondiale, Lesaffre met au point des produits à base de levure destinés à atténuer la pénurie alimentaire : production de la première levure sèche active. L'envoyer vers l'international aura lieu entre **1963** et **2000** dont une implantation au Maroc.

✧ *Lesaffre dans le Monde :*

Afin d'être au plus près de ses clients, LESAFFRE compte plus de 50 sites de production ainsi que de nombreuses sociétés commerciales et de distribution. Son statut d'expert dans le domaine des levures et extraits de levures ainsi que sa volonté d'adaptation aux exigences des marchés internationaux, ils ont fait une référence mondiale sur ses marchés Levure & Panification et Nutrition & Santé.

4 - Leur Mission :

Proche de ses clients et de ses partenaires, Lesaffre entreprend avec confiance pour mieux nourrir et protéger la planète. Ainsi, chaque jour :

- ✧ Nous nous attachons à Co-développer et Co-construire nos produits et nos services avec tous nos clients.
- ✧ Nous travaillons à améliorer la qualité de notre alimentation pour maintenir durablement la santé des vivants.
- ✧ Nous exerçons nos activités dans le respect de la planète.

Historique LESAFFRE-Maroc :

Depuis sa privatisation en 1993, la société SODERS (créée en 1975) a été majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE, renommée sous « LESAFFRE-Maroc ». Elle représente la première entreprise privatisée du Maroc bénéficiant de l'expertise du leader mondial dans la fabrication de la levure de panification.

La société a investi 10 millions de DH par ans pour augmenter sa capacité de production à 30.000 tonnes, avec un effectif de 200 personnes et un capital de 30.800.000 DH, elle est Subdivisée en un

site de production à Fès et un BANKING CENTER à Casablanca, ce dernier site constitue une vitrine des produits Lesaffre où les boulangers peuvent suivre des formations et des démonstrations applicables à leur métier.

1 - Laboratoire Lesaffre-Maroc :

Le laboratoire a été créé en 2006 par une équipe marocaine dans le but de répondre au besoin des contrôles microbiologiques et physicochimiques intervenant dans tous les niveaux de fabrication,

Depuis la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit final. Il est chargé d'effectuer ces procédés dans des conditions de qualité et de confidentialité.

**Laboratoire physico-chimique :*

Ce laboratoire est divisé en trois parties :

- ☒ Salle de panification où s'effectue la première étape de fabrication ;
- ☒ Salle de stockage où se trouve tout le matériel et les produits initiaux ;
- ☒ Salle d'analyses physico-chimiques.

**Laboratoire de microbiologie :*

Il est divisé en quatre parties :

- ☒ Une salle des pathogènes ;
- ☒ Une salle de stockage des matières premières ;
- ☒ Une salle de préparation des milieux de culture, la stérilisation et d'autres activités ;
- ☒ Une salle d'analyse bactériologique.

2 - Produits et Marques :

LESAFFRE-MAROC est spécialisée dans la fabrication de levure fraîche "levure pressée" conditionnée en pain de 500g et dans la production de levure sèche conditionnée en sachet de 50g, 125g et 500g, ce dernier type se subdivise en deux produits :

SPI : levure sèche instantanée.

SPH : levure sèche à réhydrater

Elle fabrique et commercialise la levure fraîche sous la marque **Jaouda**, **Rafiaa** et **Nevada** pour la sèche.



Les améliorants de panification sont quant à eux commercialisés sous les marques **Ibis bleu** et **Magimix**.



Tout ceci est produit, conditionné, stocké, contrôlé et distribué par une organisation d'entreprise bien ficelée.

3 - L'organigramme de l'entreprise :

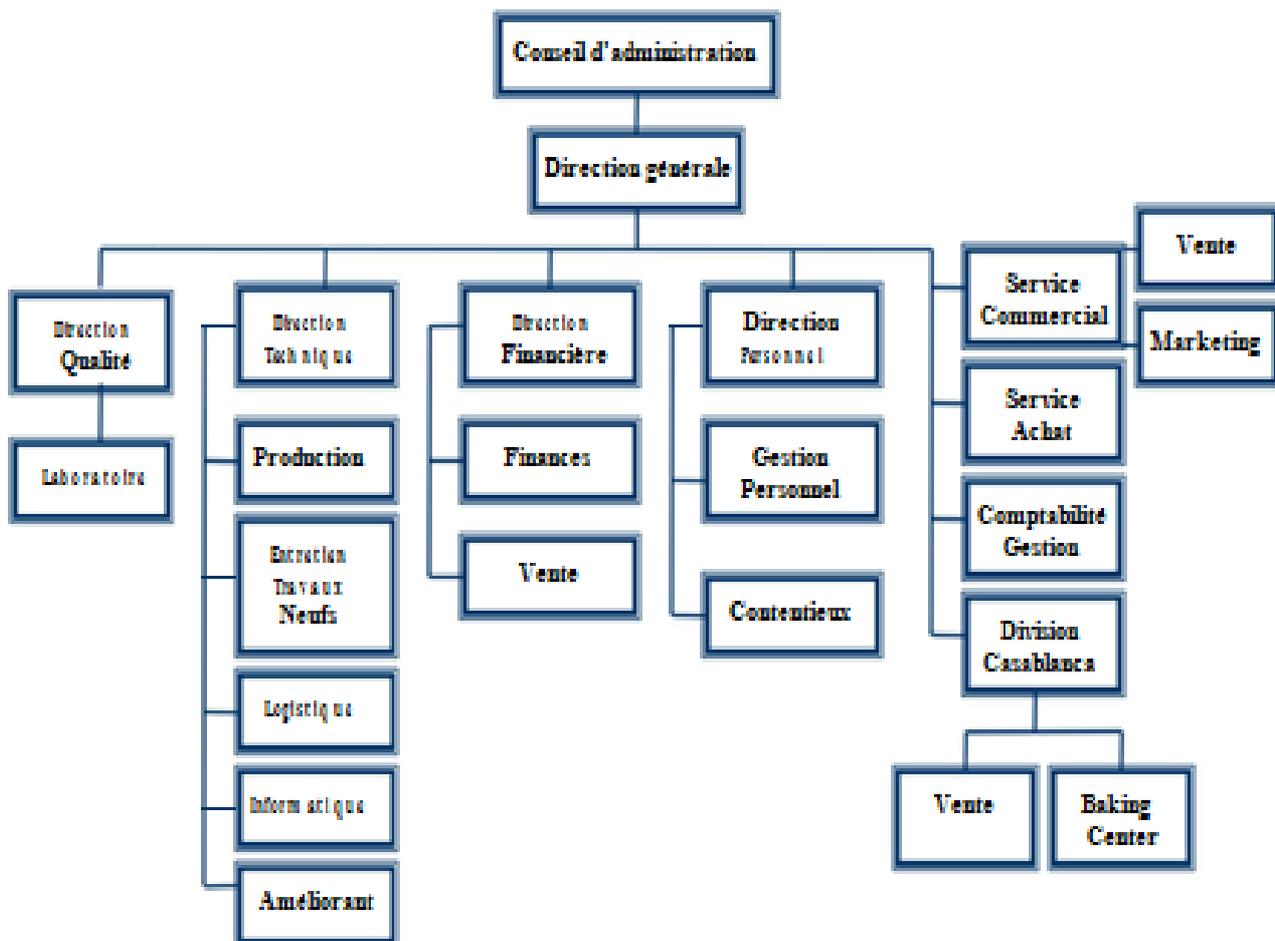


Figure1 : Organigramme de la société



Chapitre I :

Généralité sur la levure

Introduction :

Parce qu'elle contient des minéraux, des vitamines et des acides aminés, la levure possède de multiples vertus.

Grâce à ces éléments indispensables au bon fonctionnement de notre organisme, la levure joue un rôle nutritionnel dans notre alimentation et notre équilibre. Par exemple, la levure et ses dérivés sont utilisés dans des compléments alimentaires pour supplémer notre alimentation, pourvoir à notre bien-être et contribuer à l'amélioration de notre santé.

La levure connaît également d'autres applications dans des secteurs tels que l'alimentation animale ou encore les cosmétiques.

Dans cette partie, nous allons savoir comment on procède à la fabrication de la levure dite commerciale que ça soit la fraîche ou sèche au sein de la société LESAFFRE-MAROC, le leader dans son domaine.

1-La levure :

a-Définition :

La levure est un champignon unicellulaire microscopique et eucaryote, apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales, La levure la plus connue porte le nom de *Saccharomyces Cerevisiae* : **Saccharo** pour sucre et **Myces** pour champignon.

b-Historique :

L'homme a toujours utilisé la levure au cours de l'histoire, et ce bien avant de savoir écrire. Les Égyptiens l'utilisaient déjà pour fabriquer leur pain, il y a cinq mille ans, Cependant, ils ignoraient le processus de fermentation.

L'histoire de la levure nous amène en **1680** : à la découverte du microscope, Leeuwenhoek observe pour la première fois les globules de levure de bière. Mais il faudra attendre **1857** et les travaux du scientifique français, Louis Pasteur pour comprendre le processus de fermentation.

La levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* s'est imposée au fil de l'histoire pour faire lever universellement les pâtes boulangères.

c-Structure de la levure :

La forme végétative des levures peut être sphérique, globuleuse, ovoïde, allongée ou cylindrique. Il existe cependant des formes cellulaires caractéristiques : forme en bouteille et forme triangulaire.

Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale, parmi elles, celle utilisée dans la fabrication de la levure boulangère *Saccharomyces cerevisiae*.

Les cellules de la levure sont sphériques ou ovales et mesurent environ 1/100^{ème} de millimètre (à 8µm), Dans 1 gramme de levure en pain (culture de levures, concentrées puis pressées) il y a 5 à 12 milliards de cellules, sa structure est la suivante :

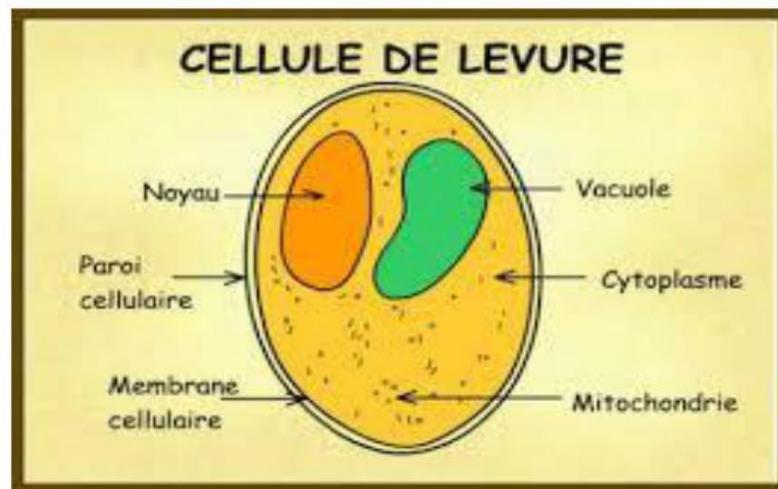


Figure 2 : Structure d'une cellule de levure

2-Mode de vie de la levure :

a-Développement de la levure :

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).

***En présence d'air**, la levure respire : Elle dégrade les sucres simples (en C6) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme oxydatif qui conduit à la formation d'eau, de gaz carbonique et une grande quantité d'énergie (vie, croissance et multiplication).

***En l'absence d'air**, la levure fermente les sucres simples (en C_6) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'alcool et un peu moins d'énergie. Ce métabolisme fermentatif moins énergétique que le métabolisme oxydatif, affecte la multiplication cellulaire mais a l'avantage de permettre à la levure de survivre même en anaérobiose.

b-Type de levure :

***La levure sèche** : contient très peu d'eau (elle est séchée sous vide à basse température). Cette caractéristique la rend très stable, résistante pendant les transports et fait qu'elle se conserve très bien dans un endroit frais et sec jusqu'à 6 mois.

***La levure fraîche** : Elle est donc plus hydratée et besoin d'un endroit frais (autour de $4^{\circ}C$) pour se conserver autour de 2 semaines. Elle doit avoir un aspect clair, humide et sans odeur acide. Elle est plus fragile. Si les conditions idéales de température et d'humidité ne se vérifient pas, elle risque de mourir, on peut la congeler mais pas au-delà de $-18^{\circ}C$.

c-Paramètres influençant l'activité levurienne :

***L'hydratation** : L'eau facilite l'activité de la levure en améliorant la mobilité des cellules de levure, en dissolvant les constituants fermentescibles et en assurant le contact entre les enzymes et le substrat.

***Le pH** : La plage optimale de pH pour l'activité levurienne se situe entre 4,6 et 6.

Dans les pâtes ensemencées à la levure, le pH varie de 5,2 à 5,7.

***La Température** : L'augmentation de la température jusque $40^{\circ}C$ accélère la fermentation des sucres par la levure. A partir de $50^{\circ}C$ (début de la cuisson du pain) l'inactivation des levures commence.

En boulangerie française, ils considèrent que la température optimale de fermentation se situe aux environs de $27^{\circ}C$, permettant un compromis entre la vitesse de fermentation (production de gaz) et la qualité technologique des pâtes (texture).

***La pression osmotique et la force ionique** : Le sel et les sucres augmentent la pression osmotique et modifient (diminuent) de ce fait l'activité levurienne. Cette augmentation de la pression osmotique conduit à la diffusion de l'eau intracellulaire vers l'extérieur de la cellule, donc à une déshydratation.

***La concentration en alcool** : L'augmentation de la concentration en alcool au cours de la fermentation auto freine progressivement l'activité levurienne.

3-Les étapes de la production de la levure :

3-1 - A l'échelle du laboratoire :

a-Ensemencement :

Chaque mois, la société LESAFFRE Maroc reçoit de la France deux souches de *Saccharomyces cerevisiae*, une destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche. Ces souches sontensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois (30 tubes de chaque souche). Cette étape demande un travail dans des conditions strictement aseptiques pour éviter tout risque de contamination, puis le contenu des tubes est transvasé dans un petit icône appelé « Vanloere » dont le milieu nutritif très riche laissera possible une première multiplication des cellules, puis, le contenu de « Vanloere» est versé dans un ballon plus grand appelé « Carlsberg » ou elles se multiplient à nouveau.

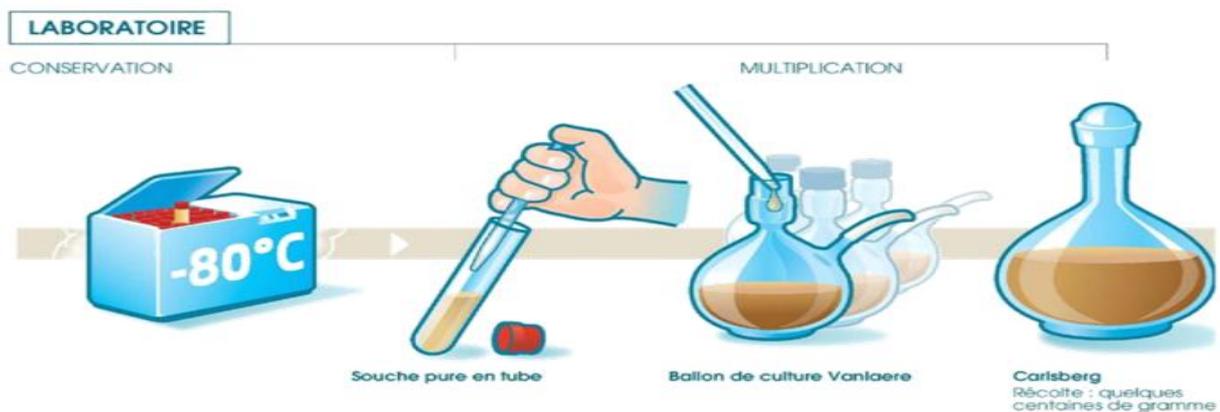


Figure 3 : Représentation des étapes d'ensemencement

3-2-- À l'échelle industrielle :

a- La Préfermentation :

Après l'incubation dans la cuve de 800L, le moût obtenu passe à la cuve de la préfermentation où on ajoute des éléments nutritifs, eau, mélasse stérile, sels minéraux, oligo-éléments et vitamines, cet ajout se fait d'une manière semi-continue selon les besoins.

b- La Fermentation :

Après la préfermentation on passe à la fermentation qui se fait dans des grandes cuves, dans cette étape l'alimentation en mélasse et les autres ingrédients est continue après un certain temps (17h) on aura une grande population de levure sous forme liquide qu'on appelle le Moût.

On ajoute aussi un anti-mousse pour éviter les mousses qui se produisent lors de la fermentation; Les grandeurs qui influencent la levure sont la **température**, le **pH** et le **taux d'alcool**. La température est contrôlée à l'aide d'un régulateur lié à un échangeur de chaleur qui refroidit le moût pour ne pas tuer la levure.

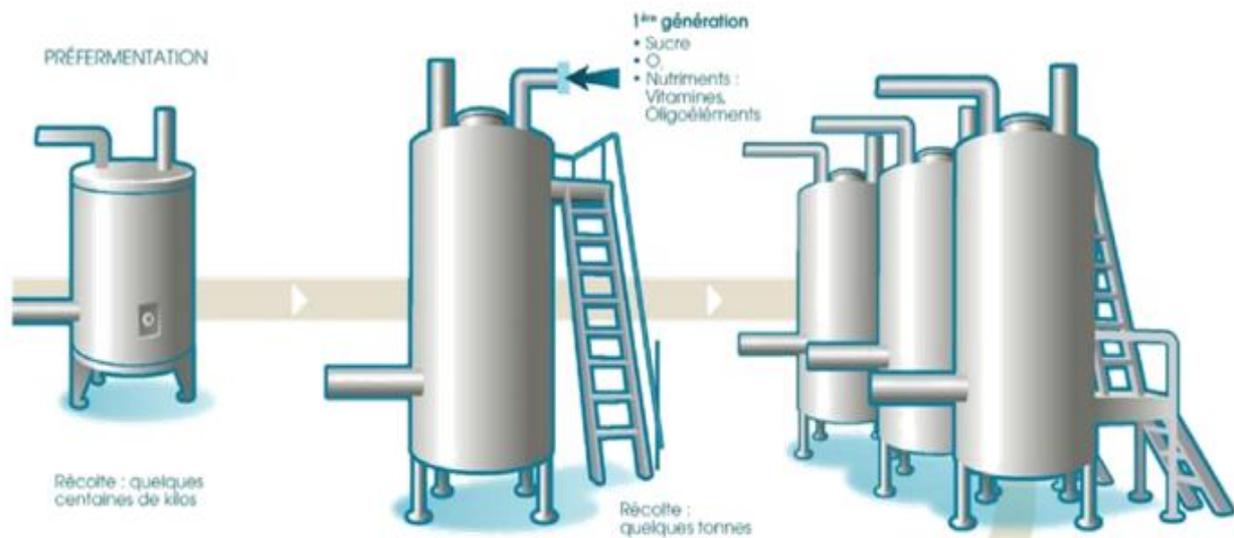


Figure 4 : Représentation des étapes de fermentation

c- Séparation :

La séparation s'effectue en deux étapes de procédé : après l'obtention de la levure mère et après l'obtention de la levure commerciale ; Le principe repose sur la séparation des cellules de levures du reste du milieu nutritif par centrifugation. On obtient un liquide léger « le moût déliveré », et un liquide dense « la crème ».

