



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès  
Département de Biologie

Projet de fin d'études

Licence Sciences et Techniques (LST) :

Biotechnologie hygiène et sécurité des aliments

*Suivi de la concentration du Chlorure de Sodium au cours de la fabrication de la levure fraîche sur les trois lignes de production*

Réalisé par : Intissar NIRHOUC

Encadré par :

FSTF: Dr . BENJELLOUN Meryem

Lesaffre Maroc : Mr. BENNANI ALI

Soutenu le 18 Juin devant le jury :

Dr. M.BENJELLOUN

Dr .BENCHEMSI

Mr .A .BENNANI

Année universitaire : 2009 /2010



### *Avant propos*

*Ce travail a été réalisé à la société Lesaffre Maroc de Fès ;  
et plus précisément au laboratoire physico-chimique  
dans le cadre de la réalisation du projet de fin d'études à la  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont très chères, et avec lesquelles  
j'ai

tout partagé :

**A mes très chers parents :**

je leur présente mon travail si modeste, mais qui sera certes un premier pas pour leur rendre  
hommage et les remercier pour leurs grands efforts accomplis à mon égard.

Que Dieu les récompense et leur prête bonne santé et longue vie .

**A mes chers frères Soufiane et Adnane :**

Vous, qui êtes à mes côtés, pour partager mes joies. Je vous souhaite une vie comblée et toute  
la

réussite

**A mes collègues :**

A toute la promotion LST Biotechnologie, Hygiène et Sécurité des Aliments 2009-2010, je  
vous

souhaite une bonne continuation dans votre vie personnelle ainsi que professionnelle .



## Remerciements

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

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

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

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon encadrante Mme BENJELLOUN Meryem, qui m' a accordé de son temps précieux, pour son soutien, sa disponibilité pour mener à bien ce modeste projet .*

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

*Merci*



<b>Introduction</b> .....	1
<b>Présentation du lieu de stage</b> .....	2
I- Historique de LESAFFRE.....	3
II-Activités du laboratoire d’analyses de Lesaffre Maroc.....	6
<b>Partie bibliographique</b> .....	8
I-Généralités sur la levure.....	9
1 -Historique de la levure.....	9
2-Présentation du microorganisme étudié.....	9
3-Caractéristiques structurelles.....	10
II-Applications de différentes espèces de levure .....	11
III- Conditions de croissance.....	12
IV- Modes de multiplications.....	13
V- Différents types de levures de boulangerie.....	13
VI- Fermentation.....	13
1-Définition.....	13
2-Différents types de fermentation.....	14
3- Fermentation alcoolique et Respiration.....	14
VII-Les différentes étapes de la production de la levure à la société Lesaffre...15	
VIII-Le Chlorure de Sodium.....	20
1-Généralités.....	20
2-Structure chimique.....	20
3 - Réserves naturelles.....	21
4-Extraction du sel.....	21
5-Production et utilisations.....	21
<b>Partie Pratique</b> .....	24
I- Objectif de l’étude.....	25
II- Préparation du Na Cl au sein de la société Lesaffre Maroc.....	25
1-Type de Na Cl.....	25
2-Origine.....	25
3-utilisation.....	25



4-Préparation.....	26
5-Application du système HACCP pendant la préparation.....	26
III- Matériel et Méthodes .....	26
1- Prélèvements effectués.....	26
2-Tests effectués.....	28
a /Dosage de Na Cl .....	28
b /Mesure de la conductivité .....	29
c /Détermination de la teneur en matière sèche.....	30
d/Détermination du pourcentage des cellules mortes.....	31
e /Mesure de la couleur .....	32
f /Absorbance.....	32
III- Résultats et Discussions.....	34
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>49</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>50</b>



## Introduction

La levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*) est un champignon unicellulaire microscopique, responsable d'une fermentation dite alcoolique. La fermentation alcoolique est une réaction chimique exothermique qui transforme des sucres présents naturellement dans la farine (amidon) en alcool et gaz carbonique avec dégagement de chaleur. La formation de gaz carbonique est responsable de la levée de la pâte à pain durant les phases de pointage et de repos.

Les critères d'une bonne levure se base sur sa couleur, son odeur, sa stabilité, sa consistance et sa régularité, Ces caractères peuvent être influencés par plusieurs paramètres tel que la concentration de Na Cl présent dans la levure.

L'ajout de Na Cl à la levure joue un rôle primordial dans l'élimination de l'eau et les débris de la mélasse pendant la filtration, sa présence donne une texture pâteuse à la levure pour une bonne conservation. Par contre sa forte concentration peut influencer négativement sur la levure tel que la sortie excessive de l'eau d'où le métabolisme de la cellule s'arrête et la cellule mort.

C'est pour cela, et dans le cadre des contrôles nombreux et rigoureux mis en place pour assurer la qualité de la levure produite, l'objectif de mon stage au sein de la société Lesaffre Maroc était, d'une part, de déterminer la concentration de Na Cl présent tout au cours de la production de la levure fraîche et voir son évolution, ainsi son effet sur les différents paramètres de la levure.

D'autre part, de faire une comparaison de la teneur de la levure fraîche en Na Cl entre les trois lignes de production c'est-à-dire les trois machines de production P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> présentes au sein de la société Lesaffre Maroc.



# *Présentation du lieu de stage*



## I. Historique de la société lesaffre :

Créée en 1975, la société 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 deux 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.

Lesaffre fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification des marques suivantes :

-Jaouda pour la levure fraîche .



-Rafaa et Nevada pour la levure sèche ,ainsi qu'un type spécial destiné pour saturer les besoins des forces armées royales (FAR) en levure.



-Ibis bleu et Magimix pour les améliorants ,qui sont des produits qui apportent au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume ,de texture et couleur ,d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr le goût . 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 : force 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.

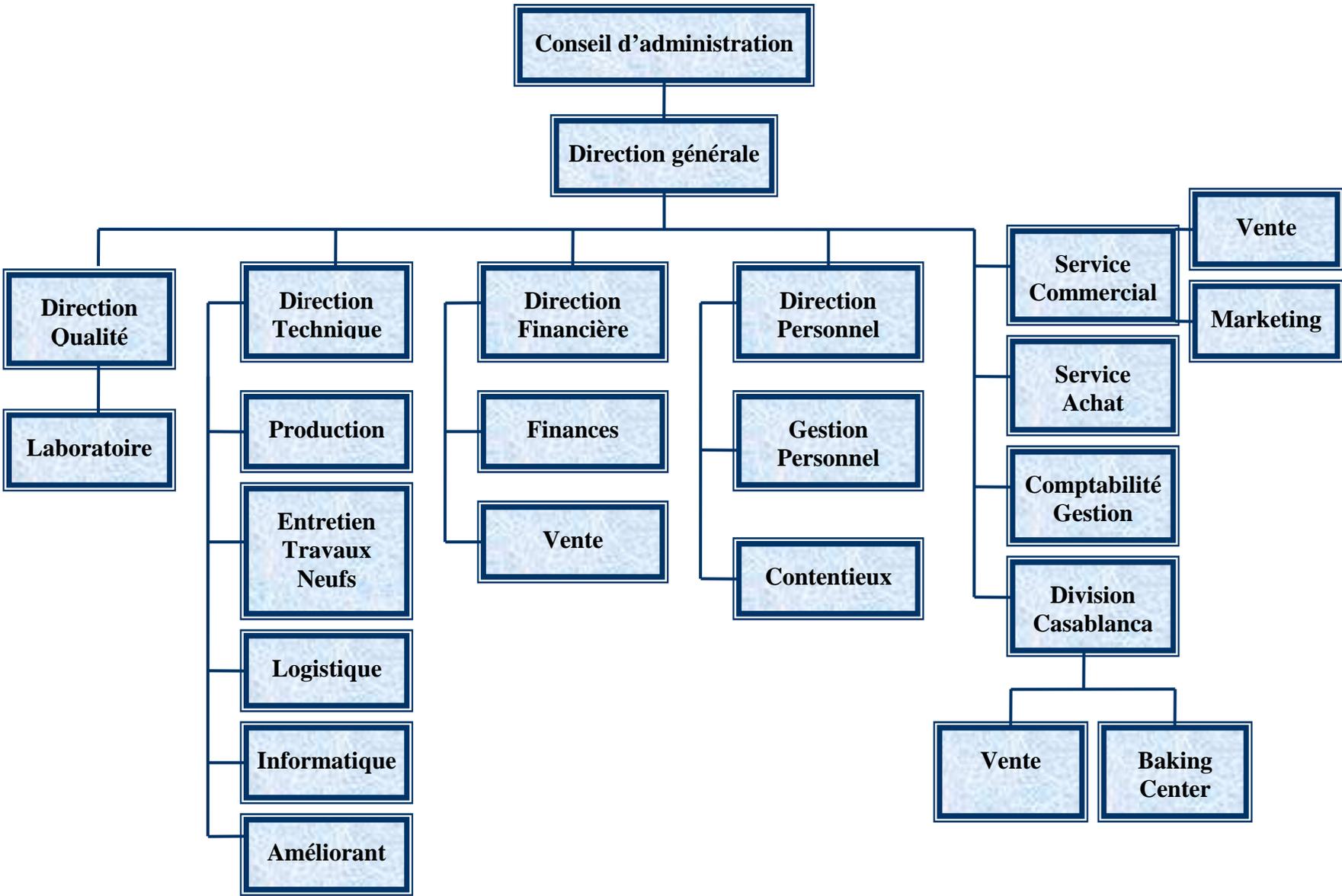
Par ailleurs, le service qualité de la société Lesaffre Maroc assure un suivi des produits en faisant réaliser quotidiennement des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients, il valide à chaque étape de fabrication la conformité des produits à un cahier de charge 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, Lesaffre 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 : création de la nouvelle station de traitement de la mélasse, et aussi d'un nouveau laboratoire moderne très sophistiqué.





**Figure 1** :Organigramme de la société Lesaffre Maroc.

## **II- Activités du laboratoire d'analyses de Lesaffre Maroc**

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

### -Laboratoire de microbiologie :

La validité des contrôles microbiologiques, nécessite notamment de résultats d'analyses fiables.

La fiabilité des résultats implique l'utilisation de méthodes validées ,mises en œuvres par un laboratoire compétent.

C'est pour cela que la société Lesaffre exige Un matériel suffisant et moderne, des techniques d'identification des micro-organismes assez rigoureuses imposées par le groupe, un système d'épuration d'air Un personnel qualifié et expérimenté, un climat professionnel

Ce laboratoire est divisé en quatre parties :

- Salle des pathogènes où s'effectue les analyses des germes pathogènes .
- Salle des préparations des milieux de culture.
- Salle de stockage des matières premières.
- Et enfin une salle d'analyses bactériologiques.

### -Laboratoire physico-chimique :

Equipé de matériels sophistiqués, alimenté de différents types d'eaux (eau adoucie, eau distillé eau de ville) utilisées selon les besoins, et un personnel qualifié y effectue quotidiennement des analyses physico-chimiques (Brix, PH, conductivité, dosage de l'azote, dosage de phosphate,..) et veille toujours à bien respecter les consignes du chef de laboratoire qui lui-même participe à



l'application du plan de contrôle.

Ce laboratoire est divisé en trois parties :

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

Les deux laboratoires communiquent entre eux par une laverie où se fait le nettoyage du matériel ainsi que la destruction des produits contaminés.

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



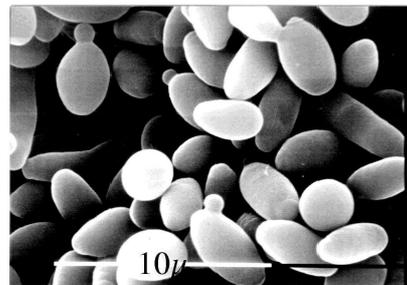
# *Partie bibliographique*

## **I -Généralités sur la levure:**

### **1- Historique :**

L'Homme a toujours utilisé la levure, et ce bien avant de savoir écrire. Les égyptiens l'utilisaient déjà pour fabriquer leur pain il y a cinq mille ans.

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.



**Figure 2 :Cellules de levures**

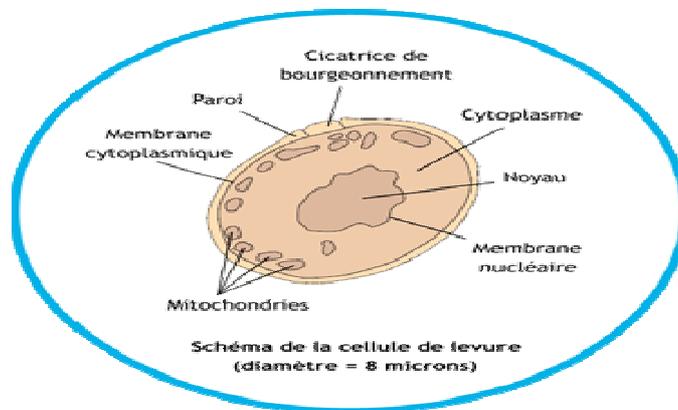
### **2-Présentation du microorganisme étudié :**

Une levure est un champignon unicellulaire (certaines levures sont cependant capables d'arborer un aspect pseudo pluricellulaire 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 contient également les moisissures. Les levures sont employées pour la fabrication du vin, de la bière, des alcools industriels, du pain et d'antibiotiques et sont souvent utilisées comme aliments pour le bétail en raison de leur richesse en protéines et en vitamines B.

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

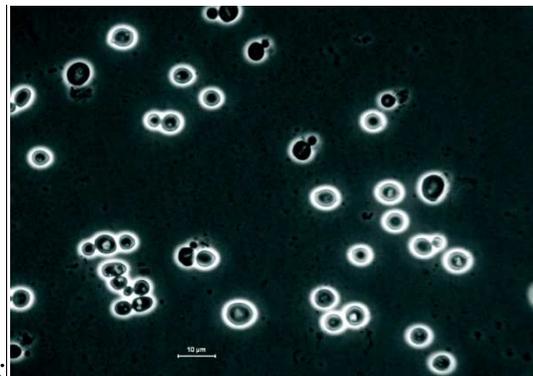
sporulation soit dans un but de dormance en milieu défavorable, soit dans un but de dispersion.



**Figure 3 : schéma de la cellule de levure**

Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale, parmi elles, celle utilisée dans la fabrication de la levure boulangère *Saccharomyces cerevisiae* c'est la levure de panification (ou levure de boulanger à laquelle on s'intéresse dans LESAFFRE MAROC)

*Saccharomyces cerevisiae* : en latin « Saccharo » signifie doux ou sucre et « myces » désigne moisissure.



**Figure 4 : Cellules de levure *Saccharomyces cerevisiae***

### **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 elle-même .

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 assurent les réactions biochimiques.

## **II-Applications de différentes espèces de levure dans le secteur alimentaire**

Les levures sont capables de provoquer la fermentation des matières organiques végétales. Plusieurs transformations très importantes des produits agricoles s'effectuent sous l'action des levures. Ainsi, les *Saccharomyces* provoquent la fermentation alcoolique au cours de la vinification en transformant les sucres du moût de raisin en alcool et en gaz carbonique. Ils sont aussi utilisés en brasserie ou en panification.

**Tableau 1 : Principales levures et leurs applications dans le secteur de l'alimentation**

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 de pain )
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	Bière
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	Vin ( les premières étapes du processus de vinification : production d'alcool à partir du moût de raisin sont principalement réalisées par <i>S.cerevisiae</i> )
<i>Saccharomyces rouxii</i>	Miso (aliment à base de soja)
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Fromages



<i>Candida utilis</i>	Levure alimentaire
-----------------------	--------------------

### **III-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 52°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 tolèrent 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.

