



Université Sidi Mohamed Ben Abdallah
Faculté des Sciences et Techniques de FES



Projet de Fin d'Etude

Réalisé au sein de LESAFFRE Maroc

Spécialité :

Licence Sciences et Techniques

*Bioprocédés, Hygiène et Sécurité des
Aliments*

**« Suivi des analyses physico-chimiques et
bactériologiques de l'eau avant et après
chloration à LESAFFRE MAROC »**

Présenté par :

Mlle. EL-QASRY Salma

Encadré par :

Mr. Ali BENNANI

Pr. N. EL GHACHTOULI

Soutenu le: 06 Juin 2017

Membres de jury :

Pr .GHACHTOULI

Pr .BENCHEIKH

Année Universitaire

2016-2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

➤ *A mes parents*

Qui m'ont donnés beaucoup de soutien et d'encouragement, symbolisant pour moi le sacrifice, et pour qui aucune dédicace n'exprimera la profondeur de mon amour.

➤ *A mes chers frères pour leur véritable et sincère amour*

Je leur souhaite une vie pleine de succès et de bonheur.

➤ *A mes encadrants et enseignants*

Qui nous ont dirigés vers le chemin de succès par leur compréhension et leur conseil.

Veillez trouver dans ce travail, l'expression de mes profondes reconnaissances.

Ainsi à tous ceux qui se dévouent sans cessa pour m'éclairer la voie et les immenses horizons du savoir et dont la vocation mérite largement mes respects.

Remerciement

Tout d'abord je remercie **Allah** pour tous les bienfaits qu'il m'a accordé et pour le courage qu'il m'a attribué afin de compléter ce projet.

Je remercie **Mr. Le colonel. EL ABBADI** qui m'a beaucoup aidé dans ma recherche de stage et m'a permis de postuler dans LESAFFRE MAROC qui était en totale adéquation avec mes attentes.

Je remercie **la direction de la société LESAFFRE MAROC** qui a acceptée de m'accueillir au sein de son organisme.

Mes remerciements sont destinés aussi à **Mr. BENNANI Ali** pour ses efforts considérables qu'il a déployé, pour son encadrement et pour sa présence permanente au cours de la réalisation du projet, et pour l'attention qu'il a accordée à mon travail.

Mes profondes gratitude s'adressent également à **Mr. Lotfi Aarab** le chef de la filière BHSa pour l'opportunité qui m'a fournie pour suivre mes études au sein de l'FSTF.

Je remercie le jury **Mme. N. EL GHACHTOULI** et **Mr. BENCHEIKH** pour ses efforts et.

Je remercie enfin toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des abréviations

Abréviation Explication

TAR	Tours aéro-réfrigérantes
EP	Eau potable
ET	Eau traitée
BAC	Bac d'eau chlorée
EAd	Eau adoucie
THT	Le titre hydrotimétrique total
TAC	Le titre alcalimétrique Complet
Cl-	L'ion chlorure
CD	Conductivité
pH	Le potentiel hydrogène
FMAT	La flore mésophile aérobie totale
CT	Les coliformes totaux

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la société

Figure 2 : Structure d'une levure

Figure 3 : Diagramme de fabrication de la levure

Figure 4 : Le circuit général de l'eau à LESAFFRE

Figure 5 : Le circuit de l'eau entre les échangeurs et les RAT

Figure 6 : Le circuit de l'eau destinée à alimenter les fermenteurs

Liste des tableaux

Tableau 1 : Gamme des produits de LESAFFRE MAROC

Tableau 2 : Les différents ions existants dans l'eau

Tableau 3 : Résultats des analyses de la station d'eau potable et la tour de refroidissement

Tableau 4 : Résultats des analyses de la station BAC et avant BAC

Tableau 5: Résultats de dénombrement de la FMAT

Tableau 6 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux

Sommaire

Dédicace	
Remerciement.....	
Liste des abréviations	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
Partie I : Présentation de l'entreprise.....	2
I- Présentation de LESAFFRE MAROC	3
1- Croissance et développement de LESAFFRE au cours du temps.....	4
3- Fiche technique de LESAFFRE MAROC	6
Partie II : bibliographie.....	7
I- Fabrication de la levure de panification	8
1- Généralités sur la levure	8
1-1 Définition.....	8
1-2 Structure et mode de reproduction de la levure.....	8
1-3 Métabolisme de la levure.....	9
2- Diagramme de fabrication (LESAFFRE).....	9
II- L'eau à LESAFFRE MAROC.....	13
1- Généralités sur l'eau.....	13
1- 1 Définition.....	13
1- 2 Différents types d'eaux.....	13
1-3 Ions existants dans l'eau.....	14
2- Circuit de l'eau dans la société.....	14
Partie III : Matériel et méthodes.....	18
I- Prélèvement des échantillons d'eau.....	19
II- Analyses physico-chimiques	19
1- Titre hydrotimétrique total : THT.....	19
2- Titre Alcalimétrique Complet : TAC	19
3- L'ion chlorure : Cl-.....	20
4- Le chlore.....	20
5- Mesure de la conductivité.....	21
6- Mesure du pH.....	21
III- Analyses bactériologiques	21
1- La flore mésophile aérobie totale FMAT	21

2- Les coliformes totaux	22
Partie IV : Résultats et discussion.....	24
I- Caractéristiques physico-chimiques	25
1- Station d'eau potable et la tour de refroidissement	25
2- Station BAC et AVANT BAC	27
II- Caractéristiques microbiologiques	28
1- Dénombrement de la FMAT avant et après chloration en UFC/ml.....	28
2- Dénombrement des coliformes totaux avant et après chloration en UFC/ml.....	29
Conclusion.....	30
Liste des références	
Annexe	

Introduction générale

Louis Pasteur découvre la capacité qu'ont certains organismes, les levures, de vivre en l'absence d'oxygène libre (c'est-à-dire en l'absence d'air) en utilisant la fermentation. Ainsi la levure tenue à l'abri de l'air consomme du sucre (le plus souvent le glucose) en provoquant une réaction chimique qui libère des substances (éthanol et dioxyde de carbone) afin de produire de l'énergie sous forme d'une molécule nommée adénosine triphosphate : c'est la fermentation alcoolique.

La levure de boulanger est conditionnée de plusieurs manières selon l'utilisation pour laquelle elle est prévue. Deux formes de conditionnement sont les plus fréquemment utilisées : le conditionnement de levures sèches et celui de levures fraîches^{1, 2}.