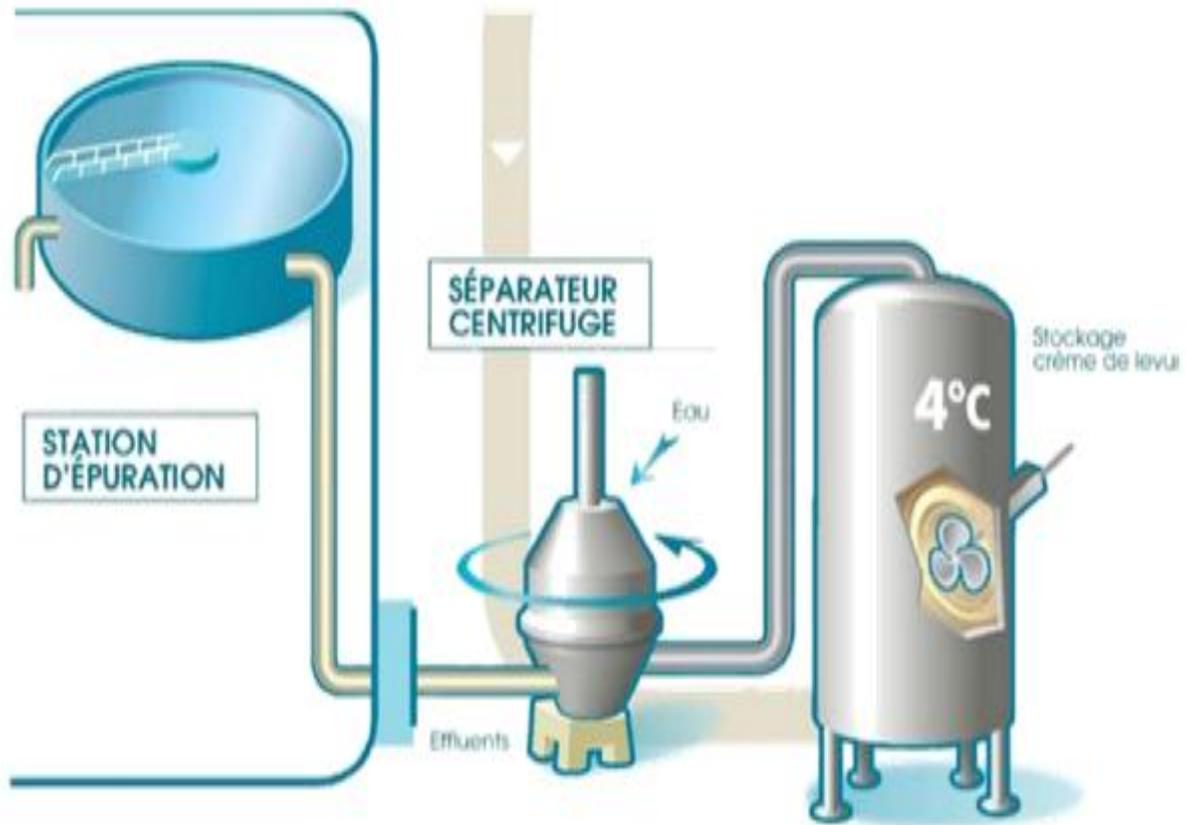


Figure 5 : Représentation de séparation

d- Filtration et emballage :

Un filtre à eau est composé d'un système de filtration qui vise à séparer l'eau des particules solides en la faisant passer au travers d'un milieu poreux, ce qui ne laisse passer que les liquides et les particules solides plus fines que les trous du filtre (porosité). La filtration se fait à l'aide d'un des hydrateurs rotatoires sous vide contenant une pré-couche d'amidon (toile filtrante) qui ne laisse passer que l'eau sans la suspension solide et muni de racleurs. Les cellules sont immergées à tour de rôle dans l'auge contenant la crème et le NaCl. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré-couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau, la levure est ensuite raclée par un coteau fixé sur le filtre. Ce coteau fonctionne d'une façon à ne pas toucher la couche d'amidon. La levure récupérée est malaxée, boudinée et extrudée à travers des filières téflonnées de sections carrées puis envoyée vers le conditionnement.

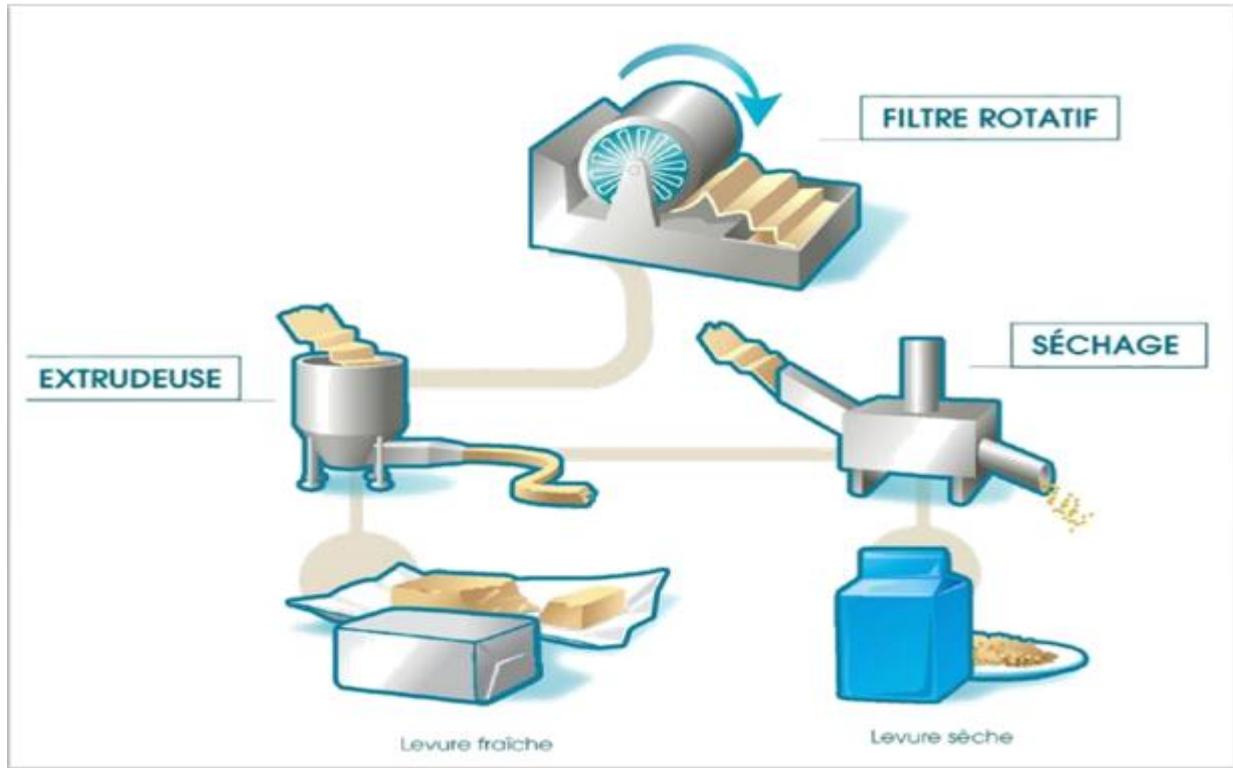


Figure 6 : Présentation de la filtration sous vide

f- Conditionnement :

***Levure fraîche**

Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné. Après mise en carton, la levure est conservée dans un chambre froide afin d'être réfrigérée à cœur avant son expédition.

***Levure sèche**

Pour la levure sèche, le gâteau provenant de la filtration sous vide est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille de porosité connue, ensuite elle est transférée au sécheur par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche jusqu'à 94% pour la SPH et 95.5% pour la SPI.

SPI : levure sèche instantanée sous forme de petits bâtons fissurés emballées sous vide ou gaz neutre dans des sachets de 450g ainsi que dans des cartons de 25kg destinés à l'export.

SPH : levure sèche active ou à réhydratation sous forme de granules ou de sphérules, emballées sous air dans des sachets de 50g, 100g et 500g.

g-Conservation :

La levure fraîche est conservée à 4°C, alors que la levure sèche est conservée à température ambiante.