Pour leur développement, les levures ont besoin d'un milieu nutritionnel à base de saccharose comme substrat carboné, de sels d'ammonium et de phosphore comme source d'azote et de phosphate, ainsi qu'un apport de sels minéraux, de vitamines et d'oligoéléments. Pour la levure de boulangerie, la source du glucose utilisée est la mélasse.

**Tableau2 :composition des besoins nutritifs pour la croissance des levures de boulangerie**

<b>Matière première</b>	<b>Quantité</b>	<b>Matière première</b>	<b>Quantité</b>	<b>Matière première</b>	<b>Quantité</b>
<b>Sels minéraux</b>		<b>Vitamines</b>		<b>Oligoéléments</b>	
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24 g	B1	25 mg	Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1 025 mg
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	12 g	B2	1,25 mg	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	192 mg
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1,6 g	B5	95 mg	CuSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	30 mg
		B6	12 mg	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	17 mg
		Biotine = B8	0,5 mg	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	23 mg



#### **IV- Modes de multiplication :**

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

#### **V- Différents types de levures de boulangerie :**

Il existe six types de levures :

- La levure fraîche.
- La levure sèche active a réhydraté.
- La levure sèche instantanée.
- La levure sèche active à pouvoir réducteur.
- La levure sèche désactivée à pouvoir réducteur.
- La levure liquide.

Parmi ces types de levures LESAFFRE MAROC s'intéresse à la production de :

- Levure fraîche
- levure sèche active à réhydrater
- la levure sèche instantanée.

#### **VI- Fermentation**

##### **1-Définition**

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 (O<sub>2</sub>), 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.

## **2- Différents types de fermentation**

a/ fermentation acétique : transformation du vin en vinaigre, Équation bilan de la fermentation acétique .



b/ fermentation lactique: aussi appelé la fermentation homolactique, ou encore lactofermentation. Elle est réalisée par *Lactobacilles* et certains *Bacillus*.

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

Équation bilan de la fermentation lactique:



c/ 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.

d/ 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:



e/ 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.

La levure de Boulangerie (*Saccharomyces cerevisiae*) est capable de réaliser la respiration ainsi que la fermentation alcoolique.

## **3- Fermentation alcoolique et respiration :**

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.

Équation bilan de la fermentation alcoolique:



D'après les travaux de Louis Pasteur, on constate que les microorganismes vivants en anaérobiose peuvent vivre et croître en substituant la fermentation à la respiration. Il montre que 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 :

En aérobiose, les levures respirent et se multiplient abondamment sans formation d'alcool.

Le sucre dont elles se nourrissent est transformé en gaz carbonique et en eau. Ce phénomène s'accompagne d'une libération importante d'énergie qui leur permet de croître et de se multiplier par bourgeonnement. Lorsque les deux cellules ont la même grosseur, elles se séparent et le bourgeonnement des cellules se poursuit.



**Figure 5: Cellule de levure en bourgeonnement**  
**(Taille réelle 5µm)**

Ce processus métabolique de la respiration est exploité pour multiplier les cellules.

## **VII- Différentes étapes de la production de la levure à la société Lesaffre**

### **1. Ensemencement :**

La souche initiale estensemencée 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° +/- 1°C avec agitation), puis dans deux autres ballons plus grands (Carlsberg) (incubation 30° +/- 1°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.

### **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.

### **3. Fermentation :**

A la fin de la préfermentation on obtient un moût qui sera transféré vers le 4eme fermenteur avec un milieu nutritif bien spécifique et 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 a 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 2eme 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)



**Figure 6 : fermenteurs utilisés dans la fabrication de la levure de boulanger**

### **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.

### **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.

Le système de refroidissement se fait par un échange thermique entre la crème et le liquide de refroidissement : l'eau glycolée



**Figure 7** : système de refroidissement de la crème de stockage

## 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 fixée 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 éliminer les traces de mélasse pouvant rester.

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



**Figure 8** : Filtre rotatif utilisé à la société Lesaffre pour la filtration de la crème .

## 7. Séchage :

On distingue deux types de la levure sèche :

1. La levure sèche active ou SPH.

Sous forme de petits grains sphériques, sa durée de séchage est d'environ quatre heures pour une qualité de 400kg à 500kg, et s'effectue à 45°C.

\_La levure sort du filtre à l'état pâteux et passe dans un mélangeur puis dans une grille percée de trous pour avoir une granulométrie bien déterminée.

\_La levure granulée est récupérée dans des bols pour passer dans des séchoirs qui fonctionnent par l'envoi d'un courant d'air sec et chaud auparavant filtré sur la levure granulée.

## 2. La levure sèche instantanée ou SPI

Sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20min environ pour une quantité de 1000 Kg, elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH

## **8.Emballage :**

### Emballage de la levure fraîche.

Le gâteau obtenu est envoyé à la boudineuse où 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 à une cellule photoélectrique, ces portions sont à leur tour enveloppées 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 où 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.



**Figure 9** : la boudineuse

La boudineuse est un ensemble constitué à la fois d'un :

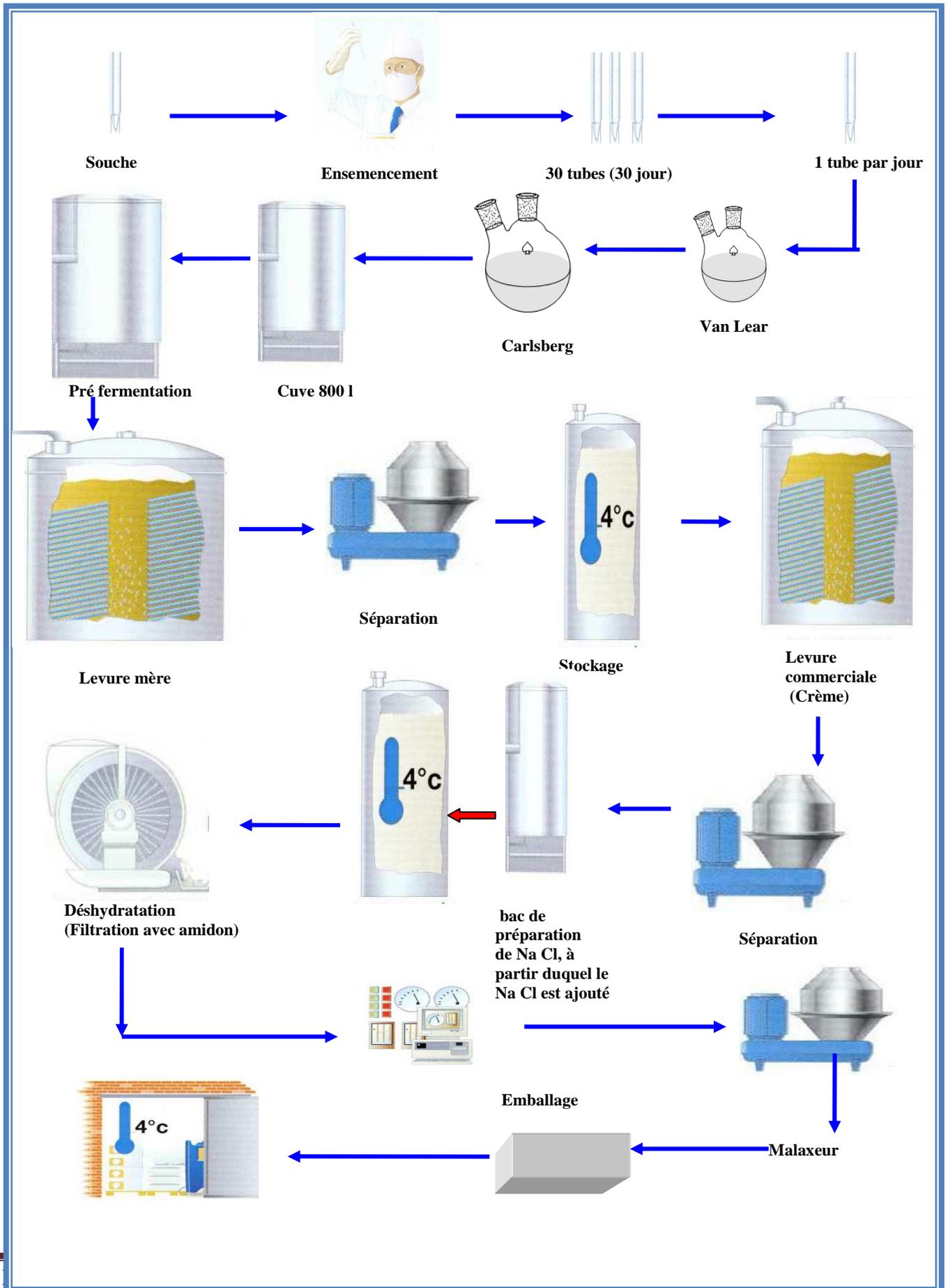
- ✓ Malaxeur : qui permet de mélanger le gâteau de levure provenant du filtre rotatif
- ✓ Une découpeuse : qui assure le fractionnement de la levure sous forme de boudin de 500g
- ✓ Une enveloppeuse

### Emballage de la sèche



Après le séchage la levure passe dans un appareil d'emballage spécifique qui aspire l'air des paquets pour une conservation à longue durée.

**la figure suivante (figure 10) représente le schéma général des étapes de la production de levure fraîche depuis la réception jusqu'à l'emballage :**



## VIII- Chlorure de sodium :

### 1-Généralités :

Le chlorure de sodium est un composé chimique de formule NaCl. On l'appelle plus communément sel de table ou de cuisine, ou tout simplement sel dans le langage courant. C'est le principal produit dissout dans l'eau de mer ; on l'appelle alors sel marin.

On l'obtient :

- dans des marais salants par évaporation de l'eau de mer
- dans des mines, par extraction du sel gemme .
- en le synthétisant lors une réaction à hautes températures du dichlore ( $Cl_2$ ) et du sodium métallique.

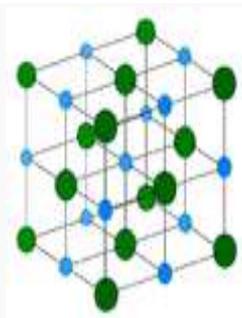
### 2-Structure chimique

Le sel est un assemblage d'ions  $Na^+$  et  $Cl^-$  de maille cubique. Le sel est un cristal, car ses atomes forment une structure périodique et symétrique.

La structure du sel peut être décrite par le contenu de sa maille. Une maille de sel est un cube qui contient :

- un atome de chlore aux sommets de la maille (8 sommets chacun partagé parmi 8 mailles voisines)
- trois atomes de chlore au centre des faces de la maille (6 faces chacune partagée entre 2 mailles voisines)
- un atome de sodium au centre de la maille
- trois atomes sodium sur le milieu des arêtes de la maille (12 arêtes chacune partagée parmi 4 mailles voisines).

Les anions  $Cl^-$  forment un sous réseau cubique à faces centrées dans lequel les cations  $Na^+$  occupent tous les sites octaédriques de la maille.



La structure d'un cristal de chlorure de sodium.

**Légende :**

- **Bleu** : =  $Na^+$
- **Vert** =  $Cl^-$



### **3-Réserve naturelle**

Le chlorure de sodium ou sel est disponible en quantité quasi-illimitée. En effet, il existe deux types de réserves : le sel gemme ou le sel dissout dans l'eau de mer. Les plus anciens dépôts de sel formés dans les océans sont évalués à plus de 600 millions d'années.

C'est l'un des plus abondants minéraux de la planète.

Les mers et océans sont les plus grosses réserves de sel dissoutes. Elles sont estimées à environ  $50 \times 10^{15}$  tonnes. L'eau de mer contient environ 30 à 40 grammes de sel par litre d'eau, ce qui représente une hauteur de 75 mètres répartie sur les 3/4 de la surface du globe.

### **4-Extraction du sel**



Il existe plusieurs façons de récupérer le chlorure de sodium. Dans les pays où l'ensoleillement et les températures sont suffisantes, le sel peut être extrait par évaporation grâce au système des marais salants. Une série de bassins peu profonds permettent de favoriser l'évaporation de l'eau. Le sel est de plus en plus concentré au fur et à mesure du passage de l'eau de mer dans les bassins. Dans les derniers bassins, le sel sédimente et peut être récolté par raclage.

Dans les pays froids, le système de congélation est utilisé. L'eau de mer est congelée et le sel sédimente dans la saumure de plus en plus concentrée. Lorsque la concentration est suffisante, le sel finit par précipiter.

### **5-Production et utilisations**

Le sel est issu des marais salants, ou de l'extraction minière. Le sel industriel est obtenu par épuration et blanchiment, pour obtenir du sel blanc et pur à 99,9 %.



Les sels artisanaux issus des marais salants ne sont pas blanchis et ne subissent aucun traitement, ni ajout. Ils sont en partie commercialisés .

Parmi les utilisations du Na cl on trouve :

### **a /Conservation**

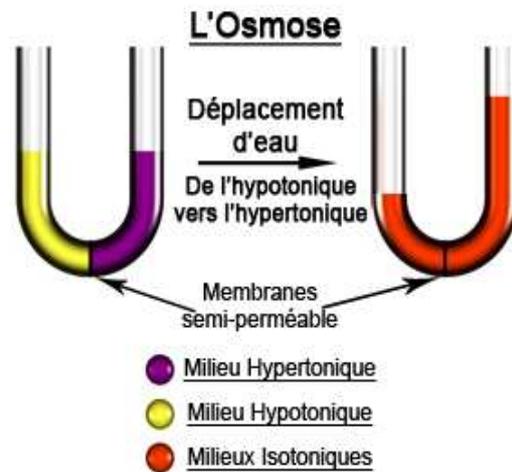
Le sel permet lors de la salaison de conserver les aliments. Il a la propriété d'attirer l'eau et de la retenir, privant d'eau les bactéries qui se déshydratent et ne se développent plus.

On utilise deux techniques :

- Le salage à sec. On répand le sel directement à la surface de l'aliment qui va ainsi se déshydrater. Les protéines et le goût sont également modifiés rendant les produits appétissants.
- Le saumurage, en immergeant le produit dans une solution d'eau salée. Par osmose, les concentrations de sel tendent à s'équilibrer et la viande perd de l'eau tout en absorbant du sel.

Le sel permet de ralentir ou de bloquer le développement des microbes en diminuant l'activité de l'eau du produit. Cette action dépend de la concentration en sel. Les micro-organismes sont pour la plupart neutralisés à 10% de sel (action bactériostatique) mais alors l'aliment est presque immangeable et il faudra le dessaler longuement avant de le consommer. On va donc souvent, pour suivre l'évolution des préférences alimentaires, limiter la concentration en sel qui sera de l'ordre de 4 % dans les aliments, et associer à la salaison soit le fumage, soit la réfrigération ou bien recourir à des conservateurs alimentaires complémentaires (nitrates, nitrites...) afin de lutter plus activement contre les moisissures ou le développement de toxines comme la toxine botulique

Lors de sa dissolution en ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ , la valeur  $A_w$  (ou teneur en eau libre) va baisser, la solution devient hypertonique. L'eau (une partie du moins) des cellules va alors être éjectée par osmose, provoquant la plasmolyse des cellules. Seules des moisissures de surface peuvent apparaître si le salage est insuffisant et si l'aliment n'est pas mis à l'abri de l'air et de la lumière.



**Figure 11** : Phénomène d'osmose.

On traite ainsi essentiellement les fromages, les viandes, la charcuterie et des poissons .

