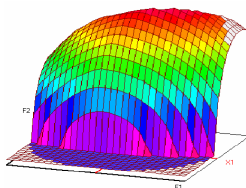


Année Universitaire : 2009-2010



**Master Sciences et Techniques CAC Agiq  
Chimiométrie et Analyse Chimique : Application à la gestion  
industrielle de la qualité**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et  
Techniques**

**VERIFICATION D'UN NOUVEAU TEST DE CONSERVATION  
ET  
COMPARAISON STATISTIQUE DES TROIS BOUDINEUSES DE PRODUCTION  
DE LA LEVURE FRAICHE**

**Présenté par:**

**MOUTEI AMINE**

**Encadré par:**

- M<sup>r</sup> A.BENNANI
- M<sup>me</sup> O.SQALLI

**LES AFFRE Maroc  
FST Fès**

**Soutenu Le 21 Juin 2010 devant le jury composé de:**

- M<sup>me</sup> O .SQALLI
- M<sup>r</sup>. A. LAHSINI
- M<sup>r</sup>. E. M. EL GHADRAOUI
- M<sup>r</sup>. A. BOULAHNA

**Stage effectué à : LES AFFRE Maroc**



# *Dédicaces*

*J'ai le grand plaisir d'offrir ce modeste travail :*

*A ceux que je respecte depuis ma naissance  
A ceux qui m'ont toujours entouré de leur clémence,  
Et leur affection excessive.  
Que Dieu les récompense et leur donne la santé et bonheur.*

*Mes très chers parents  
Mon frère ma sœur et ma petite famille  
Au nouveau membre de la famille Ziad*

*J'exprime ma grande reconnaissance  
Et mon profond attachement.*

*A mes chers amis  
A tous ceux que j'aime,  
A tous celles et ceux qui, de près ou de loin, ont collaboré à la réalisation de  
ce travail.*

# Remerciements

*A M. Damien LESAFFRE, Directeur Général de la Société SODERS « LESAFFRE MAROC »*

*A M. Youssef ALAOUI RESPONSABLE DES RESSOURCES HUMAINES,*

*Permettez moi de vous exprimer mes profondes gratitudee et mes remerciements de m'avoir accepté au sein de votre société pour effectuer mon stage.*

*A M.A.BENNANI DIRECTEUR QUALITE ET CHEF DE LABORATOIRE*

*Malgré vos énormes occupations et les grandes responsabilités que vous assumez, vous avez toujours eu le temps de m'écouter, me conseiller et de me diriger afin de mener à bien ce travail, qu'il me soit permis de vous exprimer mes sentiments respectueux.*

*A Mme O.SQALLI*

*Vous m'avez confié ce travail, et m'avez toujours éclairé avec vos précieuses remarques et suggestions, si pertinentes que soient elles, et qui m'a permis de réaliser le présent travail dans de meilleures conditions. veuillez accepter l'expression de mon profond respect et de mes reconnaissances les plus sincères*

*Aux membres de jury*

*Je tiens aussi à remercier chaleureusement les membres de jury pour le privilège qu'ils nous ont accordé en acceptant d'étudier ce document et par la suite d'apporter leurs précieux jugements, qui seront certainement, des outils efficaces et pertinents pour l'amélioration de mon projet de fin d'études.*

*Aux personnels LESAFFRE Maroc*

*Je tiens à témoigner ma gratitude et sympathie envers tout le personnel du laboratoire des analyses physico-chimiques LESAFFRE Maroc, particulièrement M.A.BOUKADDIDA et à toute l'équipe qui a contribué de près ou de loin à m'assurer les conditions meilleures pour le bon déroulement de mon stage.*

# Introduction

*Le stage dans une industrie constitue un élément primordial dans la formation de chaque étudiant, afin de mieux connaître le milieu professionnel, d'améliorer ses connaissances dans le domaine industriel et de renforcer ses acquis théoriques. J'ai eu la chance d'effectuer mon stage de fin d'étude à LESAFFRE Maroc, l'une des grandes sociétés de production de levure ce qui m'a permis de bien appliquer tout ce que j'ai appris durant ma formation en génie chimique et puis en Master CAC Agiq à la facultés de sciences et techniques de Fès.*

*L'objectif de mon stage est d'introduire un nouveau test de conservation de levure fraîche d'une part, et de chercher les causes du problème de baisse de la force au niveau de la troisième ligne de production d'autre part.*

*Ce rapport sera composé de deux parties :*

- Une première partie théorique qui décrit les analyses effectuées en contrôle de qualité ainsi que la chaîne de production de la levure tout en introduisant des généralités sur l'analyse de variance.*
- Une seconde partie qui traite l'optimisation du test à 43°C ainsi que la comparaison statistique des caractéristiques physicochimiques des trois lignes de production de la levures.*

## I. Présentation de la société :

### I.1. Historique du groupe Lesaffre :

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France[1], Louis Lesaffre et Louis Bonduelle, s'associent pour construire une fabrique d'alcool de grains et de genièvre, à Marquette-lez-Lille. 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, propriétaire à Maisons-Alfort 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. Ces derniers, à cette époque, utilisaient leurs propres levains, accompagnés parfois de levure résiduaire de brasserie. L'année suivante, Lesaffre & Bonduelle développe la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Barœul, à la place d'un ancien moulin. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle Lesaffre.

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>e</sup> siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice... Angleterre, Belgique, Suisse, Italie, 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 adoptée par la S.I. Lesaffre. Un logo qui, 100 ans plus tard, identifie ses produits dans plus de 180 pays.



Pendant la première partie du 20<sup>e</sup> siècle, Lesaffre doit faire face au nombre de difficultés, surmontées avec opiniâtreté. Crises économiques, inondations, incendies, bombardements... l'usine est reconstruite quatre fois en 35 ans ! Dans cette période tourmentée, l'entreprise a su non seulement se maintenir à flot, mais également préparer ses futurs développements.

Et après la seconde guerre mondiale, une série de progrès technologiques et d'innovations, appuyés par la construction d'un puissant réseau commercial exportateur, permettent 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.

### ***1.2. Historique de la société Lesaffre Maroc:***

Créée en 1975, la soders est depuis 1993 majoritairement détenue 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. Basée à Fès, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares qui bénéficie d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale. La Soderds fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification : les marques jaouda en levure fraîche, et Rafiaa en levure sèche, les améliorants de panification Ibis Bleu et magimix, ainsi que les arômes. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

Bénéficiant de l'expertise et du savoir-faire du groupe Lesaffre, la soders possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : Activité fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique et il a reçu 2 trophées :

- le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- le trophée international de la qualité en 1985 à Madrid.

Par ailleurs, le service qualité de la Soders assure un suivi des produits en faisant réaliser quotidiennement des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients, il valide à chaque étape de fabrication la conformité des produits à un cahier de charge très strict.

Enfin, une sensibilisation permanente des salariés de l'entreprise aux principes et règlements relatifs à l'hygiène permet de respecter des normes bactériologiques rigoureuses.

Entre 1993 et 2004, l'entreprise a investi 200 millions de dirhams dans la modernisation de ses outils de production.



En 2004, la Sodere fait l'achat de SNA : société nouvelle de l'alimentation, elle est la spécialiste des produits de pâtisserie au Maroc. Elle commercialise la levure et les améliorants ainsi que toute une gamme de produits de pâtisserie et petit matériel de haute qualité.

En 2006 il y a création de la nouvelle station de traitement de la mélasse, et aussi d'un nouveau laboratoire moderne très sophistiqué.

## **II. Levure :**

### ***II.1.Généralités :***

La dénomination "levure" découle de l'observation des fermentations et tout particulièrement. Celle qui a lieu durant la fabrication du pain : on dit communément et depuis longtemps que le pain "lève". Ce n'est pas, à proprement parler une dénomination scientifique actuelle. Mais l'importance des levures dans le domaine des fermentations conduit à conserver ce terme générique qui continue à être correctement perçu.

### ***II.2.Définition :***

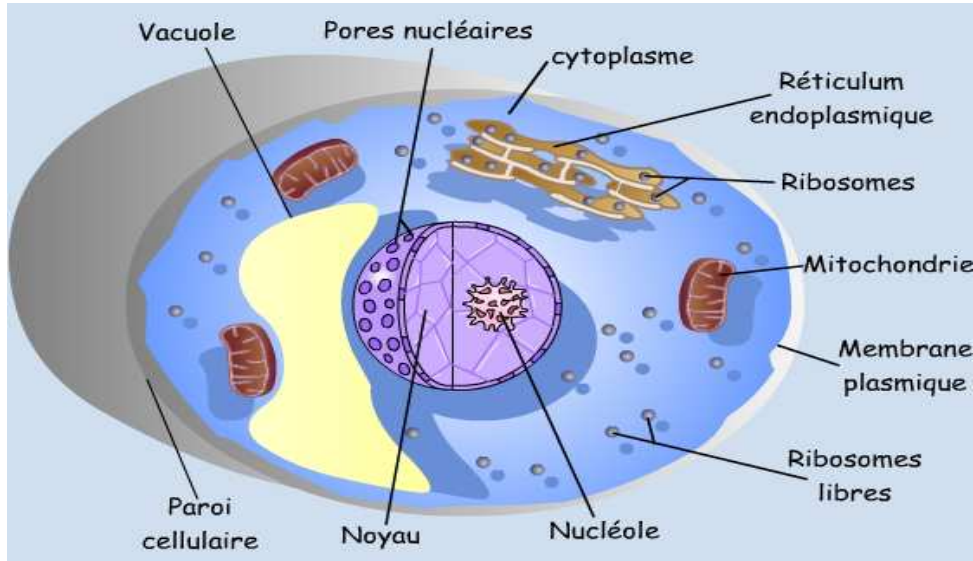
Une levure[2] est un champignon unicellulaire (certaines levures sont cependant capables d'arborer un aspect pseudo pluricellulaires) par la formation, par ex., de pseudomycélium) apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales.

Ce sont des cellules eucaryotes appartenant au groupe taxonomique appelé les mycètes, qui contiennent également les moisissures. Les levures sont employées pour la fabrication du vin, de la bière, des spiritueux, des alcools industriels, du pain et d'antibiotiques.

Ces microorganismes de forme variable selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire ou apiculée, c'est-à-dire renflée à chaque bout comme un citron) mais généralement ovales, d'environ 6 à 10 microns et jusqu'à 50 micromètres, se multiplient par bourgeonnement ou par fission (scissiparité). Ils sont souvent capables d'accomplir une sporulation soit dans un but de dormance en milieu défavorable, soit dans un but de dispersion.

La levure de panification (ou levure de boulanger à la quelle on s'intéresse dans LESAFFRE MAROC est un champignon du genre *saccharomyces cerevisie*, en latin « Saccharo » signifie doux ou sucre et « myces » désigne moisissure.





**Cellules de levure *Saccharomyces cerevisiae***

### ***II.3. Caractéristiques structurelles :***

Les levures sont des micro-organismes eucaryotes, ainsi elles possèdent les caractéristiques structurelles propres à ce type cellulaire et d'autres plus spécifiques aux levures elles-mêmes.

- ✓ Une paroi cellulaire : entourant la membrane plasmique et protégeant la levure des agressions Physico-chimiques du milieu extérieur. Elle est constituée d'une couche externe de mannoprotéines, associés à des glucanes et une couche interne de glucanes associés à une petite quantité de chitine.
- ✓ Une membrane cytoplasmique : composée principalement de phospholipides double couche (partie Hydrophile à l'extérieur et partie lipophile à l'intérieur). Elle contient aussi de nombreux complexes protéiques intrinsèques et extrinsèques dont les rôles sont variés.
- ✓ Un noyau : contenant l'information génétique du génome chromosomique de la levure.
- ✓ Mitochondries : qui jouent un rôle important dans la respiration aérobie de la levure et la production d'ATP.
- ✓ Cytoplasme : dans lequel s'effectuent les transformations biochimiques vitales.
- ✓ Vacuoles : organites à l'aspect homogène, qui servent d'espaces de stockage pour diverses substances.



- ✓ Chromosomes : les levures sont des organismes eucaryotes et possèdent un noyau avec des chromosomes linéaires. Chez les *Saccharomyces*, les chromosomes sont au nombre de 16 simples ou 16 paires selon la forme haploïde ou diploïde de la cellule.
- ✓ Enzymes : qui assurant les réactions biochimique.

Espèce de levure	Produits obtenus et applications
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	PAIN (la levure de boulangerie joue un rôle clé dans l'hydrolyse des polysaccharides et des protéines contenus dans la farine la production de CO <sub>2</sub> permet de faire < lever > la pâte a pain
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces caslsbergensis</i>	Bière
<i>Saccharomyces saké</i>	Saké
<i>Saccharomyces rouxii</i>	Miso (aliment à bas de soja)
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Fromages
<i>Candida utilis</i>	Levure alimentaire

#### **II.4. Conditions de croissances :**

- ✓ La température : La température optimale de culture des levures se situe entre 25 et 30°, d'une façon générale, les levures ne sont pas thermorésistants. La destruction cellulaire commence dès 44°C.

Les levures sont aussi sensibles à la congélation et à la lyophilisation avec une grande variabilité selon les genres et espèces, et selon la phase de croissance (les cellules en phase exponentielle résistent moins que les cellules en phase Stationnaire).

- ✓ Activité de l'eau : La plupart des souches ne peuvent se développer pour une activité d'eau inférieure à 0,90 ; mais certaines tolère des pressions osmotiques plus élevées, correspondant à une activité d'ordre de 0.60.
- ✓ L'oxygène : toutes les levures sont capables de se développer en présence d'oxygène, il n'y a pas de levure anaérobie stricte.
- ✓ PH : Les enveloppes cellulaires sont imperméables aux ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup>. Les levures tolèrent donc des gammes de pH très larges, théoriquement de 2,4 à 8,6.

## **II.5. Modes de multiplications :**

Les levures sont capables de se multiplier selon deux modes différents : le mode sexué et le mode asexué. Les ascomycètes qui se reproduisent par un processus sexué dans un asque résultant de la transformation d'une cellule après méiose.

Les basidiomycètes qui réalisent une reproduction sexuée avec formation de basidiospores sur une baside.

Les deutéromycètes regroupent l'ensemble des levures ne présentant pas de mode connu de reproduction asexué

Pour la plupart des levures la multiplication asexuée (mitotique) est la forme majeure de multiplication.

Il existe deux types de division mitotique chez les levures : par bourgeonnement (cas des Saccharomyces), ou par scission (cas des Schizo saccharomyces).

## **II.6. Fermentation :**

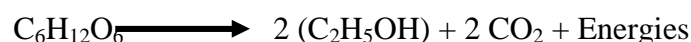
La fermentation est une réaction biochimique sous l'action des microorganismes qui consiste à libérer de l'énergie à partir d'un substrat organique sous l'action d'enzymes microbiennes et à rejeter des produits. Cette réaction ne fait pas intervenir d'oxygène, elle se déroule donc en absence d'air (anaérobiose).

Elle se distingue de la respiration qui nécessite de l'oxygène et se réalise en présence d'air (aérobiose) notamment par son faible rendement énergétique et la diversité des produits synthétisés.

Il existe plusieurs types de fermentation :

- ✓ La fermentation alcoolique : réalisée par des levures dont la levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*). Cette fermentation est à la base de la production du vin, de la bière et du pain.

le processus de fermentation qui transforme les sucres en alcool et gaz carbonique fournit aux cellules de levure l'énergie nécessaire pour vivre en absence de l'oxygène



La respiration conduit à une oxydation complète des sucres en gaz carbonique et eau. Les levures ne peuvent dégradé que les monosaccharides. Les disaccharides comme le saccharose sont d'abord transformé en monosaccharides par les enzymes hydrolytiques de la cellule.



