



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Analyses du moût délevuré dans la société
LESAFFRE MAROC**

Présenté par :

Mlle. Fatima El Hajjami

Encadré par :

Mr A.BENNANI (Lesaffre Fès)

Pr ZAITAN HICHAM (FST, Fès)

Soutenu Le 15 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr. B. Ihssane
- Pr. H. Chtioui
- Pr. H. Zaitan

Stage effectué à: Lesaffre Fès

Année Universitaire 2010/2011

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard: 212 (0)5 35 60 82 14

SOMMAIRE

Liste des figures.....	4
Liste des images.....	4
Liste des tableaux.....	4
Liste des histogrammes.....	4
INTRODUCTION.....	5
CHAPITRE I: LESSAFFRE MAROC.....	6
I.1 Présentation de LESSAFFRE MAROC.....	7
I.2 Organigramme de LESSAFFRE.....	8
CHAPITRE II: PRODUCTION DE LA LEVURE.....	10
II. 1. LEVURE.....	11
II.1.1 Principales caractéristiques.....	11
II.1.2 Fonctionnement de la levure.....	11
II.1.3 Types de levure de boulangerie.....	12
II.2 CONDITIONS INDUSTRIELLES DE PRODUCTION.....	13
II.2.1 Différentes étapes de processus de fabrication.....	13
II.2.2- schéma de production de la levure	15
II.2.3. Levure Fraiche.....	16
II.2.4. Levure Sèche.....	19
CHAPITRE III: ANALYSES LABORATOIRE.....	20
III.1.Analyses physicochimiques.....	21
III.3.Résultats et discussion.....	26
III.3.1.Résultats.....	26
III.3.2.Interprétation.....	35
Conclusion.....	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	37

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de LESAFFRE

Figure 2 : Procédés de fabrication de la levure

Figure 3 : Schéma de production de la levure

Liste des images

Image 1: Fermenteurs

Image 2: Séparateur

Image 3: Filtre rotatif

Image 4: Levure SPH

Image 5: Levure SPI

Image 6: Digesteur

Image 7: Appareil Buchi

Image 8: Spectrophotomètre UV

Image 9: Système de filtration sous vide

Liste des tableaux

Tableau1 : Variation du pH

Tableau2 : Variation la conductivité

Tableau3 : Variation de la matière sèche

Tableau4 : Variation de la matière minérale sulfatée

Tableau5 : Variation de l'azote

Tableau6 : Variation du phosphate

Tableau7 : Variation du calcium

Tableau8 : Variation du magnésium

Tableau9 : Variation de la matière en suspension

Liste des histogrammes

Histogramme1 : Variation du pH

Histogramme2 : Variation la conductivité

Histogramme3 : Variation de la matière sèche

Histogramme4 : Variation de la matière minérale sulfatée

Histogramme5 : Variation de l'azote

Histogramme6 : Variation du phosphate

Histogramme7 : Variation du calcium

Histogramme8 : Variation du magnésium

Histogramme9 : Variation de la matière en suspension

INTRODUCTION

Le projet de fin d'études (LST) rentre dans le cadre de l'ouverture de l'université Marocaine, notamment l'Université Sidi Mohamed Ben Abdel de Fès vers son environnement socio-économique.

L'encouragement de l'enseignement et la formation professionnelle des étudiants concernant l'aspect technique et managérial rentre parfaitement à la stratégie adoptée par la société Lesaffre. C'est dans ce contexte que j'ai réalisé mon stage de projet de fin d'études à la société industrielle LESAFFRE.

L'objectif global de mon stage de Fin d'études s'articule autour de deux volets. Le premier volet consiste à se familiariser avec un nouveau environnement socio-économique (Industrie Marocaine), à avoir une vision globale sur la production à l'échelle industrielle dans une entreprise multinationale tels que LESAFFRE. Le deuxième volet concerne l'analyse de moût délevuré rejetés en aval du procédé de fabrication de Levure.

Ce mémoire se propose de présenter le cadre dans lequel s'est réalisé mon stage en introduisant tout d'abord la filière de production de la Levure, l'entreprise, le procédé de fabrication de Levure

Enfin, nous présenterons une étude sur le suivi des paramètres physico-chimiques du moût délevuré rejetés en aval du procédé de fabrication de Levure. Ce volet a une grande importance en matière de la conformité de l'entreprise vis-à-vis les normes et la réglementation nationales et internationales sur les déchets liquides.

.

Chapitre I

LESAFFRE MAROC

I-1-Présentation de la société LESAFFRE

LESAFFRE ou société de dérivés du sucre est une société anonyme située au quartier industriel SIDI BRAHIM FES. Elle a été créée en 1975 sur une superficie de 2ha. Elle emploie 170 personnes, qui bénéficient d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue.

En 1993, elle a été la première société privatisée en appartenant au groupe LESAFFRE une multinationale spécialisée dans la production des dérivées du sucre telles que la levure.

Fort de ses connaissances approfondies de la levure et de ses compétences pointues en biotechnologies, Lesaffre intervient également dans les domaines de la nutrition santé humaine et animale.

Leader mondial de la production de levure, Lesaffre a bâti son développement sur la mise au point de produits offrant des qualités irréprochables en terme de performance et de pureté. Le groupe propose une large gamme de levures adaptées aux besoins des professionnels, à leurs habitudes culturelles et répondant à leurs contraintes de production.

Lesaffre s'engage également auprès des boulangers, leur apportant des solutions innovantes pour faciliter leur travail, leur permettant ainsi d'offrir à leurs clients des pains délicieux aux arômes et aux textures uniques. Le groupe propose une large gamme d'ingrédients spécifiques, d'améliorants de panification, utilisables en meunerie et en boulangerie, et des mixes et blends adaptés aux nouvelles tendances de consommation.

Pour les marchés de la bière, du vin, des spiritueux et de l'éthanol industriel, le groupe Lesaffre offre une palette de produits de levure pour alcool spécialement sélectionnés pour répondre aux demandes spécifiques de chacun de ses clients

Lesaffre a développé en plus 150 ans un large portefeuille de marques internationales aujourd'hui reconnues comme références sur le marché mondial. Leur notoriété est devenue incontestable.

I.2 Organigramme de LESAFFRE:

Lesaffre-MAROC est constituée de plusieurs services et directions, qui ont comme direction commune la direction générale.

Les différents services et directions sont présentés dans l'organigramme ci-dessous (figure 1), accompagné du service qualité (Laboratoire) dont lequel j'ai effectué mon stage:

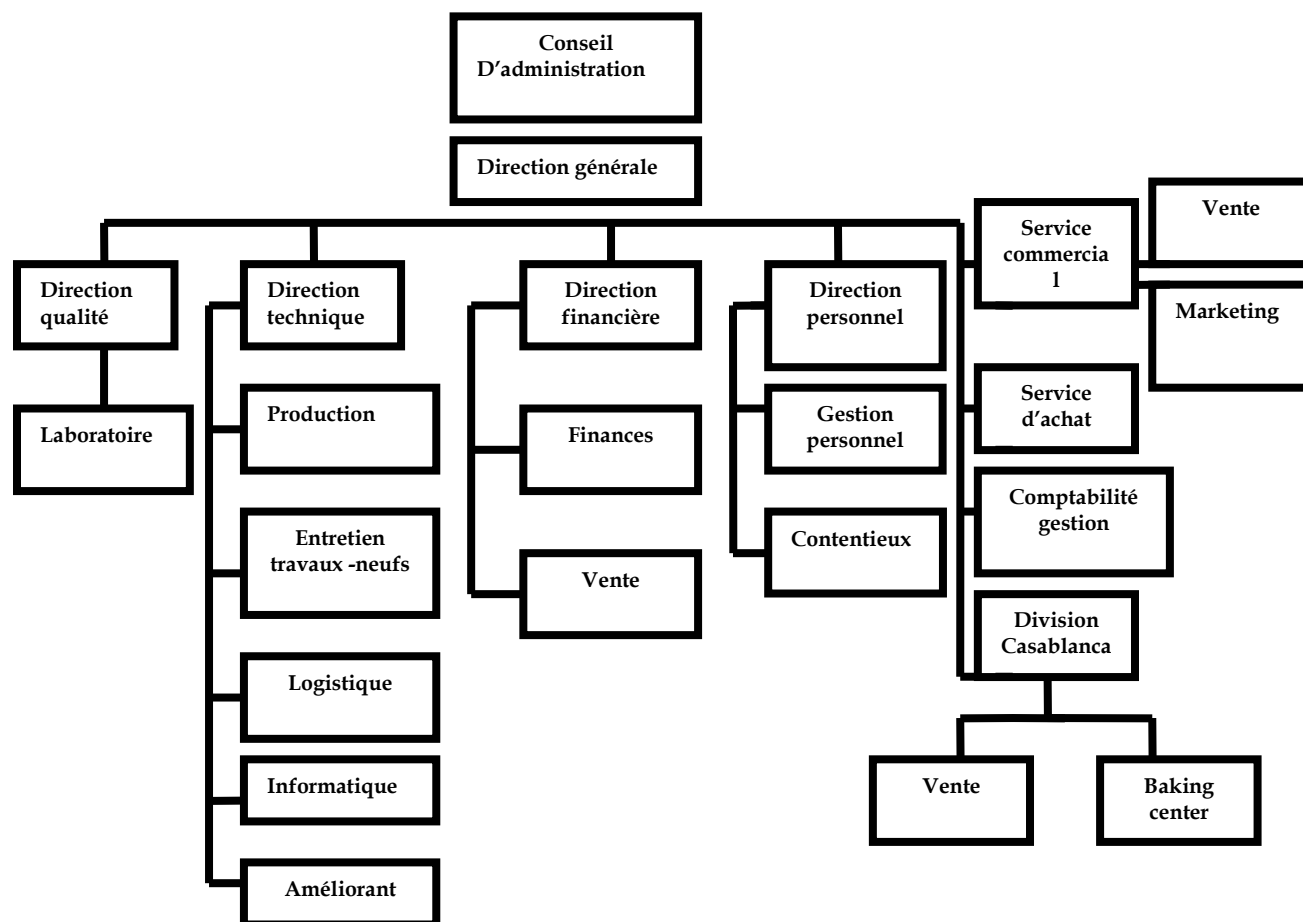


Figure1 : Organigramme de LESAFFRE

Chapitre II

PRODUCTION DE LA LEVURE

II.1.Levure

II.1.1.Principales caractéristiques de la levure

- **Définition**

Les levures sont des microorganismes c'est-à-dire des germes préfèrent des microbes qui permettent la fermentation de certains aliments comme la bière.

Il existe un grand nombre de levures. Les plus connus d'entre elles sont: Les saccharomycètes.

Les saccharomycètes ont la propriété de transformer le sucre en alcool (levure de bière, levure de boulanger).

Définit des champignons ascomycètes unicellulaires. Certains d'entre eux peuvent solubiliser le phosphate comme, par exemple, *schwanniomyces occidentalis*. On utilise aussi les levures en boulangerie pour faire lever et gonfler les pâtes avec le levure de boulanger. Ces champignons ascomycètes de la famille *Saccharomycetaceae* sont omniprésents à la surface du sol et des plantes, en particulier sur des substrats riches en sucres; par la fermentation de ceux-ci, ils produisent de l'alcool et du dioxyde de Carbone; cette particularité des levures est à la base de la fabrication du vin, de la bière et du pain.

Il est possible d'acheter facilement de la levure soit dans sa boulangerie soit en pharmacie mais aussi en grandes surfaces ou dans les magasins spécialisés en produits diététiques.

- **Structure d'une cellule de levure :**

Le microscope électronique à transmission permet d'explorer l'intérieur des cellules. La cellule de Levure est une cellule d'eucaryote (cellule avec noyau) : elle comprend une paroi rigide, un noyau limité par une membrane nucléaire, un cytoplasme contenant divers organites dont des mitochondries (organites de la respiration), des ribosomes (organite qui forme des protéines), un réticulum (organite qui modifie les protéines) et une grande vacuole.

II.1.2 .Fonctionnement de la levure

- **Mode de vie :**

Comme beaucoup de champignons, les levures se nourrissent de matières organiques. Elles vivent donc surtout aux dépens d'organismes morts ou de déchets provenant d'êtres vivants. On trouve des levures en abondance dans les endroits riches en

sucres : sur les fruits mûrs, les feuilles, le nectar des fleurs, on en trouve également dans le tube digestif des animaux (insectes en particulier), de plus, certaines sont responsables de mycose (maladie de la peau). Les levures sont évidemment présentes partout dans le commerce sous le nom de levures de boulanger, c'est précisément ce type d'organisme auquel nous avons choisi de nous intéresser.

- **Reproduction :**

Les modes de reproduction varient en fonction des espèces de levures. Les levures *Saccharomyces cerevisiae* (celles que nous étudions) se reproduisent par bourgeonnement : une petite hernie apparaît en un point de la surface d'une cellule mère, grossit et s'étrangle. Le bourgeon (cellule fille) se détache alors, grossit encore et bourgeonne à son tour. Il est par conséquent, plus approprié de parler de « multiplication » plutôt que de « reproduction » à proprement parler. L'accroissement des levures est d'ailleurs l'aspect qui a fait l'objet de notre travail.

II.1.3.Types de levure de boulangerie

II.1.3.1. Respiration aérobie :

Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules de subir une multiplication avec un rendement cellulaire élevé (le rendement étant défini par le quotient de la quantité de cellules fabriquées par le substrat sucré consommé) selon la réaction ci-dessous:



En plus des sucres simples, certaines levures peuvent utiliser d'autres glucides (mono, di ou tri saccharides, voir des polysaccharides comme l'amidon) mais aussi des alcools, des acides ou des alcanes. D'une manière plus générale, elles ont une capacité hydrolytique bien moindre que les moisissures.

En plus du métabolisme oxydatif, certaines levures peuvent privilégier une dégradation des glucides par un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation d'éthanol et de CO_2 .

II.1.3.2. Fermentation alcoolique :

En plus de ces composés majoritaires, des alcools supérieurs, des aldéhydes, des esters, des acides sont formés en plus petites quantités et participent qualitativement de façon importante et Complexe à la formation des saveurs des boissons fermentées selon la réaction suivante:



Ce métabolisme est moins énergétique que le métabolisme oxydatif, et le rendement de la multiplication cellulaire en est affecté bien que la vitesse de croissance puisse être nettement plus rapide que dans le processus oxydatif. Ce processus fermentaire peut fonctionner en présence ou en absence partielle ou totale d'oxygène c'est-à-dire en anaérobiose. On évoquera, l'apparition d'un processus fermentaire en présence d'oxygène en excès, décrit comme l'effet Crabtree et très important dans l'industrie de production des levures de boulangerie.

II.2. Conditions industrielles de production

II.2.1. Les différentes étapes de processus de fabrication:

La conduite de la multiplication des cellules de levure répond à un triple objectif :

- celui de fournir au client un produit adapté à ses besoins, notamment en termes de pouvoir fermentatif, de stabilité et de présentation ;
- celui de maîtriser les risques de contamination microbologique;
- celui de produire la levure au meilleur prix.