La procédure générale de fabrication de la levure est résumée dans le schéma suivant :

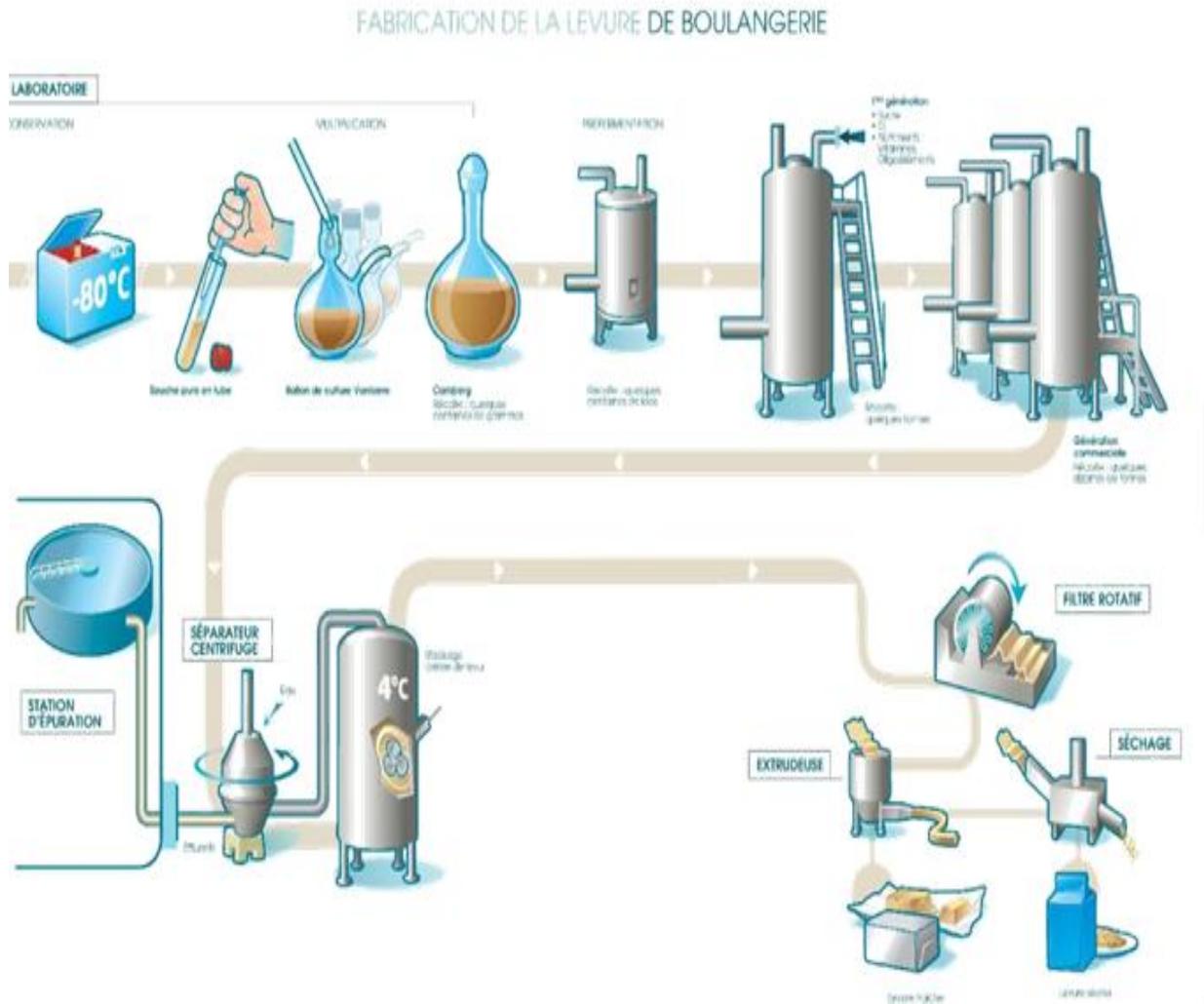


Figure 7 : Procèdes de fabrication de la levure



Chapitre II :

Partie expérimentale

1-Analyses physico-chimiques :

a- La matière sèche :

Cette analyse consiste à réaliser la méthode thermogravimétrique qui sert comme référence pour la détermination du taux de l'eau ou de la matière sèche dans les aliments.

L'analyse nécessite le matériel suivant:

- ☒ Étuve à 105°C où se passe le séchage pendant 16 heures;
- ☒ Capsules où on met l'échantillon à dessécher;
- ☒ Dessiccateur contenant un agent desséchant.

☒ **Mode Opérateur:**

- Peser les capsules vides ;
- Introduire dans chaque capsule une prise d'essai du sel brut ;
- Introduire les échantillons dans l'étuve pendant 16h ;
- Calciner jusqu'à obtention d'un résidu blanchâtre ;

Laisser refroidir les capsules dans un dessiccateur jusqu'à température ambiante puis peser avant de calculer le taux de la matière sèche :

$$\%MS = (P2 - P1/P.E) * 100$$

Avec : **P1** : le poids de la capsule vide

P2 : poids de la capsule sèche

P.E : Prise d'essai

b-Conductivité :

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. Cette mesure signifie la présence des ions dans la solution. Plus la solution contient des ions, plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa conductivité est grande.

La conductivité se mesure en $\mu\text{s/cm}$ (micro-siemens par centimètre), à l'aide d'un conductimètre.

☒ **Mode opératoire :**

L'appareil utilisé appelé « conductimètre »

- on étalonne l'appareil avec une solution dont la conductivité est connue.

- On plonge l'électrode dans l'échantillon, puis on n'a qu'à lire la valeur affichée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$).

c-La force CO_2 :

L'activité fermentative ou force des levures est égale au volume de CO_2 dégagé durant un temps donné, par une quantité bien précis de levure incorporée dans une pate de composition connue.

d-Dosage de l'azote par la méthode de KJELDHAL :

***Principe :**

L'azote organique est transformé en azote minéral, sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, par l'action de l'acide sulfurique très concentré H_2SO_4 à 98% et à chaud en présence d'un catalyseur pendant 1h.

L'ammoniaque formé est déplacé par une base forte NaOH à 35% en excès et entrainé par distillation dans l'acide borique H_3BO_4 à 20% en excès.

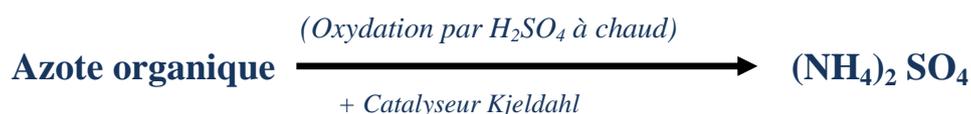
Le borate d'ammonium forme est dosé par H_2SO_4 à 0,05 N.

▣Minéralisation :

Cette méthode débute par une minéralisation qui va dénaturer les protéines, casser les liaisons peptidiques, libérer les acides aminés et ensuite transformer l'azote organique en azote minéral. Cette opération se fait dans un digesteur Büchi à 6 postes.

▣Mode Opérateur :

- ▣ Ajouter 5ml de H_2SO_4 concentré à 98% à l'aide d'une dispensent jouant le rôle d'un catalyseur;
- ▣ Ajouter $\frac{1}{2}$ comprimé du catalyseur de Kjeldahl ;
- ▣ Poser les tubes d'évacuation avec les joints sur les tubes de digestion et les livrer par des pinces, On chauffe à environ 380°C pendant 1h.



▣Distillation et titrage :

La distillation se fait par l'appareil de büchi, cette distillation consiste à récupérer l'ammoniac pour pouvoir le doser à l'aide une solution étalonée d'acide fort.

Mode Opérateur :

- ☒ Après minéralisation (1heure) et refroidissement (20 min), ajuster à 100 ml avec l'eau distillée ;
- ☒ Prélever 50ml de cette solution et mettre dans les matras (tube de distillation) ;
- ☒ Placer le tube dans le distillateur ;
- ☒ Ajouter 35ml de la soude (NaOH) à 30% dans le matras et 20 ml de l'acide borique à 2% dans le vase de BUCHI;
- ☒ Régler le temps de distillation à 3min ;
- ☒ Démarrer la distillation.
- ☒ Titrer le distillat récupéré avec H₂SO₄ à 0.05N à l'aide d'un titreur automatique tout en introduisant l'électrode du pH-mètre dans le vase tout en agitant;

*Déplacement par la soude en excès :



L'ammoniac est recueilli dans une solution d'acide borique (H₃BO₃). L'acide borique est un acide faible qui ne réagit pas avec l'ammoniac, il sert simplement à la piéger en donnant un complexe : (NH₄)₃BO₃

*Entrainement par distillation de l'acide borique en excès :



☒ Titrage en retour :

Titrer le distillat récupéré avec H₂SO₄ à 0.05N à l'aide d'un titreur automatique tout en introduisant l'électrode et le pH-mètre dans le vase tout en agitant ;

*Titrage du Borate d'ammonium par l'acide sulfurique



☒ CALCUL LA TENEUR D'AZOTE :

$$\% N_2 = [V.T (H_2SO_4) . 14/MS] / PE$$

Avec : **V.T** : volume de titration en ml ;
P.E : Prise d'essai en g.

e-Dosage de Phosphate par spectrophotomètre :

La **spectrophotométrie** est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'**absorbance** ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution, plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de **Béer-Lambert**.