LESAFFRE MAROC accorde une grande importance à l'eau, afin d'assurer une qualité irréprochable de leurs produits, et de préserver l'environnement, le matériel et les canalisations de l'usine.

BUT :

La contamination constatée en 2014 est peut-être dû à la qualité de l'eau, l'hypothèse été vérifiée en 2015 après l'installation de la station de chloration. Le problème de la qualité des produits finis nous a obligé de réassurer de la qualité de l'eau utilisée pour la production.

Ce rapport sera réparti en trois parties :

- La première partie : consacrer à une petite présentation de la société LESAFFRE MAROC et une partie bibliographique sur la levure et ses différentes étapes de production. Un contexte général et technique du projet, les différents procédés de traitement, et les circuits de l'eau dans l'usine.
- La deuxième partie : La partie expérimentale qui consiste à effectuer des analyses sur l'eau
- La troisième partie : exploitation des résultats et leur présentation graphique, ainsi une interprétation de ces résultats.

Partie I : Présentation de l'entreprise

I- Présentation de LESAFFRE MAROC

LESAFFREGROUP

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire LESAFFRE est le leader mondial dans le domaine de la levure de panification. Fort de ses connaissances approfondies de la levure et de ses compétences pointues en biotechnologies.

Innovation technique, maîtrise des savoir-faire, capacité à proposer des solutions sur-mesure ont contribué à construire le succès de LESAFFRE. Son aptitude à anticiper les besoins, à comprendre les attentes de ses clients et à fournir des produits de qualité : ont imposé le Groupe comme fournisseur incontournable des industriels, et du grand public. 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^{ème} siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice : Angleterre, Belgique, Suisse, Italie et Espagne. Ce qui semble tout naturel aujourd'hui représente un tour de force pour l'époque, en raison des conditions de transport et de distribution.

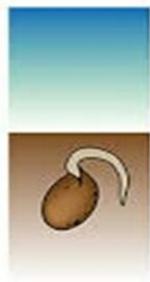
Une marque fait son apparition avec un symbole de proximité et de fidélité, « l'hirondelle » qui traversera le temps et l'espace, un logo qui, 150 ans plus, identifie les produits de la société et se considère comme l'emblème fédérateur du groupe LESAFFRE dans le monde via ses 35 sites de production et sociétés commerciales et de distribution afin d'être plus proche de ses clients(3).

1- Croissance et développement de LESAFFRE au cours du temps



1853

Louis LESAFFRE - Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille.



1863

Acquisition du premier moulin à Marcq-en-Baroeul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle LESAFFRE qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du Groupe.



1985

Naissance de la marque de levure l'hirondelle. Une hirondelle dont le dessin va évoluer au fil du temps, jusqu'à devenir l'emblème du Groupe en 2003.



1973

Première production de levure sèche instantanée.

La Société LESAFFRE MAROC fabrique et commercialise la levure et les améliorants de panification .

➤ La levure de panification

Une levure fraîche de 500g la plus couramment employée en panification et une levure sèche :

La levure sèche instantanée qui est très appréciée des industries et des artisans boulangers pour sa simplicité d'utilisation et sa longue durée de conservation.

La levure sèche à réhydrater a été élaborée pour des applications de panification industrielles et artisanales.

➤ Les améliorants de panification

Un améliorant de panification est une combinaison cohérente et équilibrée d'ingrédients bien choisis d'origine céréalière, mélangés sur la base d'une formulation adaptée. Ils facilitent le travail du boulanger et optimisent les caractéristiques fonctionnelles du pain(4).

Tableau 1 : Gamme des produits de LESAFFRE MAROC

Levure fraîche	Levure sèche		Améliorants
	SPI : levure sèche instantanée	SPH : levure sèche active à réhydrater	
	 		

2- Organigramme de LESAFFRE Maroc

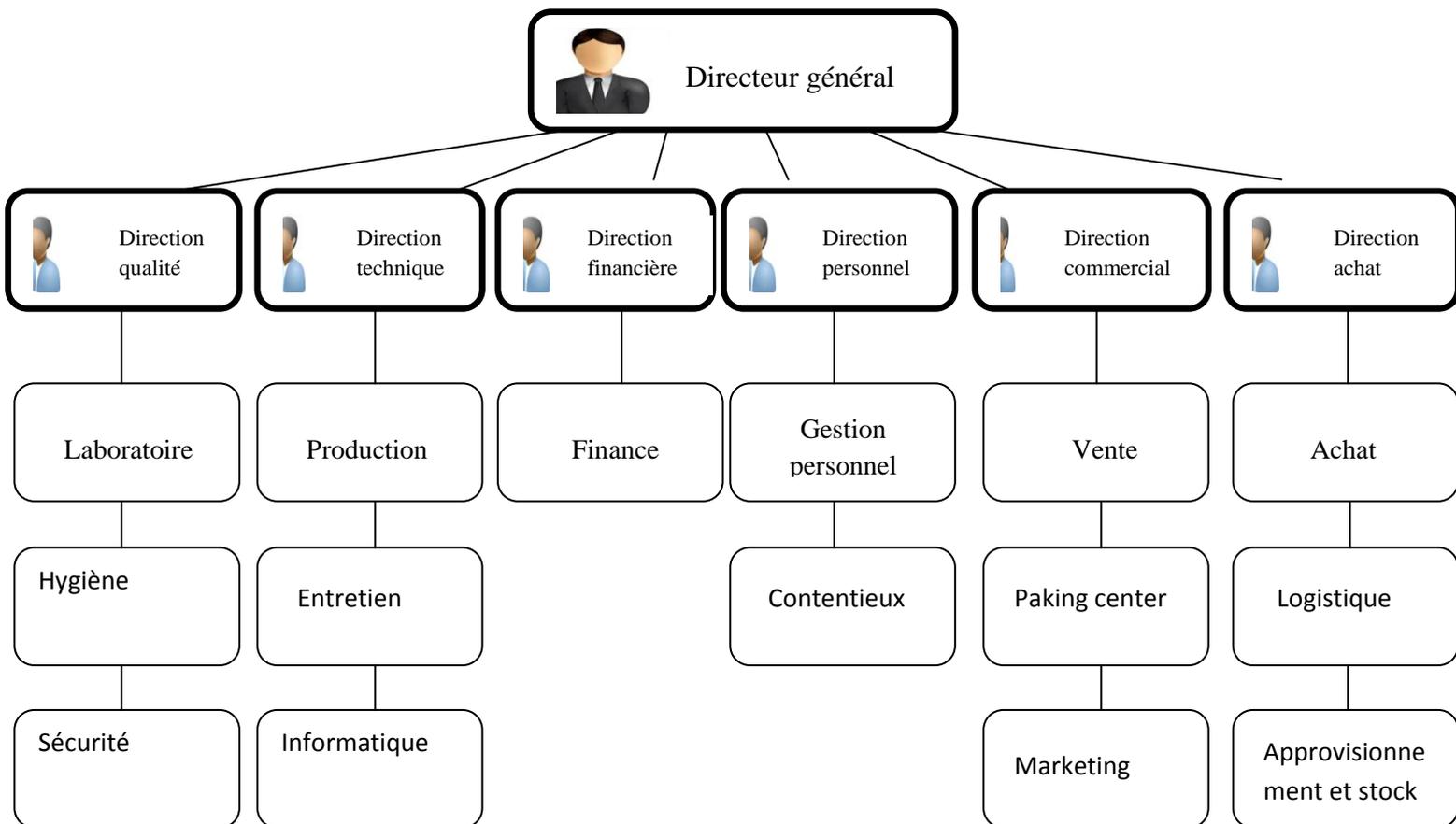
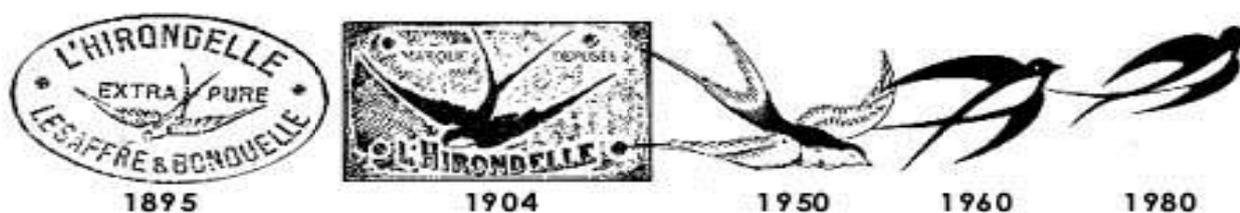


