



Licence Sciences et Techniques (LST)

# Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

## TACQ

### PROJET DE FIN D'ETUDES

**Suivi physico-chimique des sels nutritifs depuis la  
préparation jusqu'aux fermenteurs à LESAFFRE  
MAROC**

**Présenté par :**

◆ ASRI Fayçal

**Encadré par :**

- ◆ Mr A. BENNANI (LESAFFRE)
- ◆ Pr EL H. ELGHADRAOUI (FST)

**Soutenu Le 15 Juin 2015 devant le jury composé de:**

- Pr. Ouafae SQALLI
- Pr. El Houssine ELGHADRAOUI
- Pr. Hamza BALI

**Stage effectué à LESAFFRE MAROC**

**Année Universitaire 2014 / 2015**



# Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier sincèrement tout le personnel de la société LESAFFRE Maroc pour leur accueil afin d'accomplir mon stage de fin d'étude avec en tête Mr. D. LESAFFRE le Directeur Général ainsi que son adjoint Mr. ELKHAMLICHI.

Un immense merci à Mr A.BENNANI de m'avoir accueilli dans le laboratoire et pour la liberté et la confiance qu'il a su m'accorder tout au long de mon stage, je voudrais aussi le remercier de m'avoir laissé développer tous les aspects passionnants de ce travail. Merci pour les nombreuses discussions que nous avons eu et les conseils toujours pleins de bon. Je pense que je n'aurais pas pu trouver un meilleur environnement pour mon projet de fin d'étude. Je le remercie enfin de m'avoir appris de nombreuses expressions et connaissances qui resteront à jamais dans ma mémoire, il est dommage que je ne puisse en citer quelques-unes !

Je remercie également mon professeur Mr. EL GHADRAOUI El Houssine, mon tuteur de stage, pour son soutien, son aide et sa disponibilité, afin de concrétiser ce rapport. J'exprime ma gratitude aux membres de jury Pr. O. SQALLI et Pr. H.BALI qui m'ont fait un grand honneur en acceptant de juger ce travail malgré leur préoccupation

J'aimerais remercier tous ceux que j'ai côtoyés au cours de ce précieux stage et qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail. Ce serait trop long de tous vous citer. J'aimerais tout de même dire un grand merci en particulier à toute l'équipe de laboratoire pour leurs conseils et leurs aides dans les analyses.

Je remercie aussi tous les membres de ma famille, qui ont régulièrement pris des nouvelles de mes expériences, même si celles-ci doivent leur sembler légèrement obscures ... Rassurez-vous ça a fini par bien pousser !



## *Liste d'abréviations*

MD	Mélasses diluées
MDC	Mélasses diluées et clarifiées
MDCS	Mélasses diluées, clarifiées et stérilisées
MAP	Phosphate mono ammonium
SA	Sulfate d'ammonium
Ur	Urée

# Sommaire

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

INTRODUCTION GENERALE	1
<b>PRESENTATION DU LIEU DU STAGE</b>	<b>4</b>
I. LESAFFRE MAROC	5
I.1. Historique de la société	5
I.2. Présentation de la société	6
I.3. Description du laboratoire d'analyses LESAFFRE MAROC	6
<b>PREMIERE PARTIE : PROCESSUS DE LA PRODUCTION DE LEVURE ET PRINCIPES FONDAMENTAUX</b>	
I. Levure	8
I.1 Définition	8
I.2 Type de la levure de boulangerie	8
II. Chaîne de production	9
II.1. Préparation de la mélasse	9
II.2. Ensemencement	10
II.3.Fermenteur de 800 L	10
II.4. Pré-fermentation	10
II.5. Fermentation	11
II.6 Séparation	11
II.7. Stockage de la crème	11
II.8. Filtration	11
II.9. Séchage	11
9.1. La levure sèche active ou SPH	12
9.2. La levure sèche instantanée ou SPI	12
I.10. Emballage	12
I.10.1. Emballage de la levure fraîche	12
I.10.2. Emballage de la levure sèche	12

I.11.Conservation	12
-------------------	----

## **DEUXIÈME PARTIE : LES STATIONS DE TRAITEMENT DES SELS NUTRITIFS ET INSTRUMENTATION**

I. Sels nutritifs	15
I. Engrais azotés et phosphatés	15
I.1. Engrais azotés	15
I.1.1. Sulfate d'ammoniaque	15
I.1.2. Urée	16
I.2. Engrais phosphatés	16
I.2.1. Moniammonium phosphate	16
II. Station de traitement des sels nutritifs	17
II.1. Les différentes étapes du traitement des sels nutritifs	17
II.1.1. Stockage	17
II.1.2. Dilution	17
II.1.3. Chloration	17
II.1.4. Filtration	17
II.1.5. Refoulement	18
II.1.6. Stockage des sels dilués	18
III. Instrumentation	19
III.1. Bac de préparation	19
III.2. Pompes	20
III.2.1. Définition	20
III.2.2. Différents types des pompes	20
III.3. Filtres	21
III.3.1. Role des filtres	21
III.3.2. Les filtres à cartouche	21
III.3.2.1. Caractéristiques	21
III.3.2.2. Principe de fonctionnement	21
III.3.2.3. Eléments de filtrations	21
V. Débitmètre	21

## **TROISIÈME PARTIE : LE SUIVI DE TRAITEMENT DES SELS NUTRITIFS DEPUIS LES SACS BRUTS JUSQU'AUX FERMENTEURS**

I. Analyses physico-chimiques	24
-------------------------------	----



I.1.Détermination de la teneur en azote par la méthode de kjeldhal	24
I.1.2.Objectif	24
I.1.3.Principe	24
I.1.4.Mode opératoire	24
I.2. Dosage du P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	26
I.2.1.Objectif	26
I.2.2.Principe	26
I.3.La conductivité	28
I.3.1.Définition	28
I.3.2.Mesure	28
<b>RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS</b>	
Résultats et interprétations	30
<b>CONCLUSION</b>	
	36
<b>Références bibliographiques</b>	



# Bibliographie

<http://www.lesaffre.com/fr/>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Levure>

<http://chimix.com/>

<http://lamainalapate.asso-web.com/>

- Les catalogues de la société **LESAFFRE Maroc**.
- Rapports des stages de fin d'études FST



# ***INTRODUCTION GENERALE***





# Introduction

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 de la levure et pour eux, cette réaction chimique relevait du miracle.

Auparavant, l'homme se contentait de préparations de céréales, bouillies ou galettes, comme éléments de base de sa nourriture quotidienne.

Le pain est né le jour où l'homme s'est rendu compte qu'avec de la pâte fermentée naturellement, il arrivait à faire lever les galettes et à leur donner une saveur ainsi qu'une texture nouvelles.

Au premier siècle de notre ère, on raconte que les premiers pains gaulois et ibériques étaient réalisés en incorporant de l'écume de bière, c'est-à-dire la levure remontée à la surface du liquide pendant la fermentation de la bière. Cette méthode permettait non seulement d'accélérer la fermentation mais aussi d'améliorer le goût du pain et sa levée.

L'histoire de la levure nous amène en 1680 : à l'aide d'un 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. Pasteur affirme que les agents responsables de la fermentation sont les levures. **Il établit le rôle essentiel de la levure comme micro-organisme de la fermentation alcoolique.**

En perçant ainsi ces mystères, il démontre que la cellule de levure peut vivre avec ou sans oxygène. Pasteur comprit aussi très tôt que les levures étaient un élément essentiel à la formation des arômes et des saveurs du pain.

Actuellement les levures occupent une place essentielle dans l'industrie alimentaire. Elles participent à la fabrication de nombreux produits : brasserie, cidrerie, vinification, fromagerie et panification, et aussi à la valorisation agricole et industrielle et à la production des protéines.

La levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* s'est imposée au fil de l'histoire pour faire lever universellement les pâtes boulangères. D'ailleurs, c'est la production de

microorganismes la plus importante qui soit, en raison des énormes progrès techniques et scientifiques que cette industrie a su développer.

Suite à la mondialisation du secteur agroalimentaire et à l'augmentation des accords de libres échanges entre les pays la législation alimentaire a connu une grande évolution. Le législateur impose un suivi de toute opération dans le processus qui, non ou mal maîtrisée, peut entraîner une conséquence, plus ou moins grave, au niveau de la qualité du produit fini. Ces contrôles doivent être réalisés tout au long de la chaîne de production : de la matière première au produit fini mis sur le marché.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de fin d'études qui a pour mission de contrôler la qualité, par le suivi et la maîtrise des sels nutritifs.

Ce manuscrit, sera composé de trois parties :

- ✓ Une première consacrée à la présentation du lieu du stage : LESAFFRE Maroc
- ✓ Une seconde relatant l'historique de la levure et son processus de production.
- ✓ Une troisième exposant le suivi du traitement des sels nutritifs et méthodes utilisées pour cette étude tout au long du circuit de production.