On utilise également le sel dans l'industrie pour conserver les peaux de bêtes en vue d'en faire du cuir, ou pour conserver des légumes comme les cornichons dans un mélange de vinaigre, de vin et de sel.

### **b /Agent de sapidité :**

Le chlorure de sodium permet d'augmenter la sapidité des aliments, les saveurs se font plus intenses grâce au sel. Les ions  $Na^+$  stimulent les papilles gustatives tandis que les ions  $Cl^-$  donnent le goût salé.

### **c/Additif :**

Le sel permet de solubiliser les protéines dites salinosolubles. Cette propriété est utilisée pendant la fabrication du jambon de Paris

Les produits alimentaires à base de viande contiennent environ 4% de sel.



# *Partie pratique*



## **I-Objectif de l'étude**

L'objectif de mon travail est essentiellement de déterminer, d'une part, la concentration de Na Cl au cours des différents étapes de fabrication de levure et voir l'effet de son évolution sur les caractères organoleptiques de la levure fraîche tel que : la conductivité, la couleur ainsi que son effet sur le pourcentage de la matière sèche, le pourcentage des cellules mortes et la force fermentaire.

D'une autre part, d'effectuer une comparaison de la teneur de Na Cl au niveau de la levure entre les trois lignes de production P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>

## **II-Préparation du Na Cl à la société Lesaffre Maroc :**

### **1-Type de Na Cl :**

Le sel ajouté à la levure au sein de la société Lesaffre Maroc c'est le sel de alimentaire ou sel de cuisine composé essentiellement de chlorure de sodium, il est ajouté sous forme d'une solution de Na Cl préparée à partir du sel fin .

Le sel ajouté est un sel raffiné contenant à 95% ou plus du [chlorure de sodium](#) presque pur. Il contient habituellement des substances qui empêchent le colmatage des cristaux (des agents anti-agglomérants) comme le silicoaluminate de sodium et une quantité infime de [sucre inverti](#) pour empêcher le sel de tourner en une couleur jaune une fois exposé à la lumière du soleil, et pour empêcher une perte d'[iode](#) par vaporisation.

### **2-Origine du Na Cl ajouté :**

C'est un produit cristallin provenant des marais salants ou de saumures . Le sel utilisé à la société lesaffre Maroc provient de la société SOCEPROS.

### **3-Utilisation de Na Cl :**

En industrie alimentaire, le sel ajouté permet la conservation des aliments comme à la société Lesaffre Maroc, le NaCl est ajouté pour éliminer tous les débris du milieu nutritif et de la mélasse, ces impurités liquides sortent avec l'eau qui sort de la cellule de la levure sous l'effet



d'une forte concentrations en Na Cl à l'extérieur de la cellule (phénomène d'osmose) .Cette élimination de l'eau donne à la levure une texture pâteuse et un peu rigide pour une bonne conversation.

#### **4-Préparation du Na Cl:**

Avant sa dissolution, le sel ajouté subit un tamisage, une filtration et enfin une désinfection  
Le sel est dissout dans le bac de préparation sous forme de sel fin avec une concentration presque de 20g / 100ml d'eau

#### **5-Application du système HACCP au cours de la préparation du Na Cl :**

Etape de préparation du NaCl	Nature du danger	Mesures préventives
Réception du sel	Physique :particules étrangères et les ravageurs	Tamisage par un tamis pour éliminer toute impureté physique
La dissolution du sel	Physique : les éléments étrangers	Filtration par un filtre poreux pour arrêter le passage de tout élément étranger
L'ajout du sel préparé	Microbiologique : contamination par des microorganismes	Désinfection par un agent désinfectant, à la société Lesaffre on utilise l'eau de Javel.

### **III- Matériel et Méthodes :**

#### **1-Prélèvements effectués**

Pour pouvoir suivre l'évolution du taux de NA Cl tout au long la fabrication de la levure fraîche

et jusqu'à la sortie des égouts, nous avons prélevé cinq échantillons au cours de la production de la levure à partir des trois lignes de production P1, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> :



- **Echantillon 1** : la crème de stockage.  
Prélevé à partir de la cuve de stockage où elle est stockée à 4°C après la séparation.
- **Echantillon 2** : la crème de filtration.  
À partir du filtre rotatif, avant qu'elle subisse la filtration.
- **Echantillon 3** : la levure râpée.  
C'est la levure récupérée après l'étalement de la crème sur la surface de filtre (après filtration).
- **Echantillon 4** : les paquets  
Le produit fini de la levure fraîche après emballage.
- **Echantillon 5** : les égouts  
À partir d'un conduit à travers lequel il y a la sortie des égouts.

**N.B :**

- ✓ Les égouts contiennent les débris de la mélasse et des milieux nutritifs et toutes les impuretés, ils sont libérés grâce à une pompe à vide après la filtration de la levure.
- ✓ Pour les échantillons des égouts, nous les avons prélevés à partir juste des machines P<sub>1</sub> et P<sub>3</sub> car leurs conduits des égouts sont présents à l'extérieur d'où le prélèvement est possible

**Les étapes de la prise d'échantillons :**

1. Nous avons pris les échantillons à partir des 3 machines P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> sauf les égouts (P<sub>1</sub> et P<sub>3</sub>)
2. avant chaque prélèvement, il faut que la machine soit en démarrage
3. pour la crème de stockage, nous ouvrons la cuve de stockage pour prendre l'échantillon.
4. A l'aide d'une poire propipette, nous avons prélevé un échantillon des égouts à partir des machines P<sub>1</sub> et P<sub>3</sub>.



### **3-Tests effectués :**

#### **a /Dosage de Na Cl :**

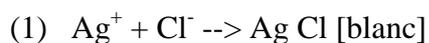
##### **Principe :**

On ajoute un ion (contenu dans une solution) qui formera un composé insoluble avec l'ion à doser. Ici, au lieu de peser la masse de précipité formé, on relève la quantité ajoutée du produit provoquant la précipitation totale; cette dernière est repérée par un indicateur de concentration. Cet indicateur est un autre ion déclenchant un second précipité facilement repérable à la fin de la précipitation totale.

##### **Dosage de l'ion chlorure par la méthode de Mohr.**

On précipite l'ion  $\text{Cl}^-$  d'une solution de Na Cl par formation de Ag Cl (les ions  $\text{Ag}^+$  sont issus d'une solution de  $\text{AgNO}_3$ ). La fin de réaction est appréciée par l'apparition d'un autre précipité coloré. Ce dernier se forme avec les ions  $\text{Ag}^+$  lorsqu'ils ont épuisé pratiquement tous les  $\text{Cl}^-$ .

Ici, l'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium qui forme du chromate d'argent (rouge orangé).



##### **Mode opératoire :**

Dans une fiole Erlenmeyer nous avons introduit un volume de la solution de la levure :

- Pour la crème de stockage et la crème de filtration, nous avons pris un volume de 5ml à l'aide d'une pipette et nous avons compléte jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée .
- Pour la levure râpée et les paquets , nous avons pesé 30g de la levure et nous avons ajouté 100ml de l'eau distillée .



- Pour les égouts, nous avons pris à l'aide d'une pipette de 20ml de chaque échantillon des égouts et nous avons complété jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée, 10ml a été prélevé pour effectuer le dosage.

Après avoir introduit le volume à doser pour chaque échantillon dans l'erlenmeyer, nous avons ajouté 6 gouttes du chromate de potassium, et nous avons dosé lentement avec  $\text{AgNO}_3$  à l'aide d'une burette tout en agitant jusqu'au virage rouge brique. Le volume de la tombée de burette a été noté.

### **Calcul de la concentration de NaCl**

Le taux de Na Cl est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux de Na Cl en \%} = \frac{F_d \times [v (\text{Ag NO}_3) \cdot 10^{-2} \cdot M (\text{Na Cl})]}{\text{Prise d'essai (g ou ml)}}$$

$v (\text{Ag NO}_3)$  : volume de nitrates d'argent versé après la tombée de burette .

$M (\text{Na Cl})$  : masse molaire de Na Cl= 58g /mol

$F_d$  :Facteur de dilution

### **b /Mesure de la conductivité :**

#### **Principe :**

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, l'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre. la conductivité est l'inverse de la résistivité électrique

La mesure de la conductivité permet de déceler immédiatement une variation de la composition de l'eau, par exemple le réglage ou d'un circuit de refroidissement pour limiter la concentration des sels dissous.

#### **Mode opératoire :**

La mesure de la conductivité de l'eau s'effectue en immergeant dans la solution une cellule de mesure



Comportant l'électrode, le conductimètre affiche directement sur l'écran électronique la valeur correspondante de la conductivité. pour les crèmes de filtration, crèmes de stockage, et les égouts : on fait immerger directement l'électrode dans le liquide et on fait la lecture sur le conductimètre. La conductivité est exprimée en ( $\mu\text{s} / \text{cm}$ )

La même procédure pour la levure râpée et les paquets mais après avoir fait dissoudre 30g de la levure dans 100ml de l'eau distillée et tout en agitant afin d'éliminer les bulles d'air sur l'électrode.

N .B :La conductivité d'un liquide dépend largement de la température, c'est pour cela nous l'avons mesurée à une température constante, elle est donnée à 20°C.

### **c /La détermination de la teneur en matière sèche :**

#### **Principe :**

L'échantillon de la levure est déshydraté dans une étuve à  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ . La perte de poids correspond à la quantité d'eau évaporée contenue dans l'échantillon .

Les mesures sont effectuées à l'aide d'une balance à haute précision.

#### **Mode opératoire :**

##### **1 /Préparation des capsules de pesé :**

nous avons utilisé des capsules en verre à couvercle à rodage normalisé ;les capsules et les couvercles sont numérotées et séchées dans une étuve à  $105^\circ\text{C}$  pendant une heure .Avant leur utilisation, nous les laissons refroidir au moins une heure au dessiccateur

##### **2 /Pesées :**

Dans un premier temps, nous avons pesé les capsules refroidies vide avec leur couvercles et le poids a été noté. Après avoir taré la balance , on pèse à l'aide d'une spatule en inox 1,5g à 2g de chaque échantillon de la levure râpée et les paquets, et on note le poids exact.

Pour les crèmes de stockage et les crèmes de filtration, nous avons pesé d'abord la boîte de Pétri vide et sèche ,et nous avons noté le poids .

A l'aide d'une pipette, nous avons pris 5ml de chaque crème, et le poids correspondant a été noté.

N .B : les capsules et les boites de pétri sont toujours dans le dessiccateur afin d'éviter l' humidité.



### **3 /Dessiccation :**

Dans une étuve de  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  , on place les capsules ouvertes avec leurs couvercles et on les laisse pendant  $16\pm 1\text{h}$ (une nuit)

### **4/pesée finale :**

on ferme les capsules à leur sortie de l'étuve et les laisser refroidir au moins 1h .  
on pèse les capsules contenant le résidus sec .

### **Calcul de la matière sèche :**

La teneur en matière sèche est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Teneur en matière sèche en \%} = \frac{P_f - P_i}{P_E} \times 100$$

$P_f$  :poids final de la capsule après séchage

$P_i$  : poids initial de la capsule vide (g)

$P_E$  :la prise d'essai avant séchage (g)

### **d/Détermination du pourcentage des cellules mortes**

#### **Principe :**

Déterminer le nombre des cellules qui ont absorbé le bleu de méthylène par rapport à 100 cellules au total.

Ce test a été effectué sur les échantillons de la levure des paquets (produit fini).

#### **Mode opératoire :**

L'échantillon prélevé a été dilué dans les tubes à essai contenant l'eau physiologique stérile ,de manière à avoir une lecture au microscope de 100 cellules environ.

Après avoir agité le tube, nous avons prélevé une petite quantité à l'aide de la pipette pasteur stérile

On dépose une goutte sur la lame et on ajoute une goutte de la solution de bleu de méthylène

Pour la lecture microscopique, on pose la lame sur la platine du microscope et on amène l'objectif au contact de la lamelle avec la vis macrométrique



On attend quelques instants pour que les cellules de levure sédimentent de façon à obtenir une meilleur netteté de la levure

on remonte lentement le microscope à l'aide de la vis macrométrique jusqu'à visualisation des cellules et on règle la netteté à l'aide de la vis micrométrique

On compte les cellules des levures qui ont absorbé le bleu de méthylène soit les cellules mortes

On fait la numération de 10champs

### **Calcul des cellules mortes :**

On fait la somme des cellules mortes par 10 champs

On fait la somme des cellules totales par 10 champs

$$\% \text{Cellules mortes} = \frac{\sum \text{Cellules mortes}}{\sum \text{Cellules totales}} \times 100$$

### **e /Mesure de la couleur :**

#### **Principe :**

Détermination par une valeur objective de la couleur de levure fraîche

La couleur est évaluée par une mesure de clarté (luminance)

Plus cette valeur est élevée plus la levure est moins claire

#### **Mode opératoire :**

On pose le réflectomètre délicatement sur la surface de la levure

et on fait la lecture directement, la valeur est affichée sur le réflectomètre ( sans unité)

Le réflectomètre que nous avons utilisé à la société Lesaffre Maroc :NOVO SHADE d'angle4°

### **f /Absorbance :**

#### **Principe**

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution La densité

optique des solutions est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique à étudier.



**Figure 12** : Spectrophotomètre

Lorsqu'une lumière d'intensité  $I_0$  passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le soluté. L'intensité  $I$  de la lumière transmise est donc inférieure à  $I_0$ . On définit l'[absorbance](#) de la solution comme :

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

l'appareil mesure l'absorbance  $A$  de la solution contenue dans une cuve de dimension imposée. Dans ces conditions, l'absorbance est en relation simple avec la concentration de l'espèce chimique colorée.

L'absorbance est une valeur positive, sans unité.

La solution dont on a mesuré l'absorbance c'est l'échantillon des égouts à une longueur d'onde de 420 nm.

### **Mode opératoire :**

Premièrement nous avons effectué la dilution de la solution des égouts : nous avons pris à l'aide d'une pipette de 20ml de chaque échantillon des égouts et nous avons complété jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée.

A une longueur d'onde de 420nm, on remplit la cuve du spectrophotomètre avec de l'eau distillée (solution de référence ou blanc) et on fixe l'absorbance à 0

Ensuite on remplit la cuve avec l'échantillon des égouts dilué précédemment et on mesure l'absorbance et on note sa valeur affichée : c'est une valeur positive, sans unité.