Figure 1 : Organigramme de la société

3- Fiche technique de LESAFFRE MAROC



Raison social	LESAFFRE MAROC
Directeur Général	Mr.Damien LESAFFRE
Forme juridique	Société anonyme
Effectif	200 personnes (dont 20 cadres)
Secteur d'activité	L'agroalimentaire
Gamme de produits	Levures de panification et améliorants
Siège social	Fès Q.I Sidi Brahim Rue 806
Capital social	30.989.300.00 DHs
N°d'identification fiscale	04500783
N°de patente	13246073
N°de CNSS	1582164

Partie II : bibliographie

I- Fabrication de la levure de panification

1- Généralités sur la levure

1-1 Définition

La levure est un champignon microscopique unicellulaire et eucaryote. Il existe plusieurs espèces de levure dont *Saccharomyces cerevisiae* appelée aussi « Levure de bière » et « Levure de boulangerie ».

Cette nomenclature *Saccharomyces cerevisiae* vient des mots latins :

Saccharo : Sucre

Myces : De champignon (moisissure)

Cerevisiae : signifie brasserie

1-2 Structure et mode de reproduction de la levure

Parmi les espèces qui existent, *Saccharomyces cerevisiae* est considérée comme ayant une importance commerciale, elle se compose de :

-La paroi cellulaire : c'est la véritable peau de la cellule.

-La membrane cellulaire : elle a pour rôle de réguler les échanges avec l'extérieur. Nourrir absorber, alcool et gaz carbonique rejetés. Elle veille à la bonne quantité d'eau contenue dans la cellule

-Le cytoplasme : partie vivante de la cellule qui contient un noyau qui est le « siège » des chromosomes de reproduction et un ou plusieurs vacuoles qui contiennent les cellules nutritives de la cellule(5).

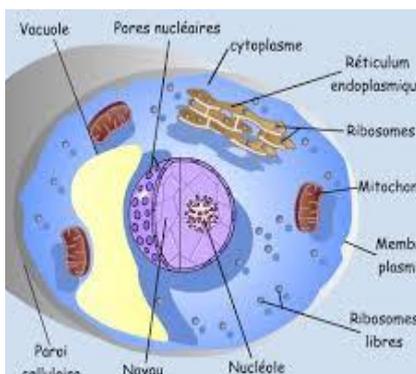


Figure 2 : Structure d'une levure.

La reproduction est par bourgeonnement :

La multiplication de la levure se fait par bourgeonnement (reproduction asexuée). Une maîtrise totale de la production de cellules à l'échelon microscopique et une pratique de l'hygiène absolue sont indispensables.

Les constituants de la cellule se dédoublent pour former un bourgeon qui augmente progressivement de volume. Le noyau se divise et le noyau fils migre dans l'excroissance (bourgeon). Le bourgeon arrivé à maturité se détache.

1-3 Métabolisme de la levure

➤ En présence d'oxygène (aérobiose) : respiration

Les levures respirent et libèrent de l'énergie qui leur permet de croître et de se multiplier en transformant le sucre contenu dans la farine en gaz carbonique et en eau.



➤ En absence d'oxygène (anaérobiose) : fermentation

Les levures ne trouvent plus d'oxygène. Donc elles transforment le sucre contenu dans la farine en alcool et en gaz carbonique, ce processus métabolique génère peu d'énergie qui assure la survie de la levure mais pas sa croissance.



2- Diagramme de fabrication (LESAFFRE)

La levure de panification se produit suite d'un processus bien défini. La production de ces levures nécessite un milieu de culture contenant les éléments (source de carbone « sucre », sels nutritifs, eau, phosphore, azote, sulfite...) et des conditions physico-chimiques optimales.

Le diagramme de fabrication passe par sept étapes :

1. Ensemencement

Une souche de *Saccharomyces cerevisiae*. Cette soucheensemencée dans un tube contenant un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures. Cette opération est réalisée dans des conditions aseptiques pour écarter tout risque de contamination. Le contenu du tube est ensuite transféré dans un premier ballon appelé **Van Lear** avec un milieu nutritif, puis dans un second ballon plus grand de 7L appelé **Carlsberg**. Après incubation à une température de 35°C avec agitation, le contenu de ce dernier est transvasé dans une cuve de 800 L contenant à l'avance l'eau, la mélasse, les sels minéraux et les éléments de trace (oligo-éléments et vitamines) en présence d'oxygène.