À partir du tube gélosé contenant la souche, une série de cultures dans des volumes de plus en plus grands conduira au produit commercial. Les différentes étapes de la production sont présentées figure 2.

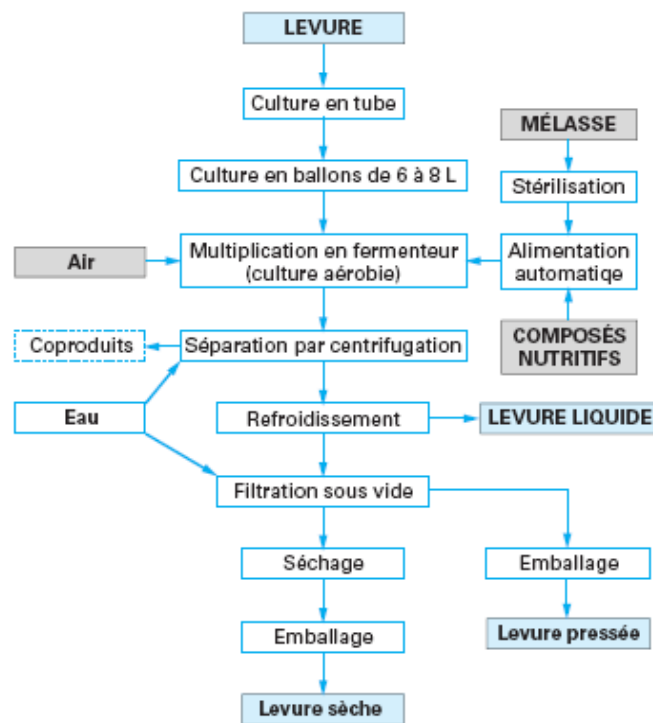


Figure 2: Procédé de fabrication de la levure

(Source: A. Louiz ; Production de la levure de panification par biotechnologique ; J 6 013 -1)

(figure 3). Une schématisation plus détaillée est donnée ci-après

II.2.2:Schéma de production de la levure

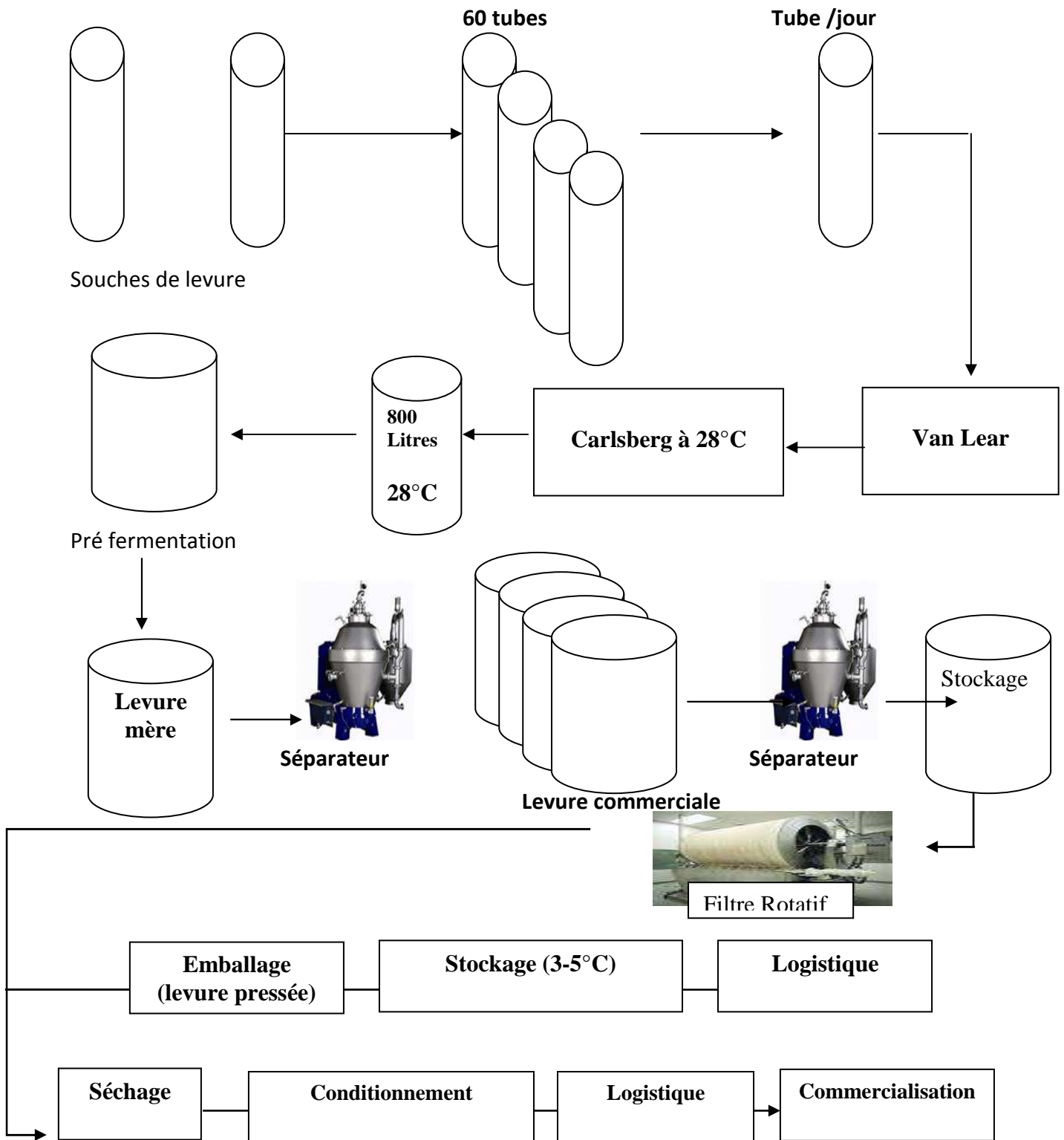


Figure 3 : Schéma de production de la levure

II.2.3.La levure fraiche :

- **La fermentation :**

Le terme est dérivé du mot latin fervere, qui signifie bouillir. En effet, l'observation d'un liquide en fermentation (alcoolique principalement) montre un dégagement important de gaz provoquant de la mousse, de l'écume et l'aspect d'un liquide en ébullition.

La fermentation est une phase importante pour la production. Elle se déroule dans des fermenteurs dans lesquelles se fait la multiplication (Voir image n° 1).



Image n° 1: Fermenteurs

La fermentation est un processus aérobique (on utilise l'oxygène de l'air ambiant) au cours de cette étape il y'a un contrôle permanent du pH et de la teneur en alcool et la température.

II.2.3.1.Etapes de fabrication de la levure fraîche

- **Préparation de la levure mère :**

La production de levures de boulangerie commerciale s'effectue à partir de souches de levures qui vont subir une série de cultures dans des volumes de plus en plus grands.

Ces souches sontensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures, cette étape exige un travail dans des conditions aseptiques pour éviter le risque de contamination.

On transvase le contenu des tubes dans un petit icône appelé <<Van Lear>>dont le milieu nutritif très riche rendra possible une première multiplication et donc la production de nombreuses cellules exactement identiques, Vingt quatre heures plus tard, les levures obtenues sont inoculées dans un nouveau type de récipient (Carlsberg), ou elles se multiplient à nouveau pendant 24heures.On dispose alors de 500 g de la levure, ce qui permet de passer à un stade semi industriel. Ce stade se déroule dans une cuve de 800 litres.