# PRÉSENTATION DU LIEU DE STAGE

## I. LESAFFRE MAROC

### I.1. Historique du groupe LESAFFRE

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France, Louis LESAFFRE et Louis Bonduelle, s'associent pour construire une fabrique d'alcool de grains et de genièvre. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools de grains.

En 1871, le baron autrichien Max de Springer rapporte de chez Mautner l'idée d'extraire la levure de moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. L'année suivante, LESAFFRE et Bonduelle développent la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Baroeul. À la place d'un ancien moulin. Cette société se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du groupe.

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice : Angleterre, Belgique, Suisse, Italie et Espagne. Ce qui semble tout naturel aujourd'hui représente un tour de force pour l'époque, en raison des conditions de transport et de distribution.

Une marque fait son apparition, l'hirondelle qui traversera le temps et l'espace puisque la silhouette de l'oiseau migrateur a été adopté par la S.I LESAFFRE un logo qui, pendant 150 ans identifie ses produits dans plus de 180 pays.

Pendant la première partie du 20<sup>ème</sup> siècle, LESAFFRE doit faire face à des nombreuses difficultés surmontées avec opiniâtreté, crises économiques, inondations, incendies, bombardements.

L'usine est reconstruite 4 fois en 35 ans ! Dans cette période tourmentée l'entreprise a su non seulement se maintenir à l'effort, mais également préparer ses futurs développements.

Après la seconde guerre mondiale, une série de progrès technologiques et d'innovations, appuyés par la construction d'un puissant réseau commercial exportateur, permettant à LESAFFRE un développement qui ne se démentira plus passé maître.

Dans le domaine des bio-industries, le groupe LESAFFRE se structure autour de ses principaux métiers : la levure, le malt, les bioconversions. Pour être plus proche de ses clients et leur apporter un service optimal, LESAFFRE s'implantera sur les cinq continents.

## I.2. Présentation de la société LESAFFRE MAROC

Créé en 1975, LESAFFRE MAROC est depuis 1993 majoritairement détendue par le groupe français LESAFFRE. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification.

LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise de la levure : les marques, **Jaouda** comme levure fraîche, **Rafiaa** et **Nevada** comme levure sèche, ajoutant à cela un type spécial destiné et fabriqué pour saturer les besoins des forces armées royales (FAR) en levure, ainsi que des améliorants de panification : les marques **Ibis bleu** et **Magimix**.

## I.3. Description du laboratoire d'analyses LESAFFRE MAROC

Le laboratoire d'analyses de LESAFFRE MAROC, dans sa nouvelle conception, joue un rôle très important dans la démarche qualité qui constitue l'une des priorités de la société. Il est composé de deux laboratoires.

### Laboratoire des analyses microbiologiques

Toutes les conditions de la réalisation d'analyses performantes sont là, Un matériel suffisant et moderne, des techniques d'identifications des micro-organismes assez rigoureuses imposées par le groupe, un système d'épuration d'air, un personnel hautement qualifié et expérimenté, un climat professionnel encourageant, et la vaillance d'un chef de laboratoire dont la plus grand souci est la qualité des analyses et la sensibilisation permanente des techniciens aux principes et règlements relatifs à l'hygiène.

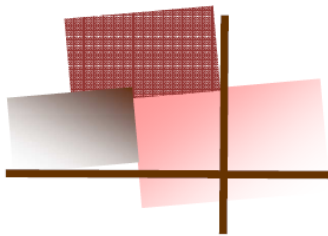
Le service qualité de LESAFFRE Maroc assure un suivi des produits en effectuant des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients. Il valide à chaque étape de la fabrication la conformité des produits à un cahier de charge très strict.

### Laboratoire des analyses physico-chimiques

Il est équipé de matériels sophistiqués, alimenté de différents types d'eaux (eau adoucie, eau distillée, eau RADEEF) utilisées selon les besoins, et fait appel à un personnel qualifié effectuant quotidiennement des analyses physico-chimiques et veillant toujours à bien respecter les consignes du responsable du laboratoire qui lui-même participe à l'application du plan de contrôle et une efficace démarche qualité par la surveillance instantanée et le climat favorable.

Il est divisé en trois parties :

- Salle de panification où s'évalue la force panaire
- Salle de stockage où se trouvent tous les matériels et les produits initiaux
- Salle d'analyse physico-chimique répartie elle-même en trois sections :
  - Section des analyses d'azote et de phosphate.
  - Section des analyses de la mélasse.
  - Section des analyses de l'eau.



PREMIERE PARTIE :

---

LE PROCESSUS DE PRODUCTION DE LA  
LEVURE ET PRINCIPES  
FONDAMENTAUX

## I. LA LEVURE

### I.1. Définition

Les levures, champignons microscopiques unicellulaires et eucaryotes, sont utilisées dans la fabrication du vin, du pain, de la bière et sont souvent utilisées comme aliments pour le bétail en raison de leur richesse en protéines et en vitamines B.

Elles sont capables de :

- Dégrader les aliments qui se trouvent dans leur milieu de culture grâce à une gamme très étendue d'enzymes d'hydrolyse telles que des lipases, protéases, saccharases et lactases.

- Effectuer presque toutes les synthèses dont elles ont besoin pour leur croissance.

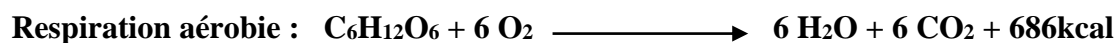
Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale, parmi elles, celle utilisée dans la fabrication de la levure boulangère *Saccharomyces cerevisiae* qui est naturellement présente dans l'air et peut se déposer sur la paroi des végétaux ou sur les aliments. En absence d'air, elle tire l'énergie nécessaire à sa vie du processus de fermentation panaière.

Elle réalise des réactions de respiration et se multiplie abondamment. Ce processus est exploité lors de sa production industrielle.

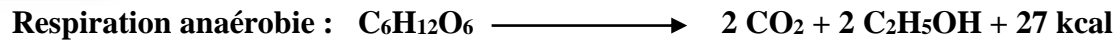
La mécanisation des opérations de panification s'accroît. Les fermentations sont de mieux en mieux maîtrisées, soutenues notamment par une recherche active qui touche une meilleure connaissance du métabolisme des levures, la sélection des souches et l'amélioration des techniques de fabrication.

### I. 2. Type de levure de boulangerie

La levure de boulangerie appartient à un groupe relativement mineur de levures : les levures aérobies facultatives et fermentaires, capables d'utiliser le glucose en présence ou en absence d'oxygène et de fermenter le glucose même en présence d'air.



En présence d'oxygène, la dégradation du glucose se fait par l'intermédiaire des réactions enzymatiques spécifiques. L'énergie produite assure le maintien de la vie de la cellule mais permet également d'effectuer de nombreuses synthèses cellulaires pour la croissance et la multiplication. Cette voie est utilisée pour la fabrication industrielle de la levure.



En absence d'oxygène, les enzymes de levures fermentent le sucre en dégageant de l'alcool éthylique et du gaz carbonique, c'est la fermentation panaière. Le gaz carbonique provoque la levée de la pâte tandis que les métabolites secondaires contribuent à la création du goût et de l'arôme du pain.

En raison de son meilleur rendement énergétique, la voie respiratoire est utilisée préférentiellement par la levure. Cependant, si la concentration en sucre du milieu augmente au-delà de 100 mg/L, il y a inhibition de la respiration par la fermentation et production d'alcool malgré la disponibilité d'oxygène.

## **II. CHAÎNE DE PRODUCTION**

Les différentes étapes de production de levure :

### **II.1. Préparation de la mélasse**

La mélasse présente pour la levure une source de carbone, sa préparation (75% betterave + 25% canne à sucre) consiste à une dilution, décantation, clarification et stérilisation.

#### **II.1.1. Dilution de la mélasse**

La mélasse brute de la canne et de la betterave provient des tanks et se mélange dans une cuve de dilution (MD) avec de l'eau et de la vapeur.

La mélasse brute à diluer contient environ 80% de betterave et 20% de canne, quand à la dilution est d'environ 50%.

La température dans la cuve de MD est de 70°C grâce à l'eau chaude ajoutée (66°C) et la vapeur injectée (3,5 bar) ce qui favorise la diminution de la viscosité de la mélasse.

#### **II.1.2. Clarification**

La mélasse diluée passe dans un clarificateur où elle est centrifugée. Cette étape consiste à éliminer les colloïdes et boues ainsi d'éviter le colmatage des échangeurs utilisés pendant la stérilisation.

#### **II.1.3. Stérilisation**

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de vapeur. La stérilisation est effectuée au moyen d'appareils à pression de vapeur d'eau appelés stérilisateur.

L'action conjuguée de la vapeur d'eau et de la température (température >120°C) provoque la dénaturation des protéines des micro-organismes et la mort de ces derniers. Cette technique



consiste à un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser pendant un moment déterminé et une pression convenable.