2. Pré-fermentation

La pré-fermentation se passe dans une cuve (pré-fermenteur) nettoyée et remplie par des substances alimentaires et d'air stérile insufflé géré par un système d'aération pour l'obtention d'une levure mère qui va être ensuite séparée et utilisée pour ensemen- cer les fermenteurs.

La mélasse, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate sont ajoutés au cours de la pré-fermentation selon les besoins de la levure, l'air aussi est apporté en fonction de la concentration de la levure dans le milieu.

3. Fermentation

Bien que le terme fermentation soit un abus de langage, car elle concerne la respiration anaérobie selon Pasteur, elle est, par extension, utilisée par le monde industriel pour désigner l'opération unitaire qui va permettre de réaliser les cultures cellulaires. Cette opération se fait comme suit : A la fin de la pré-fermentation on obtient un moût qui sert à ensemercer le fermenteur contenant un milieu nutritif bien spécifique. Après des heures de la fermentation, on obtient la levure commerciale, qui va ensuite subir une séparation puis un stockage.

4. Séparation

La séparation se fait dans les deux étapes de la fermentation, après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale : le mout obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présente le reste du milieu nutritif. Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui a comme principe la centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) qui va être stocké et un liquide léger (le mout délevuré) qui va être transféré aux égouts.

5. Stockage

La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à $\text{pH} = 2$ pour éviter la contamination, et stockée à 4°C pour ralentir le métabolisme cellulaire (arrêt de multiplication de la levure) avec une agitation continue pour assurer une bonne aération.

6. Filtration

Cette étape de filtration consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver de toute contamination possible.

Cela est réalisé par un filtre à tambour rotatif lié à une pompe à vide. Ce tambour est revêtu d'une pré-couche d'amidon qui ne laisse passer que l'eau sans la suspension solide. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré-couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau.

Pour avoir une bonne déshydratation on ajoute une quantité du sel pour augmenter la pression osmotique et créer une migration de l'eau intracellulaire vers l'extérieur de la cellule.

Un lavage est fait sur le gâteau obtenu afin d'éliminer le NaCl puis un essorage entraînant une grande partie de l'eau. Une fois devant le couteau racleur, le vide cesse, l'air comprimé est envoyé à contre-courant par la valve de distribution facilitant le décrochage du gâteau. Après raclage, le gâteau est récupéré.

7. Conditionnement

Le conditionnement et l'emballage se diffèrent selon le type de la levure produite : Levure fraîche, levure sèche instantanée, levure sèche à réhydrater.

❖ Le conditionnement de la levure fraîche débute par la filtration de la crème sur des filtres rotatifs sous vide. Cette phase essentielle permet de passer d'une crème de levure à 22% de matière sèche à un gâteau de levure à 32% de matière sèche, donnant après boudinage la levure bien friable que le boulanger recherche. Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné de cellophane assurant sa bonne conservation. Après mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée à cœur avant son expédition.

❖ Le conditionnement de la levure sèche suit les mêmes étapes que la levure fraîche sauf qu'après la filtration sous vide la pâte est malaxée avec une quantité d'émulsifiant qui sert à conserver le produit plus longtemps et donne aussi la couleur blanche caractéristique de la levure. Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille, ensuite elle est transférée au sécheur à lit fluidisé à l'air chaud par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche jusqu'à 94% pour la SPH et 95.5% pour la SPI, La levure sèche obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans des silos.