⌘ Mode opératoire :

- Prélever 10ml de la solution obtenue après dilution, et l'introduire dans une fiole de 50ml, puis on ajoute:
 - 4ml de METOL à 2% ; joue le rôle d'un catalyseur ;
 - 4ml d'héptamolibdate d'ammonium ; joue le rôle d'un complexe ;
 - 2ml de bisulfite de sodium à 35% ; joue le rôle d'un réducteur.
- On complète au trait de jauge par l'eau distillée.
- On obtient un complexe bleu « phosphomolibdate d'ammonium », qu'on va laisser reposer pendant 30 min avant la lecture de l'absorbance dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 660nm.

⌘ CALCUL LA TENNEUR EN PHOSPHORE:

$$\%P_2O_5 = A * K * 0,5 / P.E$$

Avec : **A** : Absorbance affichée sur le spectrophotomètre

K : Constante

P.E : Prise d'essai

⌘ Observation organoleptique et conservation du produit fini :

- a Couleur : teinte claire, blanche crème ou ivoire, la couleur est mesurée à l'aide d'un réflectomètre.
- b Odeur : odeur spécifique <<sui generis>>due au glutathion et à la vitamine B1
- c Poids : mesuré à l'aide de la balance de précision.
- d Température rapidement par le thermomètre.
- e Aspect : peut être normal, légèrement molle ou molle.
- f Consistance : en rapport direct avec la teneur en eau.



- g Conservation : la levure doit avoir la bonne aptitude à la conservation, cet aspect est une importance capitale car comme tout être vivant la levure est périssable.

Toutes ces analyses se font régulièrement selon un plan de contrôle bien déterminé.

Remarque :

On effectue les deux unités (Minéralisation et Distillation Bûchi) seulement pour l'urée, parce que l'urée est une source organique d'azote.

Pour le Mono ammonium de Phosphate et le Sulfate d'ammonium on utilise une seule unité (Distillation Bûchi).



Chapitre III

Résultats et interprétation

1- Introduction :

Ce chapitre traite des résultats d'analyse physico-chimiques des différentes étapes de production de la levure.

Comme analyses physico-chimiques, on a déterminé la teneur en azote et en phosphate ainsi que la mesure de la conductivité et la matière sèche. On a effectué un suivi des paramètres physico-chimiques, chaque semaine on prélève un échantillon de chaque lot étudié.

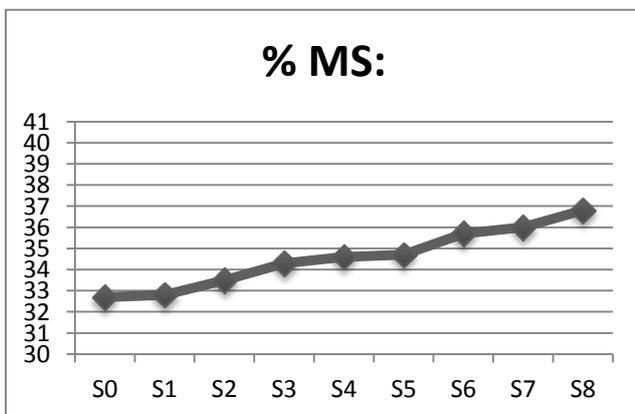
2- Analyses physico-chimiques :

2-1- Résultat :

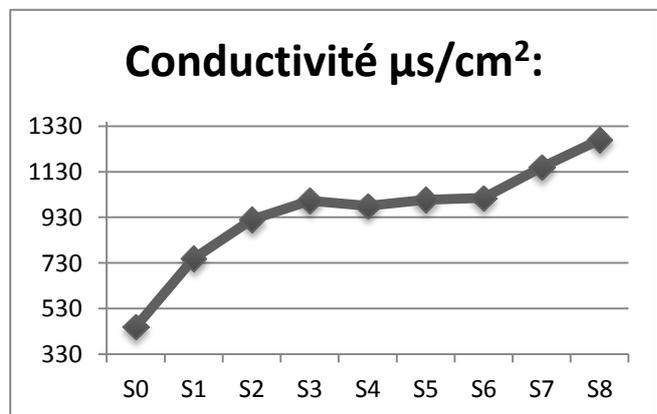
Lot 1 : P3 2000 :

Tableau 1 : Différents tests effectués sur lot P3 2000 :

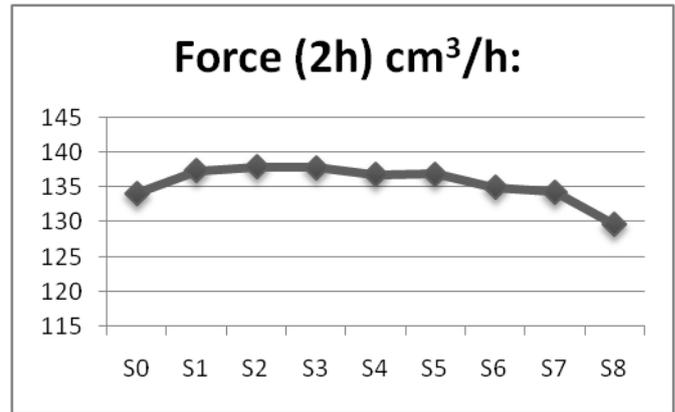
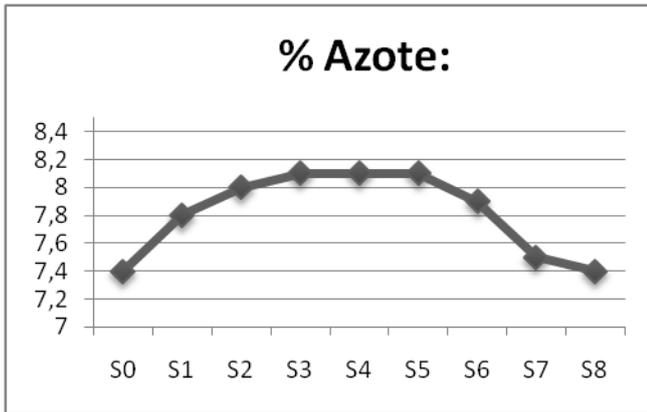
P3 2000	MS	CONDU	N2	FORCE 2h
S0	32,7	450	7,4	134,1
S1	32,8	749	7,8	137,4
S2	33,5	920	8,0	137,9
S3	34,3	1003	8,1	137,8
S4	34,6	980	8,1	136,8
S5	34,7	1007	8,1	136,9
S6	35,7	1015	7,9	135,0
S7	36,0	1150	7,5	134,3
S8	36,8	1271	7,4	129,6



Courbe 1 : Evolution de la matière sèche.



Courbe 2 : Evolution de la conductivité.



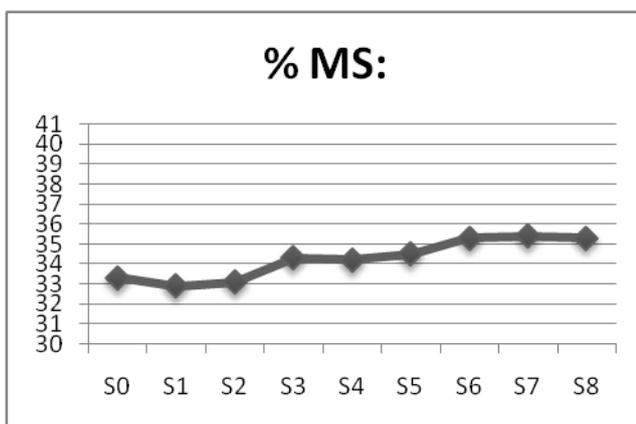
Courbe 3 : Evolution de la teneur en azote.

Courbe 4 : Evolution de la force.

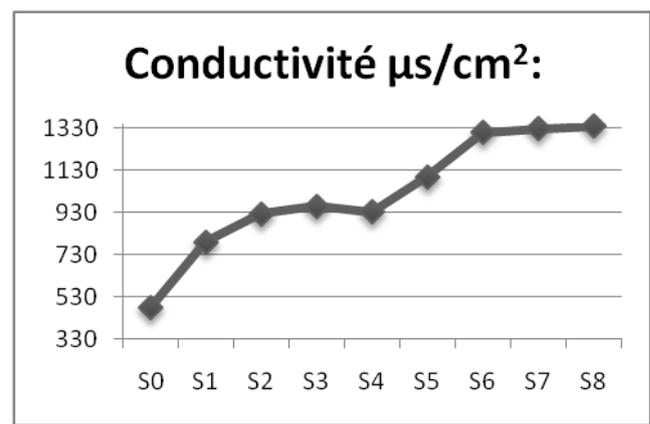
▣ Lot 2 : P4 2000 :

Tableau 2 : Différents tests effectués sur lot P4 2000 :