## Détermination de l'activité fermentative:

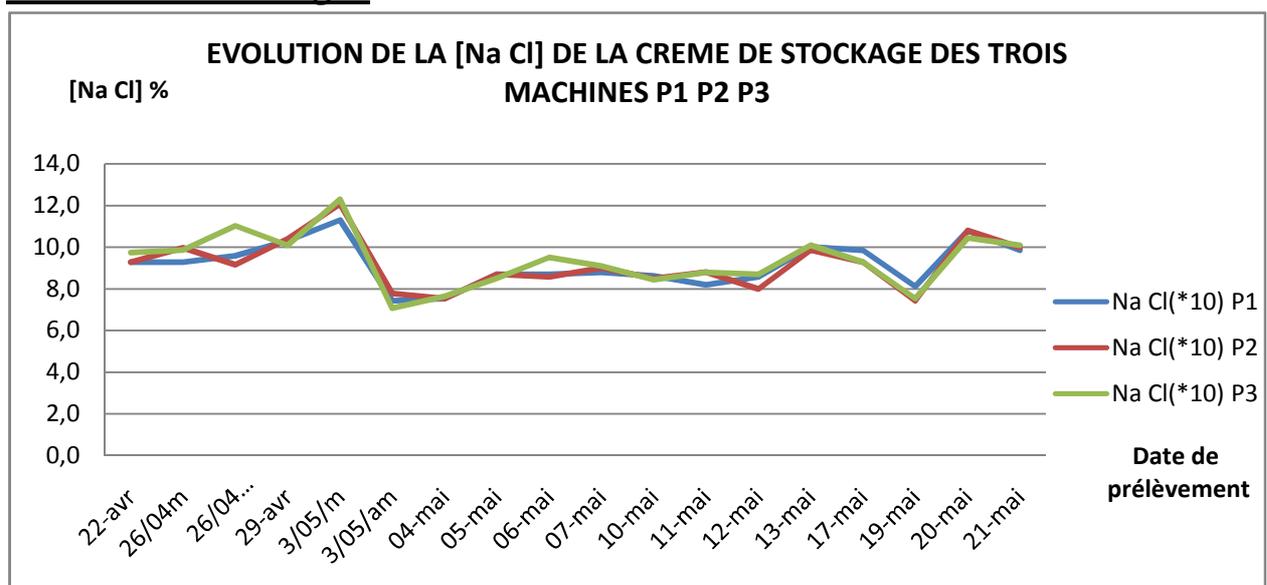
### Principe :

L'activité fermentative ou « force » de la levure est égale au volume de CO<sub>2</sub> dégagé durant un temps donné, par une quantité bien précise de levure incorporé dans une pâte de composition connue.

Ce test a été réalisé par des étudiants de Master qui ont effectué leur stage au laboratoire physico-chimique de Lesaffre Maroc car ce test de la force fermentaire fait partie de leur sujet, c'est pour cela nous avons pris les résultats qu'elles ont obtenus pour confirmer les nôtres.

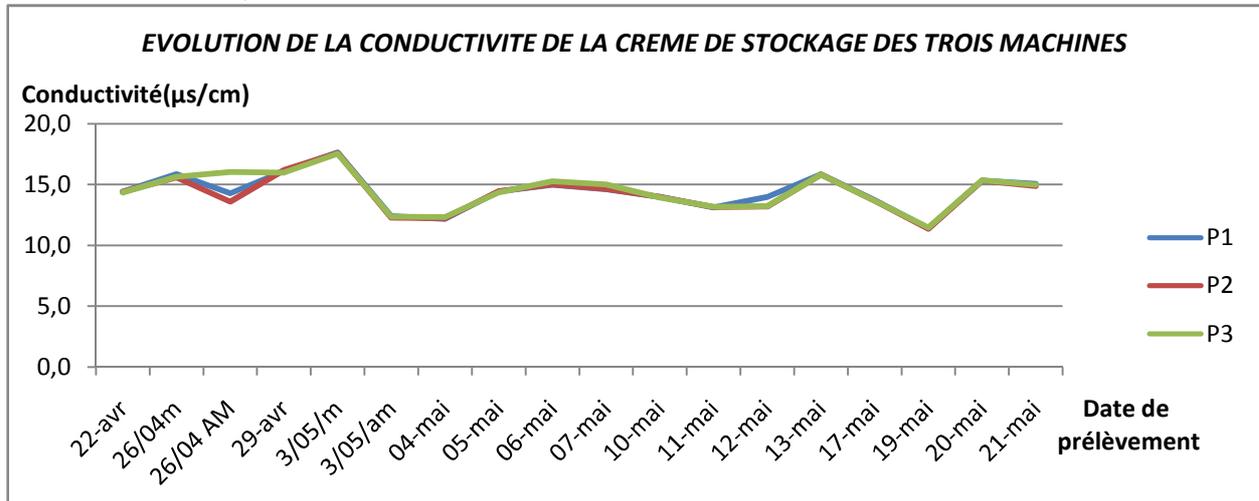
## III-Résultats et Discussions :

### A- crème de stockage :



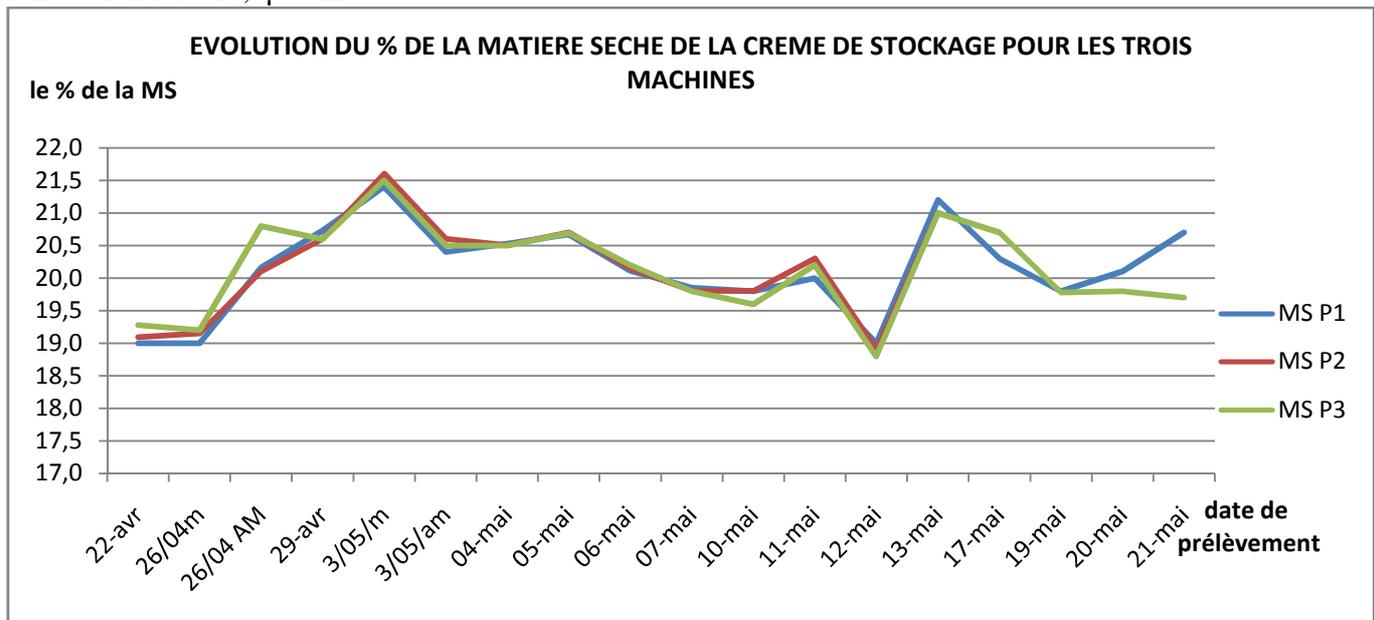
**Figure n°1 :** Evolution de la concentration de la crème de stockage pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la courbe de l'évolution de la concentration de Na Cl de la crème de stockage prend la même allure pour les trois machines avec une valeur moyenne de la concentration de 0,92%.



**Figure n°2 :** Evolution de la conductivité de la crème de stockage pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

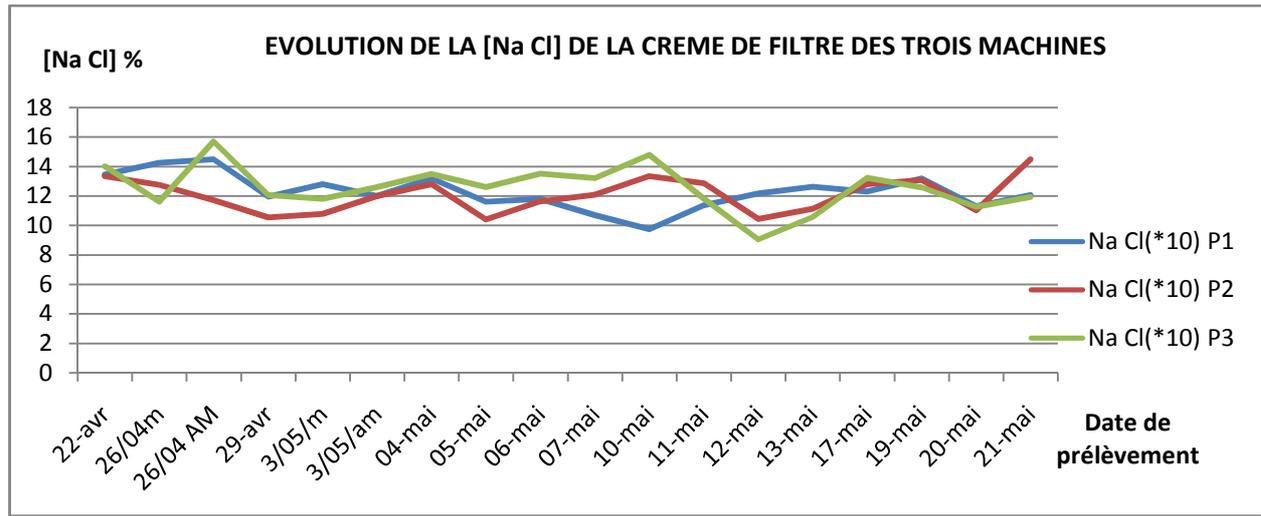
Nous constatons que la courbe d'évolution de la conductivité prend la même allure que celle de la concentration de Na Cl pour les trois machines de production avec une moyenne de conductivité de 14,3µs/cm.



**Figure n° 3:** Evolution du pourcentage de la matière sèche de la crème de stockage pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

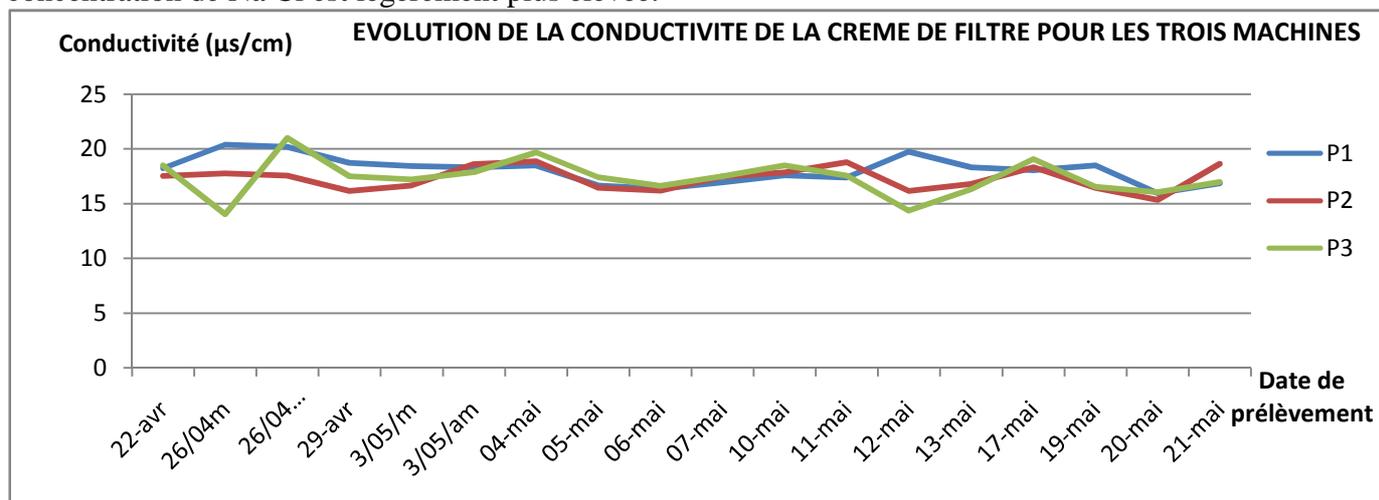
D'après la courbe représentative nous constatons qu'au niveau des trois machines il y a la même évolution du pourcentage de la matière sèche de la crème de stockage avec une moyenne de 20,2%, cette évolution est proportionnelle à celle de la [Na Cl] .

## B- Crème de filtration :



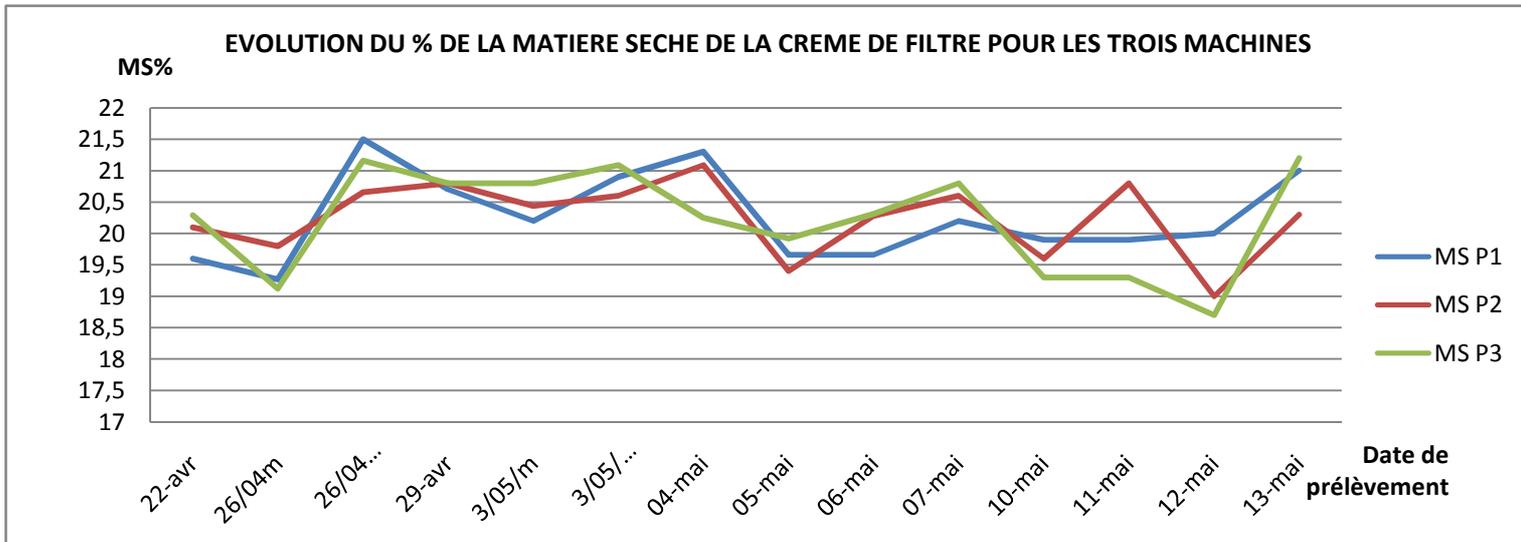
**Figure n°4 :** Evolution de la [Na Cl] de la crème de filtre pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la concentration du Na Cl de la crème de filtre évolue presque de la même manière pour les deux machines P1 et P2 par contre pour la machine P3, la concentration de Na Cl est légèrement plus élevée.



**Figure n°5 :** Evolution de la conductivité de la crème de filtre pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons qu'au niveau des trois machines ,il y a presque la même évolution de la conductivité avec une petite différence au niveau de la machines P3



**Figure 6 :** Evolution du pourcentage la matière sèche de la crème de filtre pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement

Nous constatons que le pourcentage de la matière sèche évolue de la même manière pour les machines P1 et P2 avec une petite différence au niveau de la machine P3.

### Interprétation :

- L'évolution de la concentration du Na Cl de la crème de stockage prend la même allure pour les trois machines P1,P2, P3 ceci est dû au fait que la crème de stockage est la même pour les trois lignes, c'est la crème de départ à laquelle on ajoute la même concentration de Na Cl .
- L'évolution de la conductivité prend la même allure que celle de la [Na Cl] est justifiée par le fait que la valeur de la conductivité est influencée par la présence des ions :plus qu'il y a des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  plus que la crème de stockage et de filtre sont conductibles.