La température de stérilisation est de 120°C à 130°C pendant 2 à 3min selon le débit de mélasse. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque «MDC »-«MDCS» afin d'être refroidie.

#### **II.1.4. Stockage de la MDCS**

Après la stérilisation, la mélasse est stockée à 90°C dans deux cuves MDCS.

#### **II.1.5. Refroidissement**

Avant d'être introduite dans les fermenteurs, la MDCS passe dans des refroidisseurs à contre-courant, qui sont des échangeurs à plaques mélasse/eau froide, la mélasse se refroidie et l'eau se réchauffe ainsi.

### **II.2. Ensemencement**

Chaque mois, la société LESAFFRE Maroc reçoit de la France 2 souches de *saccharomyces cerevisiae*. La première est destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche. Ces souches sont ensemencées dans des tubes dans un milieu nutritifs spécifique à la croissance des levures préparer 60 tubes par mois (30 tubes pour chaque souche). Cette étape exige un travail dans des conditions strictement aseptiques pour écarter tout risque de contamination, puis le contenu des tubes est transvasé dans un petit ballon appelé «Van Lear » dont le milieu nutritif très riche laissera possible une première multiplication des cellules, puis, le contenu du «Van Lear » est versé dans un ballon plus grand appelé «Carlsberg» où elles se multiplient à nouveau.

### **II.3. Fermenteur de 800 L**

Le contenu de Calsberg est versé dans un fermenteur de 800 litres, dans lequel la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif.

### **II.4. Pré-fermentation**

Le contenu de la 800 L est versé dans un pré-fermenteur et on lui ajoute les ingrédients avec des quantités précises :

- Eau
- Mélasse stérile
- Sels minéraux

-éléments de traces (oligo-éléments et vitamines)

## II.5. Fermentation

À la fin de la pré-fermentation, on obtient un mout qui servira à ensemercer le fermenteur avec un milieu nutritif bien spécifique, après 14 à 16 heures de fermentation, on obtient la levure mère, qui subira une séparation puis un stockage à une température de +4°C.

La levure mère obtenue servira encore à la fermentation, par un ensemencement partiel pour donner naissance à la levure commerciale.

## II.6. Séparation

La séparation se fait en deux étapes de fermentation : après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale. Le mout obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présente les restes du milieu nutritif.

Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui fonctionne par centrifugation, on obtient ainsi un liquide dense (crème) et un liquide léger, il s'agit du mout délevuré.

### ❖ Remarque :

La crème qui sort de chaque ligne de séparation est refroidit dans un échangeur de chaleur avant son stockage dans les cuves de garde.

## II.7. Stockage de la crème

La crème obtenue après séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à pH = 2 dans le but d'éviter la contamination est ensuite stockée à 4°C pour ralentir le métabolisme cellulaire.

## II.8. Filtration

Consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver dans une éventuelle contamination puisque l'eau favorisera le développement de microorganismes indésirables.

La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon qui permettra la rétention des cellules de levures et éliminer l'eau excédante. La crème ainsi formé est récupérée sous forme de levure râpée.

## II.9. Séchage

On distingue deux types différents de levure sèche :

### **I.9.1. Levure sèche active ou SPH**

Sous forme de petites graines sphériques, sa durée de séchage est d'environ 4heures pour une quantité de 400 à 500 kilogrammes, elle s'effectue à 45°C.

Elle est séchée d'une manière à obtenir 93 à 94% de matière sèche. Ce type de levure sèche nécessite une phase de réhydratation avant son utilisation. Elle est emballée sous air.

### **I.9.2. Levure sèche instantanée ou SPI**

Sous forme de bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite qui est de 20 minutes environ pour une quantité de 1000 Kg ; elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH.

Elle est séchée de manière à obtenir 95 à 96% de matière sèche. Ce type de levure sèche ne nécessite aucune phase de réhydratation avant son utilisation. Elle est sous vide ou sous azote.

## **I.10. Emballage**

### **I.10.1. Emballage de la levure fraîche**

S'effectue par à une machine spéciale constituée d'une boudineuse, découpeuse et enveloppeuse. Une fois le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine, on obtient un produit fini sous forme de paquets d'un poids net de 500 g qui est mis en cartonne disposé sur des palettes de façon espacée afin de permettre une meilleure circulation de l'air froid.

### **I.10.2. Emballage de la levure sèche**

Après séchage, la levure passe par un appareillage de conditionnement spécifique qui aspire l'air (oxygène) des paquets pour une longue conservation.

## **I.11. Conservation**

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

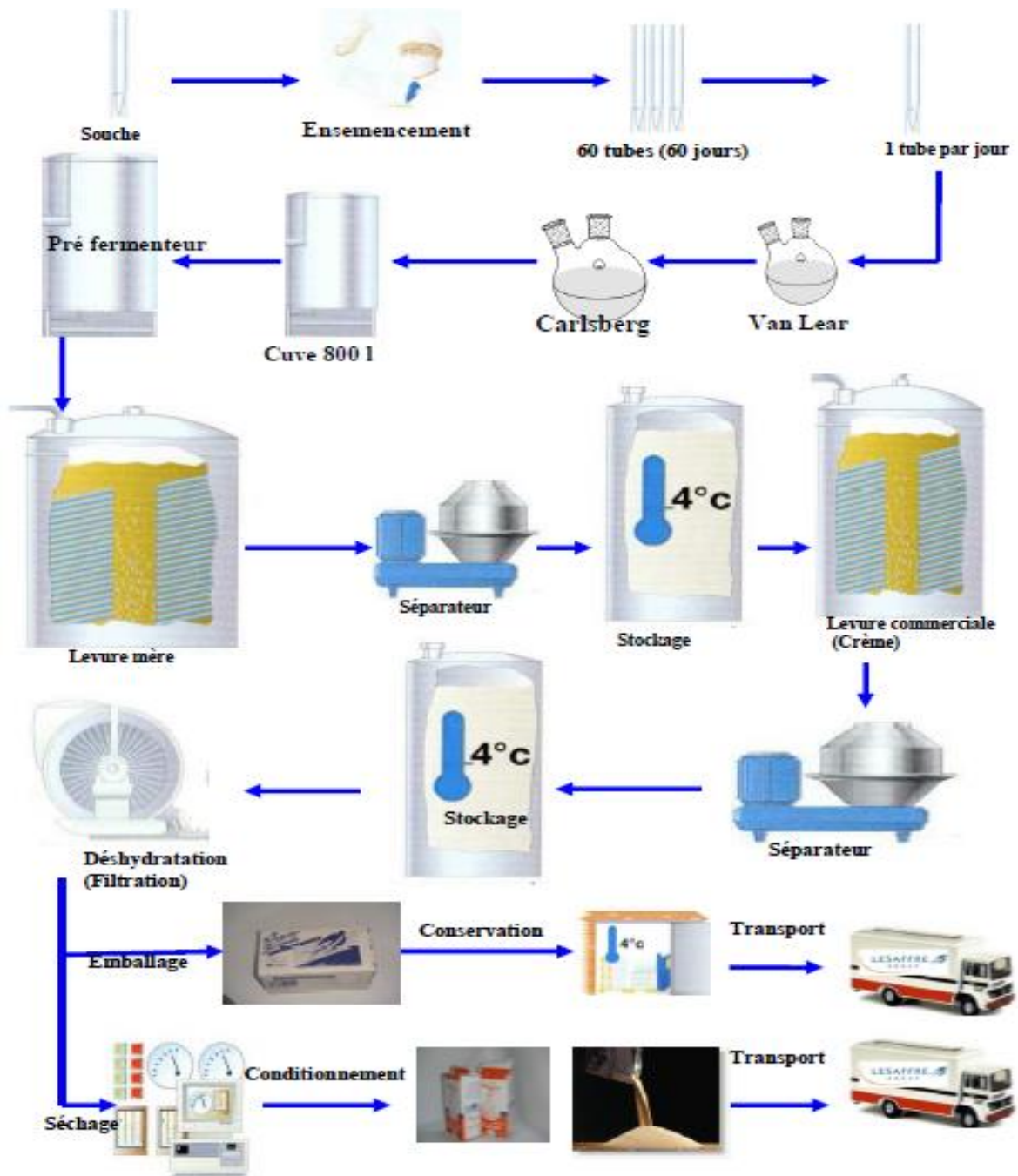
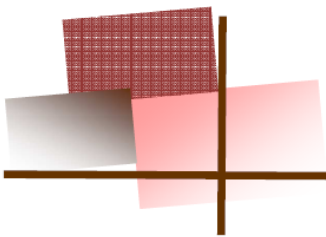


Figure 1 : Schéma général des différentes étapes de production de la levure



DEUXIEME PARTIE :

---

LES STATIONS DE TRAITEMENT DES  
SELS NUTRITIFS ET  
INSTRUMENTATION

## I. LES SELS NUTRITIFS

Les sels nutritifs sont des engrais azotés et phosphatés utilisés pour répondre aux exigences nutritionnelles imposées par la croissance et la multiplication des cellules de levure.