- **Pré fermentation:** Cette opération se poursuit dans un pré fermenteur bien nettoyé par la soude à une température de 90°Cet rincé à l'eau. Avant le refoulement du volume de800L, le milieu doit être préparé par les éléments suivants : la cuve est remplie par le

volume d'eau nécessaire, on ajoute le sulfate de magnésium, la vitamine, l'eau de javel pour la stérilisation et l'acide sulfurique pour ajuster le pH.

Fermentation de la levure mère : Le contenu du pré fermenteur est pompé dans un fermenteur alimenté par l'urée, ainsi que les éléments nutritifs ajoutés précédemment. Cette opération qui dure environ 16h se déroule dans un milieu suffisamment oxygéné, Pour favoriser le développement de la biomasse, après certains temps d'incubation le moût va subir une séparation par centrifugation dans des séparateurs (voir image : 2)



Image n°2 : Séparateur

La levure est stockée dans une cuve réfrigérée ou après des contrôles rigoureux, elle constituera la levure mère (la crème), qui servira de la levure d'ensemencement pour démarrer les fermenteurs industriels.

II.2.3.2.Cycle industriel :

- **Multiplication**

Le cycle industriel débute avec le transfert de quelques kilogrammes de levure mère en présence d'O₂ il est augmenté progressivement au cours de la fermentation ce qui, permet une adaptation des levures à la vie en aérobie, l'aération maximale permet d'optimisation de la production de biomasse, ce mode de culture permet d'obtenir une grande vitesse de multiplication.

L'alimentation en mélasse et autres substances nutritives s'effectue d'une façon continue, le débit de l'aliment sucré apporté à la cellule ne doit pas excéder quelques millièmes du volume de la culture. De cette façon, on évite la répression catabolique des enzymes respiratoires et donc presque la totalité des sucres ajoutés sont utilisés par la respiration plutôt que d'être convertis en alcool par fermentation.

L'évolution de la population de levure est maîtrisée par l'apport continu, à des concentrations parfaitement déterminées, de tous les éléments nécessaires à sa vie et à sa prolifération.

Pendant ce cycle de fermentation en cuve l'acidité doit être réglée avec une grande précision, ce qui contribue à lutter contre le développement très actif, le nombre de bourgeons non séparés des cellules mères soit le plus faible possible, afin de favoriser une bonne stabilité du produit.

- **La récolte**

A la fin de la fermentation (multiplication de biomasse) la centrifugation assure la séparation de la masse des cellules en suspension du liquide ambiant (moût), la crème de levure est lavée sur centrifugeuses et refroidie instantanément à une température de 6°C à 8°C, puis stockée dans des cuves de stockage en attendant le conditionnement.

- **Filtration § Emballage:**

La déshydratation de la crème de levure se fait à travers des filtres rotatifs (voir image n° 3). Le gâteau obtenu ensuite boudiné, découpé en portions égales (pais de levure 500g). Les pains de délevurés sont ensuite conditionnés en cartons de 10 kg.

Le stockage du produit fini se fait dans des chambres froides positives (+2°C pendant 48h) afin d'assurer une bonne conservation de la levure.



Image n°3: Filtre rotatif

- **Conditionnement et conservation**

Pour la levure fraîche, le conditionnement est assuré grâce à un appareil «boudineuse». Le boudin de levure pressé est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans papier spécial et qu'on regroupe dans un emballage ce qui va assurer une meilleure conservation de la levure depuis sa sortie de l'usine jusqu'au moment de son utilisation.

Après la mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée avant son expédition.

II.2.4. La levure sèche:

La production de ce type suit les mêmes étapes que la levure fraîche sauf qu'après la filtration, on procède au séchage de la levure se fait dans des sécheurs à lit fluidisé à l'air chaud.

La levure sèche obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans des silos. Elle est conditionnée en sachets de 100g, et des paquets de 500g.

On distingue deux types de levure sèche:

II.2.4.1.La levure sèche active ou SPH :

Elle se présente sous forme de granulés ou de sphérules (voir image n° 4). Sa rusticité lui confère une bonne stabilité à température ambiante, qualité appréciée dans les régions du globe où les conditions climatiques sont défavorables.



Image n°4: levure SPH

II.2.4.2.La levure sèche instantanée ou SPI :

Son nom au fait qu'il n'est pas nécessaire de la réhydrater préalablement à son incorporation à la farine. Elle s'utilise aussi facilement que la levure pressée. Les fines particules de levure instantanée sont emballées sous vide ou sous une atmosphère protectrice.

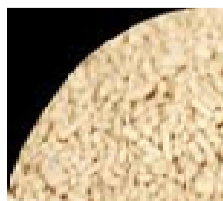


Image n° 5 Levure (SPI)

CHAPITRE III

Analyses de laboratoire

Introduction

La société de LESAFFRE se 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 (levure fraîche ou sèche...) 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 la qualité.

Pour conserver la même qualité des différents produits de la levure, le laboratoire de LESAFFRE MAROC effectue plusieurs analyses aux différents stades de la chaîne de production de la levure.

III.1. Analyses physico-chimiques

La matière organique (MO) est la matière carbonée produite en général par des êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes. Il s'agit par exemple des glucides, protéines et lipides. À la différence de la matière minérale, la matière organique est souvent biodégradable. Elle peut ainsi être facilement recyclée en compost ou en biogaz.

Outre le carbone et l'hydrogène qui sont les composants essentiels, elle peut contenir aussi les éléments oxygène (O), azote (N), phosphore (P), soufre (S), fer (Fe).

a) Détermination du pourcentage d'azote par la méthode de KJELDHAL:

Débuté 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 (voir image 6).

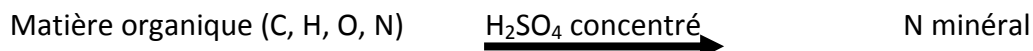


Image n°6: Digesteur

Il est nécessaire que l'appareil en fonctionnement soit placé sous une hotte ou muni d'un système d'évacuation de vapeur.

On chauffe environ 400°C pendant 30 à 60 min.

- Mécanisme de la minéralisation :



La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, dans un digesteur (voir image n°6) en présence d'un mélange de catalyseurs (CU, KOH)

En présence de l'acide sulfurique à chaud, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote des composés organiques se retrouvent sous forme de CO₂, H₂O, NH₃. l'acide sulfurique étant en excès on a:



Encadré:

- Pas de prélèvement d'acide à la bouche, utilisé une pro pipette .Porter les lunettes pour protéger les yeux d'éventuelles projections.
- L'utilisation d'un mélange de catalyseurs permet d'avoir une minéralisation plus rapide.
- KOH permet d'augmenter la température d'ébullition de l'acide sulfurique à 350à400°C.
- CU permet d'augmenter la vitesse de la minéralisation.

- Dosage de l'azote total :

L'azote se trouve dans la minéralisation sous forme de NH₄⁺.Le dosage d'azote est un dosage d'acide _base .Les ions ammonium de la minéralisation se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on ne peut les doser directement, on va déplacer les ions ammonium sous forme NH₃ ammoniac.

La distillation se fait par l'appareil de buchi (voir image n° 7)



Image n°7: Appareil Buchi

L'ammoniac est récupéré seul pour pouvoir le doser à l'aide une solution étalonnée d'acide fort.

- Déplacement de NH_4^+ en NH_3 :

Pour transformer les ions ammonium du minéralisat en ammoniac, on doit alcaliniser le minéralisat; pour cela, on utilise un large excès de base forte: la lessive de soude.

On aura alors:



- Isolement de l'ammoniac:

On chauffe le minéralisat alcalinisé le NH_3 se dégage sous forme de vapeur que l'on capte, que l'on condense et que l'on recueille pour le dosage.