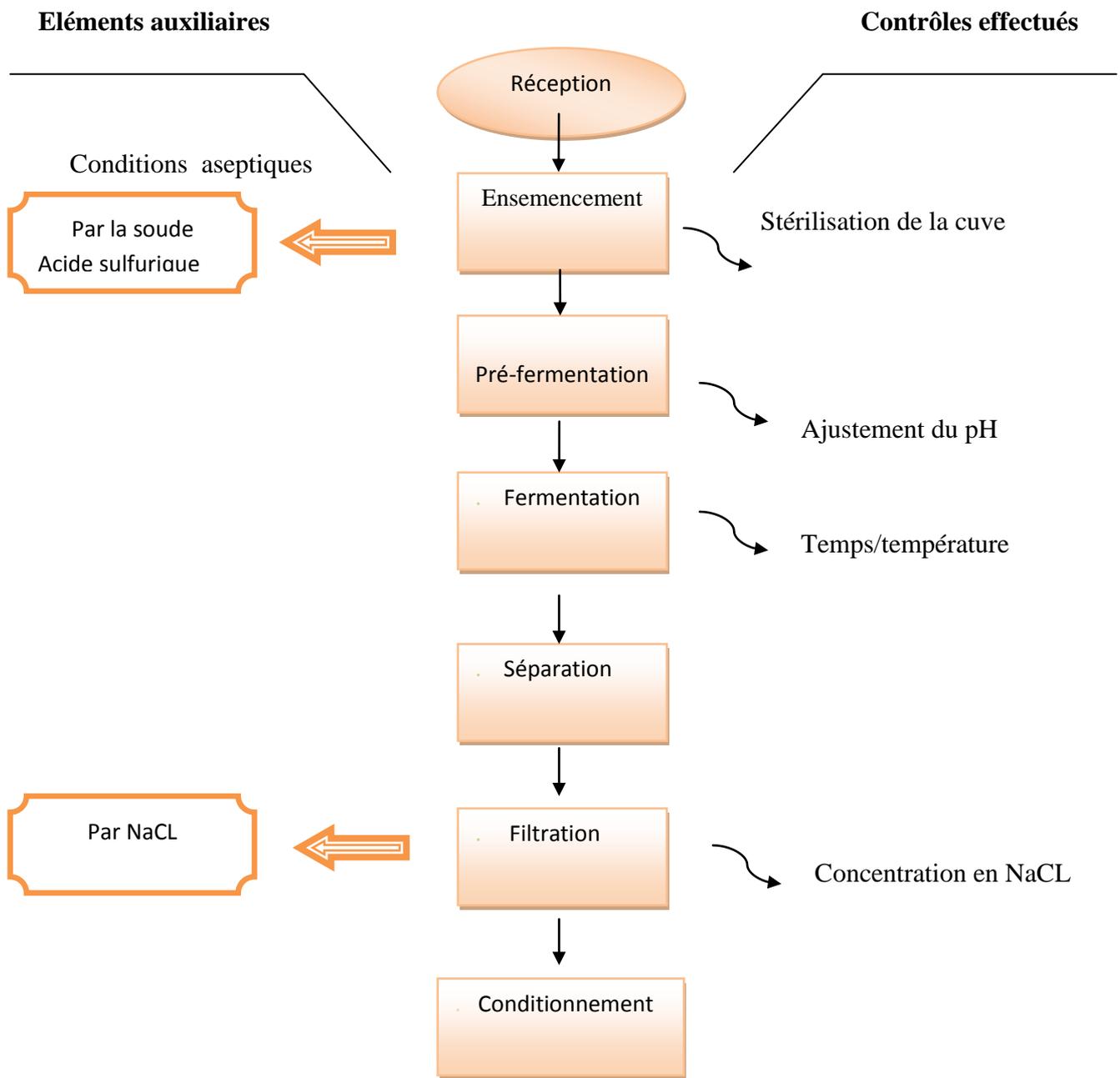


Figure 3: Diagramme de fabrication de la levure

II- L'eau à LESAFFRE MAROC

1- Généralités sur l'eau

1- 1 Définition

L'eau est un composé chimique, essentiel pour tous les êtres vivants. Elle se trouve partout « ubiquitaire » en général sous sa forme liquide. Elle composée de deux molécules d'hydrogène et une molécule d'oxygène, sa formule chimique est H_2O .

1- 2 Différents types d'eaux

A partir d'une eau pure, plusieurs types d'eaux peuvent avoir lieu selon leur composition chimique, on site :

- Eau potable : Une eau dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant potable, cuite ou utilisée à des fins domestiques et Industrielles sans danger pour la santé.
- Eau minérale : Une eau de source mais leur composition en minéraux et oligo-éléments est constante.
- Eau dure : est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, en particulier des sels de calcium et de magnésium.
- Eau distillée : Eau qui subit une distillation, donc est théoriquement exempte des tous ses sels minéraux et organismes que l'on pourrait retrouver dans l'eau naturelle.
- Eau purifiée : Une eau qui issue d'un traitement physique destiné à supprimer les impuretés
- Eau douce : Caractérisée comme ayant de faibles concentrations en solution des sels et d'autres solides dissous totaux.

1-3 Ions existants dans l'eau

L'eau contient différents ions qui sont figurés sur le tableau suivant :

Tableau 2 : Les différents ions existants dans l'eau

<u>Les cations</u>	<u>Les anions</u>
Calcium	Carbonate
Magnésium	Bicarbonate
Sodium	Chlorure
Potassium	Sulfate
Fer	Nitrate
Manganèse	Silice
Zinc	Phosphate
Cuivre	Hydroxyle

1- Circuit de l'eau dans la société

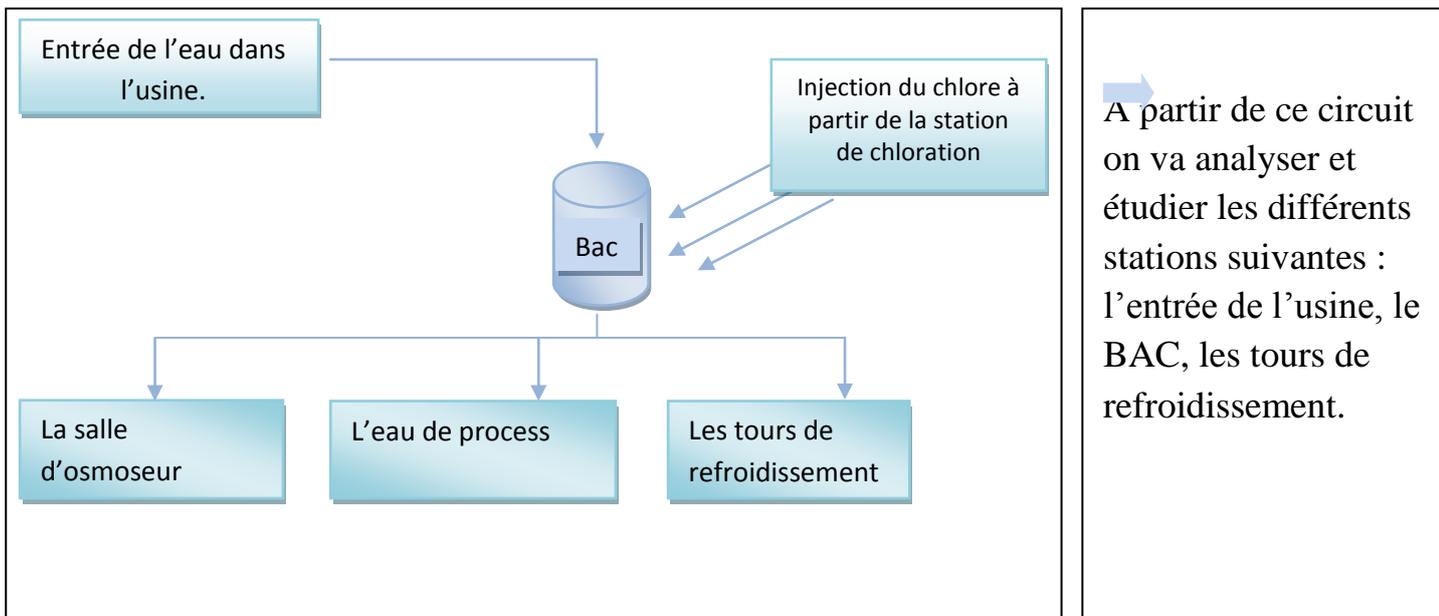


Figure 4 : Le circuit général de l'eau à LESAFFRE

-Station de chloration

La chloration est l'un des trois types des traitements microbiologiques, elle est considérée comme le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, à la fois pour le prix de revient du chlore et pour sa simplicité de mise en œuvre. Le chlore gazeux est injecté à des doses précises ; un temps de contact suffisant doit être respecté afin d'assurer une efficacité maximale de l'oxydation.

La station de chloration est nouvellement installée en mai 2015. Cette station comporte un dispositif qui injecte du chlore à partir d'un bidon dans le but d'augmenter sa teneur en chlore actif et en chlore libre, mais aussi de les stabiliser.

La chloration a pour but de neutraliser tous les virus et bactéries pathogènes. Elle n'est efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface. Bien que les eaux souterraines soient souvent naturellement exemptes de micro-organismes, la désinfection prévient le risque d'une contamination par infiltration dans la ressource et dans le réseau.

Les 2 autres types de traitements microbiologiques outre que la chloration sont: l'ozonation et les rayons UV.