- ✓ la fermentation acétique : transformation du vin en vinaigre. L'équation bilan de la fermentation acétique est :

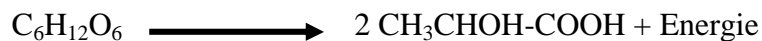


- ✓ La fermentation lactique: aussi appelé la fermentation homolactique, ou encore lactofermentation. Elle est réalisée par Streptocoques, Lactobacilles et certains Bacillus.

Cette fermentation du lait conduit à la formation des fromages et des yaourts.

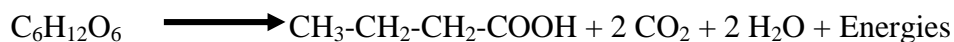
C'est aussi cette fermentation qui produit le levain.

Équation bilan de la fermentation lactique:



- ✓ La fermentation hétérolactique: réalisée par des Lactobacillus, cette fermentation conduit à la fabrication de nombreux produits à côté de l'acide lactique. Cette fermentation est mise en jeu dans la fabrication du kéfir (boisson à base de lait fermenté, légèrement alcoolisée, produite au Moyen Orient). Mais, plus souvent cette fermentation conduit à des altérations du vin, de la bière, des jus de fruits, etc.
- ✓ La fermentation butyrique: c'est le fait des Clostridium butyricum et C. perfringens. C'est la fermentation type des boîtes de conserve avariées, des ensilages de mauvaise qualité, choucroute ratée.

Équation bilan de la fermentation butyrique:



- ✓ La fermentation propionique: réalisée par les Propionibacterium, Cette fermentation est à la base de la fabrication de fromages à pâte cuite (comté, gruyères, emmenthal) auxquels l'acide propionique donne le goût caractéristique.

### **III .Les étapes de la production de levure à LESAFFRE Maroc :**

#### ***III.1.Ensemencement :***

La souche initiale est ensemencée dans des tubes contenant une gélose nutritive spécifique à la croissance des levures, cela dans des conditions aseptiques pour écarter tout risque de contamination, ensuite le contenu du tube est mis dans deux Van Lear avec un milieu nutritif (incubation  $30^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  avec agitation), puis dans deux autres ballons plus grands : Carlsberg (incubation  $30^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  avec agitation).

On prend ces derniers et on les met dans une cuve de 800 l dans des conditions stériles ce n'est qu'à ce stade qu'on utilise la mélasse comme source de carbone.

#### ***III.2.Préfermentation :***

Le contenu de la 800 l est versé dans un préfermenteur où on ajoute les éléments avec des quantités précises :

- L'eau
- La mélasse stérile
- L'acide sulfurique pour l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose présent dans la mélasse et pour obtenir un pH acide (voisinage de 4) .
- les sels (sulfate, phosphate, urée).
- les éléments de traces (oligo-éléments et vitamines).

La préfermentation doit être effectuée en aérobie avec agitation.

#### ***III.3.Fermentation :***

À la fin de la préfermentation on obtient un moût qui sera transféré vers le 4<sup>ème</sup> fermenteur avec un milieu nutritif bien spécifique, après 18 à 20 heures de fermentation, on obtient la levure mère qui va subir une séparation puis un stockage.

La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, par un ensemencement pour donner naissance à une levure commerciale.

La fermentation se fait en présence de l'oxygène pour minimiser la formation de l'alcool car celui-ci donne une couleur désagréable à la levure et réduit la période de conservation .

La 1<sup>er</sup> étape de fermentation se fait en batch (fermentation fermée) par contre la 2<sup>ème</sup> étape se fait en Fed-batch (semi-ouvert) ; normalement la fermentation en batch donne une

levure de bonne qualité, mais la présence des nutriments en grande concentration a un effet négatif sur le rendement (inhibition par substrat)

### ***III.4.Séparation :***

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

Pour éliminer ces déchets on utilise des séparateurs qui fonctionnent par centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) et un liquide léger, c'est le mout délevuré qui est rejeté vers les égouts.

### ***III.5.Stockage de la crème :***

La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à  $\text{pH} = 2$  pour éviter la contamination, et stockée à  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour ralentir le métabolisme cellulaire.

### ***III.6.Filtration :***

Consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des micro-organismes.

La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon qui piège la levure grâce à sa petite porosité, à la surface du cylindre du filtre il y a création continue et uniforme du vide nécessaire à l'aspiration de l'eau à travers la couche d'amidon.

En traversant la couche filtrante de l'extérieur vers l'intérieur ; la levure est fixées à la surface de la couche et l'eau filtrée est refoulée vers l'extérieur par une pompe d'évacuation.

La couche de levure formée est arrosée à l'aide de trois douches pour éliminé les trace de mélasse pouvant rester.

Un couteau racleur est mis en œuvre pour récupérer la crème étant étalée sur la surface du filtre.



**Filtre rotatif**

### ***III.7.Emballage :***

Le gâteau obtenu est envoyé à la boudineuse ou il est malaxé après l'ajout de l'huile de vaseline dans le but de lubrifier la pâte et lui donner un effet luisant, puis il est pressé pour obtenir un pain de levure, ce dernier est découpé en portions de 500g à l'aide d'un fil en inox connecté a une cellule photoélectrique, ces portions sont à leur tour enveloppés par du papier paraffiné, c'est l'emballage.

Une fois les paquets sont emballés ils sont mis en carton par les intérimaires et ils passent dans le détecteur de métaux et l'indicateur de poids, chaque carton qui contient des traces de métaux ou un défaut de poids sera rejeté hors la chaîne de production.

En fin de la chaîne les cartons sont disposés sur des palettes de manière à avoir un vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid avant le stockage dans la chambre froide.

La procédure générale est résumée dans le schéma suivant :

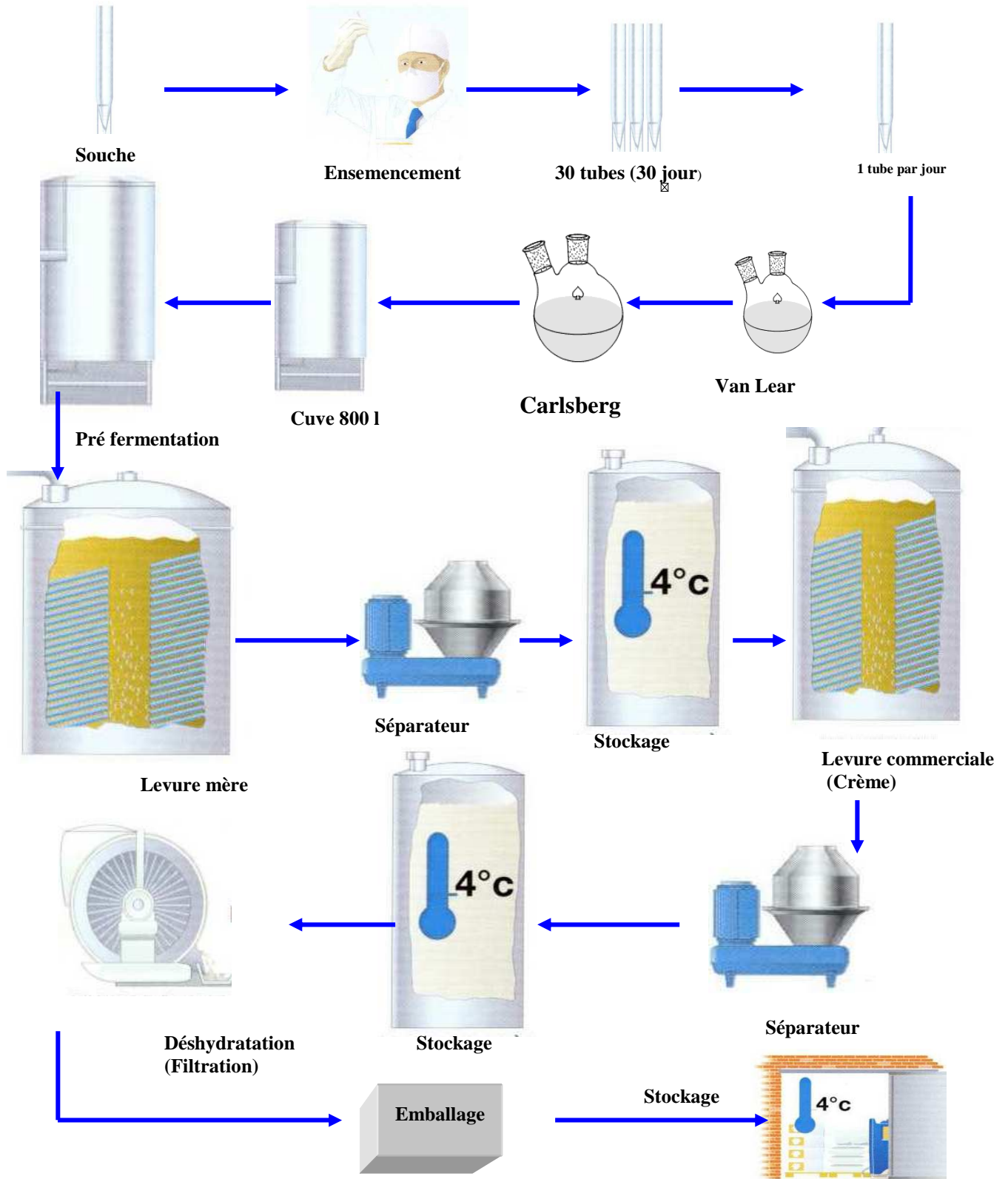


Schéma général de production de la levure fraîche



## IV. Analyses physicochimiques et biologiques

Les différents analyses effectués au laboratoire d'analyse LESAFFRE[3] Maroc permettent d'évaluer la qualité des produits semi finis et finis. La levure subit les contrôles suivants :

### *IV.1. Contrôle des paramètres organoleptiques de la levure fraîche :*

Pour ceci, on réalise les tests suivants :

- Mesure de la couleur à l'aide de l'appareil de couleur,
- Evaluation de l'odeur et l'aspect par un contrôle manuel et visuel.

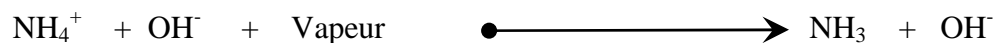
### *IV.2. Détermination de la matière sèche :*

Le taux de la matière sèche est mesuré par gravimétrie, basé sur la détermination de la perte de l'échantillon après évaporation des matières volatiles à une température appropriée. Les mesures sont effectuées à l'aide d'une balance à haute précision.

### *IV.3. Dosage de l'azote de kjeldahl :*

Le dosage de l'azote permet la détermination de la teneur en protéines dans la levure. Une opération de minéralisation est nécessaire pour que l'ensemble de l'azote organique se transforme en azote minéral sous forme ammoniacale. Cette réaction se fait par l'action de l'acide sulfurique à reflux en présence d'un catalyseur, elle s'effectue à haute température dans un digesteur pendant une heure. Cette minéralisation est suivi d'une distillation dans un appareil d'entraînement à la vapeur d'eau.

L'ammoniac obtenu est déplacé par une base forte NaOH que l'on ajoute en excès. Puis entraînée par la vapeur d'eau dans un bécher contenant une solution d'acide borique servant comme fixateur de NH<sub>3</sub>, selon la réaction suivante :



Ces deux opérations sont résumés dans le mode opératoire suivant :

- On introduit dans un matras 0.5 g de la levure fraîche ou bien 0.2 g pour la sèche, 5 ml d'acide sulfurique concentré et le catalyseur de kjeldahl.
- On porte le matras à 370°C pendant 1 heure.

- Après refroidissement du matras on l'adapte dans l'appareil de distillation,
- On programme l'appareil de bushi à 0 ml d'eau distillé, 40 ml de NaOH, 25 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>
- Après 5 min on titre le distillat par l'acide sulfurique 0.1N.

La teneur en azote est donnée par la relation suivante :

$$\%N = 7 * V(H_2SO_4) / MS * PE$$

7= Moitié de la masse molaire d'azote.

MS = Taux de la matière sèche.

PE = Prise d'essai de levure

#### ***IV.4. Dosage de phosphate :***

Le dosage de phosphate nécessite aussi une minéralisation de la matière organique, la quantité de phosphate est déterminée par une méthode colorimétrique.

##### **Mode opératoire :**

Après l'étape de la minéralisation pendant 1 heure dans le digesteur à 600°C on prend 10 ml de la solution obtenue après la dilutions et on ajoute :

- 4 ml de métol 2%.
- 4 ml d'héptamolibdate d'ammonium.
- 2 ml de bisulfite de sodium à 35%.
- On jauge jusqu'à 50 ml.

A la fin on a la formation d'un complexe bleu phosphomolibdate d'ammonium.

Après une demi heure on effectue la lecture de l'adsorbance à une longueur d'onde de 660 nm. La teneur en phosphate est donnée par la relation suivante :

$$\%P = A * K * 50 / P * MS$$

Avec

A = Adsorbance.

MS = Taux de matière sèche de la levure.

K = La pente de la courbe d'étalonnage.

P = poids de levure.

#### IV.5. Détermination de l'activité fermentative:

##### a. Principe :

L'activité fermentative ou « force » des levure est égale au volume de  $\text{CO}_2$  dégagé durant un temps donné, par une quantité bien précise de levure incorporé dans une pâte de composition connue.

##### b. Mode opératoire :

- On pèse 3,3g de levure fraîche au cœur du pain de levure, on délaye la pesé avec la solution LP ( 54g de NaCl et 8g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dans 2l d'eau distillée) et on verse la suspension dans une fiole de 100ml et on complète à 100 avec la solution LP.  
On prépare de cette façon tous les échantillons à analyser.
- On agite la première fiole, on prélève 15ml de la suspension à l'aide d'une pipette et on le met dans le premier flacon situé dans le bain marie à  $30^\circ\text{C}$  et on lance le chronomètre. C'est le temps zéro.  
On continue de pipeter toutes les minutes, au chronomètre, les autres échantillons.
- A 15 min au chronomètre, on verse la farine dans le premier flacon et on malaxe pendant 45 s avec la spatule jusqu'à la formation d'une pâte homogène et puis on la nettoie avec un morceau de papier qu'on met dans le flacon, après on met le bouchon.  
On commence le second malaxage une min après le premier et ainsi de suite.

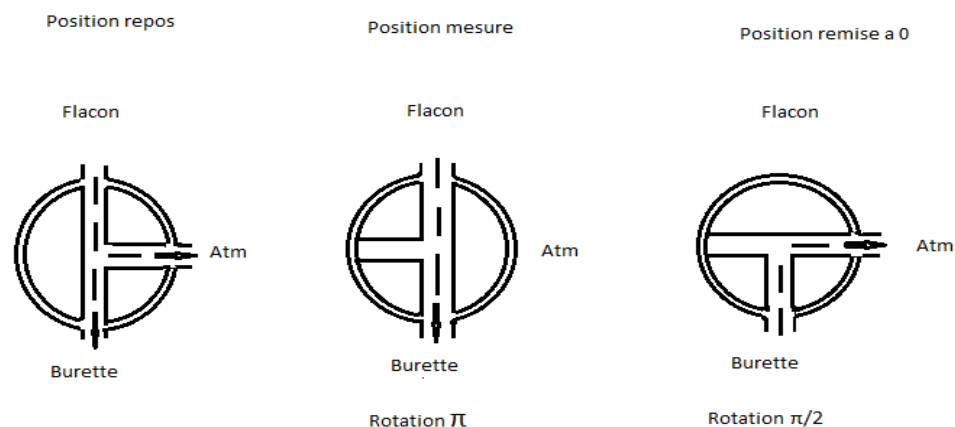


Schéma du robinet à trois voies

- A 27 min on s'assure que les bouchons sont enfoncés solidement pour assurer une meilleur étanchéité.