- Dosage de l'ammoniac:

On peut procéder par dosage direct ou un dosage en retour.

L'ammoniac est recueilli dans une solution d'acide borique (H_3BO_3). l'acide borique est un acide faible qui ne réagit pas avec l'ammoniac, il sert simplement de le piéger et qui est neutralisé au fer et à mesure de son arrivé par une solution étalonnée d'acide fort H_2SO_4 .

b) Détermination du pourcentage de phosphate par la méthode de spectrométrie.



Image n°8: Spectrophotomètre

La transformation de phosphate organique en phosphate minérale se fait dans un digesteur. Cette dernière est suivie d'une dilution. Un volume connu de la dilution se fait réagir avec le métol, l'héptanol d'ammonium et le bisulfite de sodium. L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (UV) à une longueur d'onde de 660 nm (voir image n°8).

c) La matière sèche :

La matière sèche (MS) est le résultat obtenu après le séchage d'un produit dans l'étuve.

Le pourcentage massique de la matière sèche est le ratio entre le poids de la matière sèche et la masse de la matière non-sèche (hydratée). Il est exprimé selon la règle suivante :

$$\%MS = (m_0 - m_s) / m_0$$

Tels que:

MS: Matière sèche m_0 : Masse initiale avant le séchage m_s : Masse après le séchage

d) La matière minérale sulfatée :

A partir d'un échantillon pris du moût delevuré, on ajoute 1 ml de l'acide concentré. Les creusés sont mis dans un four de calcination sous une température de 300°C pendant 30 min.

e) La matière en suspension :

Pour faire précipiter les particules fines en suspension, on utilise la filtration sous vide par le biais d'un filtre de pores millimétrique.



Image n:9.Système de filtration sous vide

f) La conductivité: Mesure physico-chimique de la capacité d'une solution à transmettre le courant électrique. Cette mesure est le signe de la présence d'ions dans l'eau.

Plus l'eau contient d'ions (de sel dissous), plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa conductivité est grande.

La conductivité se mesure en micro-siemens par centimètre ou en milli-siemens par centimètre.

g) Le pH (potentiel hydrogène) : Mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydrogène (H^+) exprimée en mole/l.

Le pH varie en fonction de la température et se mesure à l'aide d'indicateurs colorés, ou mieux, par électrométrie (mesure fine de différences de potentiel électrostatique) à l'aide d'un pH -mètre.

h) le dosage de chlorure : Il consiste à doser les chlorures avec du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. En présence de nitrate d'argent, les ions Cl^- sont mobilisés pour former du chlorure d'argent. Lorsque tous les ions chlorures ont précipité sous forme d' AgCl , le nitrate d'argent réagit avec le chromate de potassium et un précipité rouge brique apparaît.

i) Observation organoleptique et conservation du produit fini :

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

III.3.Résultats et discussions

Durant la période de ce stage, j'ai effectué le suivi journalier des paramètres caractéristiques du moût délevuré, mais comme les résultats obtenus sont nombreux et à cause des horaires de travail limités, nous avons réalisé seulement les analyses suivants:

Le pH, la conductivité, la matière sèche, la matière en suspension, le dosage d'azote, le phosphate, la matière minérale sulfatée, le dosage de calcium, le dosage de magnésium, le dosage de chlorure.

III.3.1.Résultats:

Les tableaux n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 regroupent les résultats d'analyses journaliers relatifs aux:

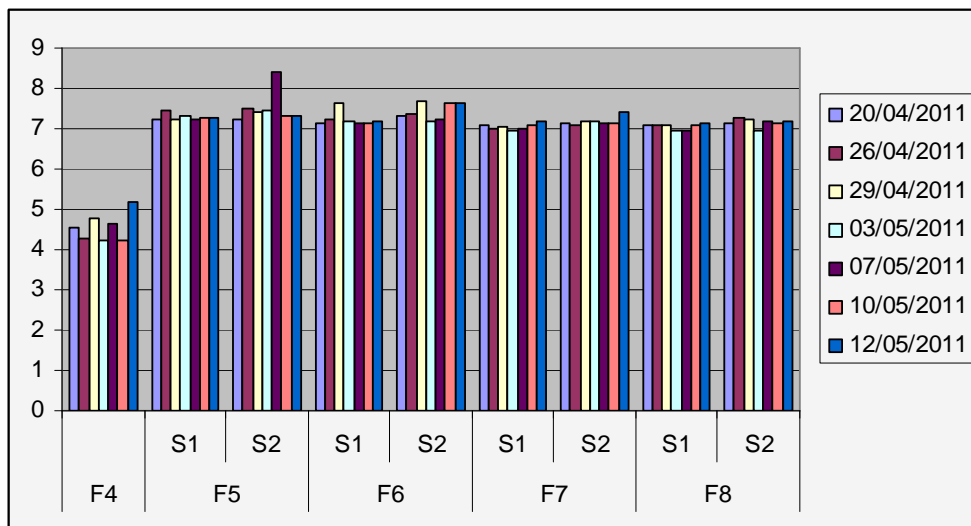
L'évolution de pH du moût délevuré, l'évolution de la conductivité, l'évolution de la matière sèche, la matière minérale sulfatée, la variation de l'azote, du phosphore, du calcium en fonction du temps.

Evolution de pH

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
20/04/2011	4,56	7,24	7,25	7,12	7,32	7,08	7,12	7,08	7,13
26/04/2011	4,26	7,46	7,5	7,21	7,36	7,01	7,11	7,09	7,28
29/04/2011	4,76	7,25	7,43	7,62	7,68	7,05	7,2	7,1	7,25
03/05/2011	4,25	7,3	7,46	7,18	7,16	6,96	7,16	6,97	6,96
07/05/2011	4,65	7,22	8,39	7,12	7,21	7,01	7,13	6,97	7,18
10/05/2011	4,23	7,26	7,31	7,15	7,65	7,09	7,12	7,09	7,15
12/05/2011	5,2	7,28	7,3	7,18	7,64	7,2	7,39	7,12	7,19

Tableau n°1: Evolution de pH

Fi: i=4,...,8: Fermenteurs et **Sj** : j=1, 2: Séparateurs

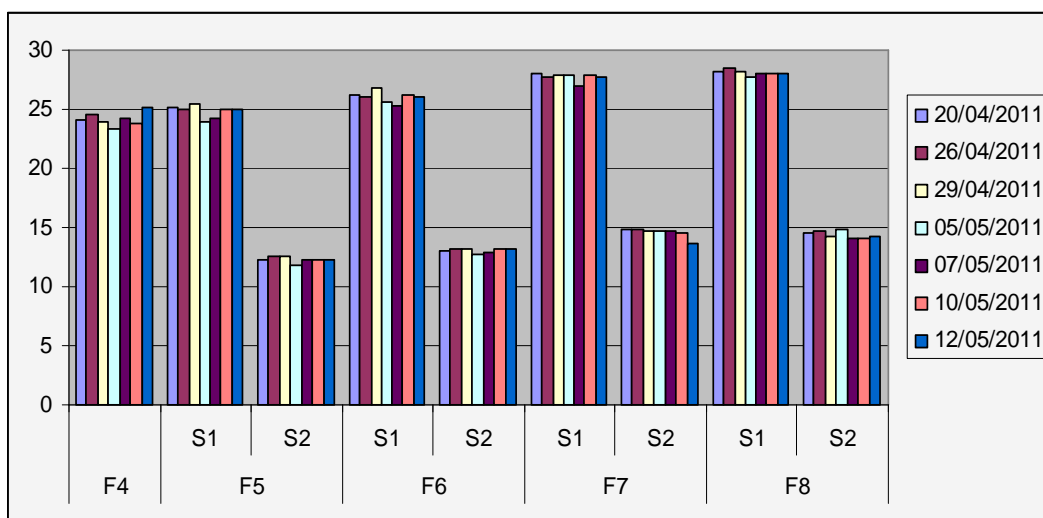


Histogramme n°1: Variation de pH

Evolution de la conductivité

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
20/04/2011	24,1	25,2	12,26	26,21	12,96	27,98	14,87	28,12	14,54
26/04/2011	24,5	25	12,62	26,1	13,24	27,67	14,91	28,5	14,64
29/04/2011	24	25,4	12,65	26,8	13,21	27,94	14,67	28,13	14,26
05/05/2011	23,3	23,9	11,88	25,6	12,68	27,92	14,65	27,8	14,85
10/05/2011	23,8	24,98	12,27	26,21	13,23	27,9	14,5	28	14,08
12/05/2011	25,2	24,97	12,23	26,1	13,12	27,8	13,57	28,1	14,2