-Tours de refroidissement

LESAFFRE dispose de trois tours de refroidissement ALPHA LAVAL et d'une tour de refroidissement BALTIMORE, ces quatre tours sont alimentées par de l'eau adoucie et elles sont destinées à refroidir cinq fermenteurs.

Les tours de refroidissement sont des équipements courants, présents dans des installations de climatisation, ou dans des procédés industriels et énergétiques (centrales électriques, installations de combustion, sucreries, chimie..). Ces tours de refroidissement, sont utilisées pour refroidir un liquide, généralement de l'eau, à l'aide d'un gaz, généralement l'air ambiant. Il s'agit d'un cas particulier d'un échangeur de chaleur où le transfert thermique s'effectue par contact direct ou indirect entre les flux.

Le principe de refroidissement évaporatif est basé sur le contact direct entre l'air et l'eau du procédé à refroidir. L'air évapore une partie de l'eau à refroidir en prélevant la chaleur latente de vaporisation. Cette chaleur latente de vaporisation constitue la majeure partie de l'échange thermique.

Dans la RAT, le refroidissement à lieu par évaporation d'une partie de l'eau, en mettant en contact l'eau à refroidir et l'air à contre-courant. On appelle ce processus : le refroidissement évaporatif ; l'eau chaude de circuit à réfrigérer est pulvérisée depuis le haut de la tour et un ventilateur propulse l'air du bas vers le haut de la tour, le ventilateur peut avoir deux emplacements différents mais à LESSAFRE on a un tour de refroidissement à tirage induit ; le ventilateur est placé à la partie supérieur de la tour et extrait l'air de la tour, ou bien le ventilateur à tirage forcé est placé à la partie inférieure de la tour et pousse l'air vers la partie supérieur .

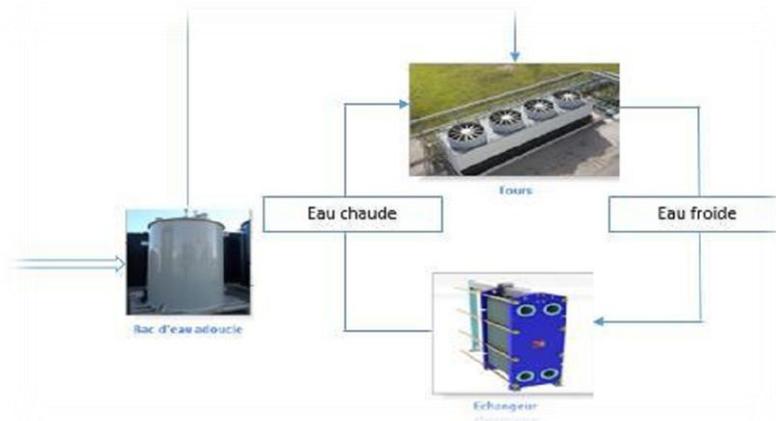


Figure 5 : Le circuit de l'eau entre les échangeurs et les RAT

Après le passage dans la salle d'osmoseur, l'eau est stockée dans le BAD (Bac d'eau adoucie), puis transférée dans les RAT, ensuite dans les échangeurs à plaques. Ce circuit est fermé, néanmoins, il faut souvent lui ajouter de l'eau vu que les tours de refroidissement sont ouvertes et qu'il y a échauffement de l'eau donc l'eau se perd par évaporation.

-Circuit de l'eau destinée à alimenter les fermenteurs

La fermentation nécessite une eau propre et exempte de toutes impuretés ou contaminants, parce que cette étape de fabrication favorise le développement des contaminants on offrant les conditions favorables de la croissance.

⇒ L'eau utilisée au niveau de la fermentation est l'eau du BAC, cette eau est utilisée généralement pour :

- Le rinçage des cuves après avoir terminé la fermentation d'avant, le rinçage après la désinfection avec l'eau de javel, le rinçage après le nettoyage avec l'acide.
- Les pieds de cuves des fermenteurs : pour pouvoir faire une fermentation de la levure, une quantité d'eau doit être ajoutée, avant de verser le mout du poste d'avant : cette eau est appelé pied de cuve des fermenteurs.
- Parfois, au cours de la fermentation, on ajoute directement une partie de l'eau du BAC au fermenteur lorsqu'il en manque.
-

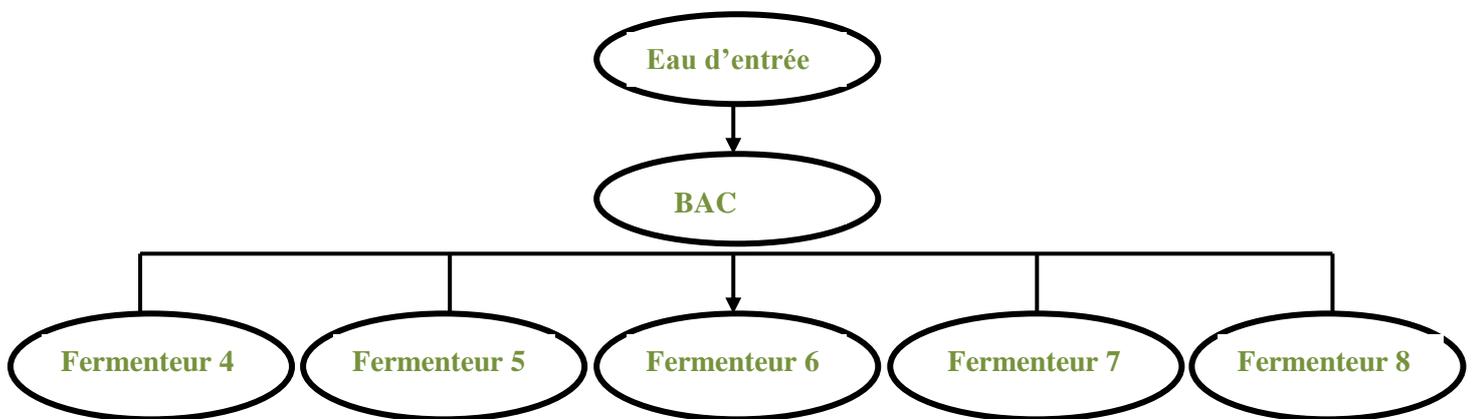


Figure 6 : Le circuit de l'eau destinée à alimenter les fermenteurs

Partie III : Matériel et méthodes

I- Prélèvement des échantillons d'eau

Du 24 Avril à 12 Mai, 12 échantillons sont prélevés des différents points qui sont :

- Source d'eau potable
- Avant BAC
- BAC
- Tour de refroidissement

On ouvre le robinet de la station, on laisse couler les premières gouttes d'eau, puis on remplit les pots avec une quantité suffisante pour les analyses physico-chimique.