- A 28 min exactement on met le robinet à trois voies en position de mesure après avoir réglé le niveau du liquide manométrique à zéro : c'est la première mise à pression.  
On continue la mise à pression des échantillons tout en respectant l'ordre chronologique.
- A 1h28 on ajuste le niveau du liquide manométrique pour mesurer la volume de CO<sub>2</sub> dégagé : c'est la première lecture.  
On note le volume trouvé, on met le robinet au position de remise à zéro , après on amène le liquide manométrique à zéro et puis on remet le robinet en position de mesure .  
Cette manipulation doit prendre maximum une minute pour pouvoir passé à la mesure suivante dans le délais souhaité.
- A 2h28 on effectue la deuxième lecture de la même façon que la première et juste après la lecture on remet le robinet en position de repos.

### ***c. Résultats***

- On ramène les deux lecture à 760mmHg en se référant à une table de correction en utilisant la pression et la température mesurés au moment de lecture.
- Le dégagement gazeux est égal à la somme des deux lectures corrigées.

## ***IV.6. Test de conservation:***

### ***a. Principe :***

L'objectif des tests de conservation est d'évaluer la stabilité des levures après stockage à une température définie, pendant une période déterminée.

La stabilité est mesurée par l'évolution de l'activité fermentative et les caractères physiques : couleur, consistance et odeur.

Nous disposons de 2 tests

- Le test de 7 jours à 26°C.
- Le test de 2 jours à 35°C.

### ***b. Mise en conservation :***

On introduit le pain de levure fraîche avec son emballage dans un sachet en plastique de conservation tout en notant le numéro de lot, le mode de conservation et la date de sortie, et puis on ferme le sachet avec un élastique .

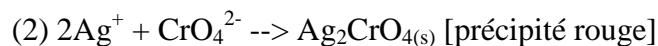
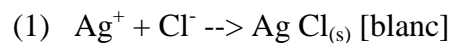
On stocke les sachets en étuve  $35^{\circ}\text{C}\pm 0,5$  pour le test de 2 jours et  $26^{\circ}\text{C}\pm 0,5$  pour le test de 7 jours.

On fait sortir les pains de levure à la fin du test et on les laisse reposer environ une heure avant l'analyse fermentomètre, pour obtenir des résultats reproductibles.

## ***IV.7. Dosage de NaCl***

### ***a. Principe***

L'analyse se base sur la méthode de MOHR consiste à précipiter l'ion  $\text{Cl}^-$  d'une solution de NaCl par formation de AgCl (les ions  $\text{Ag}^+$  sont issus d'une solution de  $\text{AgNO}_3$ ). La fin de réaction est appréciée par l'apparition du chromate d'argent (rouge orangé). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium.



### ***b. Mode opératoire***

- On pèse 30g de levure et la met dans un erlenmeyer de 250ml et puis on complète avec de l'eau distillée à 100ml.
- Après on ajoute six gouttes de chromate de potassium (solution jaune) et on titre avec le nitrate d'argent jusqu'à l'apparition de la couleur rouge.

### ***Expression des résultats***

Pour tous les échantillons analysés, la concentration de Na Cl est donné par la formule suivante :

$$[\text{NaCl}] = \frac{V(\text{AgNO}_3) \cdot 10^{-1} \cdot M}{P_e}$$

Avec :

- $V(\text{AgNO}_3)$  = volume de  $\text{AgNO}_3$  versé.
- $M$  = la masse molaire de Na Cl
- $P_e$  = prise d'essai

## **IV.8. Cellules mortes :**

### **a. Principe**

Après la mort de la cellule sa paroi devient perméable ce qui permet le bleu de méthylène de pénétrer à l'intérieur de la cellule.

Le principe de cette analyse est de déterminer le pourcentage de cellules qui ont absorbé le bleu de méthylène (cellules mortes) par rapport au nombre total de cellules.

#### Matériel

- ✓ Lame et lamelle
- ✓ Tubes à essai stérile
- ✓ Pipette pasteur stérile
- ✓ Agitateur
- ✓ Microscope optique
- ✓ Ensemenceur
- ✓ Bec benzène

#### Réactif

- ✓ Bleu de méthylène (pour colorer les cellules mortes).
- ✓ L'eau physiologique (pour garder l'équilibre osmotique de la cellule).

### **b. Mode opératoire**

- On dilue l'échantillon de levure dans des tubes contenant de l'eau physiologique de manière à avoir au microscope un champs visuel d'environ 100 cellules.
- On agite le tube et à l'aide d'un ensemenceur stérile, on dépose quelques gouttes sur la lame, puis on ajoute quelques gouttes de bleu de méthylène et on couvre avec la lamelle.
- On effectue une lecture au microscope ou on compte le nombre totale des cellules visualisées dans le champ (CT) et celui des cellules qui ont absorbé le bleu de méthylène (CM).
- On fait la lectures sur plusieurs champs pour obtenir un résultat précis.

Remarque : la préparation de la lame se fait devant le bec benzène.

### **c. Expression des résultats**

La taux de cellules mortes est donnée par la relation suivante :

$$\%CM = (\sum CM / \sum CT) * 100$$

#### ***IV.9. Dénombrement des bactéries totales :***

Les bactéries totales ou **Flore Mésophile Aérobie Totale** (FMAT) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface. Ce dénombrement se fait à 30 °C ce qui permet de dénombrer trois grands types de flore :

- la flore thermophile, température optimale de croissance à 45 °C ;
- la flore mésophile, température optimale de croissance entre 20 °C et 40 °C ;
- la flore psychrophile, température optimale de croissance à 20 °C.

Comme il s'agit d'un milieu ordinaire, la plupart des micro-organismes peuvent se développer, sauf ceux qui sont exigeants et les micro-organismes anaérobies stricts. Il est donc préférable de parler de Flore Mésophile Aérobie à 30 °C que de « flore totale ».

L'ensemencement à partir des échantillons de levure fraîche se fait dans des boîtes de pétri contenant de la **gélose nutritive** déjà stérilisé.

L'incubation se fait à 30°C pendant 72h.

##### Préparation du milieu :

Le milieu utilisé est la gélose GNG, qu'on doit laisser fondre dans un bain-marie de 100°C pendant 30min, puis laisser refroidir dans un autre bain-marie de 45°C, pour qu'elle soit prête pour l'ensemencement.

##### Ensemencement et incubation :

À partir de la prise d'échantillon bien homogénéisé, on porte aseptiquement 1ml dans la boîte de pétri marqué préalablement par le numéro de dilution, puis on verse la gélose fondue sur la boîte, on mélange bien le contenu, et on laisse refroidir, avant d'incuber à 30°C pendant 72h.

##### Lecture des résultats :

La lecture s'effectue par comptage visuel des colonies.



## V. Analyse de variance

L'analyse de variance [5] est une technique statistique qui permet de déterminer s'il existe ou non une différence significative entre plusieurs moyennes échantillonnées.

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i = \dots = \mu_k$
- $H_1 : \text{Il existe } (i,j) (1 < i < k, 1 < j < k) \text{ tel que } \mu_i \neq \mu_j$

**Sous  $H_0$**  : la dispersion des observations intragroupe est égale à la dispersion des observations inter-groupe

**Sous  $H_1$**  : la dispersion des observations intergroupe  $\gg$  dispersion des observations intragroupe

Les conditions d'application de l'analyse de la variance

1. Echantillons aléatoires et indépendants
2. Les distributions des populations normales ou approximativement normales
3. Les populations possèdent la même variance.

Dans le cas de plusieurs population nous nous intéressons à trois types d'écart:

- ✓ Observations de chaque groupe par rapport à sa moyenne respective  $X_{ij} - \bar{X}_i$
- ✓ Moyenne échantillonnée par rapport à la moyenne globale  $X_i - \bar{X}$
- ✓ Chaque observation par rapport à la moyenne globale  $X_{ij} - \bar{X}$

Donc on aura la formule suivante:  $SC_{tot} = SC_{ent} + SC_{int}$

**Variance à l'intérieur du groupe ou variance résiduelle**

$$S_{int}^2 = \frac{SC_{int}}{\text{dégrés de liberté}} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)} = \frac{SC_{int}}{n - k}$$

$S_{int}^2$  est une estimation de  $\sigma^2$  avec n-k degrés de liberté

**Variance entre les groupes ou variance factorielle**

$$SC_{ent} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

$S_{ent}^2 = \frac{SC_{ent}}{k - 1}$  est un estimateur de  $\sigma^2$  à k-1 degrés de liberté

La valeur expérimentale de Fisher est égale à :  $F_{obs} = \frac{S_{ent}^2}{S_{int}^2}$



Pour tester  $H_0$  à un seuil significatif  $\alpha$  nous comparons  $F_{\text{obs}}$  à la valeur théorique  $F_{\alpha, k-1, n-k}$

Donnée par la table F,

Si  $F_{\text{obs}} > F_{\alpha, k-1, n-k}$

On rejette l'hypothèse nulle et on conclue qu'il y a une différence entre les moyennes.

Sinon on garde l'hypothèse nulle.

## I. Introduction

Pour évaluer la stabilité des levures après commercialisation on effectue des tests de conservation à une température définie pendant une période déterminée afin de soumettre le produit fini à un certain nombre de conditions difficiles auxquelles il peut être exposé chez le distributeur.

Après ces tests de conservation, on observe la qualité de la levure et plus particulièrement les caractéristiques organoleptiques notamment :

- ✓ l'aspect (normale, molle ou liquéfiée),
- ✓ la couleur et l'odeur (normale ou anormale) ;

Et la force (inférieure ou supérieure à 100).

Selon les résultats obtenus on prend notre décision : si par exemple un lot est de mauvaise qualité, au niveau de la conservation, il ne doit pas être affecté aux villages et aux régions chaudes.

Deux modes de stockage ont été établis par le groupe LESAFFRE: une incubation de 2 jours à une température de 35°C et une incubation de 7 jours à une température de 26°C. Le seul inconvénient de ces tests est la durée de leur réalisation. Il a fallu donc introduire un autre mode de conservation équivalent qui nous donne des résultats rapides et fiables.

Des recherches au sein de la société ont montrés qu'une incubation à 43°C entre 9h45 et 10h15 pourra être équivalente aux deux incubations précédentes.

Notre objectif principal au cours de ce stage est une optimisation de la durée d'incubation à 43°C qui satisfait les conditions de qualité de la levure exigées par les clients.

## II- Test à 43°C

### *II.1.Optimisation de la durée d'incubation à 43°C*

Pour déterminer une durée optimal d'incubation de la levure fraîche à une température de 43°C on s'est proposé de réaliser différents tests à cette température sur les périodes de 9h45, 10h et 10h15. L'aspect et de l'activité fermentative de la levure obtenue dans ces conditions seront comparés à celles de la levure incubée à 35°C pendant 2 jours et à 26°C pendant 7 jours.

### II.1.1. Le test à 43°C pendant 9h45 :

Pour réaliser l'étude comparative des incubations de la levure pendant 9h45, 2 jrs et 7 jrs, on a effectué une étude statistique. Pour chaque mode de conservation, trois échantillons d'un même lot de production sont pris quotidiennement pendant 8 jours. Les valeurs de l'activité fermentative des différents échantillons, le taux de la matière sèche et les valeurs des forces standardisés à une matière sèche de 32%, sont regroupés dans le tableau 1. Les différentes mesures sont indépendantes. L'aspect de la levure après conservation est noté dans l'annexe 1.

9h45			2 jours			7jours		
Force	MS	FOR32	Force	MS	FOR32	Force	MS	FOR32
116,2	31,8	116,9	107,2	30,8	111,4	115,7	29,9	123,8
114,8	32	114,8	108	31,6	109,4	119,5	29,6	129,2
113,3	31,7	114,4	105,8	31,1	108,9	119,7	29,7	129,0
112,8	31,3	115,3	105,6	30,6	110,4	112,3	29,8	120,6
112,0	32,4	110,6	110,0	31,4	112,1	110,5	30,1	117,5
110,8	31,6	112,2	112,2	31,6	113,6	114,1	30,2	120,9
122,2	32,7	119,6	122,1	31,0	126,0	122,8	29,8	131,9
120,4	32,1	120,0	111,1	31,3	113,6	120,4	30,1	128,0
124,2	31,6	125,8	110,7	31,0	114,3	121,0	28,0	138,3
120,4	32,4	118,9	107,6	30,6	112,5	117,3	30,0	125,1
114,5	32,3	113,4	101,4	30,2	107,4	113,4	30,1	120,6
108,2	32,1	107,9	109,4	33,8	103,6	116,0	29,8	124,6
103,6	31,2	106,3	106,8	32,6	104,8	112,6	30,0	120,1
105,3	33,0	102,1	111,8	31,8	112,5	124,6	32,1	124,2
102,2	32,6	100,3	105,4	31,1	108,5	117,3	31,2	120,3
107,8	34,1	101,2	116,6	31,8	117,3	119,7	31,1	123,2
106,5	34,1	99,9	113,8	31,2	116,7	118,3	31,5	120,2
119,1	33,1	115,1	114,2	32,1	113,8	115,8	31,1	119,2
120	32,9	116,7	122,8	33,7	116,6	111,2	31,1	114,4
118,6	33,7	112,6	116,0	32,1	115,6	116,6	31,4	118,8
117	32,2	116,3	109,7	32,9	106,7	113,6	30,5	119,2
116,9	33,1	113,0	112,2	33,4	107,5	112,5	31,0	116,1
116,6	32,1	116,2	114,0	31,4	116,2	117,6	31,2	120,6

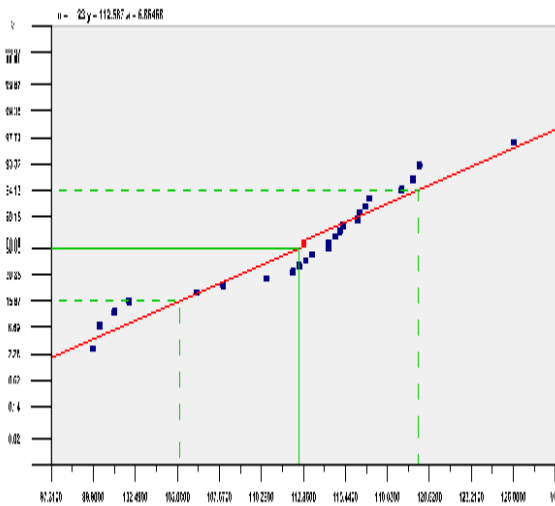
Tableau 1 : résultats des forces après conservation ( 9h45, 2 jrs et 7 jrs )

Variable à expliquer: force  
 Facteur: durée  
 Nombre d'observations: 69  
 Nombre de niveaux: 3  
 Test de Fisher

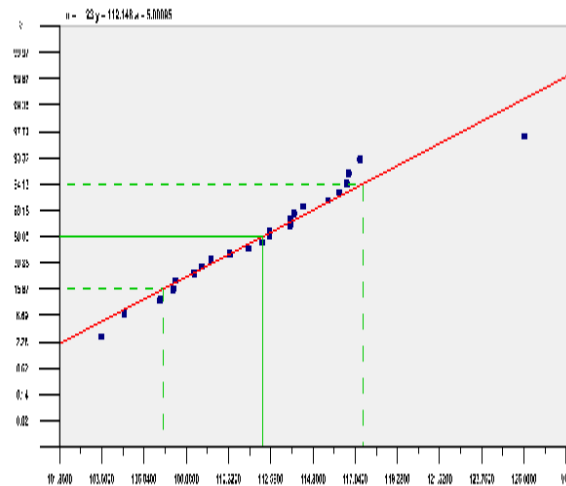
### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre les forces mesurées après les 3 modes d'incubation (9h45, 2jrs et 7jrs).