Tableau n°2 : Evolution de la conductivité



Histogramme n° 2: Variation de la conductivité

Evolution de la matière sèche

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
26/04/2011	4,75	5,52	5,45	6,03	2,51	6,31	2,79	6,32	2,97
29/04/2011	4,72	5,57	2,47	6,12	2,57	6,2	2,78	6,51	2,98
05/05/2011	4,65	5,22	2,16	5,81	2,61	6,11	3,15	6,54	2,93
07/05/2011	7,54	5,84	2,37	5,63	2,56	6,34	2,87	6,22	2,96
09/05/2011	7,64	5,63	2,78	6,2	2,58	6,35	2,95	5,96	2,94
12/05/2011	7,5	5,45	2,13	6,31	2,6	6,31	2,91	5,98	2,9

Tableau n°3 : Evolution de la matière sèche

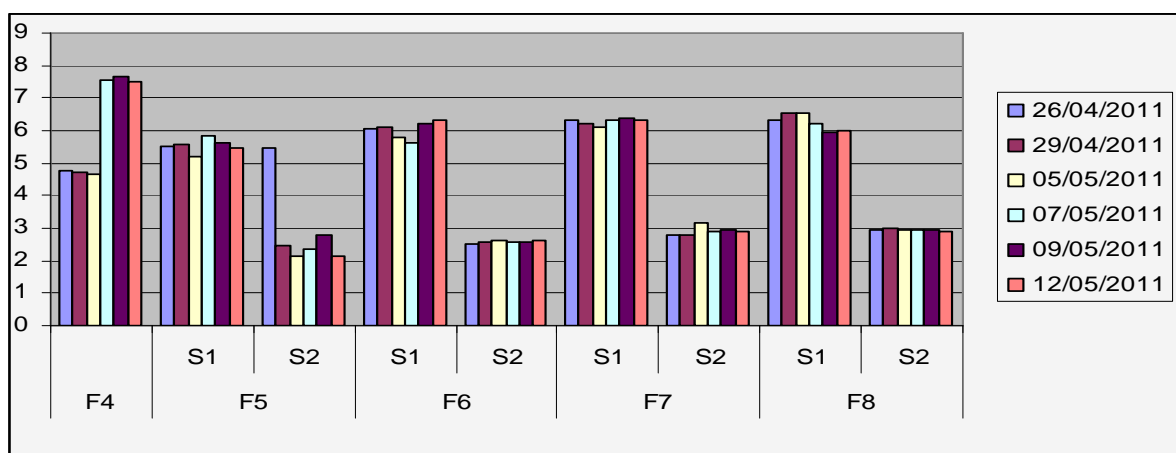
Le pourcentage massique de la matière sèche suit la règle suivante:

$$\%MS = (T_f - T_v) * 100 / PE$$

T_f: La tare finale après le séchage dans l'étuve en (g).

T_v: La tare de capsule vide en (g).

PE: la prise d'essai en (g).



Histogramme n°3 : Variation de la matière sèche

Evolution de la Matière minérale sulfatée

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
21/04/2011	2,08	2,78	1,08	2,98	1,16	3,5	1,34	3,58	1,16
27/04/2011	1,99	2,26	1,15	2,76	1,29	3,4	1,59	3,46	1,22
29/04/2011	1,97	2,64	1,18	3,06	1,39	3,7	1,56	3,2	1,36
03/05/2011	2,13	2,16	1,23	2,17	1,43	3,03	1,4	3,12	1,29
07/05/2011	2,12	2,56	1,17	2,49	1,2	3,43	1,26	3,21	1,29
09/05/2011	2,07	2,44	0,89	2,64	1,29	3,56	1,2	3,11	0,99
12/05/2011	2,15	2,54	1,16	2,63	1,16	3,06	1,3	3,17	1,5

Tableau n°4: la matière minérale sulfatée

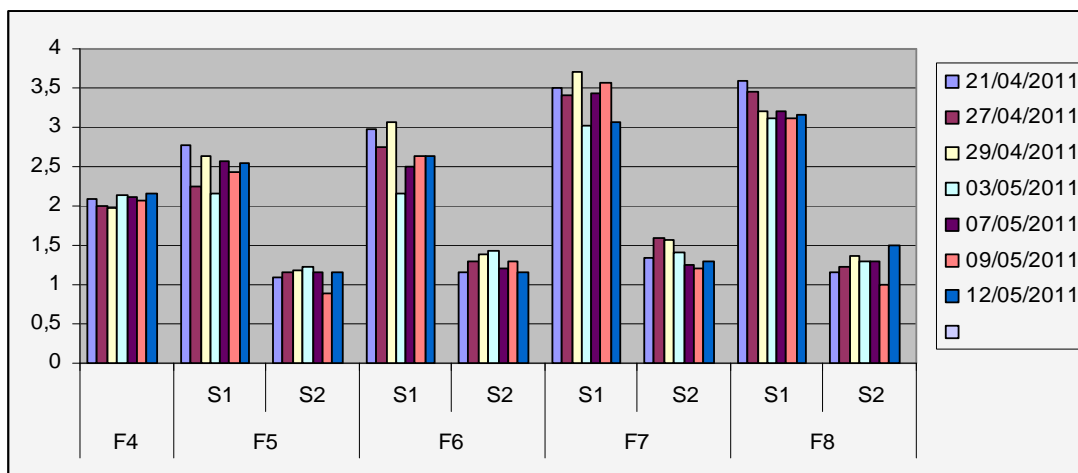
Le pourcentage de la matière minérale sulfatée est calculé par la règle suivante :

$$\%MMS = (T_f - T_v) * 100 / PE$$

T_f: La tare finale après le séchage dans l'étuve en (g).

T_v: La tare de capsule vide en (g).

PE: la prise d'essai en (g).