Pour les analyses bactériologiques les échantillons sont prélevés dans des conditions aseptiques, ils sont misent dans des flacons stériles pour ne pas avoir une contamination au cours de la manipulation.

II- Analyses physico-chimiques

1- Titre hydrotimétrique total : THT

Le degré hydrotimétrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Il est surtout proportionnel à la concentration en calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les concentrations en Fer, aluminium, manganèse et de strontium.

Le degré hydrotimétrique s'exprime en degré français (°F).

Dans un erlenmeyer 10mL d'échantillon est introduite puis on complète avec l'eau distillé jusqu'à l'obtention d'un volume de 100mL, 5 ml du tampon pH =10est ajouté par une pipette de 10 ml, puis quelques gouttes de l'indicateur coloré le noir d'ériochrome qui a une coloration mauve

Titrage par EDTA jusqu'à ce que la coloration mauve vire au bleue.

⇒ **L'anion Y4-, provenant de l'EDTA, est un ion complexe qui donne, avec de nombreux cations des composés stables.**

2- Titre Alcalimétrique Complet : TAC

Il correspond à la teneur en alcalins libres, carbonates, bicarbonates et hydroxydes. Il est mesuré selon une méthode qui consiste à la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

50ml de l'eau à analyser est placée dans un erlenmeyer en présence de quelques gouttes de l'indicateur coloré l'orange de méthyle (coloration Orange), puis on titre avec l'HCl (0,1N) jusqu'à ce que la couleur de la solution vire au rouge brique.

3- L'ion chlorure : Cl⁻

Ce chlorure peut provoquer des effets sur le taux de corrosion de l'acier et de l'aluminium. Le chlorure peut favoriser la corrosion de certains métaux qui entrent dans la fabrication des canalisations, des pompes...

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Ce dosage est caractérisé par l'apparition d'une coloration rouge du chromate d'argent.

4- Le chlore

Le chlore et ses dérivés est largement utilisé en eau potable, en piscine, en eaux de refroidissement afin d'en contrôler l'activité microbologique, ainsi que dans bien d'autres systèmes de traitement. Sa réaction d'équilibre de base est :



⇒ La concentration en chlore peut être exprimée en chlore libre, chlore actif, chlore total

- **Chlore totale**

C'est la quantité de chlore injectée dans l'eau (avant transformation) C'est le potentiel de désinfection du chlore

$$\text{Chlore Total} = \text{Chlore Libre} + \text{Chlore Actif}$$

Dans un tube rincé par un peu d'eau de l'échantillon, on met 25 ml de l'échantillon d'eau. On verse le contenu de la pastille du chlore total ou du chlore libre, on agite soigneusement jusqu'à la dissolution totale de la pastille. Puis on insère le tube du comparateur et on effectue la lecture.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

○ Chlore Actif

C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actif dans le mécanisme de la désinfection, c'est pourquoi il est appelé 'chlore actif'.

Le chlore actif possède l'action biocide la plus efficace et il est majoritaire en milieu acide.

Il est calculé à partir du chlore total et du chlore libre.

○ Chlore résiduel libre

Après action du chlore sur la matière organique, azotés et autres composés oxydables, subsiste un résiduel de chlore pour traiter la contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans les réseaux, c'est ce qui assurent le pouvoir rémanent du chlore.

5- Mesure de la conductivité

La conductivité électrique traduit la capacité de l'eau à transporter le courant électrique. La mesure est proportionnelle à la quantité totale de solides dissous dans l'eau.

L'unité de mesure est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$).

⇒ Plus la concentration en solides dissout sera importante, plus la conductivité sera élevée.

6- Mesure du pH

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline et il est en fonction de l'activité des ions d'hydrogène H^+ présents dans cette eau.

La nature de la mesure effectuée au laboratoire est électrométrie qui exige un pH-mètre utilisant deux électrodes : une électrode hydrogène et une électrode de référence.

La différence du potentiel existant entre les deux électrodes plongées dans la même eau est en fonction linéaire du pH de celle-ci.

III- Analyses bactériologiques

1- La flore mésophile aérobie totale FMAT

La 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 et la lecture se fait après 3 jours d'incubation.

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 ».

⇒ Préparation de la dilution

Dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée on ajoute 1ml de l'échantillon sous des conditions aseptiques, on agite avec le vortex

⇒ Manipulation

Avec une pipette stérile on prélève 1ml de la dernière dilution préparée, on la dépose au fond de la boîte de Pétri, puis on coule le milieu de culture adéquat à une température optimale de 40°C pour ne pas tuer les germes.

On homogénéise la boîte avec des mouvements circulaires pour que les bactéries puissent s'immobiliser et former des colonies bien définies.

⇒ On suit les mêmes étapes pour la dilution supérieure (sans changer de pipette).

2- Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (E. coli) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

⇒ Manipulation

Avec une pipette stérile on prélève 1ml de l'échantillon sans dilution, on la dépose au fond de la boîte de Pétri, puis on coule le milieu de culture adéquat à une température optimale de 40°C pour ne pas tuer les germes.

On homogénéise la boîte avec des mouvements circulaires pour que les bactéries puissent s'immobiliser et former des colonies bien définies.

○ Informations générales

Au sein du laboratoire de la microbiologie, on a basé sur le dénombrement avec une boîte de contact.

Les boîtes de Pétri utilisées doivent contenir sur la tranche :

- + La date
- + La dilution utilisée
- + Le nom ou type d'échantillon

Le mode opératoire appliqué est utile pour le dénombrement des deux types des microorganismes, ce qui diffère c'est :

- Le milieu de culture qui est le désoxycholate pour les coliformes totaux et le GNG pour la FMAT.
- Le nombre de la dilution qui est 0 et 10^{-1} pour la FMAT, et la dilution 0 pour les coliformes totaux.
- Le temps d'incubation qui est 24h pour les coliformes et 72h pour la FMAT.

Partie IV : Résultats et discussion

Après avoir déterminé les différents paramètres de l'eau et ses différents points de passage dans l'usine, on a fixé les divers points de prélèvements : l'eau de LARADEEF, l'avant BAC, l'eau du BAC et la tour de refroidissement. Ces points feront l'objet de notre étude.

Durant la période de stage on a effectué 12 prélèvements c'est-à-dire 12 échantillons des différents points cités précédemment pour observer l'impact de chaque équipement sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau.