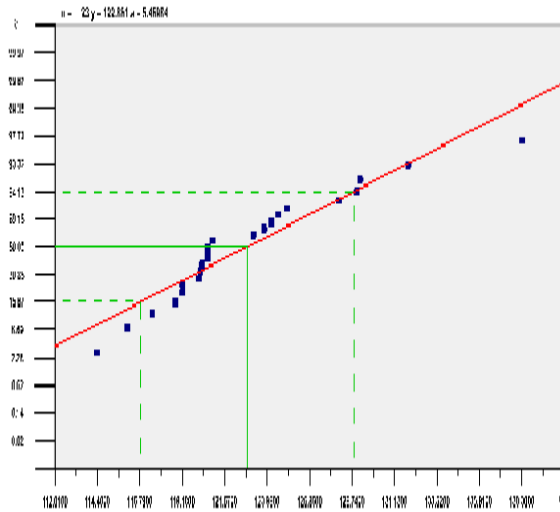
Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante à chaque test :



**Droite d'Henry des forces du test 9h45**



**Droite d'Henry des forces du test 2 jours**



**Droite d'Henry des forces du test 7 jours**

D'après les graphiques on constate que les trois distributions ne sont pas significativement différentes d'une loi normale.

### Test de Student

Le test de Student nous informe que les trois distributions ne contiennent aucun point aberrant.

### Test de Cochran

Les résultats sont traités par le logiciel STATGRAPHICS.

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,459652	0,57872	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Cette procédure permet de tester si les moyennes des forces des durées (9h45, 2 jrs et 7 jrs ) de conservation sont significativement différentes.

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	$F_{exp}$	$F_{th}$	Proba.
Inter-groupes	1690,62	2	845,309	25,12	3.138	0,0000
Intra-groupes	2220,78	66	33,6482			

Tableau d'analyse de variance des forces après conservation ( 9h45, 2 jrs et 7 jrs )

La variabilité interne (intra-groupes) qui représente la variabilité expliquée par la différences entre les lots et la variabilité externe (inter-groupes) qui représente la variabilité expliquée par la différence entre les modes de conservation permettent de déduire  $F_{exp}$ .

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il ya une différence statistiquement significative des moyennes de force entre les différents modes de conservation au niveau de confiance de 95,0%.

### **Test des étendus multiples :**

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va utiliser le Test des étendus multiples. Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

Duré	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
2jrs	23	112,148	X
9h45	23	112,587	X
7jrs	23	122,861	X

### **Interprétation :**

- ✓ les moyennes de force des tests de 9h45 et 2 jours sont statistiquement équivalentes et différentes du mode 7 jours.
- ✓ L'augmentation de température d'incubation affaiblie la levure ce qui diminue son pouvoir fermentatif.

Des observations de l'aspect de la levure après conservation pour chaque échantillon étudié précédemment sont regroupés dans le tableau 2

9h45	N	N	N	N	N	N	N	N
2 jours	LM	LM	LM	N	N	N	N	N
7 jours	LM	LM	LM	N	N	N	N	N

N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	LM
N	N	N	N	N	N	N	N	LM

N	N	N	N	N	N
LM	LM	N	N	N	N
LM	LM	N	N	N	N

Tableau 2 : Aspect de levure après conservation (9h45, 2jrs et 7jrs)

### Interprétation :

L'analyse des différents aspects montre que la mollesse obtenue en 2 jrs et en 7jrs n'est pas obtenue en 9h45.

### Conclusion du test de conservation pendant 9h45 :

Du fait que l'étude de l'analyse des variances à monter que :

\* Les moyennes de force des tests de 9h45 et 2 jours sont statistiquement ce qui n'est pas concordant avec l'augmentation de la température d'incubation.

\* La mollesse obtenue en 2 jrs et en 7jrs n'est pas obtenue en 9h45.

→ On peut dire que ce mode de conservation n'est pas équivalent aux modes : 2 jours et 7 jours (la durée d'incubation est insuffisante).

### II.1.2. Le test à 43°C pendant 10h00 :

La comparaison des incubations de la levure pendant 10h00, 2 jrs et 7 jrs, se fait par une étude statistique. Pour chaque mode de conservation, pendant 9 jours, trois échantillons d'un même lot de production sont pris de manière quotidienne. Les forces des différents échantillons sont regroupés dans le tableau 3. L'aspect de la levure après conservation est écrit dans l'annexe 2.

10h00			2 jours			7jours		
Force	MS	FOR32	Force	MS	FOR32	Force	MS	FOR32
116,9	32,2	116,2	115,4	31,2	118,4	119,2	29,7	128,4
118,1	32,6	115,9	112,0	30,2	118,7	118,9	29,1	130,7
113,6	32,7	111,2	111,5	30,9	115,5	115,4	29,7	124,3
113,4	32,8	110,6	115,1	31,6	116,6	118,7	30,7	123,7



109,4	31,3	111,8	113,1	30,8	117,5	114,6	30,4	120,6
104,1	33,3	100,0	106,1	31,1	109,2	112,4	30,7	117,2
108,1	30,4	113,8	106,1	31,5	107,8	121,8	30,7	127,0
112,8	32,5	111,1	114,8	31,8	115,5	121,1	30,0	129,2
101,9	32,2	101,3	112,4	31,5	114,2	118,2	30,6	123,6
106,4	32,2	105,7	106,2	30,7	110,7	117,9	29,8	126,6
105,7	32,3	104,7	110,1	31,0	113,7	118,6	30,5	124,4
104,1	32,9	101,3	109,4	31,2	112,2	113,6	30,0	121,2
104,5	32,0	104,5	105,8	31,0	109,2	117,5	29,9	125,8
100,1	31,8	100,7	109,0	30,8	113,2	119,5	29,6	129,2
99,1	32,2	98,5	103,4	31,2	106,1	115,1	30,1	122,4
108,7	32,2	108,0	112,5	31,0	116,1	112,3	29,7	121,0
108,1	32,2	107,4	114,5	31,2	117,4	110,5	29,7	119,1
104,6	32,3	103,6	107,3	31,1	110,4	109,1	30,1	116,0
111,3	32,8	108,6	111,9	30,7	116,6	120,4	30,0	128,4
110,4	32,4	109,0	109,9	30,5	115,3	121,5	29,9	130,0
96,6	31,4	98,4	101,9	30,2	108,0	116,1	30,1	123,4
112,6	32,1	112,2	109,9	30,5	115,3	112,4	30,2	119,1
114,2	32,8	111,4	107,5	30,2	113,9	111,9	29,9	119,8
109,7	31,8	110,4	107,8	30,7	112,4	106,2	30,0	113,3
112,1	32,0	112,1	117,2	32,3	116,1	121,8	30,3	128,6
112,6	31,8	113,3	116,3	31,9	116,7	118,6	29,8	127,4
109,8	32,2	109,1	111,4	32,2	110,7	114,0	29,9	122,0

Tableau 3: résultats des forces après conservation ( 10h00, 2 jrs et 7 jrs )

Variable à expliquer: force

Facteur: durée

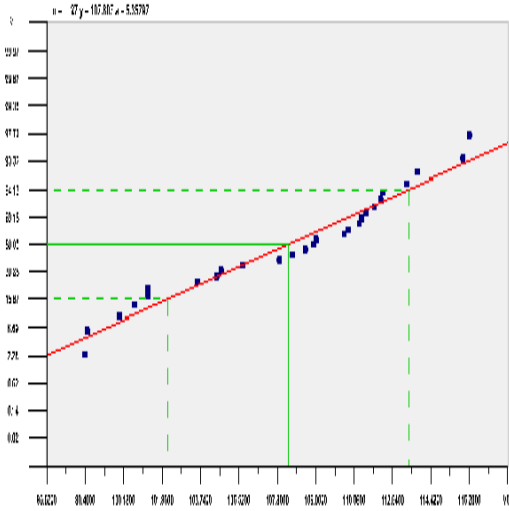
Nombre d'observations: 81

Nombre de niveaux: 3

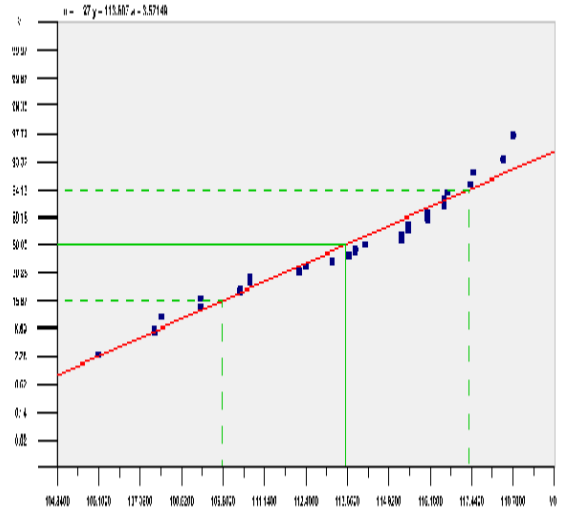
### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre les forces mesurées après les 3 modes d'incubation (10h, 2jrs et 7jrs).

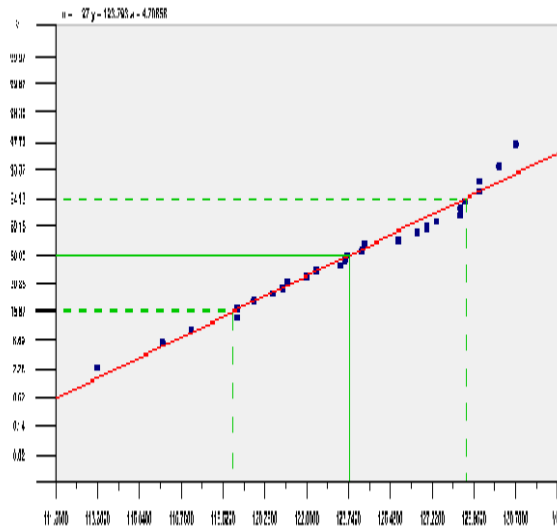
Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante à chaque test :



**Droite d'Henry des forces du test 10h00**



**Droite d'Henry des forces du test 2 jours**



**Droite d'Henry des forces du test 7 jours**

D'après les graphiques on constate que les trois distributions ne sont pas significativement différentes d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que les trois distributions ne contiennent aucun point aberrant.

**Test de Cochran :**

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,453054	0,5606	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Cette procédure permet de tester si les moyennes des forces des durées (9h45, 2 jrs et 7 jrs ) de conservation sont significativement différentes.

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F <sub>exp</sub>	F <sub>th</sub>	Proba.
Inter-groupes	3536,14	2	1768,07	86,37	3,114	0,0000
Intra-groupes	1596,72	78	20,4707			

Tableau d'analyse de variance des forces après conservation ( 10h00, 2 jrs et 7 jrs )

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il ya une différence statistiquement significative des moyennes de force entre les différents modes de conservation au niveau de confiance de 95,0%.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va utiliser le Test des étendus multiples. . Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

#### **Test des étendus multiples :**

Durée	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
10h00	27	107,807	X
2jrs	27	113,607	X
7jrs	27	123,793	X

#### **Interprétation :**

- ✓ Les moyennes de force des tests de 10h, 2 jours et 7 jours sont statistiquement différentes.
- ✓ Le test de 10h00 donne un résultat significativement inférieur au test 2jrs ce qui est concordant avec l'augmentation de la température d'incubation.
- ✓ Les observations de l'aspect de la levure après conservation pour chaque échantillon étudié précédemment regroupés dans l'annexe 2 nous ont permis de dire que Le test de 10h00 valide le facteur aspect de levure : la mollesse obtenue en 2 jrs et en 7jrs est également obtenue en 10h.

#### **Conclusion du test de conservation pendant 10h00 :**

Du fait que l'étude de l'analyse des variances appuie la concordance avec l'augmentation de la température d'incubation, et que la mollesse obtenue en 2 jrs et en 7jrs est encore obtenue en 10h00.

→ On peut dire que le mode de conservation de 10h00 est équivalent aux modes 2 jours et 7 jours.

### II.1.3. Le test à 43°C pendant 10h15 :

Une étude statistique est menée à fin de comparer les incubations de la levure pendant 10h15, 2 jrs et 7 jrs. Pour chaque mode de conservation, durant 10 jours, trois échantillons d'un même lot de production sont pris de manière journalière. Les forces des différents échantillons sont rassemblés dans le tableau 4. L'aspect de la levure après conservation est noté dans l'annexe 3.

10h15			2 jours			7jours		
Force	MS	Force 32	Force	MS	force 32	Force	MS	Force 32
78,1	33,1	75,5	107,2	31,0	110,7	119,7	30,1	127,3
79,0	32,8	77,1	105,4	30,8	109,5	120,9	30,9	125,2
77,3	32,6	75,9	109,0	31,0	112,5	117	30,5	122,8
86,2	31,8	86,7	112,4	31,2	115,3	115,2	31,4	117,4
81,9	30,9	84,8	109,8	30,8	114,1	112,9	29,8	121,2
81,5	31,3	83,3	111,5	31,0	115,1	115,9	31,3	118,5
82,5	31,8	83,0	112,5	31,2	115,4	113,9	31,1	117,2
79,3	32,2	78,8	113,9	30,9	118,0	119	31,8	119,7
87,3	32,0	87,3	115,0	31,0	118,7	116,8	31,7	117,9
82,5	32,4	81,5	111,6	32,0	111,6	124,6	32,0	124,6
85,8	32,1	85,5	111,4	31,9	111,7	118,5	31,8	119,2
83,8	32,3	83,0	112,0	32,2	111,3	127,7	32,2	126,9
83,8	31,6	84,9	110,3	32,2	109,6	120,2	32,4	118,7
78,5	31,3	80,3	111,1	32,4	109,7	121,1	32,7	118,5
79,3	32,2	78,8	110,7	32,2	110,0	122,3	32,2	121,5
84,7	31,7	85,5	107,6	30,1	114,4	114,2	31,7	115,3
80,1	31,3	81,9	108,4	30,9	112,3	117,1	31,4	119,3
80,1	31,7	80,9	109,0	30,5	114,4	120	31,2	123,1
72,5	31,9	72,7	106,8	31,4	108,8	124,4	31,2	127,6
77,9	32,2	77,4	109,0	29,8	117,0	122	30,8	126,8
74,7	32,5	73,6	105,4	31,3	107,8	117,1	31,0	120,9
82,6	31,6	83,6	116,6	31,1	120,0	120,6	31,2	123,7
82,6	31,9	82,9	113,8	31,0	117,5	121,2	30,9	125,5
79,4	31,9	79,6	114,2	31,7	115,3	123	31,0	127,0
76,7	31,7	77,4	110,5	32,0	110,5	125,4	32,0	125,4
75,5	32,5	74,3	110,0	31,8	110,7	123,9	31,9	124,3
72,8	32,0	72,8	109,7	32,2	109,0	126,3	32,2	125,5
81,1	32,6	79,6	109,5	31,4	111,6	121,9	32,2	121,1
84,6	32,8	82,5	110,6	31,7	111,6	121,2	32,4	119,7

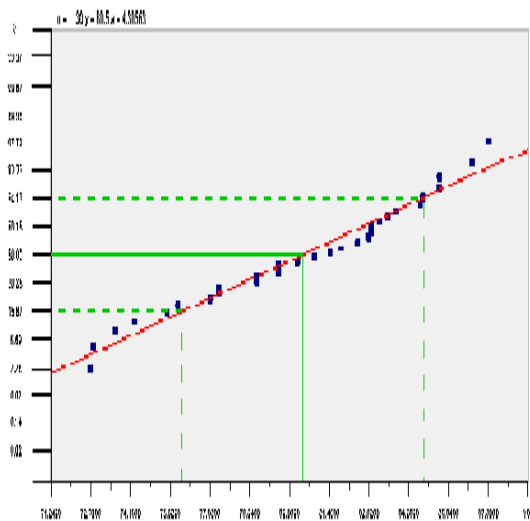
Tableau 4: résultats des forces après conservation ( 10h15, 2 jrs et 7 jrs )

Variable à expliquer: force  
 Facteur: durée  
 Nombre d'observations: 90  
 Nombre de niveaux: 3

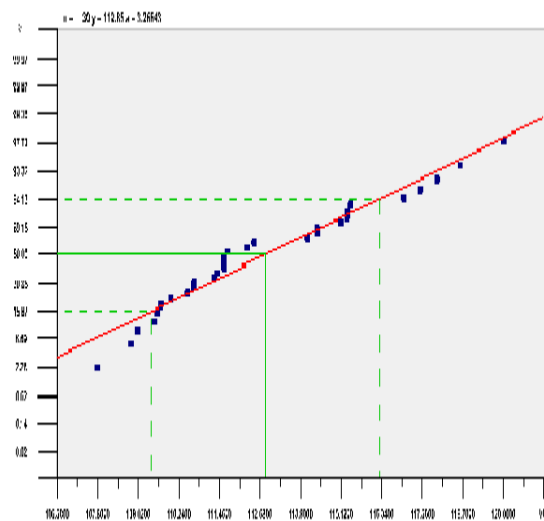
**Test de normalité :**

L'étude est basée sur la comparaison entre les forces mesurées après les 3 modes d'incubation (10h15, 2jrs et 7jrs).