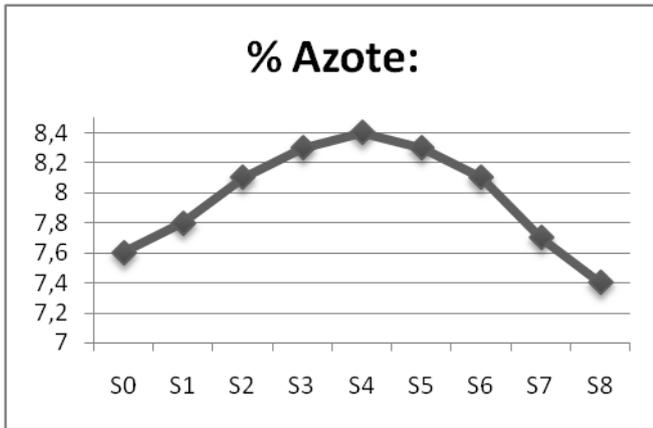
P4 2000	MS	CONDU	N2	FORCE 2h
S0	33,3	476	7,6	137,4
S1	32,9	789	7,8	137,2
S2	33,1	923	8,1	141,2
S3	34,3	959	8,3	139,0
S4	34,2	934	8,4	139,1
S5	34,5	1100	8,3	140,0
S6	35,3	1309	8,1	137,9
S7	35,4	1327	7,7	138,2
S8	35,3	1339	7,4	136,0



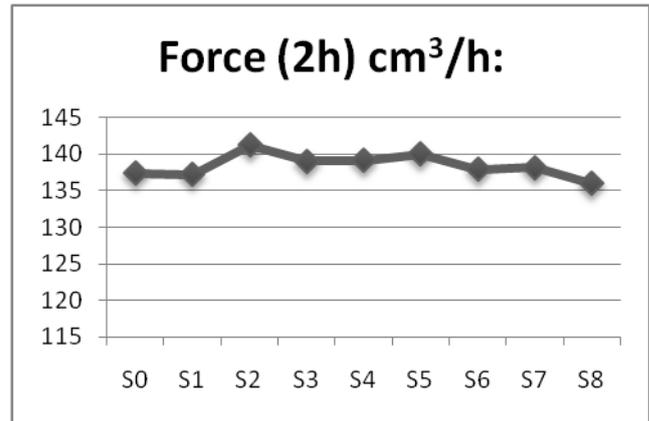
Courbe 1 : Evolution de la matière sèche.



Courbe 2 : Evolution de la conductivité.



Courbe 3 : Evolution de la teneur en azote.

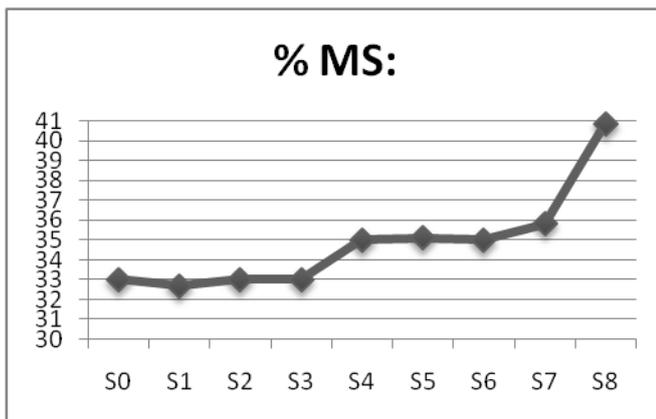


Courbe 4 : Evolution de la force.

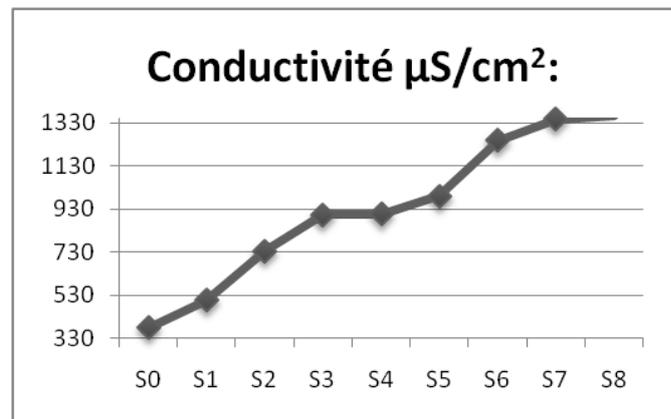
Lot 3 : P3 2170 :

Tableau 3 : Différents tests effectués sur lot P3 2170 :

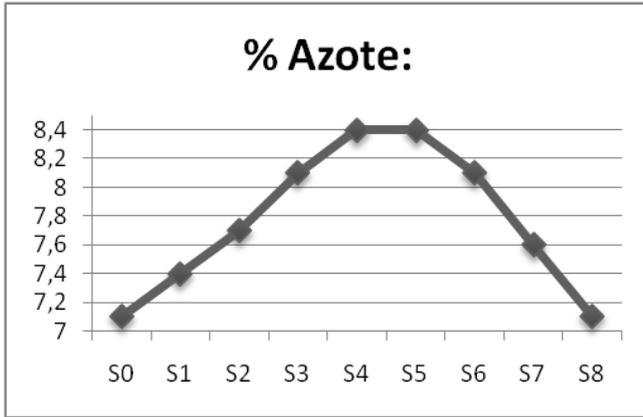
	P3 2170	MS	COND	N2	FORCE 2h
	S0	33,0	380	7,1	139,0
	S1	32,7	507	7,4	141,4
	S2	33,0	736	7,7	140,8
	S3	33,0	903	8,1	142,0
	S4	35,0	905	8,4	143,8
	S5	35,1	989	8,4	141,6
	S6	35,0	1248	8,1	139,7
	S7	35,8	1347	7,6	141,0
	S8	40,8	1365	7,1	142,0



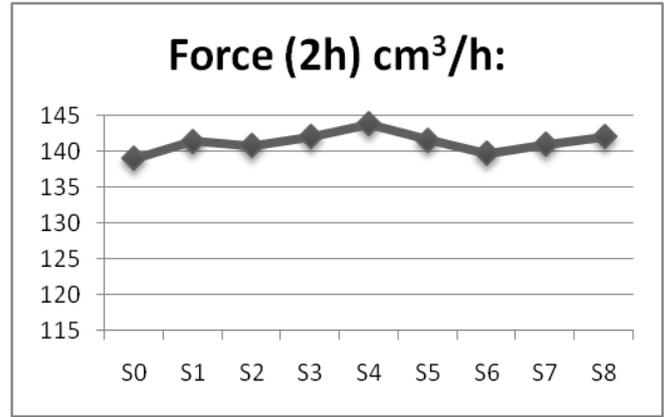
Courbe 1 : Evolution de la matière sèche.



Courbe 2 : Evolution de la conductivité.



Courbe 3 : Evolution de la teneur en azote.

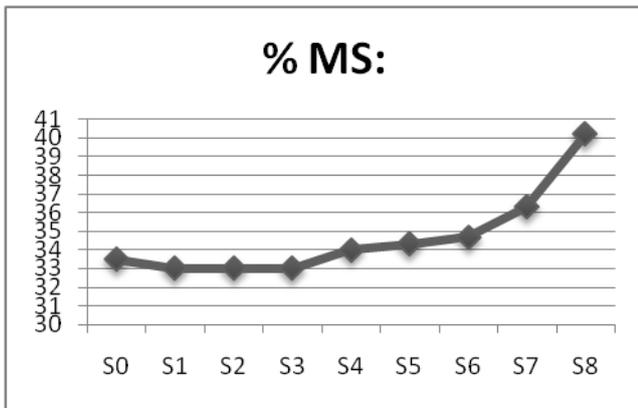


Courbe 4 : Evolution de la force.

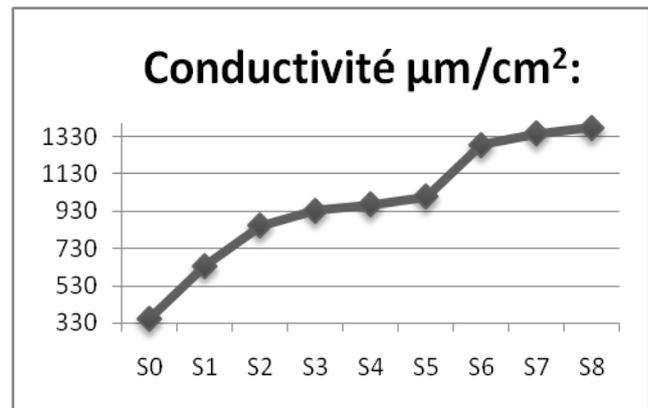
Lot 4 : P4 2170 :

Tableau 4 : Différents tests effectués sur lot P4 2170 :

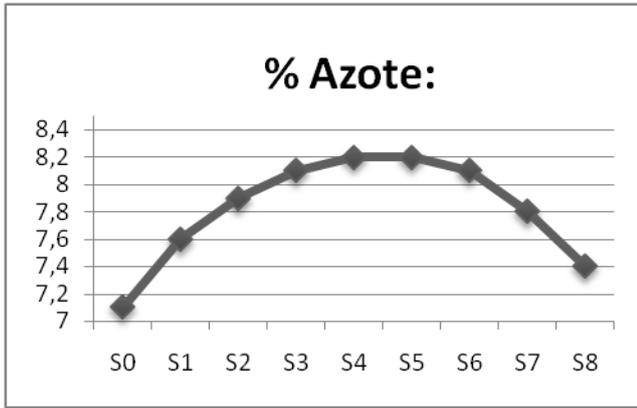
	P4 2170	MS	COND	N2	FORCE 2h
	S0	33,5	350	7,1	139,0
	S1	33,0	638	7,6	140,4
	S2	33,0	854	7,9	141,3
	S3	33,0	934	8,1	142,0
	S4	34,0	966	8,2	144,9
	S5	34,3	1009	8,2	143,2
	S6	34,7	1287	8,1	143,0
	S7	36,3	1346	7,8	142,0
	S8	40,2	1378	7,4	140,8