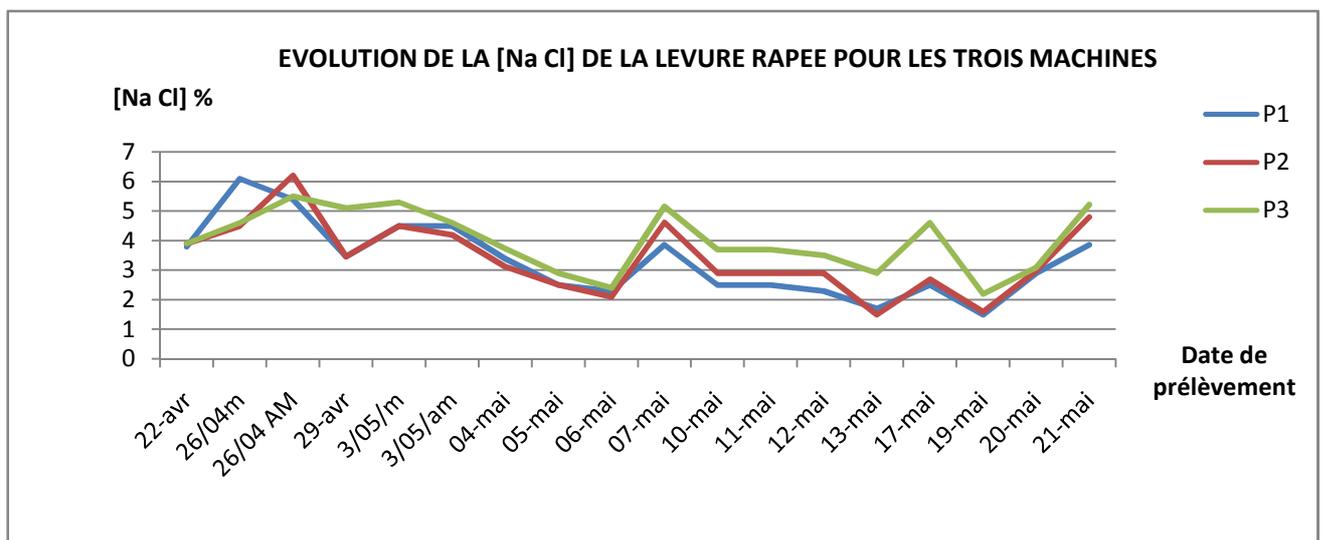


- le pourcentage de la matière sèche suit presque la même allure que celle de la concentration Na Cl car plus qu'il y a de Na Cl au milieu extérieur de la cellule de la levure, il y a sortie d'eau sous l'effet d'osmose d'où la matière sèche augmente.

### Conclusion :

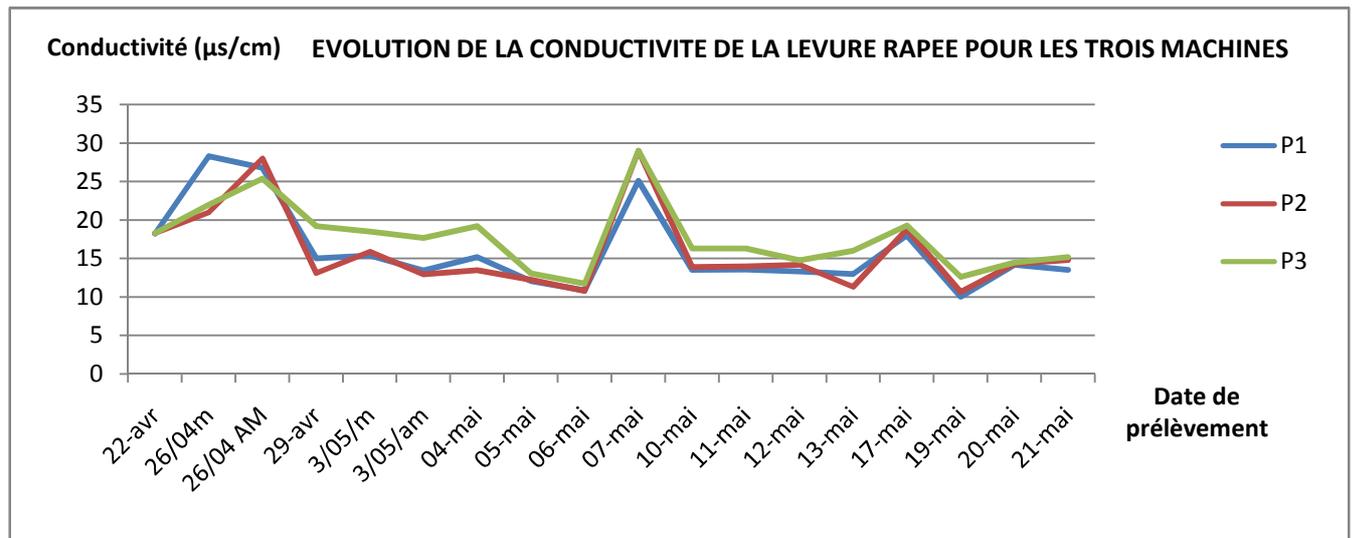
La concentration de Na Cl présent dans la crème de la levure influence sur sa conductivité et le pourcentage de la matière sèche ; plus la concentration de Na Cl est élevée , plus la conductivité et la matière sèche augmentent.

### C / Levure râpée :



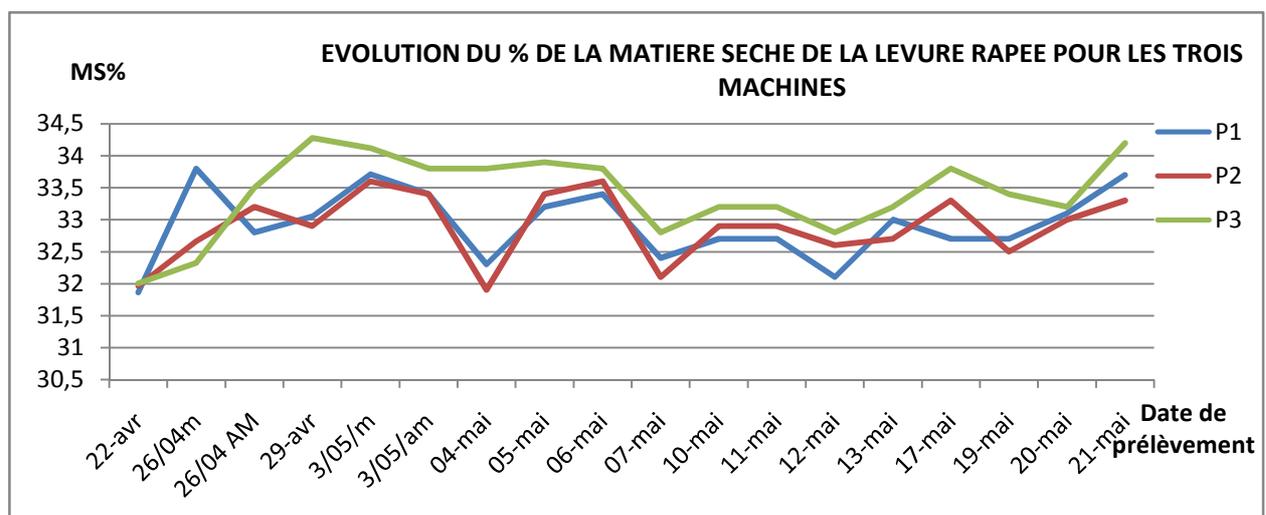
**Figure 7 :** Evolution de la [Na Cl] de la levure râpée pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons qu'au niveau de la levure râpée, l'évolution de la concentration de Na Cl suit la même allure pour P1 et P2, par contre au niveau de la P3, la concentration de Na Cl est légèrement plus élevée.



**Figure 8 :** Evolution de la conductivité de la levure râpée pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

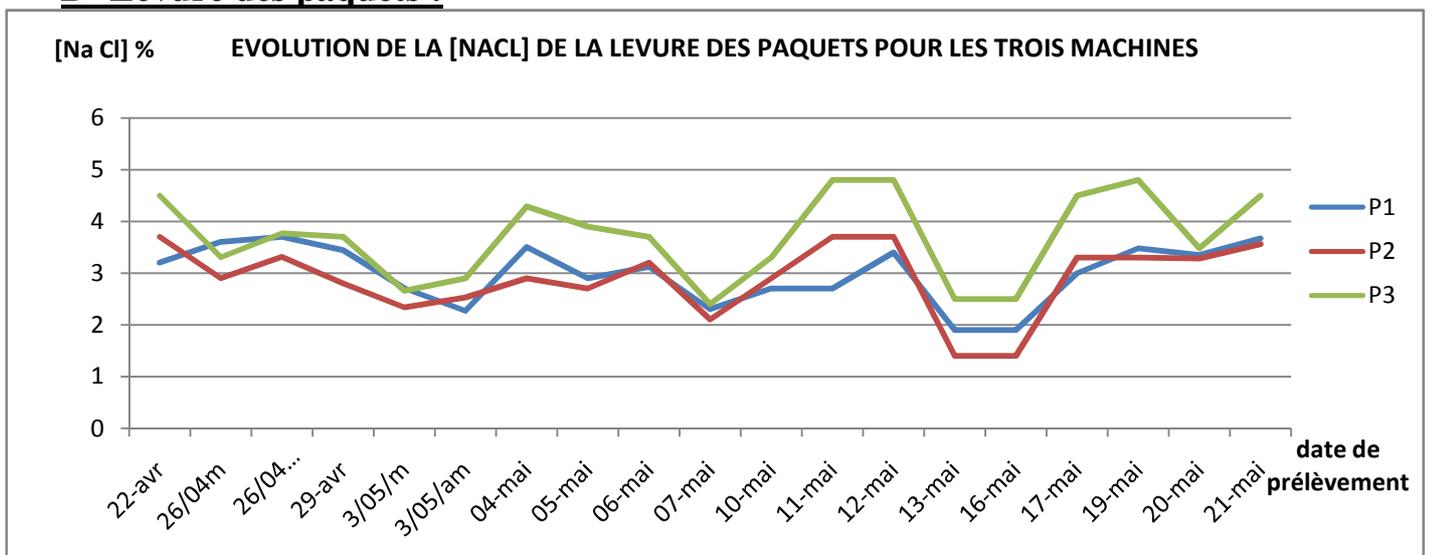
Nous constatons une même évolution de la conductivité pour P1 et P2 , tandis que la conductivité de la levure râpée de la machine P3 évolue d'une manière plus élevée.



**Figure n°9 :** Evolution du pourcentage de la matière sèche de la levure râpée pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

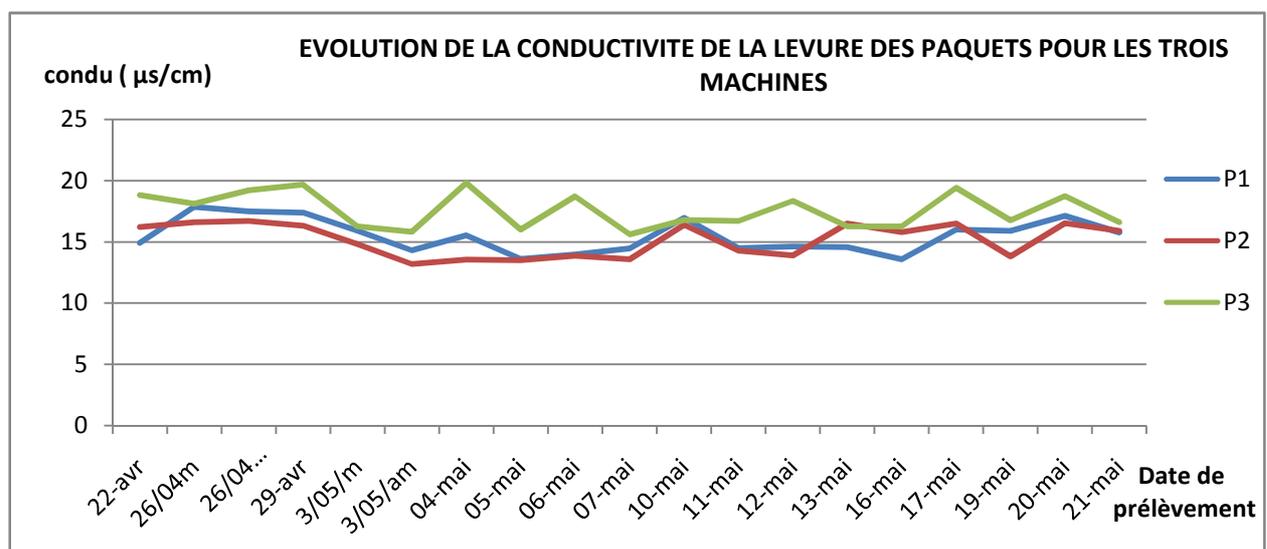
Nous constatons que le pourcentage de la matière sèche de la levure râpée au niveau de la machine P3 est plus élevée à celui des machines P1 et P2 qui évoluent avec la même allure.

### D- Levure des paquets :



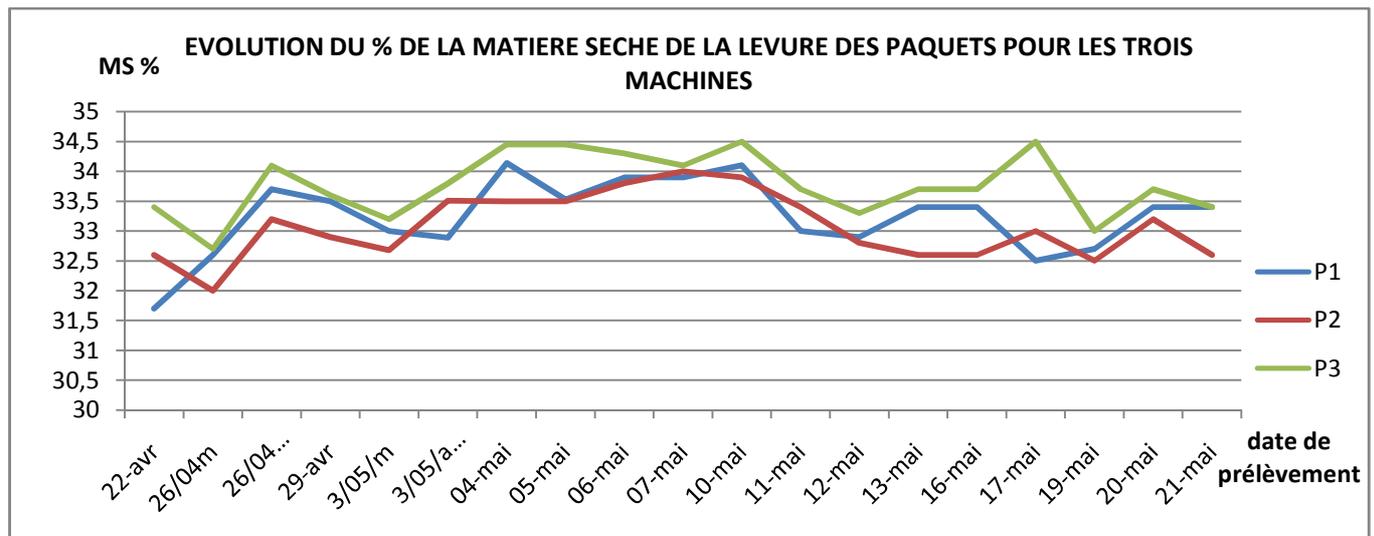
**Figure n°10 :** Evolution de la [Na Cl] de la levure des paquets pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

D'après la courbe représentative, nous constatons que le taux de Na Cl est légèrement élevé pour la machine P3, contrairement aux machines P1 et P2 qui subissent la même évolution du taux de Na Cl.