L'apport azoté de mélasse est insuffisant pour couvrir les besoins de la levure, l'ajout d'azote dans les fermenteurs se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou des sels d'ammonium (sulfate ou phosphate) ou d'urée. Cette dernière qui exige pour son assimilation des niveaux élevés de biotine (vitamine H) est utilisée principalement avec la mélasse de canne.

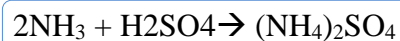
La mélasse manque de phosphore, en règle générale, la composition en phosphore de levure, exprimée en  $P_2O_5$ , représente un tiers de celle de l'azote, soit entre 2% et 3% sur matières sèches, le phosphore est ajouté sous forme d'acide ou de sels.

### I.1. Les engrais azotés

#### I.1.1. Sulfate d'ammonium

##### ✓ Caractéristique

Le sulfate d'ammonium est un sel très pur. Il résulte de la réaction entre l'ammoniac et l'acide sulfurique, qui se présente sous forme d'une poudre blanche cristalline, fine, ininflammable sans odeur.



- Poids moléculaire : 132,1g/mol
- Formule :  $(NH_4)_2SO_4$
- Composition en  $N_2$  : 21%
- Le sulfate d'ammonium est utilisé pour sa teneur en azote ammoniacal. Ce composé est indispensable à :
  - la biosynthèse des protéines pariétales indispensables au transfert des sucres de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule.
  - à la multiplication cellulaire chez les levures.

### I.1.2. Urée

#### ✓ Caractéristiques

L'azote est combiné avec le carbone ce qui fait que l'urée est une source organique d'azote, qui se présente sous forme des granules sphériques blancs, fins, ininflammables et sans odeur. L'urée est fabriquée en faisant agir l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) avec CO<sub>2</sub> sous pression.



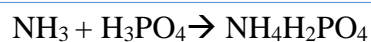
- Poids moléculaire : 60,05539g/mol
- Formule : CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>
- Composition en N<sub>2</sub> : 46%
- Conditionnement : sac de 50kg
- L'urée contient la teneur la plus élevée en azote de tous les engrais solides communs, ainsi elle est moins hygroscopique et moins corrosive.

## I.2. Les engrais phosphatés

### I.2.1. Monoammonium phosphate

#### ✓ Caractéristique :

Le monoammonium phosphate est produit par la réaction d'une molécule d'ammoniac avec une molécule d'acide phosphorique



- Poids moléculaire : 132g/mol
- Formule : NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>
- Composition : 12% de N<sub>2</sub> et 63% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- Le MAP est utilisé pour sa teneur élevée en phosphore.

Ce composé rentre dans la constitution des acides nucléiques, les protéines, les phospholipides, l'ATP et les coenzymes telles que le NADP.

## II. STATION DE TRAITEMENT DES SELS NUTRITIFS

La station de traitement des sels nutritifs a pour objectif de solubiliser les sels bruts grâce aux bacs de préparation. Elle est équipée par un agitateur qui facilite la solubilisation, un débitmètre pour réguler le débit d'eau ainsi que des pompes de refoulement des solutions préparées et aussi des filtres afin d'éliminer les impuretés.

### II.1. Les différentes étapes du traitement des sels nutritifs

#### II.1.1. Stockage

Les sels proviennent de différents fournisseurs du Maroc par des camions. On calcule la teneur en azote et phosphore pour le monoammonium phosphate, et l'azote pour l'urée et sulfate d'ammonium, pour s'assurer de la bonne qualité.

Après on stocke les sels dans un dépôt à l'abri de la lumière et exempt d'odeur.

#### II.1.2. Dilution

La dilution se fait afin de réaliser la concentration souhaitée des sels.

La solubilité des diverses substances dans l'eau est très variable. Si l'on verse des cristaux de sels dans l'eau, il se forme une solution à savoir un liquide clair ou bien trouble.

Les sels bruts se mélangent avec l'eau dans des bacs ayant des volumes différents :

- ✚ Pour l'urée on met 45 sacs de 50 kg dans un volume d'eau de 10000L.
- ✚ Pour le sulfate d'ammonium on met 25 sacs de 50 kg dans un volume d'eau de 6000L.
- ✚ Pour le Monoammonium phosphate, on met 50 sacs de 25 kg dans un volume d'eau de 10800L.

#### II.1.3. Chloration

La chloration est l'action de désinfecter avec des produits chlorés (eau de javel). Ce composé contient des atomes de chlore, qui a des propriétés rémanentes. Ce qui signifie que son action désinfectante est valable tout le long de la préparation des sels.

On effectue la chloration au moment de préparation des sels nutritifs par l'ajout d'un volume d'eau de javel afin d'éviter toute contamination des solutions.

#### II.1.4. Filtration

Avant le transfert au bac du stockage la solution diluée traverse un filtre qui contient des pores très fins afin d'éliminer les impuretés.



### **II.1.5. Refoulement**

Le refoulement de la solution diluée s'effectue par les pompes centrifuges.

### **II.1.6. Stockage des sels dilués**

Après l'élimination de la partie sursaturation, on transfère la partie soluble au bac de stockage.

### III. INSTRUMENTATION

#### III.1. Bac de préparation

Le bac de préparation des sels se compose : d'une cuve isolée de type inox (anti-corrosion), cuve intérieure présente une bonne conductibilité solide, indéformable (matériaux inoxydables) et un agitateur assurant la solubilisation des sels dans l'eau

Sa forme et notamment son fond est conçu de façon que l'écoulement des liquides par la vanne de vidange disposée en un point bas se fasse complètement et rapidement

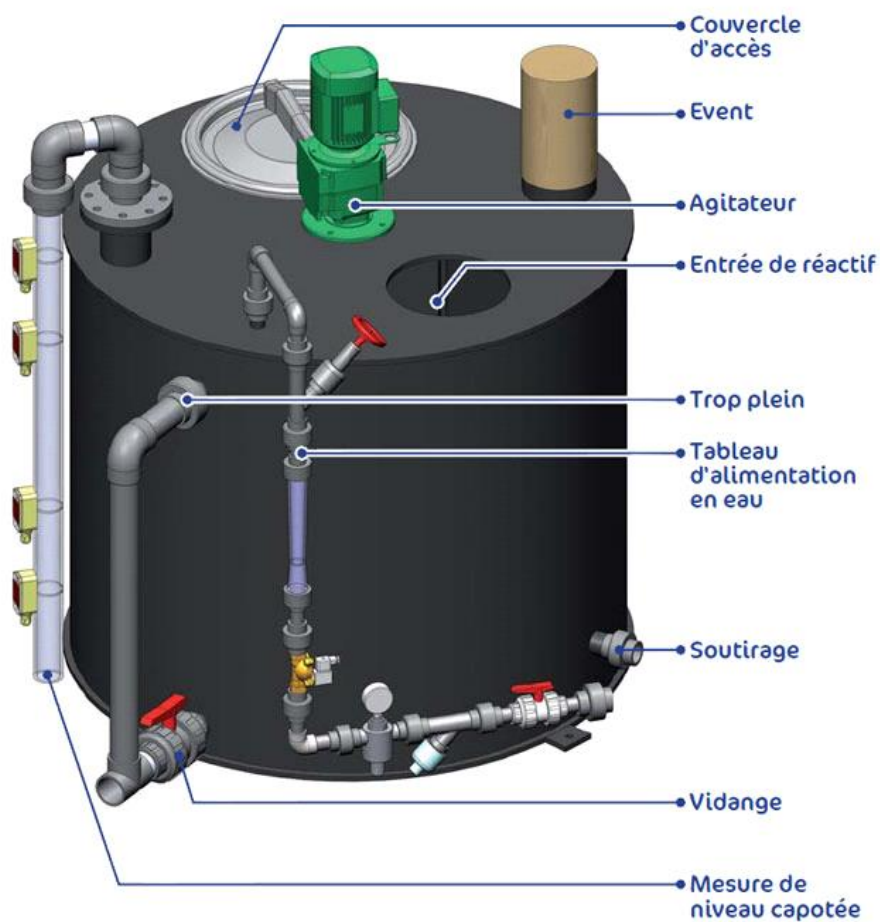


Figure 2 : Bac de préparation

## III.2. Pompes

### III.2.1. Définition

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide.

### III.2.2. Différents types des pompes

Les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales :

-Les pompes centrifuges : Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.

#### Les pompes volumétriques

L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide. On distingue généralement :

-**Les pompes volumétriques rotatives** : ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

-**Les pompes volumétriques alternatives** : la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

#### Les pompes centrifuges

Ce sont des pompes utilisées pour le refoulement des sels dilués aux bacs de stockage. Une pompe centrifuge est constituée par :

- Une roue à aubes tournant autour de son axe.
- Un distributeur dans l'axe de la roue.
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur fiabilité.