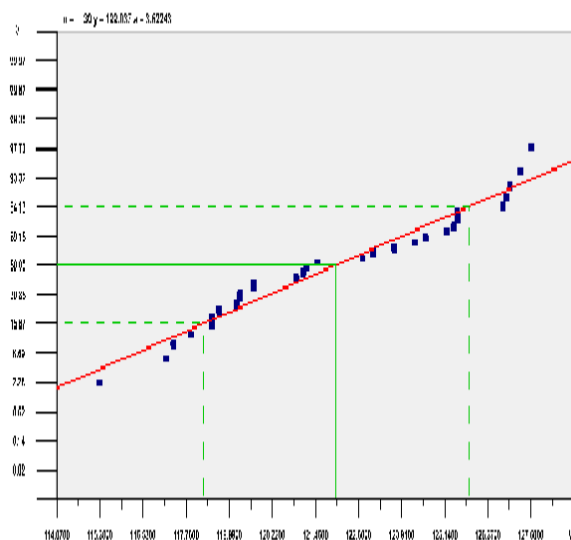
Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante à chaque test :



**Droite d'Henry des forces du test 10h15**



**Droite d'Henry des forces du test 2 jours**



**Droite d'Henry des forces du test 7 jours**

D'après les graphiques on constate que les trois distributions ne sont pas significativement différentes d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que les trois distributions ne contiennent aucun point aberrant.

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,434075	0,54701	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Cette procédure permet de tester si les moyennes des forces des durées (9h45, 2 jrs et 7 jrs ) de conservation sont significativement différentes.

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	28562,1	2	14281,1	1042,20	3,10	0,0000
Intra-groupes	1192,14	87	13,7028			

Tableau d'analyse de variance des forces après conservation ( 10h15, 2 jrs et 7 jrs )

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$  , il ya une différence statistiquement significative des moyennes de force entre les différents modes de conservation au niveau de confiance de 95,0%.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec les Tests des étendues multiples. . Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

### **Test des étendus multiples :**

Durée	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
10h15	30	80,5	X
2jrs	30	112,85	X
7jrs	30	122,037	X

### **Interprétation :**

- ✓ Les moyennes de force des tests de 10h15, 2jrs et 7jrs sont statistiquement différentes.
- ✓ La force de 10h15 est inférieure à 100 malgré que les conservations 2 jrs et 7 jrs correspondantes ne le sont pas.
- ✓ Les observations de l'aspect de la levure après conservation pour chaque échantillon étudié précédemment regroupés dans l'annexe 3 nous ont permis de dire que le test de 10h15 ne valide pas le facteur aspect de levure : la mollesse obtenue en 10h15 n'est également obtenue en 2jrs et 7jrs.

### Conclusion du test de conservation pendant 10h15 :

Du fait que l'étude de l'analyse des variances montre que la moyennes du test de 10h15 s'écarte largement des deux autres moyennes, et que la mollesse obtenue en 10h15 est encore obtenue en 2 jrs et en 7jrs.

→ On peut dire que le mode de conservation de 10h15 n'est pas équivalent aux modes 2 jours et 7jours

(La durée d'incubation est excessive).

### CONCLUSION

Les trois tests effectués nous ont permis de garder 10h00 comme durée optimale du mode de conservation à 43°C et de rejeter les autres durées (9h45 et 10h15).

Ce test, en cas de son application, sera une grande valeur ajoutée au laboratoire Lessafre Maroc.

### II.2. Aspect microbiologique à partir du test de 10 h à 43°C

Pour tester le mode de conservation à 43°C on s'est proposé de réaliser différents tests. Le taux de cellules mortes et la croissance bactérienne de la levure obtenue après conservation à 43°C seront comparés à celles de la levure incubée à 35°C pendant 2 jours et à 26°C pendant 7 jours.

#### II.2.1. Taux de cellules mortes

Pour connaître l'effet de chaque mode de conservation sur les cellules de la levure on a compté le taux de cellules mortes pour chacun d'entre eux (10h00 à 43°C, 2 jours à 35°C et 7 jours à 26°C)

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 5 suivant :

10H		2 jours		7 jours	
CM	BT	CM	BT	CM	BT
9,6	1,10E+03	5,9	4,60E+04	3,1	8,52E+07
8,7	1,40E+03	5,7	5,44E+04	2,9	7,04E+07
10,3	1,20E+03	6,8	5,16E+04	3,6	6,81E+07
8,4	1,60E+03	5,8	3,00E+04	4,1	6,94E+07
8,6	9,00E+02	5,9	2,80E+04	4	6,78E+07
9,0	1,10E+03	6,7	3,20E+04	4,3	6,83E+07
9,8	2,40E+03	3,9	3,77E+04	3,1	7,32E+07
9,6	1,80E+03	4,2	3,42E+04	3,2	6,59E+07
10,8	2,00E+03	5,2	4,64E+04	4,2	7,17E+07
8,8	1,20E+03	5,3	3,13E+04	3,6	6,81E+07

8,1	1,20E+03	5	3,45E+04	3,1	6,19E+07
8,3	1,40E+03	6,3	3,94E+04	4,2	6,53E+07
7,6	1,50E+03	5,1	2,08E+04	2,4	4,24E+07
7,3	1,00E+03	5,2	2,22E+04	2,6	5,68E+07
7,8	9,00E+02	5,9	2,40E+04	3	6,53E+07
8,7	2,30E+03	5,2	4,31E+04	3,6	7,70E+07
8,4	2,10E+03	5	4,05E+04	3,8	9,20E+07
9,3	1,90E+03	5,8	4,12E+04	4,1	8,80E+07
8,3	3,00E+03	5,3	4,92E+04	3,5	6,80E+07
8,1	2,90E+03	5,1	5,14E+04	3,6	7,00E+07
9,4	3,10E+03	5,7	5,06E+04	3,9	9,10E+07
7,8	1,60E+03	4,8	5,60E+04	3,5	8,20E+07
7,2	1,30E+03	5,1	6,00E+04	4	7,90E+07
8,3	1,50E+03	5,6	5,28E+04	4,5	7,10E+07
8,1	2,10E+03	5,5	4,71E+04	4	6,88E+07
8,3	1,80E+03	5,3	4,60E+04	4,1	8,67E+07
8,9	2,00E+03	6,3	4,95E+04	4,3	9,00E+07
8,3	1,10E+03	5,5	3,70E+04	3,2	8,80E+07
8,1	9,00E+02	5,3	3,50E+04	3,6	7,95E+07
8,6	1,30E+03	6,4	3,60E+04	4,4	6,96E+07

Tableau 5: résultats de cellules mortes et de bactéries totales après conservation ( 10h, 2 jrs et 7 jrs )

Variable à expliquer: Taux CM

Facteur: durée

Nombre d'observations: 90

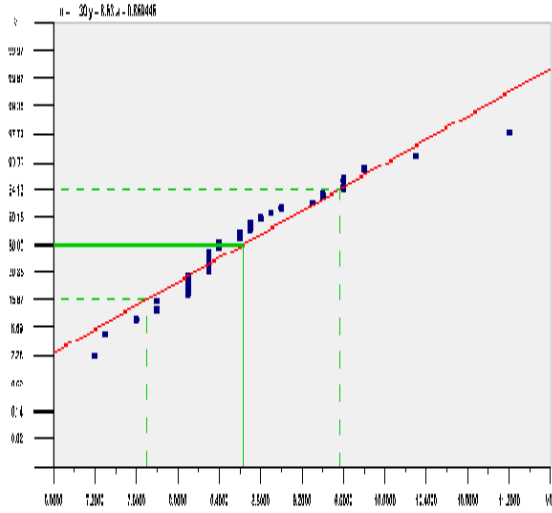
Nombre de niveaux: 3

### Test de normalité :

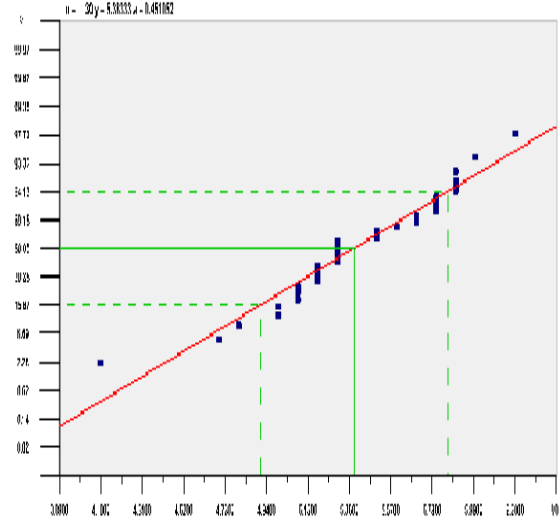
L'étude est basée sur la comparaison entre les taux de cellules mortes mesurés après les trois modes d'incubation.

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante à chaque test :

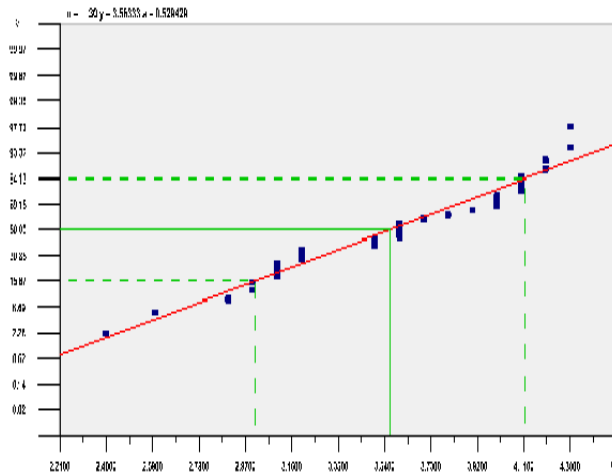




**Droite d'henry des cellules mortes du test 43°C**



**Droite d'henry des cellules mortes du test 2 jours**



**Droite d'henry des cellules mortes du test 7 jours**

D'après les graphiques on constate que les trois distributions ne sont pas significativement différente d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que les trois distributions ne contiennent aucun point aberrant.

**Test de Cochran :**

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,542779	0,54701	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F <sub>exp</sub>	F <sub>th</sub>	Proba
Inter-groupes	392,657	2	196,328	462,12	3,10	0,0000
Intra-groupes	36,961	87	0,424839			

Tableau d'analyse de variance de cellules mortes et de bactéries totales après conservation ( 10h, 2 jrs et 7 jrs )

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il ya une différence statistiquement significative des moyennes de taux de cellules mortes entre les différents modes de conservation au niveau de confiance de 95,0%.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec les Tests des étendus multiples. . Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

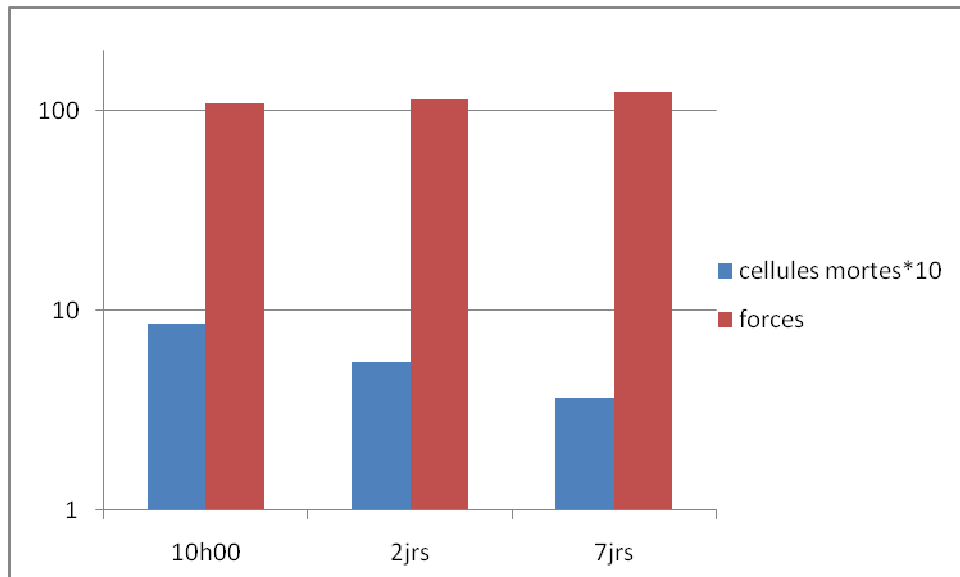
#### **Test des étendus multiples :**

durée	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
7jrs	30	3,65	X
2jrs	30	5,49333	X
10h00	30	8,61667	X

#### **Interprétation :**

Du fait que l'analyse de variance a montré que les taux de cellules mortes des modes de conservation sont statistiquement différents (cette différence explique la différence trouvée au niveau des forces des trois modes de conservation parce que une fois le nombre de cellules mortes augmente la force diminue)

→ On peut dire donc que la force et le taux de cellules mortes sont inversement proportionnels, et ceci est bien illustré dans le graphique suivant :

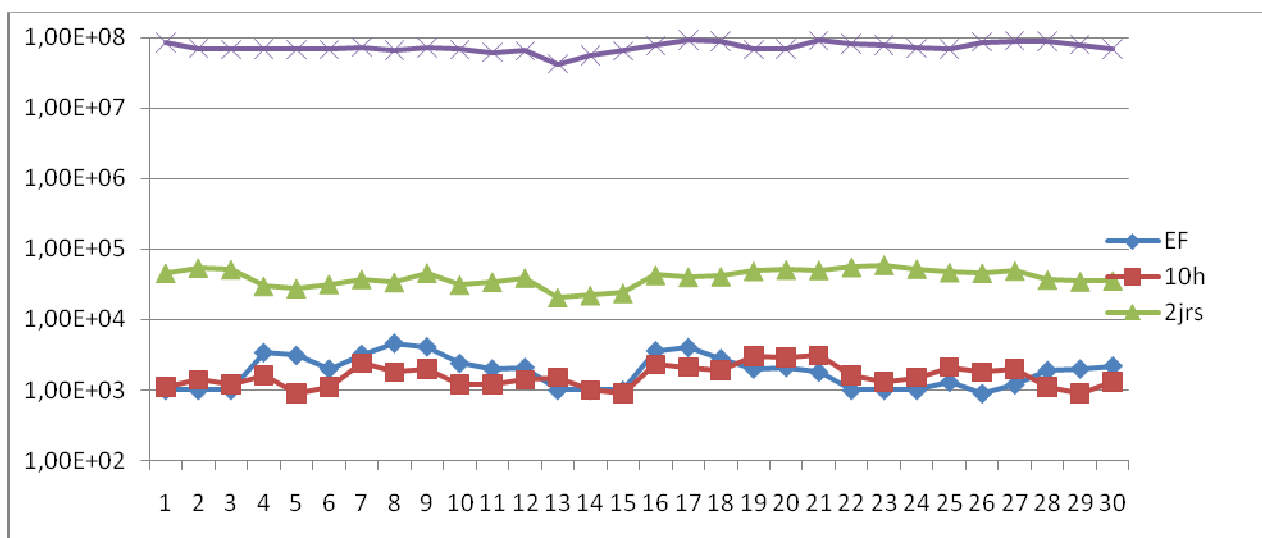


**Figure 4 : Evolution de la force et du taux de cellules mortes en fonction du mode de conservation**

### II.2.2 Croissance des bactéries totales :

Pour évaluer la capacité du test de 10h00 au niveau microbiologique on a effectué une étude comparative des résultats des bactéries totales avec ceux obtenus pour l'état frais, le test de 2 jours et le test de 7 jours.