**Figure n° 11** : Evolution de la conductivité de la levure des paquets pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la conductivité au niveau des machines P1 et P2 reste presque stable avec une légère variation par contre au niveau de la machine P3, la conductivité est plus élevée.

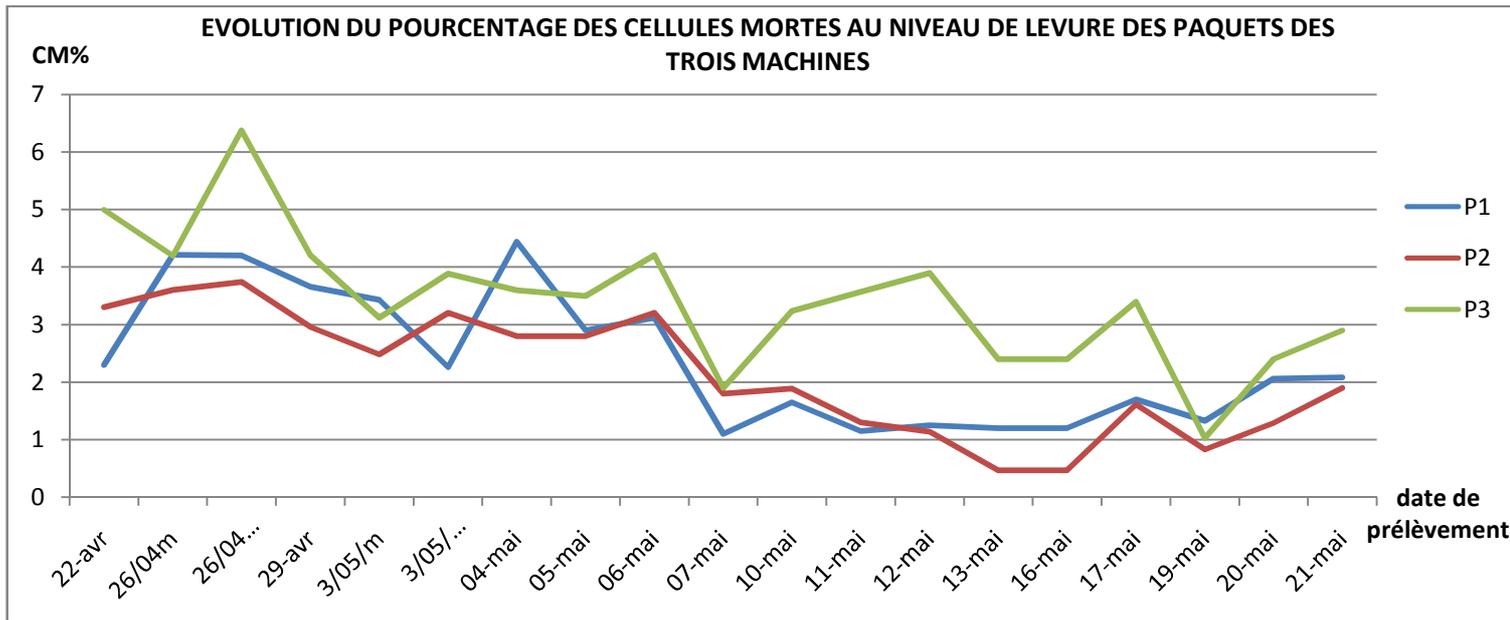


**Figure 12** : Evolution du pourcentage de la matière sèche de la levure des paquets pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement

Nous constatons que le pourcentage de la matière sèche de la levure des paquets pour la machine P3 est plus élevé à celui des machines P1 et P2.

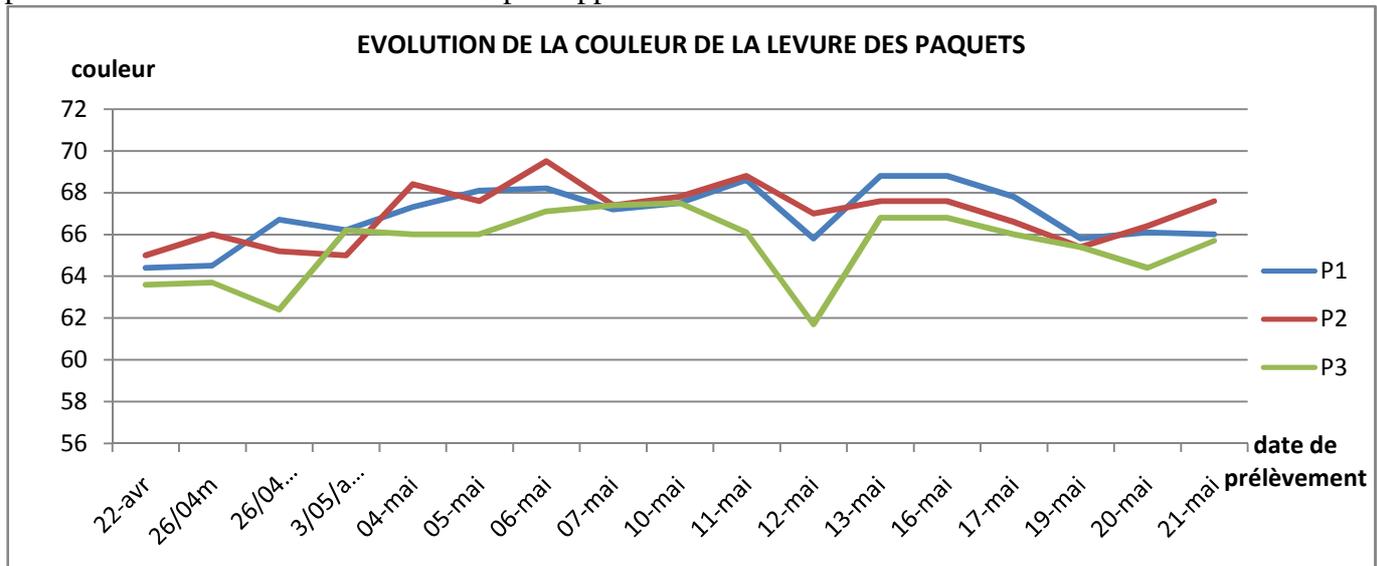
**Interprétation :**

- ✓ la même allure que prend l'évolution de la concentration de Na Cl et celle de la conductivité et du pourcentage de la matière sèche confirme que ces paramètres sont influencés par le taux de Na Cl présent dans la levure.
- ✓ La teneur de Na Cl présent dans la levure produite par la ligne P3 est élevée par rapport aux machines P1 et P2 ceci peut être du à un problème au niveau de la machine P3.



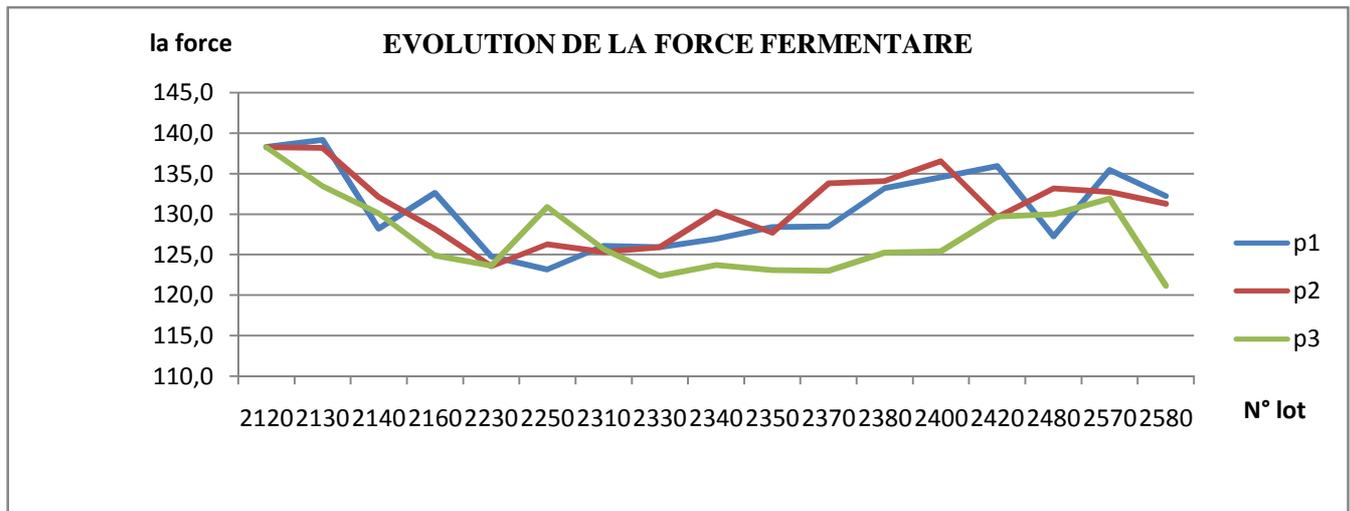
**Figure 13:** Evolution du % des cellules mortes de la levure des paquets pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

D'après La courbe représentative, nous constatons que le pourcentage des cellules mortes est plus élevé au niveau de la machine P3 par rapport aux machines P1 et P2.



**Figure 14 :** Evolution de la couleur de la levure des paquets pour les trois machines en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la valeur de la couleur de la levure au niveau de la machine P3 est plus basse par rapport à celle de la levure au niveau des deux machines P1 et P2 .



**Figure n°15** : Evolution de la force fermentaire au niveau de la levure des paquets pour les trois machines en fonction du numéro du lot.

D'après la courbe représentative ,nous constatons que la force fermentaire de la levure des paquets au niveau de la machine P3 est légèrement faible par rapport à celle de la levure produite par les machines P1 et P2.

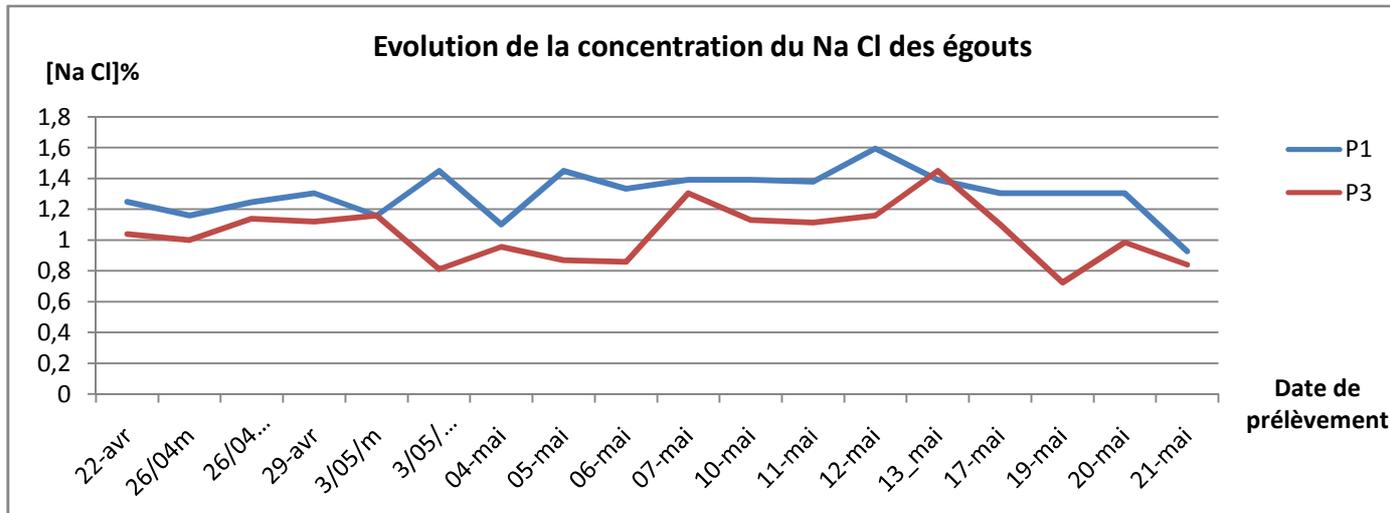
**Interprétation:**

- ✓ le pourcentage élevé des cellules mortes de la levure des paquets produite par la machine P3 est due à la concentration élevée de Na Cl présent à l'extérieur de la cellule ce qui provoque la sortie excessive d'eau ( osmose) ,d'où métabolisme de la cellule s'arrête et par la suite la cellule mort.
- ✓ la faible valeur de la couleur de la levure des paquets au niveau de P3 et qui se traduit par la clarté de la levure, est due à la quantité élevée de Na Cl présent et qui permet à la levure de se débarrasser de toutes les impuretés colorés qui sont libérées avec l'eau sortant de la levure sous l'effet de la forte concentration de Na Cl à l'extérieur (osmose).
- ✓ la faible valeur de la force fermentaire au niveau de la levure produite par la machine P3 est due au taux élevé du Na Cl présent, donc par osmose l'eau sort excessivement de la cellule de la levure jusqu'à que son métabolisme s'arrête et son pouvoir fermentaire diminue.

**Conclusion :**

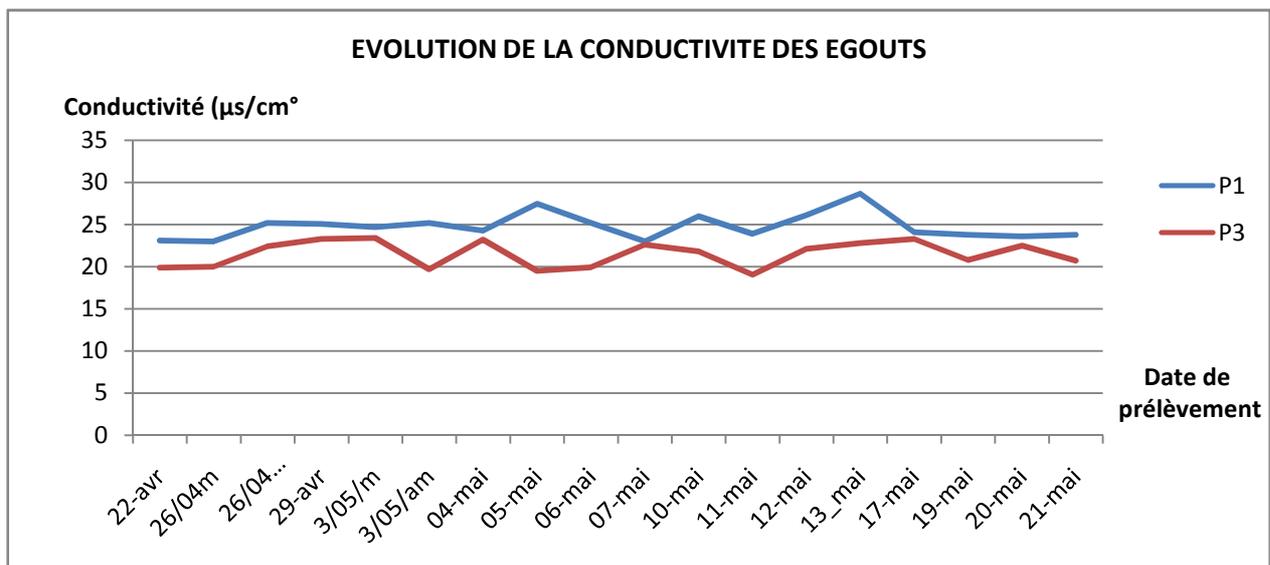
En plus de la conductivité et de la matière sèche , le taux de Na Cl présent dans la levure influence aussi sur sa couleur, son pouvoir fermentaire et son pourcentage de cellules mortes :plus la concentration de Na Cl est élevée, plus la couleur de la levure est claire ,sa force fermentaire est faible et le nombre de cellules mortes augmente.