### III.3. Filtres

#### III.3.1. Rôle des filtres

Les rôles des filtres sont multiples, ils permettent :

- L'Amélioration de la clarté et de la brillance
- La Stabilisation de la limpidité
- Affiner ses propriétés organoleptiques en réduisant certains défauts

#### III.3.2. Filtres à cartouche

##### III.3.2.1. Caractéristiques

Ce filtre contient une ou plusieurs cartouches à travers lesquelles les sels passent. Les cartouches sont élaborées à partir de plusieurs médias filtrants dont les plus courants sont le papier et les tissus synthétiques ou filamentaires. Le tissage du média filtrant se décline ainsi en plusieurs finesses, le corps du filtre est quant à lui réalisé en inox.

Le filtre à cartouche prend la forme d'un cylindre doté d'une entrée et d'une sortie généralement opposées. Constitué d'une membrane perméable plissée offrant une importante surface de filtration.

##### III.3.2.2. Principe de fonctionnement

Les sels injectés par la pompe pénètrent dans la cuve par l'extérieur de la cartouche. Ils passent au travers des médias filtrants pour être ensuite évacués par le tube central de la cartouche. Un clapet anti-retour évite que les impuretés ne retournent dans le bac de préparation à l'arrêt de la pompe.

##### III.3.2.3. Eléments de filtrations

**Eléments papier plisse :** grande surface de filtration, media imprégné de résine, grande résistance à tous les hydrocarbures et à l'eau, filtration de 0,5 à 25  $\mu$ .

**Eléments métalliques :** résistance chimique et aux températures, filtration de 25 $\mu$  à 1mm.

### III.4. Débitmètre

Un débitmètre est un appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide (liquide ou gazeux). Selon le niveau du débit et la nature du fluide, le principe du débitmètre adapté est très variable.

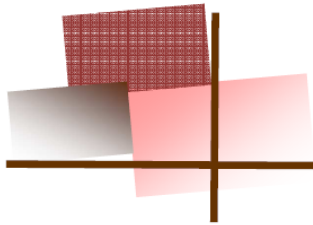
La quantité exacte des sels nutritifs déposés doit être déterminée par un débitmètre (destiné à mesurer le débit d'un fluide), monté entre les bacs de stockage et les fermentaires.



Cet appareil de mesure est très important pour le comptage matière.

Il doit être :

- .Fiable
- .Précis
- .Hygiénique
- .Supportant les contraintes alimentaires



TROISIEME PARTIE :

LE SUIVI DU TRAITEMENT DES  
SELS NUTRITIFS DEPUIS LES  
SACS BRUTS JUSQU' AUX  
FERMENTEURS

## I. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les analyses physico-chimiques que nous avons réalisés lors du stage de projet de fin d'études, concernent la détermination de la teneur en azote et le dosage du P2O5 des sels nutritifs depuis les sacs bruts jusqu'aux fermenteurs.

### I.1. Détermination de la teneur en azote par la méthode de kjeldhal

#### I.1.1 Objectif

La détermination de la teneur en azote des sels nutritifs dilués dans les bacs de préparation et stockage, on utilisera de préférence une unité de minéralisation et une unité de distillation Buchi.

#### I.1.2 Principe

#### I.1.3. Mode opératoire

##### Minéralisation

La détermination de la teneur en azote par la méthode de kjeldhal 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 Buchi à 6 postes.

L'appareil en fonctionnement est placé sous une hotte ou muni d'un système d'évacuation de vapeur ( $\text{SO}_3$ ).

Azote organique



$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

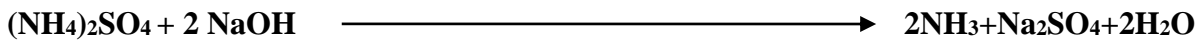


Figure 3 : l'appareil de minéralisation

## Distillation

Après la minéralisation on fait une dilution des échantillons avant de le mettre dans l'appareil de distillation en présence de la soude (NaOH) et l'acide borique ( $H_3BO_3$ ), afin de piéger l'ammoniac.

Libération de l'ammoniaque par l'ajout de la soude en excès :



Entrainement par distillation dans l'acide borique en excès qui permet de piéger l'ammoniaque libre :

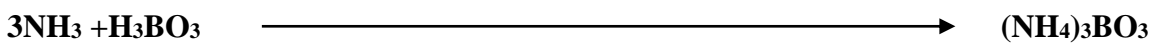
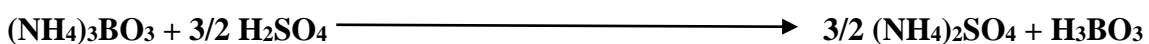


Figure 4 : l'appareil de distillation

## Titration en retour

On procède à un dosage en retour par  $H_2SO_4$ , le volume versé de  $H_2SO_4$  est proportionnel au pourcentage d'azote.

## Titration du borate d'ammonium par l'acide sulfurique



### ❖ Remarque

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



Pour le monoammonium phosphate et le sulfate d'ammoniaque, on utilise une seule unité (distillation Büchi)

## I.2. Dosage du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

### I.2.1. Objectif

C'est la détermination de la quantité du phosphore sous forme de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dans les bacs de préparation et de stockage, On utilise un spectrophotomètre pour ce type de dosage.

### I.2.2. Principe

Le phosphore mesuré dans le volume de la dilution réagit avec le métol, héptanol d'ammonium et bisulfite de sodium formant un complexe coloré, l'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration de phosphate en solution.

C'est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution homogène à une longueur d'onde donnée (660 nm pour nos analyses).

Calcul :

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

Ce principe est basé sur la loi de Beer-Lambert:

#### La couleur d'une solution de colorant

La couleur d'une solution de colorant peut être ou moins prononcée. Cela dépend de l'absorption de la lumière : plus la lumière est absorbée et plus la solution semble prendre une couleur "foncée".

Cette absorption dépend de trois facteurs : la concentration de la solution en colorant, la largeur du récipient qui la contient et la longueur de l'onde de la lumière à laquelle est exposée la solution.

#### L'absorbance

Pour quantifier la capacité d'une solution à absorber la lumière une nouvelle grandeur a été définie : l'absorbance. L'absorbance se note A et ne possède pas d'unité, elle est d'autant plus élevée que la lumière est absorbée par une solution et elle dépend de la longueur d'onde de la lumière, de la concentration de la solution et de la largeur du récipient.

L'absorbance d'une solution peut se mesurer à l'aide d'un appareil appelé spectromètre.

## L'expression de la loi de Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert est une relation donnant la variation de l'intensité lumineuse en fonction de la distance parcourue dans un milieu transparent (généralement une solution mais peut aussi se faire sur des lames de verre). Cette loi dit que si un faisceau de photon d'intensité initiale  $I_0$  traverse une cuve de longueur  $l$  (généralement 1 cm) contenant une solution de concentration  $C$  mol.L<sup>-1</sup>, l'intensité  $I$  une fois la cuve traversée aura comme valeur :

$$I = I_0 \cdot \exp(-k \cdot l \cdot c)$$

$k$  est appelé le coefficient molaire d'absorption.

Cette relation possède des domaines de validité. On peut dire qu'elle est vérifiée lorsque la solution est de concentration inférieure à cent millimoles par litre :  $C < 100$  mmol.L<sup>-1</sup>.

L'intensité lumineuse n'est pas toujours l'information la plus intéressante à traiter, c'est pourquoi on définit la **transmission** ( $T$ ), telle que

$$T = I / I_0$$

Souvent exprimée en pourcentage.

C'est la grandeur que l'on retrouve en ordonnée des spectres IR.

On rencontre aussi l'**absorbance**, unité utilisée en spectrophotométrie UV-visible, définie par :

$$A = \log(I_0 / I) = -\log T$$

L'absorbance peut donc s'écrire sous la forme :

$$A = \epsilon \cdot l \cdot c$$

Où  $\epsilon$  est appelé coefficient d'absorbance (anciennement coefficient d'extinction molaire).

## Détermination de la concentration d'une substance colorée :

En réalisant un dosage spectrophotométrique il est possible de déterminer la concentration en espèce colorée d'une solution. Comme son nom l'indique ce dosage est réalisé en utilisant un spectrophotomètre qui permet de mesurer l'absorbance.

On utilise pour cela quatre ou cinq solutions contenant la même espèce colorée mais avec des concentrations toutes différentes et connues. La mesure de l'absorbance de ces cinq solutions permet de tracer un graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration.

Selon la loi de Beer-Lambert  $A = k \times c$  donc on doit obtenir une droite passant par l'origine et dont le coefficient directeur est la constante  $k$ .

Il suffit alors de mesurer l'absorbance de la solution inconnue : sur la droite qui vient d'être tracé l'abscisse du point ayant comme ordonnée l'absorbance mesurée indique la concentration recherchée.