Les résultats obtenus sont illustré dans le graphique suivant :



**Figure 5 : Evolution de la force et des bactéries totales en état frais et après conservation**

### Interprétation :

- ✓ Les résultats obtenus pour l'état frais et le mode de conservation 10h00 sont pratiquement confondu (l'ordre de 10<sup>3</sup>).

- ✓ Les bactéries totales n'ont pas subies une croissance cellulaire à cause de la courte période de réalisation du test 10h (pas suffisantes pour atteindre la phase de croissance exponentielle).
- ✓ La température d'incubation n'est pas favorable ce qui explique les cas de diminution des bactéries totales entre l'état frais et le test de 10h00.
- ✓ Les bactéries totales atteignent des valeurs de l'ordre de  $10^5$  pour le mode de conservation 2 jours.
- ✓ Une augmentation plus importante (de l'ordre de  $10^8$ ) est observée pour le mode de conservation de 7 jours.

⇒ Ni la température ni la période de réalisation du test de 10h00 ne peuvent aboutir à une croissance bactérienne même en cas de contamination de la levure, donc le test de 10h00 n'est pas utile au niveau microbiologique.

## CONCLUSION

Le mode test de 10h00 a pu résoudre le problème de la lenteur qui caractérisait les tests de conservation tout en gardant la fiabilité sur le niveau physico-chimique mais le point faible majeur de ce test est le côté microbiologique.

## III. Étude statistique des caractéristiques physico-chimiques :

La garantie d'un produit de bonne qualité et la satisfaction des besoins des clients est l'une des préoccupations de la société Lesaffre Maroc. Et pour cela, on va étudier statistiquement la stabilité des caractéristiques physico-chimiques des levures en fonction des lignes de production (les trois boudineuses).

### III.1. Caractéristiques physico-chimiques à l'état frais

Pour tester la stabilité des caractéristiques physico-chimiques des trois lignes de production, on s'est proposé de réaliser différents tests. Le taux d'azote de phosphate et l'activité fermentative seront comparés, seront comparés sur les trois lignes de production (P1, P2 et P3).

#### III.1.1. Azote

Une étude statistique est menée à fin de comparer trois lignes de production du point de vue azote. Pour chaque boudineuse, durant 9 jours, les trois échantillons sont pris du

même lot de production de manière journalière. Les taux d'azote des différents échantillons sont rassemblés dans le tableau 6.

P1	7,4	7,7	7,2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,3	7,2
P2	7,5	7,5	7,4	7,3	7,3	7,4	7,7	7,2	7,2
P3	7,5	7,4	7,7	7,6	7,4	7,3	7,4	7	7,2

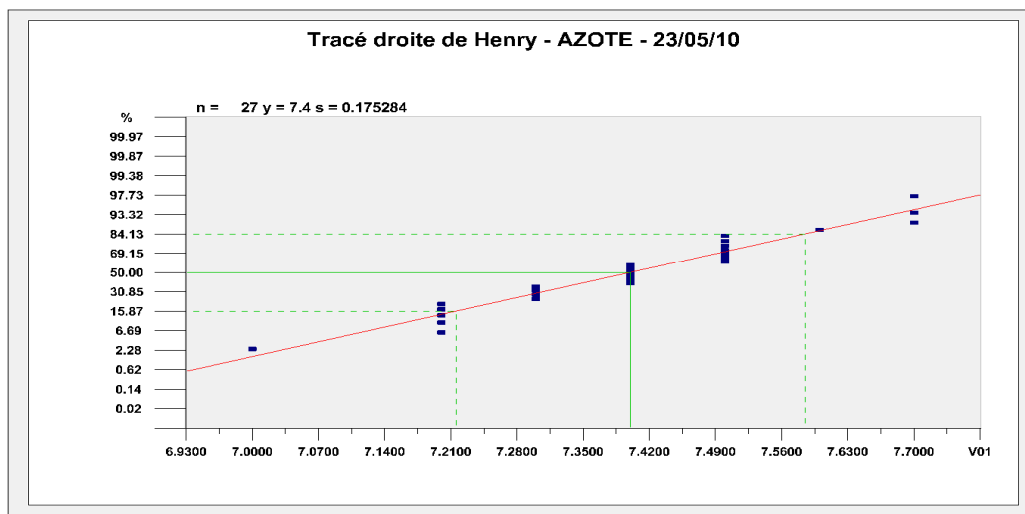
Tableau 6: résultats d'azote des trois boudineuses à l'état frais

Variable à expliquer : Azote  
 Facteur: Boudineuse  
 Nombre d'observations: 27  
 Nombre de niveaux: 3

### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre les taux d'azote des 3 lignes de production (P1, P2 et P3).

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :



D'après le graphique on constate que la distribution d'azote sur les trois boudineuses n'est pas significativement différente d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que la distribution ne contient aucun point aberrant.

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0.451149	0,633	Variances homogènes	95%

Après avoir traité les résultats par le logiciel statgraphics on a pu faire les observations suivantes :

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	0,00666667	2	0,00333333	0,10	3,40	0,902
Intra-groupes	0,773333	24	0,0322222			

Tableau d'analyse de variance d'azote des trois boudineuses à l'état frais

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est inférieure à  $F_{th}$ , il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les moyennes de l'azote d'une boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 %.

### **Interprétation :**

Les produits de P1, P2 et P3 contiennent une même teneur en azote, d'où la stabilité du produit du point de vue azote sur les trois lignes de production.

### **III.1.2. Phosphate**

La comparaison entre les trois lignes de production se fait par une étude statistique du point de vue phosphate. Un échantillon de chaque boudineuse est pris de manière quotidienne pendant 10 jours. Les taux de phosphate des différents échantillons sont regroupés dans le tableau 7.

<b>P1</b>	2,43	2,27	2,3	2,5	2,4	2,43	2,25	2,47	2,44	<b>2,7</b>
<b>P2</b>	2,45	2,4	2,42	2,39	2,5	2,42	2,44	2,54	2,32	<b>2,39</b>
<b>P3</b>	2,46	2,39	2,39	2,53	2,38	2,38	2,34	2,37	2,35	<b>2,54</b>

Tableau 7: résultats de phosphate des trois boudineuses à l'état frais

Variable à expliquer : Phosphate

Facteur: Boudineuse

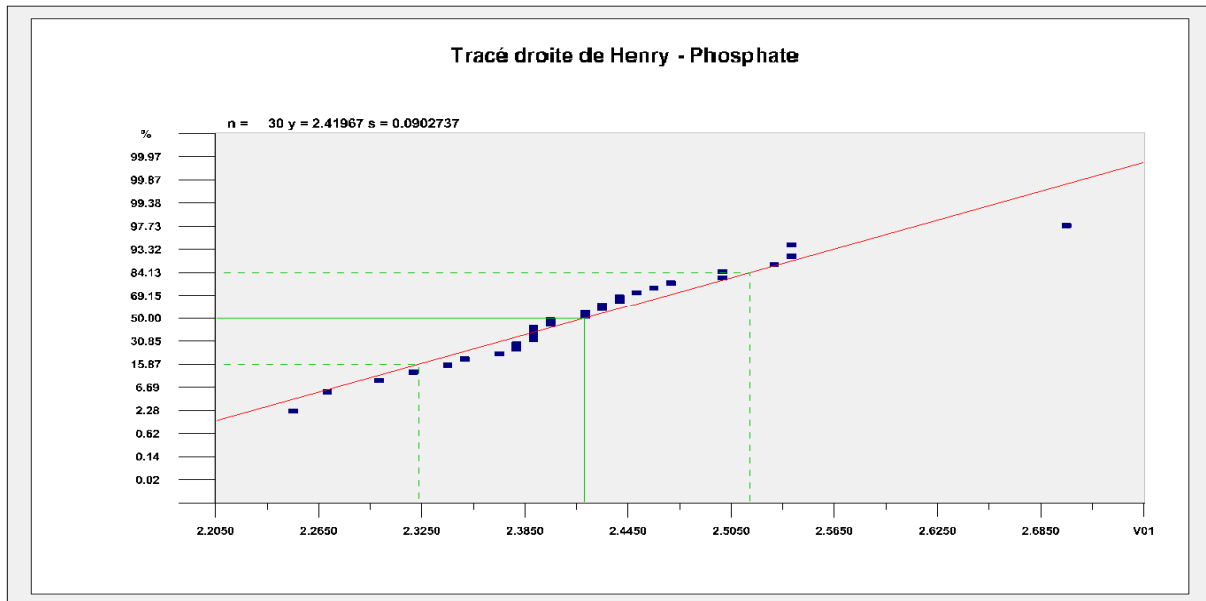
Nombre d'observations: 27

Nombre de niveaux: 3

### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre les taux de phosphate des 3 lignes de production (P1, P2 et P3).

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :



D'après le graphique on constate que la distributions de phosphate sur les trois boudineuses n'est pas significativement différente d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que le max (noté en rouge sur le tableau de mesure) représente une valeur aberrante, donc on l'a éliminé ainsi que les mesures correspondantes pour les deux autres boudineuse pour garder le même nombre d'observation par boudineuse (condition d'application du test de Cochran).

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,369998	0,633	Variances homogènes	95%

Après avoir traité les résultats par le logiciel statgraphics on a pu faire les observations suivantes :

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	0,0160889	2	0,00804444	1,48	3,40	0,2478
Intra-groupes	0,130511	24	0,00543796			

### Tableau d'analyse de variance de phosphate des trois boudineuses à l'état frais

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est inférieure à  $F_{th}$ , il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les moyennes du phosphate d'une boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 % .

### Interprétation :

Les produits de P1, P2 et P3 contiennent une même teneur en phosphate, d'où la stabilité du produit du point de vue phosphate sur les trois lignes de production.

### III.1.3. Force

Une étude statistique est menée à fin de comparer trois lignes de production de point de vue force. Pour chaque boudineuse, durant 14 jours, les trois échantillons sont pris du même lot de production quotidiennement. Les forces des différents échantillons sont rassemblés dans le tableau 8.

P1			P2			P3		
MS	Force	Force à 32	MS	Force	Force à 32	MS	Force	Force à 32
32,4	140	138,3	32,6	140,8	138,2	32,8	136,8	133,5
33	143,5	139,2	33,4	137,9	132,1	33,2	135	130,1
33,4	133,8	128,2	33,6	134,6	128,2	33,3	130	124,9
33,4	138,4	126	33,2	128,2	123,6	33,7	130,2	123,6
33,8	131,8	125,9	33,8	133,4	126,3	33,1	135,4	130,9
34,3	132	126,9	33,7	132	125,3	33,1	130	125,7
34,4	135,5	128,4	32,7	128,7	125,9	34,1	130,4	122,4
33,9	133,4	128,5	33,5	136,4	130,3	34,5	133,4	123,7
32,7	129,7	133,2	33,3	132,9	127,7	32,7	125,8	123,1
33,9	136	134,6	32,5	135,9	133,8	32,8	126,1	123
33,4	134,1	135,9	33	138,3	134,1	33,8	132,3	125,3
32,7	136,1	127,2	33,4	142,5	136,5	33,5	131,3	125,4
33,2	139,6	135,5	33,6	136,1	129,6	33,4	135,4	129,7
33,2	141	132,2	32,1	133,6	133,2	33,7	136,9	130

Tableaux 8: résultats des forces des trois boudineuses à l'état frais

Variable à expliquer : Force

Facteur: Boudineuse

Nombre d'observations: 42

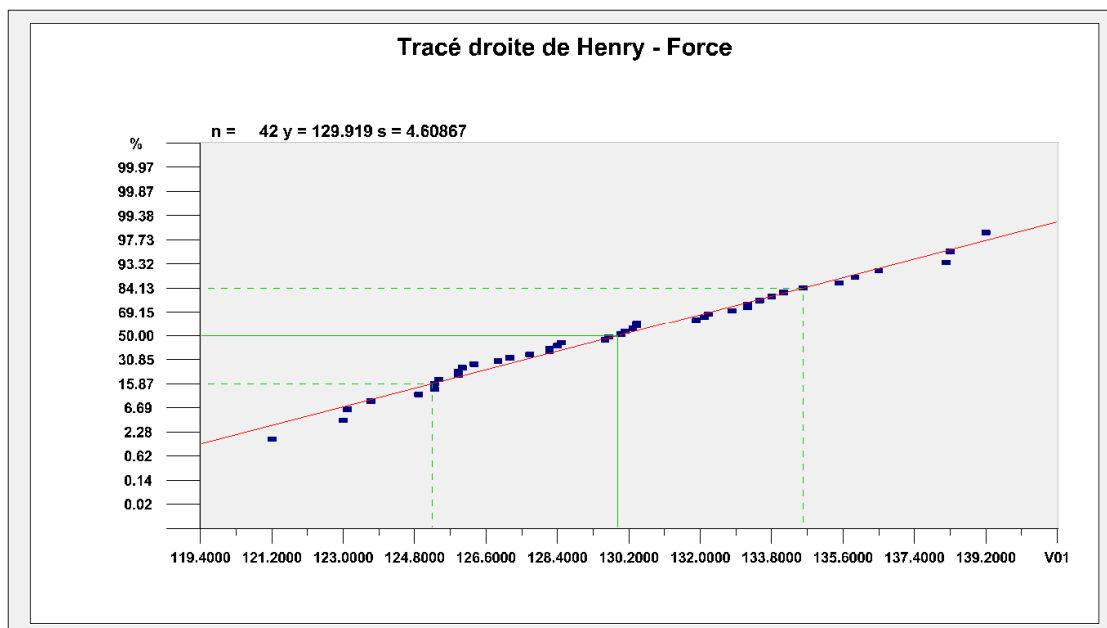
Nombre de niveaux: 3

### Test de normalité :

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :

L'étude est basée sur la comparaison entre les pouvoirs fermentatifs (forces) des 3 lignes de production (P1, P2 et P3).





D'après le graphique on constate que la distributions de la force sur les trois boudineuses n'est pas significativement différente d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que la distribution ne contient aucun point aberrant.

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,409	0,564	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	186,023	2	93,0119	5,13	3,23	0,0105
Intra-groupes	707,166	39	18,1325			

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes de la force d'une boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 %.

### **Interprétation :**

Les produits de P1, P2 et P3 n'ont pas le même pouvoir fermentatif, d'où la non stabilité du produit du point de vue force sur les trois lignes de production.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec le Test des étendues multiples. Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

### Test des étendues multiples :

Boudineuse	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
P3	14	126,521	X
P2	14	130,434	X
P1	14	131,429	X

### Interprétation :

Il y a un effet boudineuse sur l'activité fermentative de la levure (les produits de P3 donnent des forces significativement inférieures à celles de P1 et P2).

Pour pouvoir résoudre ce problème de baisse de force au niveau de la boudineuse P3, il faut tout d'abord chercher les causes.

### III.1.4. Cellules mortes

Une étude statistique est menée à fin de comparer trois lignes de production du point de vue cellules mortes. Durant 10 jours, on prend un échantillon par boudineuse de manière quotidienne. Les taux de cellules mortes des différents échantillons sont rassemblés dans le tableau 9.