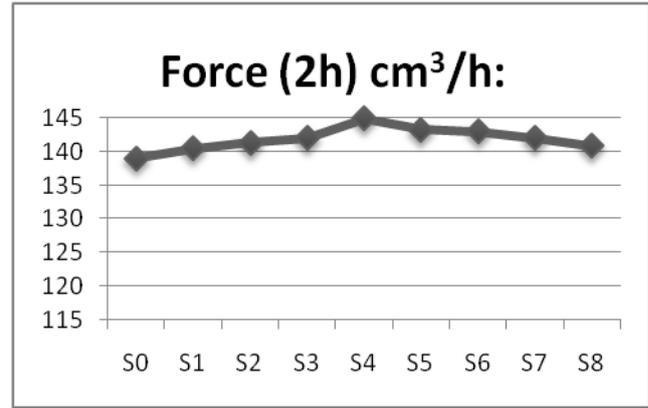
Courbe 1 : Evolution de la matière sèche.



Courbe 2 : Evolution de la conductivité.



Courbe 3 : Evolution de la teneur en azote.

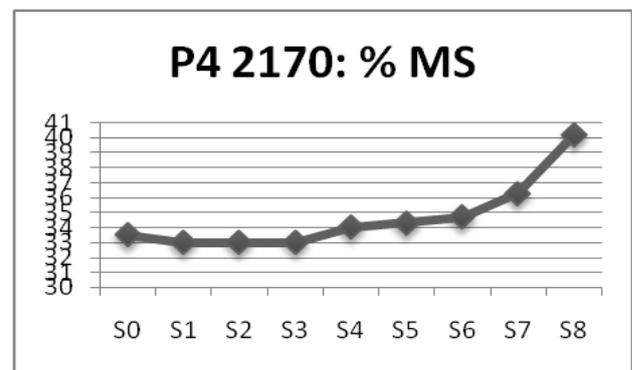
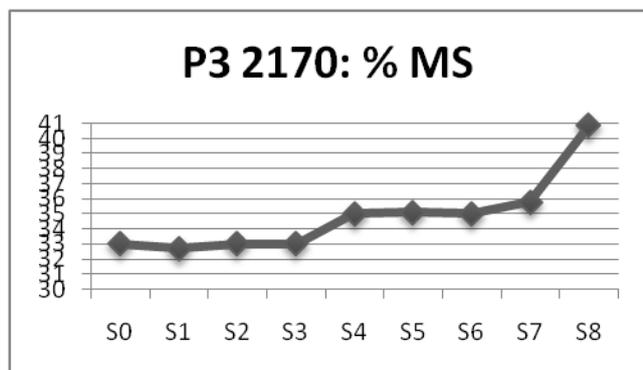
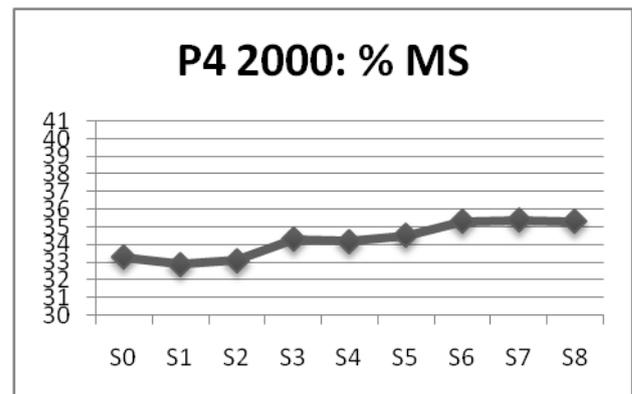
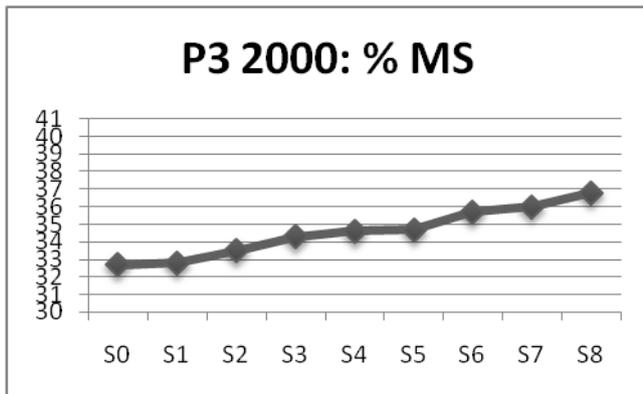


Courbe 4 : Evolution de la force.

2-2 - Interprétation :

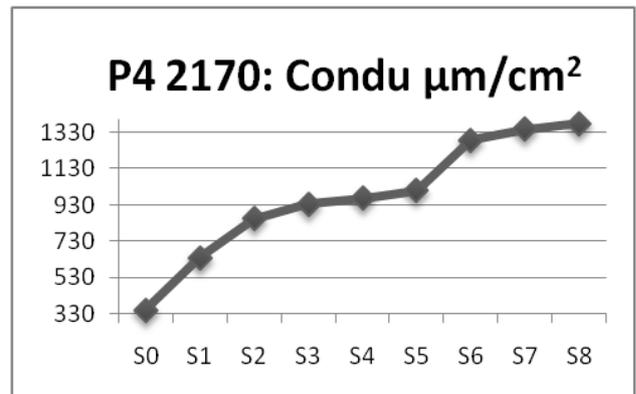
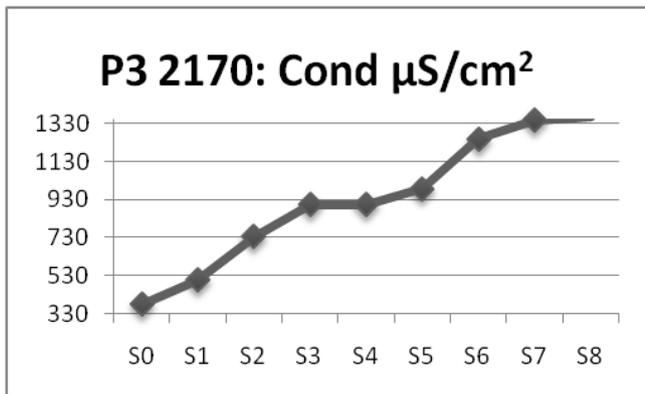
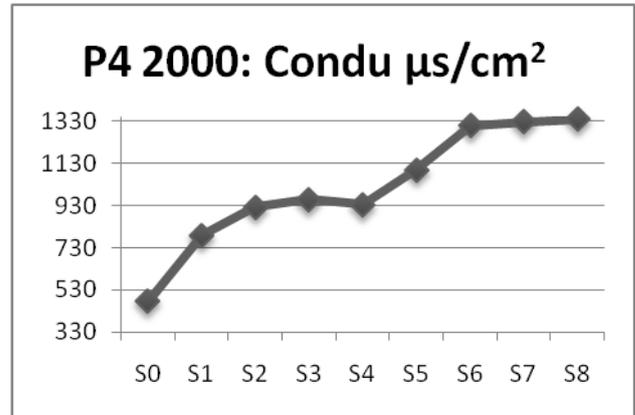
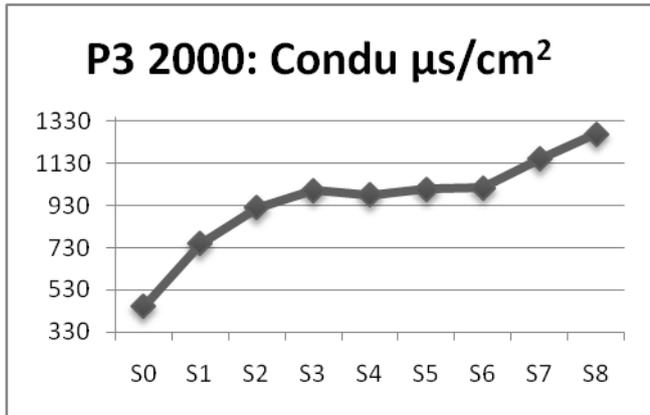
☒ *Pour la matière sèche (%) :*

☒ D'après ces courbes, le pourcentage de la matière sèche augmente pendant toute la durée du stockage de la levure en glacière à 2°C car l'eau s'évapore à cette température.