**Figure 5 : Spectrophotomètre**

### **I.3. Conductivité**

#### **I.3.1. Définition**

La conductivité électrique des sels nutritifs dilués correspond à la conductance d'une colonne des sels comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de  $1 \text{ cm}$ . L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductivité traduit la minéralisation totale des sels, sa valeur varie en fonction de la température. Elle est donnée à  $20^\circ\text{C}$ .

#### **I.3.2. Mesure**

La mesure de la conductivité permet de détecter immédiatement une variation de la composition des sels dilués, par exemple :

- Augmentation de la conductivité des sels dilués à une bonne agitation des bacs de préparation
- Baisse de la conductivité due à une décantation des sels

La mesure de la conductivité des sels s'effectue en immergeant dans la solution une cellule de mesure comportant l'électrode, le conductimètre affiche directement sur l'écran électronique la valeur correspondante de la conductivité.



# RESULTATS & INTERPRETATIONS



## Résultats et interprétations

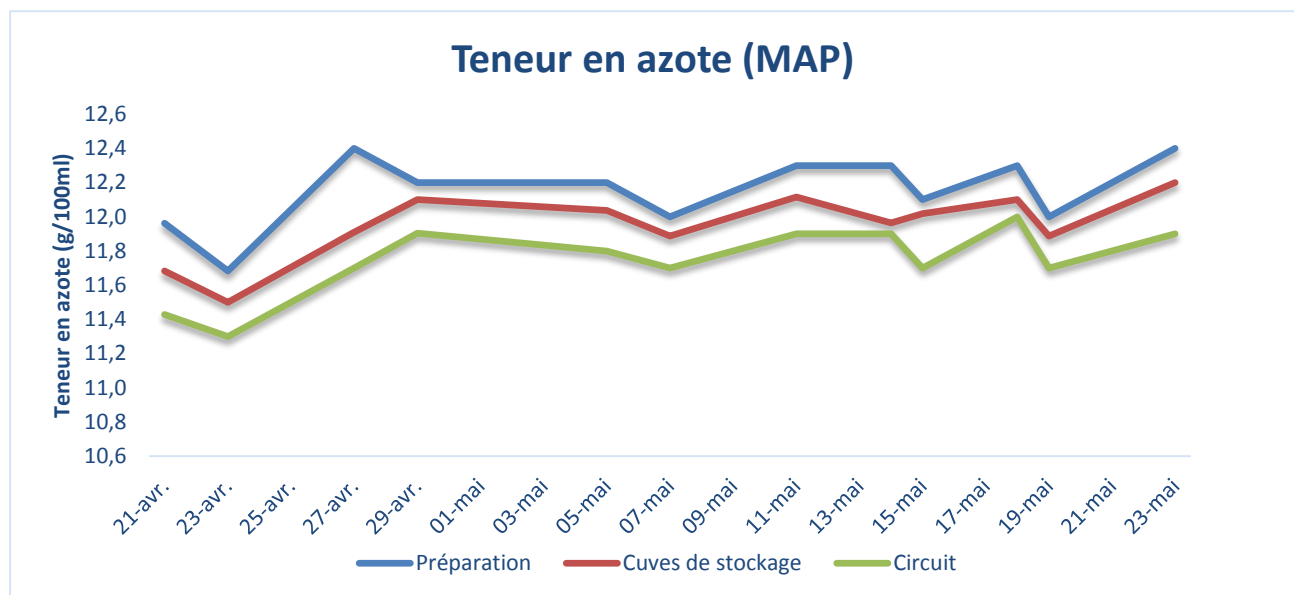
LESAFFRE Maroc dispose de deux laboratoires, microbiologique et physicochimique intervenant presque dans tous les niveaux de fabrication depuis la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini par des analyses effectuées, soit sur demande en cas d'une réclamation clientèle, soit régulièrement au cours de la production avant et après emballage, afin que le produit fini réponde à toutes les normes de qualité.

Toutes les étapes de production de la levure sont régulièrement suivies par un laboratoire de contrôle de qualité, dans le but d'une vérification de la conformité aux règles de la qualité.

Les analyses physico-chimies des sels nutritifs sont l'objet de ce travail. Les sels nutritifs sont utilisés à l'état dilué pendant les étapes de fermentation de levures. Elles sont épuisées fortement au cours de la production à cause de l'utilisation incessante par les cellules de levures, aussi pour bien pour la multiplication que pour le métabolisme.

### 1-Monoammonium phosphate

#### ➤ Teneur en azote



**Graphe 1 : Variation de la teneur en azote en fonction du temps**

D'après un suivi pendant une période d'un mois, la teneur en azote dans les différentes étapes de la production varie légèrement sans dépasser une limite supérieure de 12,4 et la limite inférieure de 11,2

Comparant les valeurs obtenues lors du suivi de la teneur en azote à la norme qui est de 12% N<sub>2</sub>, on remarque des pertes estimées de 0,4% à 0,8 %

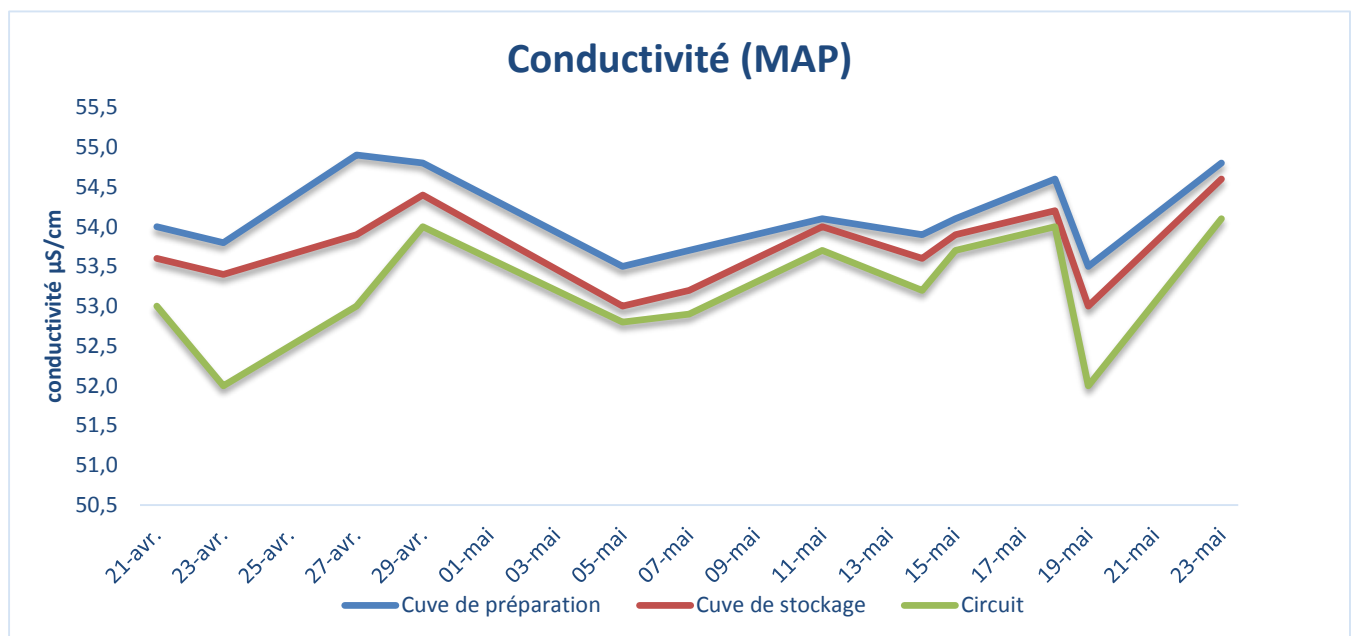
Ces pertes sont dues à l'agitation exercée au niveau du bac de préparation, ainsi qu'au phénomène de la décantation des sels nutritifs au fond du bac.

Le taux d'azote indique la teneur de la levure de boulangerie en protéines étant lié par la relation suivante :  $\text{taux d'azote} * 6,22 = \text{Teneur en protéines}$ .

L'apport d'azote dans le milieu se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou de sels d'ammoniums (sulfate ou phosphate) ou d'urée. Cette dernière, qui exige pour sa bonne assimilation des niveaux élevés de biotine, est utilisée principalement avec la mélasse de canne.

**Remarque :** La composition azotée dépend de la qualité souhaitée : une levure riche en azote est plus active mais moins stable.