**E-Egouts :**



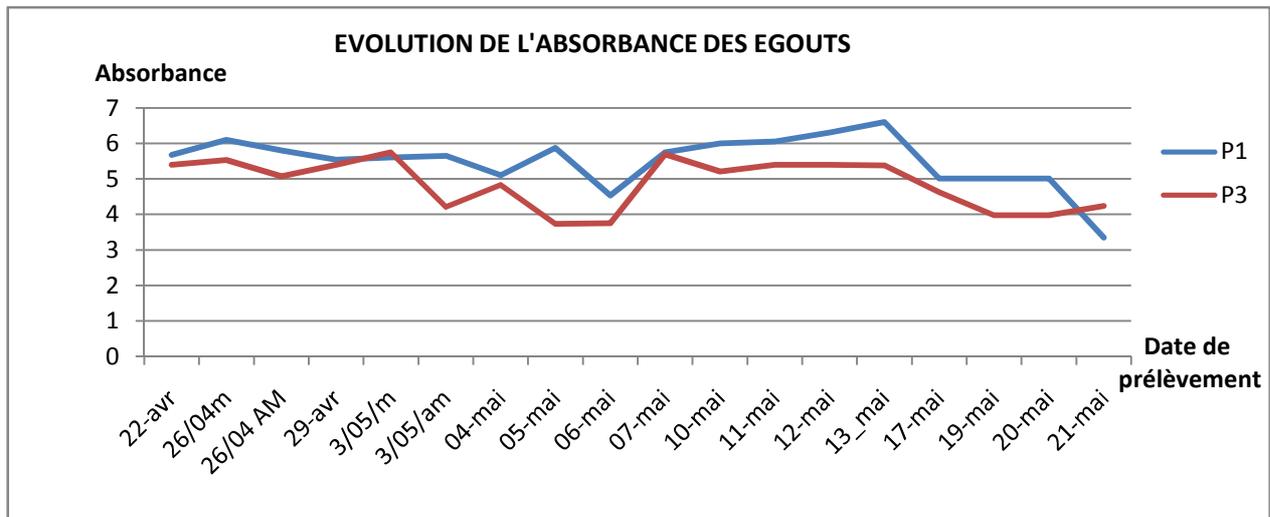
**Figure n°16 :** Evolution de la concentration du Na Cl des égouts pour les machines P1 et P2 en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la concentration de Na Cl au niveau des égouts libérés par la machine P3 est moins faible que celle au niveau des égouts libérés par la machine P1



**Figure n°17 :** Evolution de la conductivité des égouts pour les machines P1 et P2 en fonction des dates de prélèvement.

Nous constatons que la conductivité des égouts libérés par la machine P3 est moins faible que celle de la machine P1.



**Figure n°18 :** Evolution de l'absorbance des égouts pour les deux machines P1 et P2 en fonction des dates de prélèvement

Nous constatons que l'absorbance des égouts de la machine P1 est plus élevée que celle de la machine P3.

### **Interprétation :**

- ✓ les égouts libérés après la filtration de la levure sont très conductibles, ceci est dû à la présence de Na Cl qui est libéré de la levure vers les égouts avec de l'eau et les débris du milieu nutritif.
- ✓ La valeur de la conductivité des égouts de P3 est faible par rapport à celle de la machine P1 ceci est justifié par le fait qu'une grande quantité de Na Cl est restée au niveau de la levure produite par la P3 et elle n'est pas absorbée .
- ✓ Les égouts de la machine P1 contiennent les impuretés du milieu nutritif et les débris de mélasse colorés c'est pour cela ils ont une forte absorbance par rapport aux égouts de la P3.

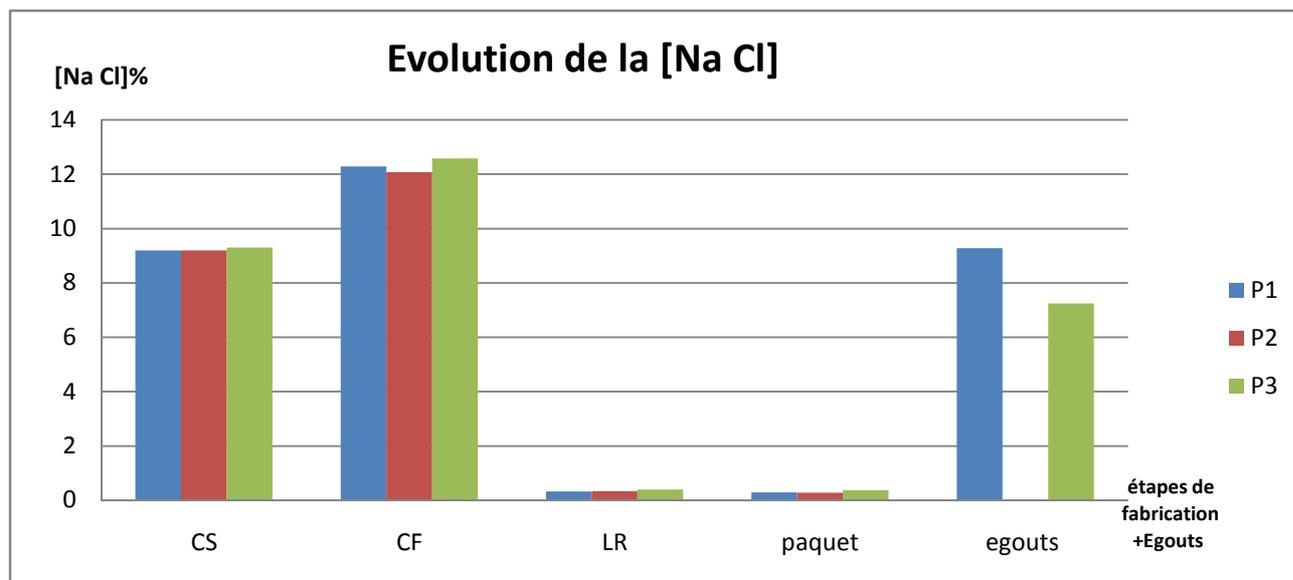
### **Conclusion :**

Nous pouvons conclure qu'il y a un problème au niveau de la filtration de la levure pour la machine de production P3 .

- **Evolution de la concentration de Na Cl tout au long les étapes de fabrication de la levure**

**Tableau n°1** : Moyenne de la concentration de Na Cl% au niveau des différentes étapes de la fabrication de la levure et au niveau des égouts

Etapes de fabrication	Machines de fabrication		
	P1	P2	P3
Crème de stockage	9,2	9,2	9,3
Crème de filtre	12,28	12,07	12,58
Levure râpée	0,33	0,34	0,4
paquet	0,299	0,283	0,37
égouts	9,28	---	7,25



**Figure 18** : Histogramme représentatif de l'évolution de la concentration de Na Cl au niveau de différentes étapes de fabrication.

Nous constatons que le taux de Na Cl au niveau de la crème de filtre a augmenté d'une façon remarquable par rapport à la première étape de fabrication c'est-à-dire au niveau de la crème de stockage pour les trois machines de production, ensuite la concentration de Na Cl a connu une forte diminution au niveau de la levure râpée et les paquets.

Tandis qu'au niveau des égouts, la concentration de Na Cl qu'ils contiennent a augmenté surtout pour la machine de production P3.



## **Interprétation**

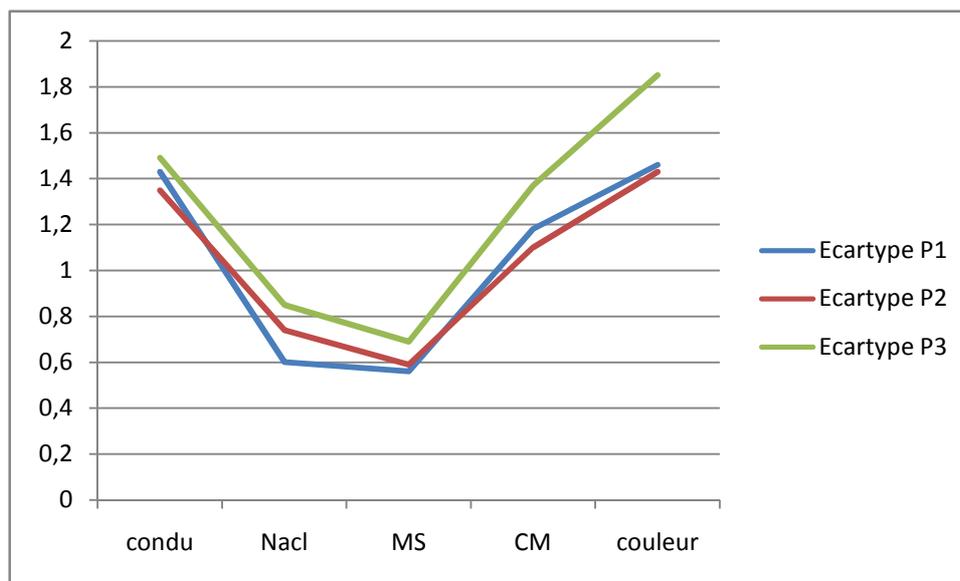
- ✓ Au début, la concentration de Na Cl au niveau de la crème de stockage est la même pour les trois machines P1, P2 ,P3 ceci est dû à l'ajout de la même concentration de Na Cl à la crème de stockage des trois machines, donc on a la même crème de stockage.
- ✓ L'augmentation de la concentration de Na Cl au niveau de la crème filtre pour les trois machines est dû au réajustement de cette concentration par l'ajout de Na Cl à travers un conduit automatique avant que la crème de filtre subit la filtration . Le Na Cl est ajouté pour régler la conductivité.
- ✓ La forte diminution de Na Cl au niveau de la levure râpée et la levure des paquets est justifiée par la filtration que la crème de filtre a subit .Cette filtration permet d'éliminer le Na Cl présent au niveau de la levure ainsi d'éliminer l'eau, les débris du milieu nutritif et de la mélasse .
- ✓ Le Na Cl éliminé, est absorbé par une pompe à vide vers les égouts au cours de la filtration , c'est pour cela qu'on a trouvé une forte concentration de Na Cl au niveau des égouts
- ✓ la concentration de Na Cl présent dans les égouts de P3 est faible par rapport à celle des égouts de P1 , ceci met en évidence un problème au niveau de la machine P3.

- **Calcul de l'écartype :**

Nous avons calculé l'écartype afin d'évaluer la stabilité de chaque machine de production.

**Tableau n°2** :Ecartype des valeurs des différents mesures effectuées.

Tests effectués	Machines de fabrication		
	P1	P2	P3
Conductivité	1,43	1,35	1,49
[Na Cl]	0,6	0,74	0,85
% Matière sèche	0,56	0,59	0,69
% Cellules mortes	1,18	1,1	1,37
Couleur	1,46	1,43	1,85

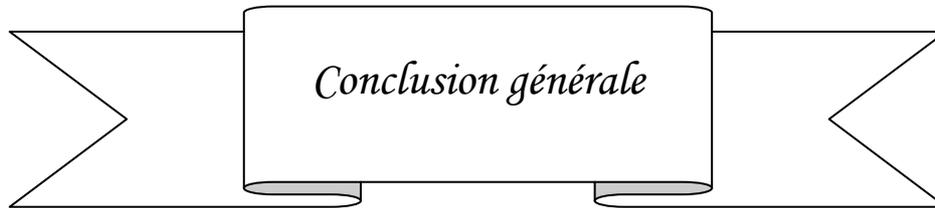


**Figure n°18** : Ecartype des valeurs des différents tests effectués sur la levure fraîche (paquets) pour les trois machines

Nous constatons la même allure de l'écartype pour les 3 machines de production et un écartype surtout élevé pour la machine P3 .

**Interprétation :**

L'écartype élevé de la machine P3 confirme les résultats précédents au niveau de cette machine. Cet écartype est élevé par rapport aux machines P1 et P2 car il ya une instabilité, cette instabilité se traduit par la présence d'un taux de Na Cl élevé au niveau de la levure produit par la P3 ceci peut être justifié par l'ajout de Na Cl au niveau de P3 pour réajuster le taux de Na Cl pour rendre la levure moins molle et plus rigide et plus claire .

A decorative banner with a central rectangular box containing the text 'Conclusion générale' in a cursive font. The banner has a ribbon-like shape with pointed ends.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons conclure que le suivi de la concentration de Na Cl tout au long les étapes de la fabrication de la levure montrent que :

- La filtration permet de diminuer le taux de Na Cl ajouté à la levure.
- La forte concentration de Na Cl peut influencer négativement sur la levure car elle fait diminuer l'activité de l'eau dans la cellule et diminue par la suite son activité métabolique et affaiblit la capacité fermentaire.

- La comparaison entre la production des trois machines P1, P2, P3 présentes à la société Lesaffre Maroc met en évidence la présence d'un problème au niveau la machine P3 puisqu'ils ajoutent du Na Cl pour réajuster la texture de la levure produite par la machine P3

Ce problème peut être mécanique au niveau de la machine P3, soit il s'agit d'un problème au niveau de l'eau de lavage ou même dû à l'état du filtre rotatif .



## Références bibliographiques

- Larpent J, 1991 : « Biotechnologie des levures ».
  
- Marlène. C ,2006 : « Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production ».
  
- Mitterrand .d, 2001 : « La levure du pain ».
  
- Peter H, Raven, Ray Franklin Evert, Susan E. Eichhorn.,1994 : « Biologie végétale ».
  
- Pierre Thuriaux ,2004 : « Les Organismes modèles- la levure »
  
- Springer .G ,1991 : « Levure de panification ».