P1	2,1	2,4	2,8	4,1	4,3	2,5	2,4	2,9	3,2	1,4
P2	2,2	2,6	3,2	2,1	4,3	3,0	2,2	2,8	2,8	1,8
P3	4,5	4,2	4,2	3,3	4,8	3,8	3,4	3,5	4,2	2,8

Tableau 9: résultats de pourcentage des cellules mortes des trois boudineuses à l'état frais

Variable à expliquer : Taux de cellules mortes

Facteur: Boudineuse

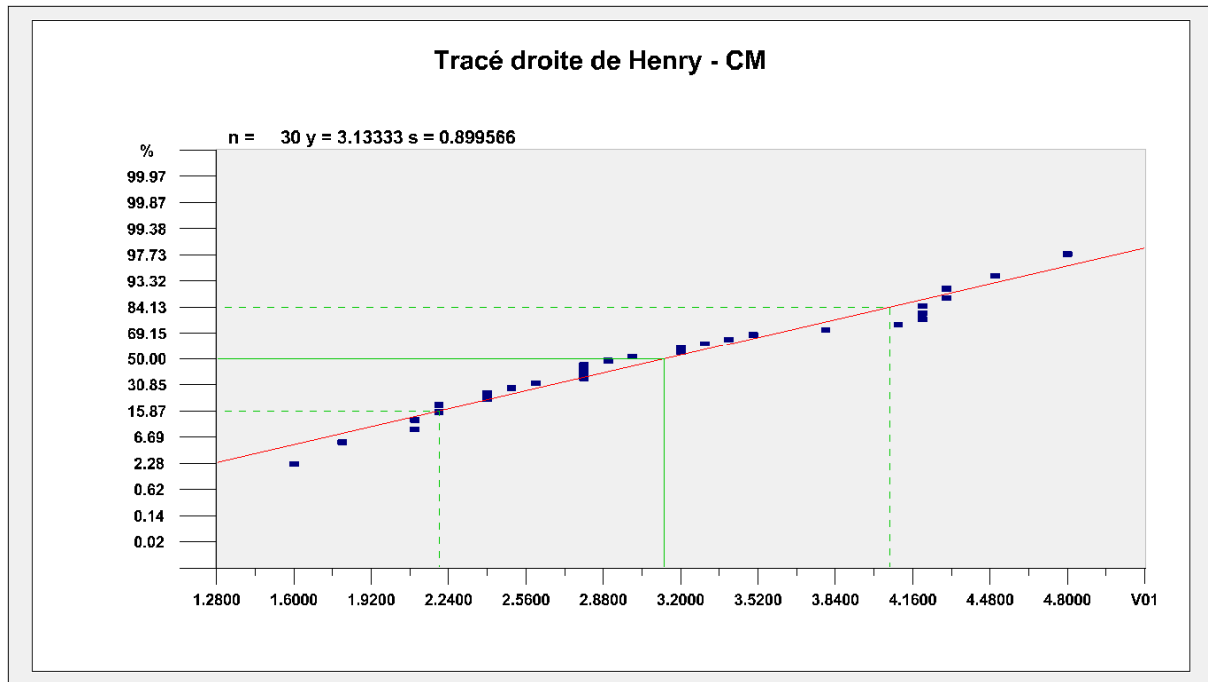
Nombre d'observations: 30

Nombre de niveaux: 3

### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre le taux de cellules mortes des 3 lignes de production (P1, P2 et P3).

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :



D'après le graphique on constate que la distributions de la force sur les trois boudineuses n'est pas significativement différente d'une loi normale

Le test de Student nous informe que la distribution ne contient aucun point aberrant.

**Test de Cochran :**

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,432398	0,564	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

**Analyse de variances :**

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	5,00067	2	2,50033	5,30	3,35	0,0114
Intra-groupes	12,729	27	0,471444			

Tableau d'analyse de variance du pourcentage des cellules mortes des trois boudineuses à l'état frais

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes de la force d'une boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 %.

### **Interprétation :**

Les produits de P1, P2 et P3 n'ont pas le même taux de cellules mortes, d'où la non stabilité du produit du point de cellules mortes sur les trois lignes de production.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec le Test des étendues multiples. Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

### **Test des étendues multiples :**

Boudineuse	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
P2	10	2,95	X
P1	10	3,0	X
P3	10	3,84	X

### **Interprétation :**

Il y a un effet boudineuse sur le taux de cellules mortes de la levure (les produits de P3 contiennent un taux de cellules mortes significativement supérieur à celui de P1 et P2).

## ***III.2. Causes de baisse de force***

Tant que les 3 boudineuses reçoivent la même crème de levure commerciale, on peut dire que la source du problème se situe après l'obtention de cette crème (soit au cours de la filtration ou du boudinage).

On a pu identifier certaines causes possibles parmi d'autres :

- Le taux de NaCl.
- Le système de filtration.
- Le mode de malaxage.

### **III.2.1. Mode de malaxage**

La première cause possible de baisse de force est la différence de mode de malaxage, on a remarqué que les boudineuses mises en œuvre utilisent deux modes de malaxage différents: un malaxage horizontal pour la boudineuse P1, et un malaxage vertical pour les boudineuses P2 et P3.

Tant que c'est la boudineuse P1 qui possède un mode de malaxage différent on peut dire que le mode de malaxage n'a pas un effet sur la baisse de force.

### III.2.2. Le taux de NaCl

La deuxième cause possible de la baisse de force est la différence du taux de NaCl ajouté avant la filtration, pour cela on a effectué une étude statistique sur le taux de NaCl des trois boudineuse, en se basant sur l'analyse de variance.

Durant 10 jours, on prend un échantillon de chaque boudineuse de manière quotidienne. Les taux de NaCl des différents échantillons sont rassemblés dans le tableau 10.

P1	3,2	3,4	2,3	3,6	3,5	2,9	3,1	2,7	3,4	1,9
P2	3,7	2,8	2,5	2,9	2,9	2,7	3,2	3,7	3,7	1,4
P3	4,5	3,7	2,9	3,3	4,3	3,9	3,7	4,8	4,8	2,5

Tableau 10: résultats de taux de NaCl des trois boudineuses

Variable à expliquer : Taux de NaCl

Facteur: Boudineuse

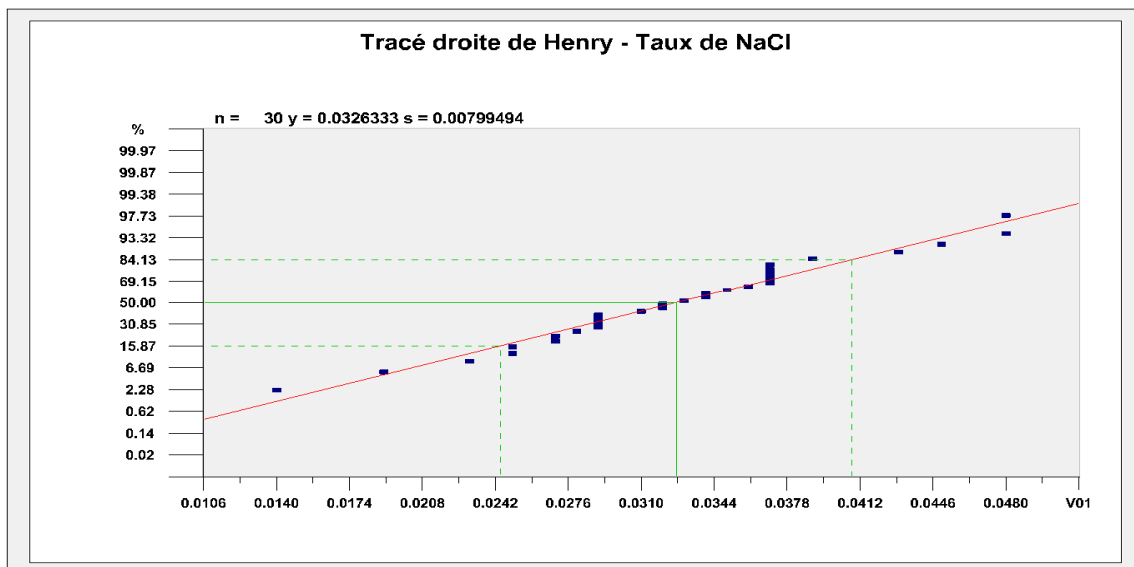
Nombre d'observations: 30

Nombre de niveaux: 3

#### Test de normalité :

L'étude est basée sur la comparaison entre le taux de NaCl des 3 lignes de production (P1, P2 et P3).

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :



D'après le graphique on constate que la distributions du taux de NaCl sur les trois boudineuses n'est pas significativement différente d'une loi normale.

Le test de Student nous informe que la distribution ne contient aucun point aberrant.

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,432398	0,617	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	5,00067	2	2.50033	5,30	3,35	0,0114
Intra-groupes	12,729	27	0,47144			

#### Tableau d'analyse de variance de taux de NaCl des trois boudineuses

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes du taux de NaCl d'une boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 %.

#### **Interprétation :**

Les produits de P1, P2 et P3 ne contiennent pas une même teneur en NaCl.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec le Test des étendues multiples. Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

#### **Test des étendues multiples :**

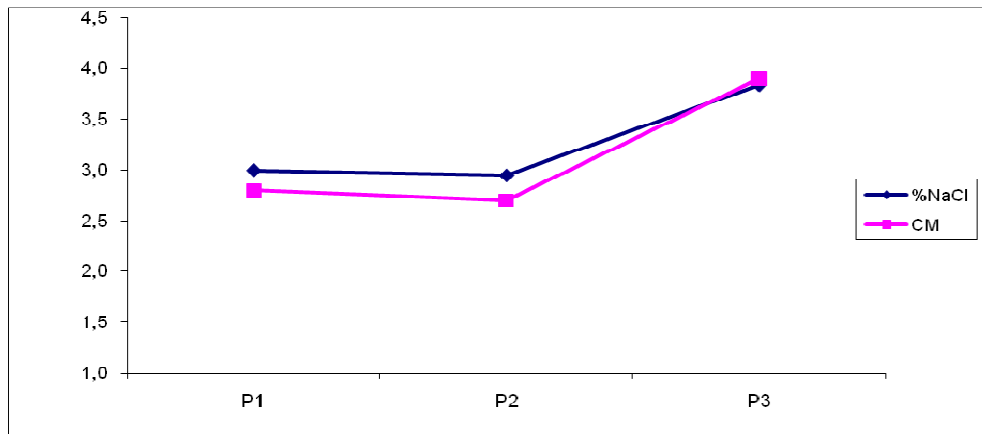
Boudineuse	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
P2	10	2,95	X
P1	10	3,0	X
P3	10	3,84	X

#### **Interprétation :**

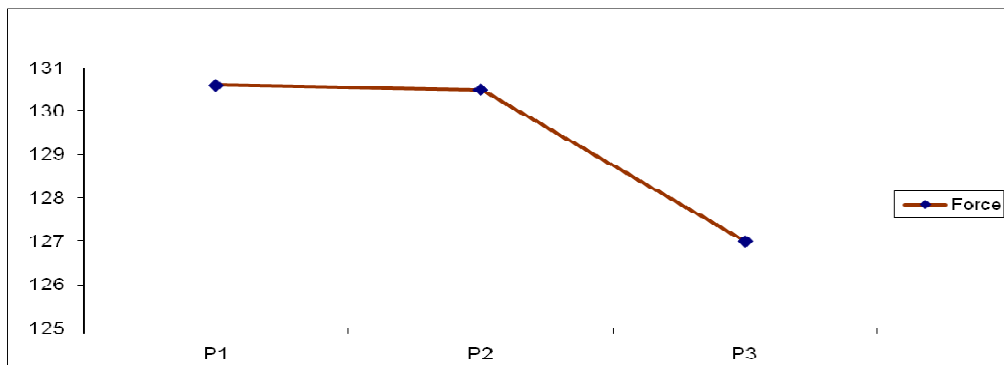
Il y a un effet boudineuse sur la teneur en NaCl dans la levure (les produits de P3 donnent des teneurs en NaCl significativement supérieures à celles de P1 et P2).

Pour mieux expliquer cette différence, on était amené à calculer le taux de cellules mortes au niveau des trois boudineuses.

Les résultats des moyennes de force, de celles mortes et de taux de NaCl sont illustrés dans les graphes suivants :



**Figure 6: Evolution du taux de NaCl et des cellules mortes en fonction des boudineuses**



**Figure 7: Evolution de la force en fonction des boudineuses**

### **Interprétation :**

Le taux de cellules mortes est proportionnel à la teneur en NaCl, par contre il est inversement proportionnel au pouvoir fermentatif.

L'augmentation de la teneur en NaCl dans la levure conduit à l'arrachement de l'eau intracellulaire par osmose ce qui fait entrer les cellules dans une phase de souffrance et donne par la suite une augmentation des cellules mortes, cette augmentation se reflète négativement sur le pouvoir fermentatif.

### **CONCLUSION**

Cette baisse du pouvoir fermentatif des levures issues de la boudineuse P3 est probablement due au mal fonctionnement du système de filtration (pompes à vide), qui donne des levures mal-déshydratées, ce qui oblige les opérateurs, qui pratiquent des contrôles manuels sur chaque lot, à rajouter une quantité non contrôlée de NaCl au niveau du filtre de la

boudineuse P3, afin d'extraire l'eau en excès, et garantir un aspect identique à celui des levures issues des autres boudineuses P1 et P2, ce qui influence indirectement la force

### ***III.3. Etude de l'effet de boudineuse sur la conservation des LP 43°C pendant 10h***

Pour évaluer l'effet boudineuse après conservation une comparaison des forces des trois boudineuses après incubation à 43°C se fait par analyse de variance. Pour chaque mode de conservation, pendant 9 jours, un échantillon de chaque boudineuse est pris de manière quotidienne. Les forces des différents échantillons sont regroupés dans le tableau 11.

P1	126,9	128,4	128,5	133,2	134,6	135,9	127,2	135,5	132,2
P2	125,9	130,3	127,7	133,8	134,1	136,5	129,6	133,2	132,8
P3	123,0	125,3	125,4	129,7	130,0	131,9	121,2	130,4	130,4

Tableau 11 : résultats des force des trois boudineuses après conservation

Variable à expliquer : force après conservation

Facteur: Boudineuse

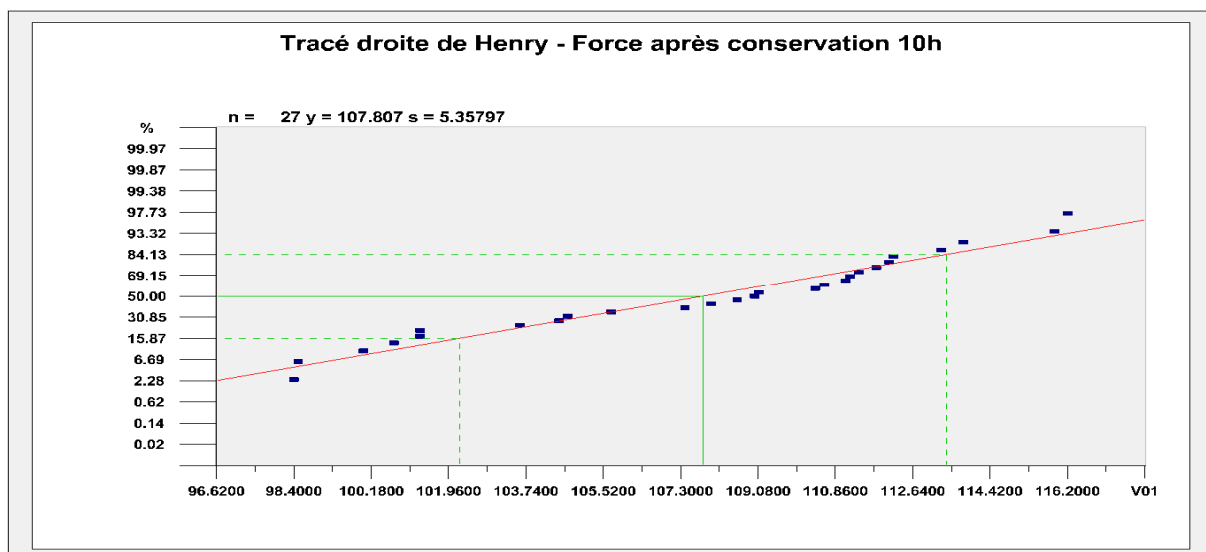
Nombre d'observations: 27

Nombre de niveaux: 3

#### **Test de normalité :**

L'étude est basée sur la comparaison entre la force des 3 lignes de production (P1, P2 et P3) après conservation pendant 10h à 43°C.