### ➤ Conductivité



**Graph 2 : Variation de la conductivité en fonction du temps (MAP)**

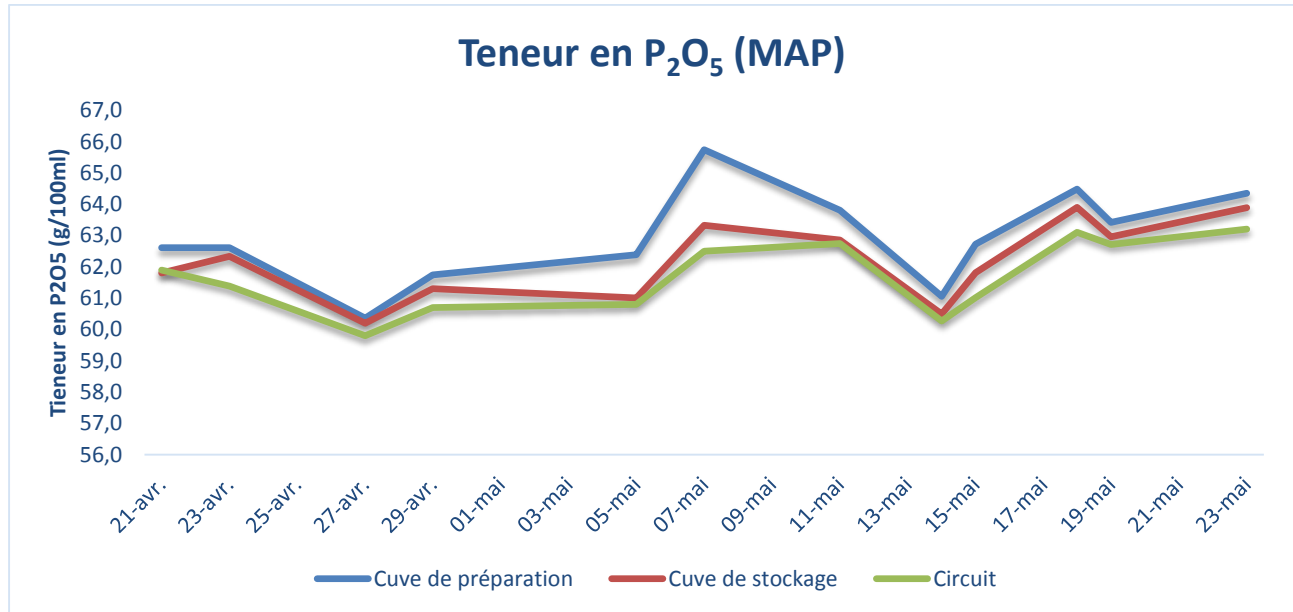
La mesure de conductivité est mesurée par un conductimètre, c'est la mesure de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique.

D'après un suivi pendant une période d'un mois, la conductivité dans les différentes étapes de la production varie significativement, sans dépasser une limite supérieure de 55 et la limite inférieure de 52.

Cette mesure est le signe de la présence d'ions (ammoniac et acide sulfurique) dans l'eau ; plus l'eau contient d'ions plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa

conductivité est importante. Ce qui explique que les variations de conductivité sont identiques à celle de la teneur en azote.

➤ **Teneur en phosphate**



**Graphe 3 : Variation de la teneur en phosphore en fonction du temps (MAP)**

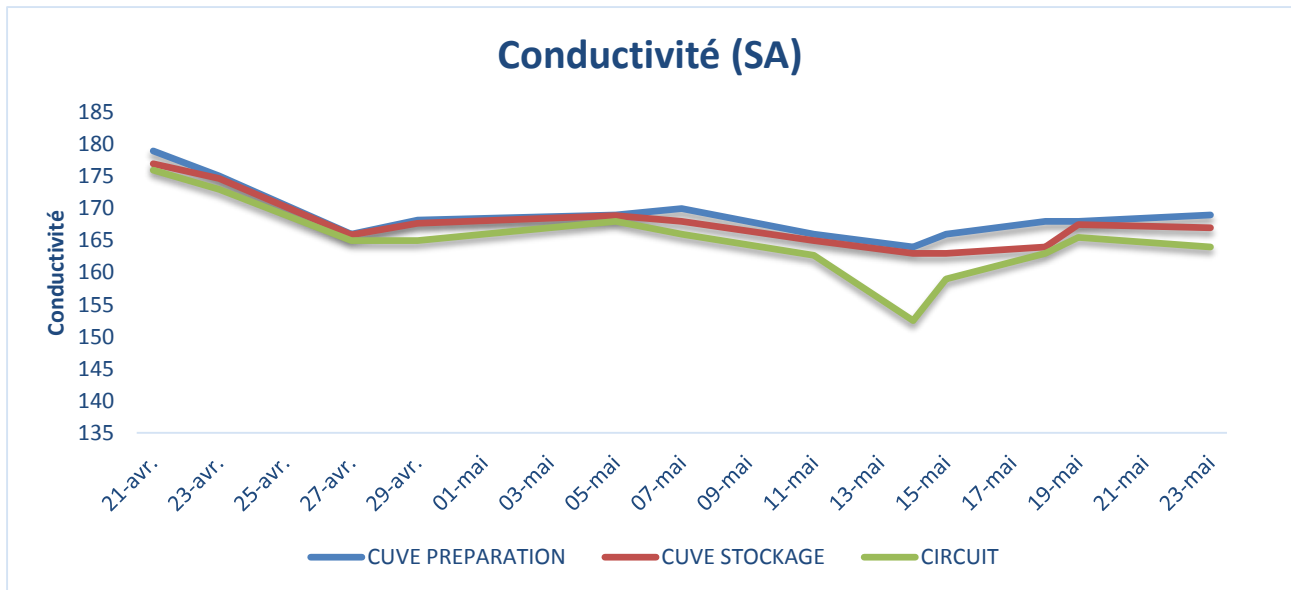
Il faut signaler que la mélasse contient suffisamment de calcium, de potassium, et de soufre mais pas assez de phosphore dans la mélasse c'est pourquoi qu'il est souvent ajouté sous forme d'acide phosphorique ou d'un de ses sels pour répondre aux exigences de la levure.

La teneur en phosphore dans les différentes étapes de la production varie significativement, sans dépasser une limite supérieure de 66 et la limite inférieure de 60.

La variation proportionnelle aux niveaux des trois courbes due à l'agitation au bac de préparation, ainsi que de la décantation des sels au fond du bac.

## 2- Sulfate d'ammonium

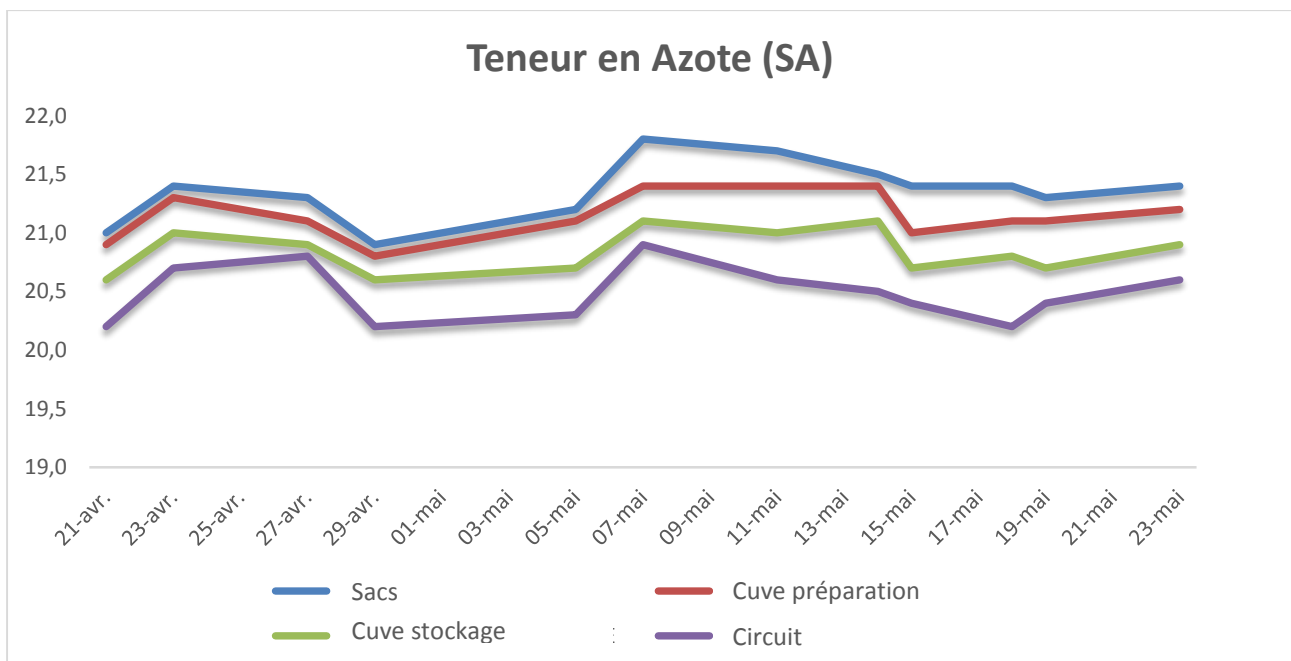
### ➤ Conductivité



**Graphe 4 : Variation de la teneur en azote en fonction du temps (SA)**

D'après un suivi pendant une période d'un mois, la conductivité dans les différentes étapes de la production varie significativement, sans dépasser une limite supérieure de 180 et la limite inférieure de 155.