✧ *Pour la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}^2$:*

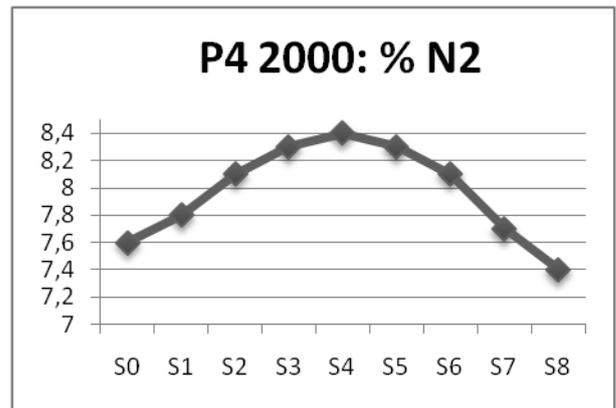
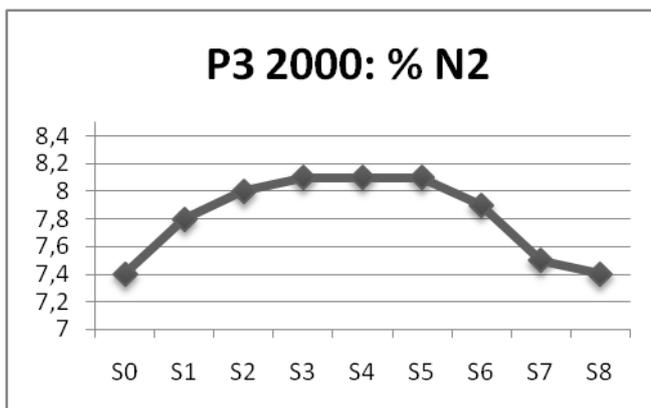
✧ On remarque que la conductivité augmente progressivement pendant les 9 semaines ; si la matière sèche augmente la conductivité augmente car la teneur en eau diminue donc la concentration des sels (NaCl) augmente.

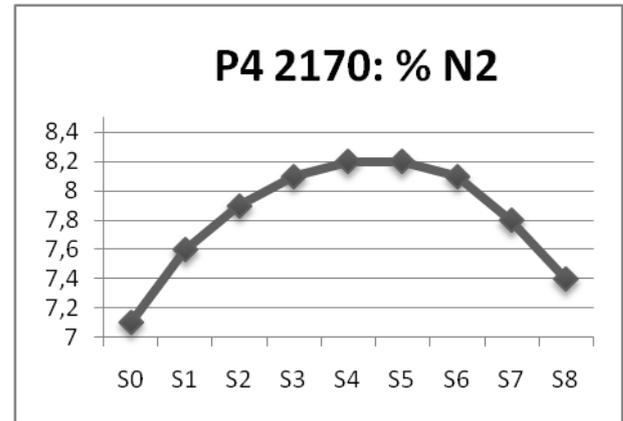
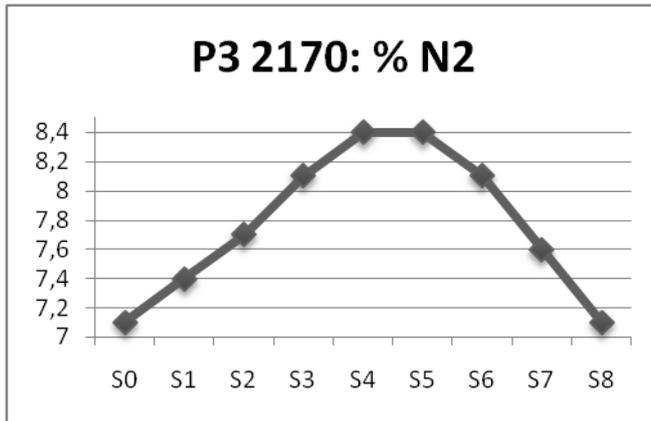


✧ *Pour la teneur en azote (%) :*

A partir de ces courbes, la teneur en azote diminue car la matière sèche augmente d'après la formule :

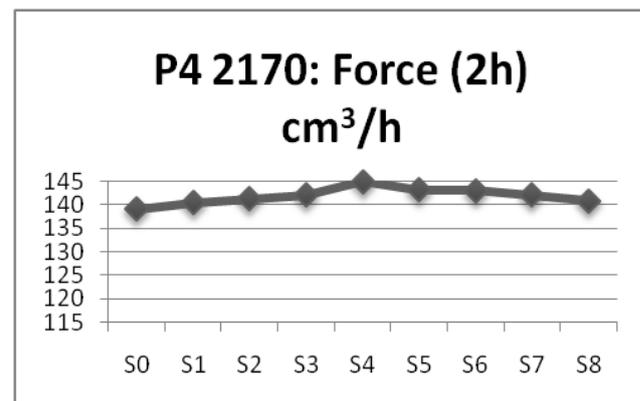
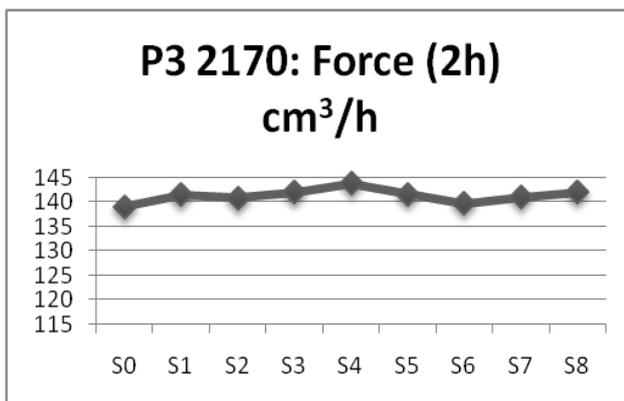
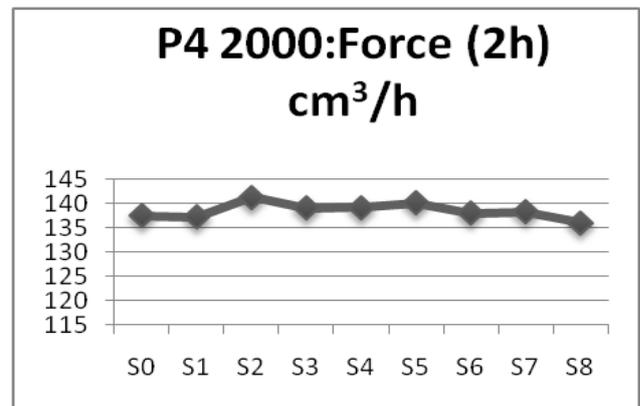
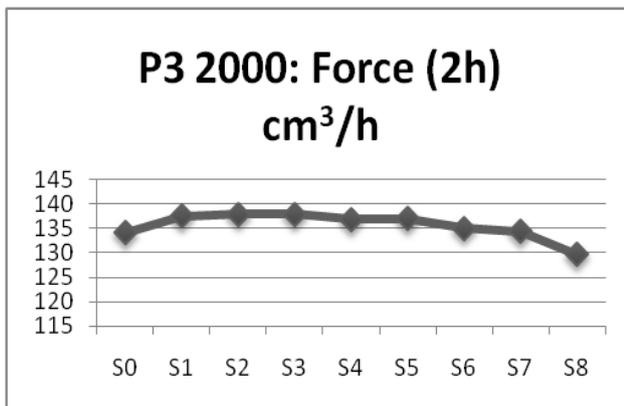
$\%N_2 = [V \cdot T(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 14 / \text{MS}] / \text{PE}$, mais si la cellule de *Saccharomyces Cerevisiae*. Perd son eau et devenir plasmolysée, ses protéines se dégradent, et par conséquent la teneur en azote diminue à partir de la 5^{ème} semaine.





⊠ *Pour la force (2h) cm³/h :*

⊠ Le volume de CO₂ reste stable mais une fois la cellule se dégrade donc elle perde sa capacité à dégager le gaz CO₂ se qui explique la diminution du volume de CO₂.



Conclusion

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que :

Tous les paramètres physico-chimiques qu'on a effectué sur les différents lots de la levure pressée stockée en glacière répondent aux normes, ce qui prouve le suivie, rigoureux de la part des responsables de la qualité.

On trouve une diminution au niveau de la teneur d'azote et du volume de CO₂ ; cela est expliquée par la dégradation de la cellule de *Saccharomyce Cerevisiae* ; car elle perd son eau à cause de la température de 2°C en glacière ; et par conséquent le pourcentage de la matière sèche augmente donc la concentration de NaCl augmente alors automatiquement on a une augmentation de la conductivité.

Puisque les paquets de levure ont résisté et gardé leur qualité initiale concert le N₂, CO₂, P₂O₅, aspect, couleur et odeur, on peut donc dire que c'est une bonne levure conservable, et peut résister même à une température de 2°C pendant 9 semaines.

Ce stage que j'ai effectué au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques de la société LESAFFRE-Maroc® m'a permis de bénéficier d'une vraie expérience professionnelle en faisant une relation véritable entre la théorie et la pratique, il était pour moi une occasion exceptionnelle de développer mes propres connaissances acquises lors de mon cursus universitaire à la faculté des sciences et techniques.

Ce stage était également une vraie formation multidisciplinaire parce qu'il développe plusieurs compétences:

- ⊗ Le contact humain: il m'a permis de communiquer avec l'ensemble du personnel (ingénieurs, chefs de poste, ouvriers..) et par la suite de développer mes rapports communicationnels.
- ⊗ La manipulation : elle m'a permis de me familiariser avec les différents appareils de mesure et les différents modes opératoires des analyses physico-chimiques .
- ⊗ Le commentaire et l'exploitation des résultats : il m'a permis de développer davantage mon esprit d'analyse pour pouvoir interpréter et exploiter correctement les résultats obtenus.