# *Annexes*

**Tableau n° 1 :** Résultats de l'évolution de la [Na Cl] de la crème de stockage pour les trois machines

date de prélèvement	Na Cl(*10)%		
	P1	P2	P3
22-avr	9,3	9,3	9,7
26-avr M	9,3	10,0	9,9
26-avr AM	9,6	9,2	11,0
29-avr	10,3	10,4	10,1
3-mai M	11,3	12,1	12,3
3-maiAM	7,4	7,8	7,1
04-mai	7,5	7,5	7,7
05-mai	8,7	8,7	8,5
06-mai	8,7	8,6	9,5
07-mai	8,8	9,0	9,1
10-mai	8,6	8,5	8,4
11-mai	8,2	8,8	8,8
12-mai	8,6	8,0	8,7
13-mai	10,0	9,9	10,1
17-mai	9,9	9,3	9,3
19-mai	8,1	7,4	7,5
20-mai	10,8	10,8	10,4
21-mai	9,9	10,0	10,1
<b>MOY</b>	9,2	9,2	9,3

**Tableau n°2 :** Résultats de la mesure de la conductivité de la crème de stockage

Date de Prélèvement	conductivité(µs/cm)		
	P1	P2	P3
22-avr	14,4	14,4	14,4
26-avr M	15,9	15,6	15,7
26-avr AM	14,3	13,6	16,1
29-avr	16,1	16,2	16,0
3-mai M	17,7	17,6	17,6
3-mai AM	12,4	12,3	12,4
04-mai	12,2	12,2	12,4
05-mai	14,4	14,5	14,4
06-mai	15,0	15,0	15,3
07-mai	14,6	14,7	15,0
10-mai	14,0	14,0	14,0
11-mai	13,1	13,2	13,2
12-mai	14,0	13,2	13,3
13-mai	15,9	15,9	15,8
17-mai	13,7	13,7	13,7
19-mai	11,4	11,4	11,5
20-mai	15,3	15,3	15,4
21-mai	15,1	14,9	15,0
<b>MOY</b>	14,4	14,3	14,5



**Tableau n°3** : Résultats de l'évolution du pourcentage de la matière sèche de la crème de stockage

Date de prélèvement	MS%		
	P1	P2	P3
22-avr	19,0	19,1	19,3
26-avr M	19,0	19,2	19,2
26-avr AM	20,2	20,1	20,8
29-avr	20,7	20,6	20,6
3-mai M	21,4	21,6	21,5
3-mai AM	20,4	20,6	20,5
04-mai	20,5	20,5	20,5
05-mai	20,7	20,7	20,7
06-mai	20,1	20,2	20,2
07-mai	19,9	19,8	19,8
10-mai	19,8	19,8	19,6
11-mai	20,0	20,3	20,2
12-mai	19,0	18,9	18,8
13-mai	21,2	21,0	21,0
17-mai	20,3	20,5	20,7
19-mai	19,8	19,7	19,8
20-mai	20,1	19,7	19,8
21-mai	20,7	20,9	19,7
<b>MOY</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,1</b>

**Tableau n° 4** : Résultats de l'évolution de la [Na Cl] de la crème de filtration .

Date de prélèvement	Na Cl(*10)%		
	P1	P2	P3
22-avr	13,45	13,34	14
26-avr M	14,26	12,76	11,6
26-avr AM	14,5	11,716	15,7
29-avr	11,95	10,55	12,06
3-mai M	12,8	10,788	11,8
3-mai AM	12	12	12,6
04-mai	13,2	12,8	13,5
05-mai	11,6	10,4	12,6
06-mai	11,8	11,63	13,52
07-mai	10,7	12,1	13,2
10-mai	9,74	13,34	14,8
11-mai	11,37	12,88	11,83
12-mai	12,18	10,44	9,05
13-mai	12,64	11,13	10,56
17-mai	12,3	12,8	13,23
19-mai	13,2	13,1	12,58
20-mai	11,3	11,02	11,25
21-mai	12,06	14,5	11,94
<b>MOY</b>	<b>12,2806</b>	<b>12,0719</b>	<b>12,5456</b>

**Tableau n°5 :** Résultats de la mesure de la conductivité de la crème de filtration pour les trois machines

Date de Prélèvement	conductivite( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		
	P1	P2	P3
22-avr	18,26	17,53	18,5
26/04m	20,4	17,77	14,04
26/04 AM	20,2	17,56	21
29-avr	18,75	16,16	17,52
3/05/m	18,44	16,666	17,22
3/05/am	18,34	18,61	17,88
04-mai	18,5	18,87	19,7
05-mai	16,67	16,46	17,43
06-mai	16,4	16,18	16,63
07-mai	16,96	17,47	17,5
10-mai	17,6	17,84	18,49
11-mai	17,4	18,77	17,56
12-mai	19,75	16,15	14,35
13-mai	18,33	16,79	16,32
17-mai	18,06	18,33	19,08
19-mai	18,52	16,43	16,55
20-mai	15,98	15,34	16,04
21-mai	16,88	18,63	16,97
<b>MOY</b>	<b>18,08</b>	<b>17,3087</b>	<b>17,3767</b>

**Tableau n°6 :** Résultats de l'évolution du pourcentage de la matière sèche de la crème de filtre

Date de prélèvement	MS%		
	P1	P2	P3
22-avr	19,6	20,1	20,29
26-avr M	19,27	19,8	19,12
26-avr AM	21,5	20,66	21,16
29-avr	20,7	20,8	20,8
3-mai M	20,2	20,44	20,8
3-mai AM	20,9	20,6	21,09
04-mai	21,3	21,09	20,25
05-mai	19,66	19,4	19,92
06-mai	19,66	20,28	20,31
07-mai	20,2	20,6	20,8
10-mai	19,9	19,6	19,3
11-mai	19,9	20,8	19,3
12-mai	20	19	18,7
13-mai	21	20,3	21,2
17-mai	20,5	20,5	20,99
19-mai	19,5	20	19,9
20-mai	20,1	20,3	19,8
21-mai	19,8	20,5	19,6
<b>MOY</b>	<b>20,205</b>	<b>20,265</b>	<b>20,185</b>

**Tableau n°7** :Résultats de l'évolution de la [Na Cl] de la levure râpée pour les trois machines

Date de prélèvements	Na Cl%		
	P1	P2	P3
22-avr	3,8	3,9	3,9
26-avr M	6,1	4,5	4,6
26-avr AM	5,4	6,2	5,5
29-avr	3,46	3,46	5,1
3-mai M	4,5	4,5	5,3
3-mai AM	4,5	4,2	4,61
04-mai	3,39	3,12	3,73
05-mai	2,5	2,5	2,9
06-mai	2,3	2,1	2,4
07-mai	3,86	4,61	5,15
10-mai	2,5	2,9	3,7
11-mai	2,5	2,9	3,7
12-mai	2,3	2,9	3,5
13-mai	1,7	1,5	2,9
17-mai	2,5	2,7	4,6
19-mai	1,5	1,6	2,2
20-mai	2,9	2,98	3,09
21-mai	3,86	4,8	5,22
<b>MOY</b>	<b>3,3094</b>	<b>3,4094</b>	<b>4,0056</b>

**Tableau n°8** :Résultats de l'évolution de la conductivité de la levure râpée pour les trois machines

Date de Prélèvement	Conductivité (µs/cm)		
	P1	P2	P3
22-avr	18,2	18,3	18,3
26/04m	28,3	21	22
26/04 AM	26,8	28	25,4
29-avr	15	13,09	19,2
3/05/m	15,4	15,9	18,5
3/05/am	13,42	12,94	17,7
04-mai	15,19	13,48	19,24
05-mai	12,06	12,21	13,1
06-mai	10,87	10,76	11,76
07-mai	25,1	29	29
10-mai	13,5	13,9	16,3
11-mai	13,54	13,98	16,3
12-mai	13,32	14,17	14,8
13-mai	12,99	11,31	16,04
17-mai	18	18,8	19,3
19-mai	10,03	10,65	12,61



20-mai	14,17	14,3	14,5
21-mai	13,5	14,8	15,2
<b>MOY</b>	<b>16,0772</b>	<b>15,9217</b>	<b>17,7361</b>

**Tableau n°9** :Résultats de l'évolution de % de la matière sèche de la levure râpée pour les trois machines

Date de pré	MS%		
	P1	P2	P3
22-avr	31,86	31,96	32
26-avr M	33,8	32,66	32,32
26-avr AM	32,8	33,2	33,5
29-avr	33,05	32,9	34,28
3-mai M	33,71	33,6	34,12
3-mai AM	33,4	33,4	33,8
04-mai	32,3	31,9	33,8
05-mai	33,2	33,4	33,9
06-mai	33,4	33,6	33,8
07-mai	32,4	32,1	32,8
10-mai	32,7	32,9	33,2
11-mai	32,7	32,9	33,2
12-mai	32,1	32,6	32,8
13-mai	33	32,7	33,2
17-mai	32,7	33,3	33,8
19-mai	32,7	32,5	33,4
20-mai	33,1	33	33,2
21-mai	33,7	33,3	34,2
<b>MOY</b>	<b>32,9233</b>	<b>32,8844</b>	<b>33,4067</b>

**Tableau n°10** :Résultats de l'évolution de la [Na Cl] de la levure des paquets pour les trois machines

Date de pré	[Na Cl]%		
	P1	P2	P3
22-avr	3,2	3,7	4,5
26-avr M	3,6	2,9	3,31
26-avr AM	3,7	3,31	3,77
29-avr	3,44	2,8	3,7
3-mai M	2,71	2,34	2,66
3-mai AM	2,27	2,53	2,9
04-mai	3,5	2,9	4,29
05-mai	2,9	2,7	3,9
06-mai	3,12	3,2	3,7
07-mai	2,3	2,1	2,4
10-mai	2,7	2,9	3,3
11-mai	2,7	3,7	4,8
12-mai	3,4	3,7	4,8
13-mai	1,9	1,4	2,5
17-mai	1,9	1,4	2,5
19-mai	3	3,3	4,5



20-mai	3,48	3,3	4,8
21-mai	3,35	3,28	3,48
MOY	2,9539	2,8589	3,6561

**Tableau n°11** :Résultats de l'évolution de la conductivité de la levure des paquets

Date de Prélèvement	conductivité(/10)( $\mu$ s/cm)		
	P1	P2	P3
22-avr	14,9	16,2	18,8
26/04m	17,86	16,6	18,1
26/04 AM	17,5	16,7	19,2
29-avr	17,4	16,32	19,66
3/05/m	15,9	14,8	16,24
3/05/am	14,3	13,2	15,8
04-mai	15,55	13,56	19,8
05-mai	13,6	13,5	15,98
06-mai	13,96	13,87	18,7
07-mai	14,47	13,59	15,6
10-mai	16,98	16,4	16,78
11-mai	14,5	14,3	16,7
12-mai	14,63	13,9	18,34
13-mai	14,58	16,5	16,26
17-mai	13,58	15,8	16,26
19-mai	16	16,5	19,4
20-mai	15,9	13,83	16,75
21-mai	17,14	16,51	18,74
MOY	15,4861	15,1156	17,6172

**Tableau n°12** :Résultats de l'évolution du pourcentage de la matière sèche de la levure des paquets pour les trois machines.

Date de prélèvement	MS%		
	P1	P2	P3
22-avr	31,7	32,6	33,4
26-avr M	32,6	32	32,7
26-avr AM	33,7	33,2	34,1
29-avr	33,5	32,9	33,6
3-mai M	33	32,68	33,2
3-mai AM	32,89	33,51	33,8
04-mai	34,14	33,5	34,45
05-mai	33,53	33,5	34,45
06-mai	33,9	33,8	34,3

07-mai	33,9	34	34,1
10-mai	34,1	33,9	34,5
11-mai	33	33,4	33,7
12-mai	32,9	32,8	33,3
13-mai	33,4	32,6	33,7
17-mai	33,4	32,6	33,7
19-mai	32,5	33	34,5
20-mai	32,7	32,5	33
21-mai	33,4	33,2	33,7
<b>MOY</b>	<b>33,2367</b>	<b>33,0939</b>	<b>33,7889</b>

**Tableau n°13** :Résultats de l'évolution du pourcentage des cellules mortes dans la levure des paquets pour les trois machines

Date de prélèvement	CM %		
	P1	P2	P3
22-avr	2,3	3,3	5
26-avr M	4,21	3,6	4,2
26-avr AM	4,2	3,74	6,38
29-avr	3,66	2,96	4,21
3-mai M	3,43	2,48	3,12
3-mai AM	2,26	3,2	3,89
04-mai	4,44	2,8	3,6
05-mai	2,9	2,8	3,5
06-mai	3,12	3,2	4,21
07-mai	1,1	1,8	1,9
10-mai	1,65	1,89	3,24
11-mai	1,15	1,3	3,57
12-mai	1,25	1,14	3,9
13-mai	1,2	0,47	2,4
16-mai	1,2	0,47	2,4
17-mai	1,7	1,61	3,4
19-mai	1,33	0,83	1,03
20-mai	2,06	1,29	2,4
21-mai	2,08	1,9	2,9
<b>MOYENNE</b>	<b>2,38105263</b>	<b>2,14631579</b>	<b>3,43421053</b>

**Tableau n°14** :Résultats de l'évolution de la couleur de la levure des paquets

Date de prélèvement	couleur		
	P1	P2	P3
22-avr	64,4	65	63,6
26-avr M	64,5	66	63,7
26-avr AM	66,7	65,2	62,4
3-mai AM	66,2	65	66,2
04-mai	67,3	68,4	66
05-mai	68,1	67,6	66
06-mai	68,2	69,5	67,1



07-mai	67,2	67,4	67,4
10-mai	67,5	67,8	67,5
11-mai	68,6	68,8	66,1
12-mai	65,8	67	61,7
13-mai	68,8	67,6	66,8
16-mai	68,8	67,6	66,8
17-mai	67,8	66,6	66
19-mai	65,8	65,4	65,4
20-mai	66,1	66,4	64,4
21-mai	66	67,6	65,7
<b>MOYENNE</b>	<b>66,9294</b>	<b>66,9941</b>	<b>65,4588</b>

**Tableau n°15** :Résultats de l'évolution de la force fermentaire au niveau de la levure des paquets

N° lot	p1	p2	p3
2120	138,3	138,3	138,3
2130	139,2	138,2	133,5
2140	128,2	132,1	130,1
2160	132,6	128,2	124,9
2230	124,8	123,6	123,6
2250	123,1	126,3	130,9
2310	126,0	125,3	125,7
2330	125,9	125,9	122,4
2340	126,9	130,3	123,7
2350	128,4	127,7	123,1
2370	128,5	133,8	123,0
2380	133,2	134,1	125,3
2400	134,6	136,5	125,4
2420	135,9	129,6	129,7
2480	127,2	133,2	130,0
2570	135,5	132,8	131,9
2580	132,2	131,3	121,2

**Tableau n°16** :Résultats de l'évolution de la concentration de Na Cl dans les égouts pour les machines P1 et P2

Date de prélèvement	Na Cl%	
	P1	P3
22-avr	1,25	1,04
26-avr M	1,16	1
26-avr AM	1,247	1,14
29-avr	1,305	1,12
3-mai M	1,16	1,16
3-mai AM	1,45	0,812
04-mai	1,102	0,957
05-mai	1,45	0,87
06-mai	1,334	0,86
07-mai	1,392	1,305

10-mai	1,392	1,131
11-mai	1,38	1,115
12-mai	1,595	1,16
13-mai	1,392	1,45
16-mai	1,305	1,102
17-mai	1,305	0,725
19-mai	1,305	0,985
20-mai	0,928	0,841
<b>MOYENNE</b>	<b>1,30</b>	<b>1,04</b>

**Tableau n°17** :Résultats de l'évolution de la conductivité des égouts

	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	
	P1	P3
22-avr	23,1	19,87
26/04m	23	20
26/04 AM	25,2	22,4
29-avr	25,1	23,3
3/05/m	24,7	23,4
3/05/am	25,2	19,7
04-mai	24,3	23,2
05-mai	27,5	19,5
06-mai	25,2	19,9
07-mai	23	22,6
10-mai	26	21,8
11-mai	23,9	19,04
12-mai	26,1	22,1
13_mai	28,7	22,8
17-mai	24,1	23,3
19-mai	23,8	20,8
20-mai	23,6	22,5
21-mai	23,8	20,7
<b>MOY</b>	<b>24,79</b>	<b>21,49</b>

**Tableau n°18** :Résultats de l'évolution de l'absorbance des égouts

	absorbance	
	P1	P3
22-avr	5,673	5,4
26/04m	6,1	5,536
26/04 AM	5,8	5,078
29-avr	5,54	5,4
3/05/m	5,603	5,751
3/05/am	5,645	4,21
04-mai	5,1	4,83
05-mai	5,87	3,735
06-mai	4,535	3,75
07-mai	5,75	5,7
10-mai	5,995	5,21



11-mai	6,05	5,4
12-mai	6,3	5,4
13_mai	6,6	5,38
17-mai	5,015	4,625
19-mai	5,015	3,978
20-mai	5,015	3,978
21-mai	3,35	4,24
MOY	5,4976	4,8667