### ➤ Teneur en azote



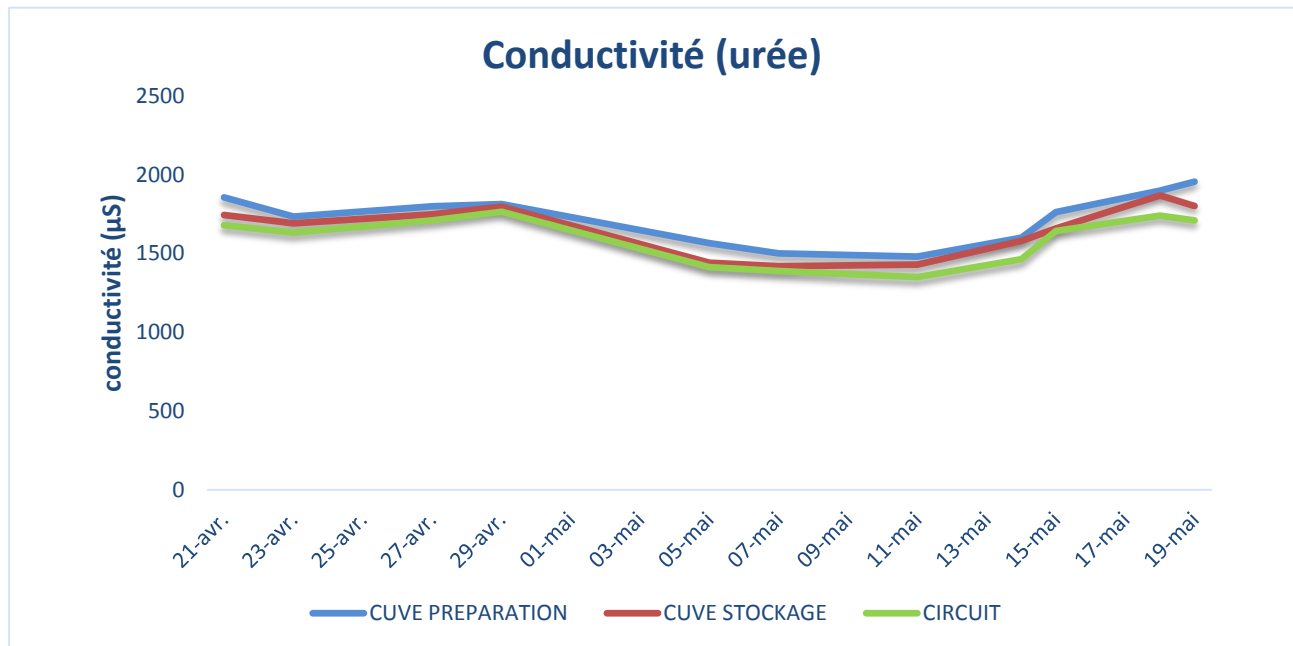
**Graphe 5 : Variation de la teneur en azote en fonction du temps (SA)**



Le suivi pendant une période d'un mois, la teneur en azote dans les différentes étapes de la production varie significativement, sans dépasser une limite supérieure de 21.5 et la limite inférieure de 20.

Des variations proportionnelles au niveau des périodes (29-Avril au 07-Mai) sont dues à l'agitation au niveau du bac de préparation, ainsi la décantation des sels au fond du bac.

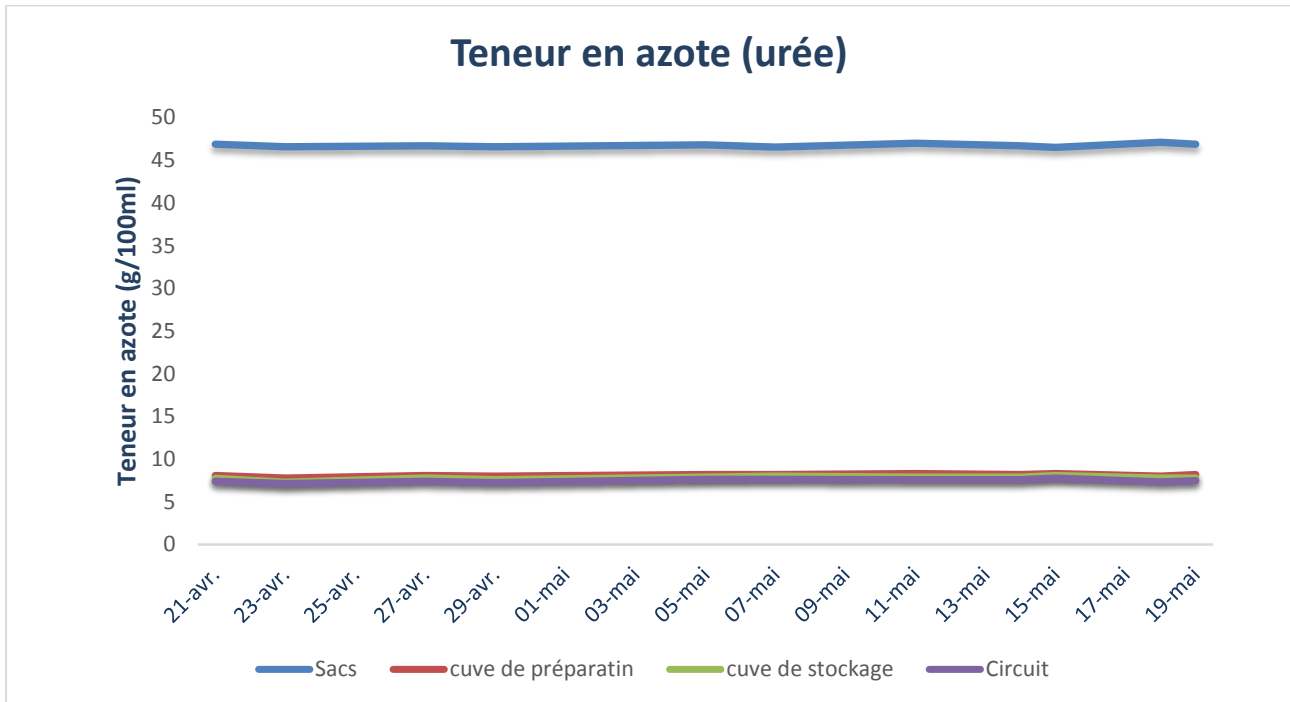
### ➤ Conductivité



**Graphe 6 : Variation de la conductivité en fonction du temps (Urée)**

D'après un suivi pendant une période d'un mois, la conductivité dans les différentes étapes de la production varie significativement, sans dépasser une limite supérieure de 1980 et la limite inférieure de 1500.

➤ Teneur en azote



**Graphe 7 : Variation de la teneur en azote en fonction du temps (Urée)**

Le graphe montre une variation proportionnelle aux niveaux des courbes due à l'agitation au bac de préparation, ainsi la décantation des sels au fond du bac. Aussi l'irrégularité observée, due aux manipulateurs.

## Conclusion

Les analyses effectuées tout au long de la période d'étude, nous ont amenés à conclure que :

-Tous les paramètres physico-chimiques étudiés répondent aux normes, ce qui prouve le suivi rigoureux de la part des responsables de la qualité.

Aux niveaux des bacs de préparation et de stockage et circuit :

-Une variation des pertes (en teneur d'azote et en phosphore) entre le bac de préparation et celui du stockage et le circuit due aux trois points essentiels :

- . L'agitation au niveau des bacs de préparation
- .La décantation des petites quantités des sels au fond du bac de préparation
- .La préparation des sels se fait manuellement

En général, les pertes de 1% à 2% restent tolérables en fermentation de la levure, parce qu'on trouve que la mélasse contient aussi 0.8 % de  $P_2O_5$  et 3.1% d'azote qui vont compenser en partie les pertes des sels nutritifs dilués, donc ces pertes restent faibles et ne présentent pas de risques sur la qualité du produit fini.

D'après ce stage qui a permis d'observer de près la société LESSAFRE, on peut dire que cette dernière respecte en grande partie les normes exigeantes des principes de la qualité de la production industrielle, ce qui est reflété sur sa bonne réputation et sa continuation.

L'ouverture de l'université sur son environnement économique et industrielle s'avère extrêmement important sur plusieurs plans, il permet particulièrement :

- De mettre à l'épreuve le domaine théorique.
- De faire une confirmation entre la théorie et la pratique afin de se familiariser avec le monde du travail au sein de l'entreprise.
- D'acquérir des connaissances professionnelles, et donc une meilleure recherche scientifique pour un bon développement économique et industriel.

Ça permet d'avoir une idée approfondie sur l'application de l'étude théorique à l'échelle industrielle ce qui permet de comprendre et de maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure et d'autre part, acquérir un esprit d'initiative et d'analyse qui permet de trouver les solutions adéquates aux problèmes rencontrés.