Avant d'effectuer l'analyse de variance, il faut tout d'abord vérifier si la population est normale, pour cela on trace la droite d'Henry correspondante :



D'après le graphique on constate que la distributions de la force sur les trois boudineuses après conservation n'est pas significativement différente d'une loi normale.



Le test de Student nous informe que la distribution ne contient aucun point aberrant.

### Test de Cochran :

La statistique de Cochran teste l'hypothèse nulle que les variances sont homogènes :

$C_{exp}$	$C_{th}$	Décision	Signification
0,421677	0,633	Variances homogènes	95%

L'application du test de Cochran montre que  $C_{exp} < C_{th}$  et par conséquent les variances sont homogènes

### Analyse de variances :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F exp	Fth	Proba
Inter-groupes	223,912	2	11,956	5,38	3,40	0,0117
Intra-groupes	499,487	24	20,8119			

#### Tableau d'analyse de variance des force des trois boudineuses après conservation

Comme la valeur de  $F_{exp}$  est supérieure à  $F_{th}$ , il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes de la force d'un niveau de boudineuse à l'autre au niveau de confiance de 95,0 %.

Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, on va travailler avec le Test des étendues multiples. Les résultats affichés par STATGRAPHICS sont décrits dans le tableau suivant :

### **Test des étendues multiples :**

Boudineuse	Effectif	Moyenne	Groupes homogènes
P3	9	103,756	X
P2	9	109,478	X
P1	9	110,189	X

### **Interprétation :**

La baisse de la force observée au niveau de la boudineuse P3 existe toujours même après conservation.

➔ Une levure donnant une force faible et un taux de cellules mortes élevé à l'état frais ne donnera pas des résultats satisfaisants après conservation.

### **CONCLUSION**

L'effet de boudineuse P3 sur la baisse de force résiste même après conservation de la levure



**Solution proposée :**

Le bon entretien du système de filtration pourra être une bonne solution pour se débarrasser du problème de baisse de force, ce qui permettra à la société de garantir une stabilité exemplaire du produit fini et par la suite conserver un meilleur niveau de qualité, à fin de satisfaire les besoins explicites de ses clients.

# Conclusion générale

Le stage que j'ai effectué à LESAFFRE Maroc m'a permis de bénéficier d'une vraie expérience professionnelle en faisant une relation véritable entre la théorie et la pratique, ce stage était une vraie formation multidisciplinaire parce qu'il développe plusieurs compétences:

- Le contact humain : il m'a permis de communiquer avec l'ensemble de personnel (ingénieurs, chefs de poste, ouvriers..) et par la suite de développer mes rapports communicationnels.
- La manipulation : il m'a permis de me familiariser avec les différents appareils de mesures et les différents modes opératoires des analyses physico-chimiques et bactériologiques
- La gestion de sujet : il m'a permis de bien gérer mon stage grâce à la facilité du contact avec les différents opérateurs surtout le chef de laboratoire, les séances d'exposés programmées à la fin de chaque mois pour évaluer le travail effectué ont amélioré le sujet, l'intervention des professeurs encadrant a aidé à mieux gérer le sujet.
- Le commentaire et exploitation des résultats : il m'a permis de développer davantage mon esprit d'analyse pour pouvoir interpréter et exploiter correctement les résultats obtenus

En effet grâce à ce modeste travail on a pu introduire un nouveau test de conservation plus rapides, et à partir des résultats obtenus on a pu affirmer que l'incubation à 43°C pendant 10h00 représente les conditions optimales de test de conservation.

D'autre part on a pu détecter une baisse de force au niveau de la 3ème ligne de production (P3) qui se manifeste par le taux élevé de cellules mortes, et qu'on a expliqué par la concentration élevée de NaCl dans la pâte de levure produite au niveau de la P3.

# ANNEXE

9h45	N	N	N	N	N	N	N	N
2 jours	LM	LM	LM	N	N	N	N	N
7 jours	LM	LM	LM	N	N	N	N	N

N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	LM
N	N	N	N	N	N	N	N	LM

N	N	N	N	N	N	N	N
LM	LM	N	N	N	N	N	N
LM	LM	N	N	N	N	N	N

**Annexe1 : Aspect de levure après conservation (9h45, 2jrs et 7jrs)**

10h00	N	N	N	LM	LM	LM	N	N
2 jours	N	N	N	LM	LM	LM	N	N
7 jours	N	N	N	LM	LM	LM	N	N

N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	N

N	LM	LM	LM	N	N	N	LM	LM	LM
N	LM	LM	LM	N	N	N	LM	LM	LM
N	LM	LM	LM	N	N	N	LM	LM	LM

**Annexe 2 : Aspect de levure après conservation (10h00, 2jrs et 7jrs)**

10h15	M	M	M	LM	LM	LM	LM	LM
2 jours	N	N	N	N	N	N	N	N
7 jours	N	N	N	N	N	N	N	N

LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM
N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	N

LM	M	M	M	LM	LM	LM	M	M
N	N	N	N	N	N	N	N	N
N	N	N	N	N	N	N	N	N

M	LM	LM	LM
N	N	N	N
N	N	N	N

**Annexe 3 : Aspect de levure après conservation (10h15, 2jrs et 7jrs)**

	v <sub>1</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
v <sub>2</sub>														
1		161	199,5	215,7	224,6	230,2	234	236,8	239	240,5	241,9	243,9	245,9	248
2		18,5	19	19,16	19,25	19,3	19,33	19,35	19,4	19,38	19,4	19,41	19,43	19,45
3		10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,7	8,66
4		7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6	5,96	5,91	5,86	5,8
5		6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56
6		5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,1	4,06	4	3,94	3,87
7		5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44
8		5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,5	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15
9		5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94
10		4,96	4,1	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77
11		4,84	3,98	3,59	3,36	3,2	3,09	3,01	2,95	2,9	2,85	2,79	2,72	2,65
12		4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3	2,91	2,85	2,8	2,75	2,69	2,62	2,54
13		4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,6	2,53	2,46
14		4,6	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,7	2,65	2,6	2,53	2,46	2,39
15		4,54	3,68	3,29	3,06	2,9	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,4	2,33
16		4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28
17		4,45	3,59	3,2	2,96	2,81	2,7	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23
18		4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19
19		4,38	3,52	3,13	2,9	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16
20		4,35	3,49	3,1	2,87	2,71	2,6	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,2	2,12
21		4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,1
22		4,3	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,4	2,34	2,3	2,23	2,15	2,07
23		4,28	3,42	3,03	2,8	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,2	2,13	2,05
24		4,26	3,4	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,3	2,25	2,18	2,11	2,03
25		4,24	3,39	2,99	2,76	2,6	2,49	2,4	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01
26		4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99
27		4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,2	2,13	2,06	1,97
28		4,2	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96
29		4,18	3,33	2,93	2,7	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,1	2,03	1,94
30		4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93
40		4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2	1,92	1,84
60		4	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,1	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75
120		3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66
infini		3,84	3	2,6	2,37	2,21	2,1	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57

**Annexe 4 : Table de Fisher au seuil de 0,05**

k	$V_{\alpha}$													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	36	144	$\infty$
2	0.9985	0.9750	0.9392	0.9057	0.8772	0.8534	0.8332	0.8159	0.8010	0.7880	0.7341	0.6602	0.5813	0.5000
3	0.9669	0.8709	0.7977	0.7457	0.7071	0.6771	0.6530	0.6333	0.6167	0.6025	0.5466	0.4748	0.4031	0.3333
4	0.9065	0.7879	0.6841	0.6287	0.5895	0.5598	0.5365	0.5175	0.5017	0.4884	0.4366	0.3720	0.3093	0.2500
5	0.8412	0.6838	0.5981	0.5441	0.5065	0.4783	0.4564	0.4387	0.4241	0.4118	0.3645	0.3066	0.2513	0.2000
6	0.7808	0.6161	0.5321	0.4803	0.4447	0.4184	0.3980	0.3817	0.3682	0.3568	0.3135	0.2612	0.2119	0.1667
7	0.7271	0.5612	0.4800	0.4307	0.3974	0.3726	0.3535	0.3384	0.3259	0.3154	0.2756	0.2278	0.1833	0.1429
8	0.6798	0.5157	0.4377	0.3910	0.3595	0.3362	0.3185	0.3043	0.2926	0.2829	0.2462	0.2022	0.1616	0.1250
9	0.6385	0.4775	0.4027	0.3584	0.3286	0.3067	0.2901	0.2768	0.2659	0.2568	0.2226	0.1820	0.1446	0.1111
10	0.6020	0.4450	0.3733	0.3311	0.3029	0.2823	0.2666	0.2541	0.2439	0.2353	0.2032	0.1655	0.1308	0.1000
12	0.5410	0.3924	0.3264	0.2880	0.2624	0.2439	0.2299	0.2187	0.2098	0.2020	0.1737	0.1403	0.1100	0.0833
15	0.4709	0.3346	0.2758	0.2419	0.2195	0.2034	0.1911	0.1815	0.1736	0.1671	0.1429	0.1144	0.0889	0.0667
20	0.3894	0.2705	0.2205	0.1921	0.1735	0.1602	0.1501	0.1422	0.1357	0.1303	0.1108	0.0879	0.0675	0.0500
24	0.3434	0.2354	0.1907	0.1656	0.1493	0.1374	0.1286	0.1216	0.1160	0.1113	0.0942	0.0743	0.0567	0.0417
30	0.2929	0.1980	0.1593	0.1377	0.1237	0.1137	0.1061	0.1002	0.0958	0.0921	0.0771	0.0604	0.0457	0.0333
40	0.2370	0.1576	0.1259	0.1082	0.0968	0.0887	0.0827	0.0780	0.0745	0.0713	0.0595	0.0462	0.0347	0.0250
60	0.1737	0.1131	0.0895	0.0765	0.0682	0.0623	0.0583	0.0552	0.0520	0.0497	0.0411	0.0316	0.0234	0.0167
120	0.0998	0.0632	0.0495	0.0419	0.0371	0.0337	0.0312	0.0292	0.0279	0.0266	0.0218	0.0165	0.0120	0.0083
$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Annexe 5 : Table de Cochran au seuil de 0,05**

**Abréviations :**

- N : Levure normale.**
- LM : Levure légèrement molle.**
- M : Levure molle.**
- MS : Matière sèche.**
- LP : Levure pressée.**
- CM : Cellules mortes.**
- BT : Bactéries totales.**



# BIBLIOGRAPHIE

- [1] : <http://www.lesaffre.com/fr/>
- [2] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/LevureChimimétrie>
- [3] : Manuel LESAFFRE : analyses physico-chimiques
- [4] :Chimimétrie :Jacques LESAINTE ,avril 2009

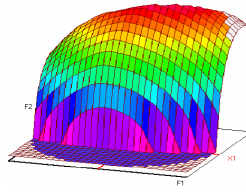
# Sommaire

Introduction .....	4
<b><u>PARTIE THEORIQUE</u></b>	
I. Présentation de la société : .....	5
I.1. Historique du groupe Lesaffre : .....	5
I.2. Historique de la société Lesaffre Maroc: .....	6
II. Levure : .....	7
II.1. Généralités : .....	7
II.2. Définition : .....	7
II.3. Caractéristiques structurelles : .....	8
II.4. Conditions de croissances : .....	9
II.5. Modes de multiplications : .....	10
II.6. Fermentation : .....	10
III .Les étapes de la production de levure à LESAFFRE Maroc : .....	12
III.1. Ensemencement : .....	12
III.2. Préfermentation : .....	12
III.3. Fermentation : .....	12
III.4. Séparation : .....	13
III.5. Stockage de la crème : .....	13
III.6. Filtration : .....	13
III.7. Emballage : .....	14
IV. Analyses physicochimiques et biologiques.....	16
IV.1. Contrôle des paramètres organoleptiques de la levure fraîche : .....	16
IV.2. Détermination de la matière sèche : .....	16
IV.3. Dosage de l'azote de kjeldahl : .....	16
IV.4. Dosage de phosphate : .....	17
IV.5. Détermination de l'activité fermentative: .....	18
IV.6. Test de conservation: .....	19
IV.7. Dosage de NaCl .....	20
IV.8. Cellules mortes : .....	21
IV.9. Dénombrement des bactéries totales : .....	22
V. Analyse de variance.....	23
<b><u>PARTIE PRATIQUE</u></b>	
I. Introduction.....	25
II- Test à 43°C .....	25
II.1. Optimisation de la durée d'incubation à 43°C.....	25
II.1.1. Le test à 43°C pendant 9h45 : .....	26
II.1.2. Le test à 43°C pendant 10h00 : .....	29
II.1.3. Le test à 43°C pendant 10h15 : .....	33
II.2. Aspect microbiologique à partir du test de 10 h à 43°C.....	36
II.2.1. Taux de cellules mortes .....	36
II.2.2 Croissance des bactéries totales : .....	40
III. Étude statistique des caractéristiques physico-chimiques : .....	41
III.1. Caractéristiques physico-chimiques à l'état frais .....	41





III.1.1. Azote .....	41
III.1.2. Phosphate .....	43
III.1.3. Force.....	45
III.1.4. Cellules mortes .....	47
III.2.Causes de baisse de force .....	49
III.2.1. Mode de malaxage.....	49
III.2.2. Le taux de NaCl.....	50
III.3.Etude de l'effet de boudineuse sur la conservation des LP 43°C pendant 10h.....	53
Conclusion.....	56



## Master ST CAC Agiq

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: MOUTEI Amine

Année Universitaire : 2009/2010

**Titre: VERIFICATION D'UN NOUVEAU TEST DE CONSERVATION DE LA LEVURE FRAICHE ET COMAPARAISON STATISTIQUE DES TROIS BOUDINEUSES**

### Résumé

Les essais menés au sein du laboratoire LESAFFRE Maroc pour la recherche d'un nouveau test de conservation équivalent à l'incubation à 35°C pendant 2 jours et à 26°C pendant 7 jours, en se basant sur les résultats d'activité fermentative (force) et d'aspect de la levure après conservation, ont montré que l'incubation à une température de 43°C pendant 10h00 donne des résultats rapides et fiables.

La comparaison statistique des caractéristiques physico-chimiques des levures produites au niveau des 3 lignes de production a montré une baisse de l'activité fermentative de la 3<sup>ème</sup> boudineuse qui se traduit par un taux élevé en cellules mortes, il a fallu donc chercher la cause de cette baisse. Après nombreuses essais on a pu montrer que le mal fonctionnement du système de filtration (pompes à vide) donne des levures mal-déshydratées, ce qui oblige les opérateurs, qui pratiquent des contrôles manuels sur chaque lot, à rajouter une quantité non contrôlée de NaCl au niveau du filtre de la 3<sup>ème</sup> boudineuse. Cette augmentation de taux de NaCl est la cause principale de la baisse de force.

Mots clés: Force, boudineuse, analyse de variance.