Histogramme n°4 : Matière minérale sulfatée

La variation de l'azote

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
21/04/2011	0,182	0,109	0,046	0,116	0,053	0,132	0,0476	0,151	0,056
26/04/2011	0,193	0,107	0,097	0,119	0,051	0,136	0,059	0,157	0,057
29/04/2011	0,233	0,138	0,042	0,193	0,053	0,146	0,062	0,151	0,06
03/05/2011	0,19	0,107	0,041	0,116	0,056	0,129	0,062	0,156	0,059
07/05/2011	0,189	0,112	0,044	0,0112	0,054	0,126	0,059	0,138	0,0504
09/05/2011	0,184	0,108	0,043	0,109	0,051	0,141	0,061	0,149	0,054
12/05/2011	0,188	0,104	0,046	0,119	0,053	0,127	0,059	0,15	0,058

Tableau n°5 : La variation de l'azote

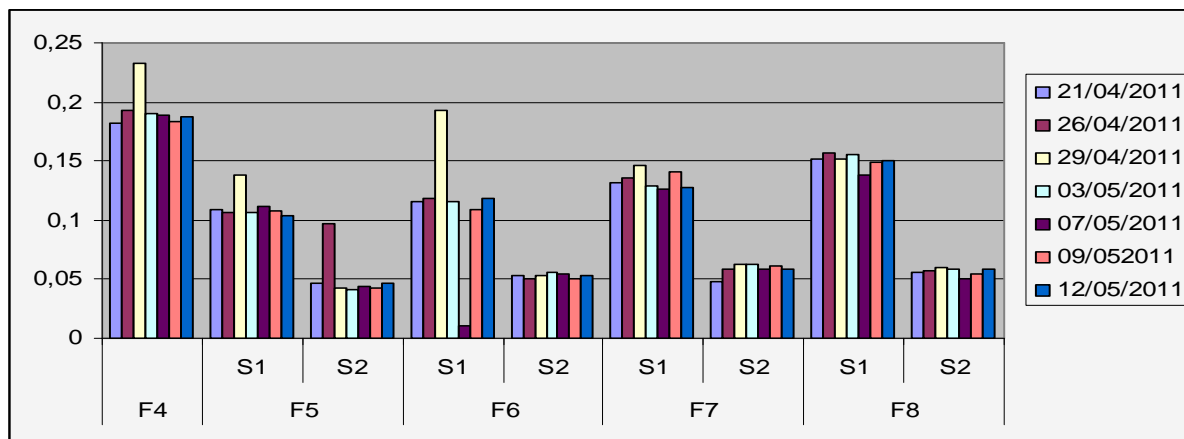
Le pourcentage d'azote suit la règle suivante :

$$\%N_2 = (V_{\text{éch}} - V_b) * 0.07 * k / PE$$

Véch : c'est le volume obtenu de l'échantillon dosé par l'acide sulfurique.

Vb : c'est le volume du blanc.

K : le facteur de dilution.



Histogramme n°5 : Variation d'azote

Variation de phosphate

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
21/04/2011	0,0123	0,0151	0,0047	0,0168	0,0068	0,01149	0,0087	0,0192	0,0066
26/04/2011	0,0136	0,0152	0,0161	0,0168	0,0069	0,0148	0,0086	0,0181	0,0096
29/04/2011	0,0121	0,0047	0,0047	0,0163	0,0075	0,0146	0,006	0,0206	0,009
03/05/2011	0,0119	0,0136	0,0048	0,0171	0,009	0,0172	0,0085	0,0206	0,007
07/05/2011	0,0132	0,0143	0,0049	0,0178	0,0068	0,0148	0,006	0,0161	0,0064
09/05/2011	0,0126	0,0157	0,0047	0,0189	0,0065	0,0146	0,005	0,0191	0,006
12/05/2011	0,0087	0,0151	0,0048	0,0184	0,0064	0,01	0,004	0,0196	0,0061

Tableau n°6 : Variation de phosphate

Le pourcentage de phosphate est obtenu par la relation suivante :

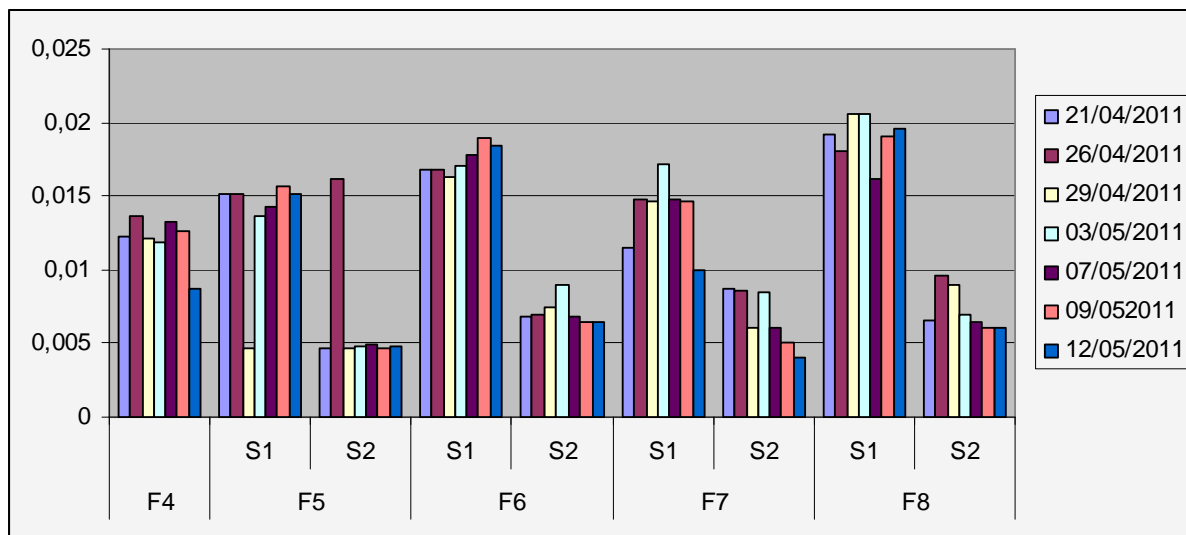
$$\%P_2O_5 = ((A_{\text{éch}} - A_b) * 0.5 * K) / PE$$

Aéch : L'absorbance de l'échantillon.

Ab : L'absorbance du blanc.

K : Le facteur de dilution.

PE : prise d'essai



Histogramme n°6 : Variation de phosphate

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
29/04/2011	0,17	0,2	0,15	0,21	0,125	0,25	0,103	0,22	0,105
03/05/2011	0,169	0,21	0,155	0,23	0,121	0,24	0,11	0,2	0,104
05/05/2011	0,15	0,1	0,15	0,25	0,1	0,21	0,12	0,225	0,15
10/05/2011	0,162	0,2	0,09	0,23	0,1	0,23	0,112	0,23	0,1
12/05/2011	0,165	0,2	0,14	0,25	0,123	0,25	0,12	0,231	0,102

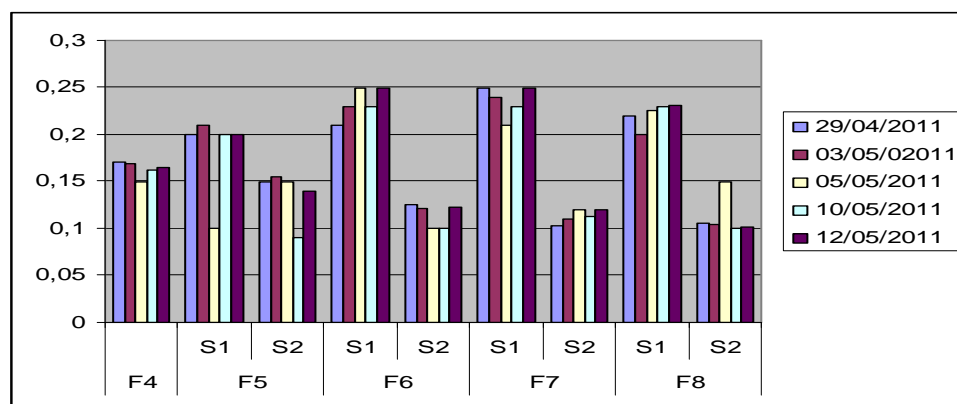
Tableau n°7 : Variation de calcium

Le taux de calcium suit la relation suivante : $\%CaO = V / (PE * 2)$

V : c'est le volume de titrage des ions Ca_2^+ par l'EDTA (N/56) en (ml).

PE : Prise d'essai

Variation de calcium



Histogramme n°7 : Variation de calcium

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
29/04/2011	0,21	0,126	0,014	0,137	0,02	0,054	0,041	0,064	0,02
03/05/2011	0,2	0,034	0,015	0,136	0,022	0,058	0,04	0,068	0,02
05/05/2011	0,02	0,036	0,009	0,08	0,019	0,054	0,042	0,04	0,03
10/05/2011	0,2	0,036	0,013	0,134	0,021	0,051	0,04	0,06	0,23
12/05/2011	0,21	0,034	0,0114	0,134	0,0211	0,054	0,043	0,061	0,2

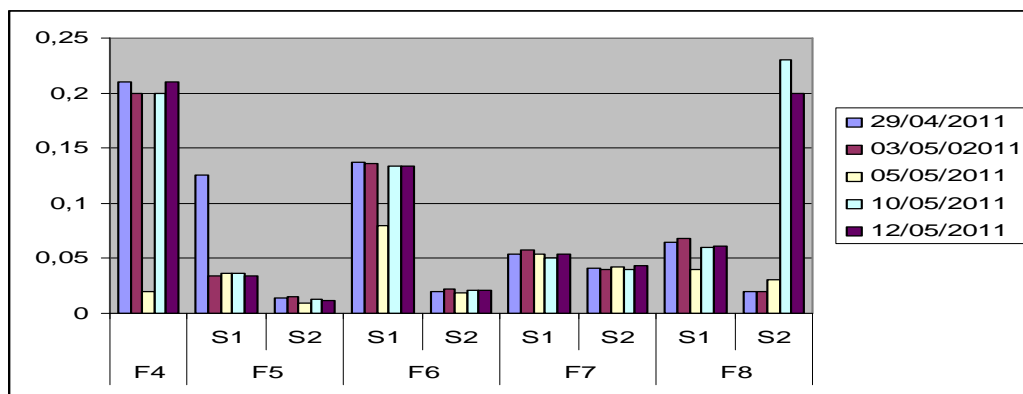
Tableau n°8 : Variation de magnésium

$$\text{MgO}\% = ((V_2 - V_1) * 0.72) / (\text{PE} * 2)$$

V_2 : c'est le volume de titrage des ions Ca_2^+ et Mg_2^+ .

V_1 : c'est le volume de titrage des ions Ca_2^+ .

PE : prise d'essai.



Histogramme n°8 : Variation de magnésium

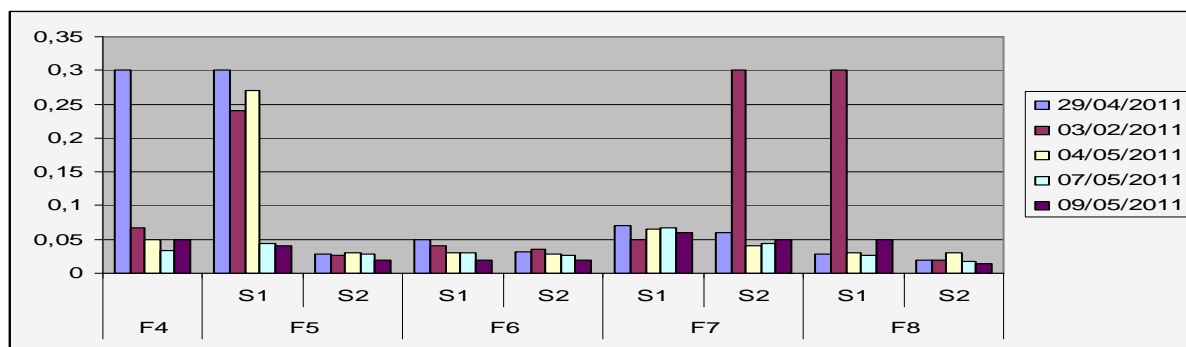
Matière en suspension

	F4	F5		F6		F7		F8	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
29/04/2011	0,3	0,3	0,029	0,05	0,031	0,07	0,06	0,029	0,02
03/02/2011	0,0667	0,24	0,026	0,04	0,036	0,05	0,3	0,3	0,02
04/05/2011	0,05	0,27	0,03	0,03	0,029	0,065	0,041	0,03	0,03
07/05/2011	0,0333	0,045	0,028	0,03	0,026	0,068	0,045	0,027	0,017
09/05/2011	0,05	0,04	0,02	0,02	0,019	0,06	0,05	0,05	0,015

Tableau n°9 : Matière en suspension

Le pourcentage de la matière en suspension est calculé par la relation suivante :

$$\%R = (T_f - T_i) * 100 / PE$$



Histogramme 9: Matière en suspension

III.3.2. Interprétations:

A partir des histogrammes représentatifs de la variation des différents paramètres physico-chimiques mesurés en fonction du temps pour le moût délevuré nous remarquons que:

- le pH de fermenteur 4 est resté maintenu entre 4 et 5 ce qui est déjà normale, car tous les éléments nutritifs sont ajoutés dès le début de la fermentation. Le milieu est acide pour que les microorganismes ne trouvent pas le milieu favorable pour se proliférer.
- Pour les autres fermenteurs le PH varie au voisinage de 7, ce qui permet de conclure l'existence d'une légère variation d'une fermentation à l'autre. Cela pourra être expliqué par la mauvaise assimilation des cellules à cause de l'élévation de la température, une forte contamination microbienne ou bien par la non existence de certains produits nutritifs dans le milieu.

D'autres interprétations pourront être ajoutées c'est que:

- la mélasse brute est variable en taux de sucres cela peut influencer sur l'assimilation des cellules.
- Le facteur de dilution est changeable d'une préparation à l'autre (un fort facteur d'influence), c'est pour cela on trouve toujours les paramètres du deuxième séparateur est inférieur du premier.

D'après les résultats trouvés, les valeurs de différents paramètres physico-chimiques calculées relatives aux deux séparateurs doivent être inférieures de premiers séparateurs puisque les deuxièmes subissent une forte dilution.

Pour garantir une multiplication des cellules de levure et une levure de haute qualité, des mesures devront être mis en place tels que:

- Un contrôle régulier du rendement afin de connaître les pertes rejetées dans les égaux et essayer de réduire les quantités des produits chimiques ajoutés lors de fermentation.
- Augmentation de débit de séparateurs pour garantir la bonne séparation des phases.
- Contrôle régulier de la qualité des séparations

Pour minimiser les pertes et réduire le coût de fabrication de levure, un recyclage des éléments contenus dans le mout délevuré est bien recommandé pour une réutilisation future.

Conclusion

Nous avons pu, au cours de ce projet, nous plonger dans le domaine de fabrication de Levure au sein d'une entreprise multinationale (Lesaffre) implanté dans la région de Fès.

Ce projet m'a également permis de m'intéresser à une filière de l'agroalimentaire qui a un apport indéniable dans l'économie nationale, d'en comprendre le fonctionnement et les spécificités de l'ensemble des composantes de procédé de fabrication de Levure.

Le stage de fin d'études était une vraie opportunité d'affronter la vie professionnelle et ces problèmes. Il m'a permis également d'acquérir de nouveaux acquis et de nouvelles approches, à savoir la capacité de s'adapter, de réagir aux différentes situations et problèmes, de prendre conscience de fonctionnement d'une entreprise dans sa globalité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A. Louiz; Production de la levure de panification par biotechnologique ; J 6 013 -1
- Rapport de stage de fin d'étude de FSTF
- Les catalogues de la société LESAFFRE MAROC
- www.lesaffre.com
- www.perrin33.com
- Forums.futura.sciences.com
- www.cirad.fr