I- Caractéristiques physico-chimiques

1- Station d'eau potable et la tour de refroidissement

Les résultats des analyses de la station d'eau potable et la tour de refroidissement en ml sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau 3 : Résultats des analyses de la station d'eau potable et la tour de refroidissement

	THT (ml)		TAC (ml)		Cl- (ml)		Chlore(ml)				Conductivité (µs/cm)		pH	
	EP	RAT	EP	RAT	EP	RAT	Total		Libre		EP	RAT	EP	RAT
							EP	RAT	EP	RAT				
24-avr	26	10	26	39	6	4	0,77	0,73	0,64	0,72	1142	1585	7.69	8.25
26-avr	21	9	32	36	5	4	0,81	0,81	0,69	0,5	1144	1524	7.54	8.35
27-avr	21	10	30	32	6	4	0,51	0,59	0,02	0,5	1145	1630	7.58	8.33
28-avr	19	11	35	40	7	5	0,44	0,51	0,25	0,47	1057	1748	7.74	8.42
29-avr	16	15	30	40	7	4	0,3	0,34	0,25	0,32	1142	1800	7.69	8.51
02-mai	22	12	25	36	7	4	0,25	0,64	0,15	0,63	1144	1837	7.71	8.24
03-mai	24	12	28	35	7	6	0,33	0,44	0,2	0,4	1131	1733	7.68	8.25
04-mai	19	11	28	33	7	4	0,3	0,41	0,24	0,39	1131	1580	7.66	8.08
08-mai	21	9	26	34	7	5	0,58	0,26	0,39	0,24	1137	1695	7.63	8.40
09-mai	17	12	26	40	7	6	0,54	0,57	0,4	0,52	1142	1547	7.70	8.12
10-mai	20	10	30	29	7	6	0,63	0,54	0,5	0,52	1142	1556	7.64	8.36
12-mai	18	12	32	40	7	4	0,17	0,47	0,10	0,44	1136	1824	7.88	9.4

- Les résultats d'analyses du titre hydrotimétrique total (THT) de l'eau de la RADEEF sont à la norme, les ions Mg^{2+} et Ca^{2+} sont relativement stables.
- Concernant l'eau de la tour de refroidissement (RAT), on observe une diminution du taux des ions calcium et magnésium à cause du facteur de dilution qui est dû au mélange de : Eau de BAC+ Eau d'osmoseur dans le bassin.
- Les résultats obtenus pour l'eau de tours de refroidissement sont élevés par rapport à celles obtenues pour l'eau de la RADEEF ceci due à la présence d'espèces basiques (hydrogénocarbonate HCO , les hydroxydes OH et carbonate CO).
- Tous les résultats trouvés sont conformes.
- Les valeurs du chlore actif pour l'eau de la RADEEF sont logiques et conformes, car cette eau doit posséder des valeurs abaissées du chlore pour qu'elle soit apte à la consommation humaine.
- Pour l'eau de RAT, on constate une diminution du taux de chlore à cause du mélange (Eau de BAC+ Eau d'osmoseur) qui provoque la dilution et par conséquent l'abaissement des valeurs du chlore.
- Les valeurs du chlorure sont faibles cela montre que le taux de la corrosion est faible
- En ce qui concerne l'eau de la tour de refroidissement, la conductivité augmente car cette eau n'est pas pure et elle possède des matières en suspension, en outre, on peut considérer le contact entre l'eau et le filtre, le temps, également n'y a pas de réaction avec la matière organique ce qui pousse la charge électrique de cette eau à augmenter.

Le potentiel hydrogène (PH) présente l'un des paramètres fondamentales de l'eau à analyser, sa valeur doit être acceptable pour chaque type d'eau.

L'eau de RAT présente des résultats élevés et ça dû toujours aux mélanges des eaux.

2- Station BAC et AVANT BAC

Les résultats des analyses physico-chimiques de la station BAC et avant BAC

Tableau 4 : Résultats des analyses de la station BAC et avant BAC

	THT ml		TAC ml		Cl- ml		Chlore ml				Conductivité (µs/cm)		pH	
	AV BAC	BAC	AV BAC	BAC	AV BAC	BA C	AV BAC		BAC		AV BAC	BAC	AV BAC	BAC
							Total	Libre	Total	Libre				
24-avr	25	24	24	23	5	6	2,76	2,21	3,94	3,11	1149	1151	7.97	8
26-avr	16	15	28	28	5	5	2,91	2,4	3,8	3,33	1149	1154	7.77	7.89
27-avr	22	25	32	28	5	5	2,6	2,2	4	3,71	1157	1155	7.78	7.85
28-avr	23	24	34	30	6	6	3,36	3	4,26	3,81	1146	1148	7.86	7.98
29-avr	17	17	30	29	7	5	3,19	2,9	3,5	3,14	1148	1047	7.85	7.95
02-mai	19	20	29	28	8	7	2,58	2,19	2,71	2,22	1083	1144	7.83	7.87
03-mai	22	21	30	30	8	7	2,32	1,79	3,75	3,37	1146	1145	7.81	7.87
04-mai	19	18	30	28	7	7	2,34	1,89	3,98	3,71	1134	1139	7.55	7.80
08-mai	20	19	32	28	7	7	2,24	1,95	3,5	3,26	1142	1145	7.78	7.97
09-mai	18	18	34	31	7	7	2,16	2	3,21	2,91	1143	1140	7.70	7.84
10-mai	19	17	22	20	6	6	1,5	1,41	2,67	2,53	1147	1144	7.72	7.98
12-mai	17	17	33	30	7	6	2,72	2,4	3,53	3,01	1145	1148	8.01	8.09

- Les résultats d'analyses du titre hydrotimétrie total (THT) de l'eau de station avant BAC et de l'eau de BAC sont approchés à la norme, ce qui montre que le traitement de chloration n'influence pas sur la minéralisation de l'eau, du coup les ions Mg²⁺ et Ca²⁺ restent relativement stables
- Il y a une diminution des valeurs du TAC d'eau du BAC et de l'avant BAC dans quelques échantillons à cause du traitement ou du temps de contact.

- Les résultats obtenus pour l'eau de la station avant BAC et l'eau de BAC sont élevées que, car ça représente le circuit de l'injection de chlore (l'eau de JAVEL), et aussi l'accumulation de l'eau dans le BAC

La conductivité est parmi les analyses importantes effectuées sur l'eau

- l'avant BAC et le BAC donne des résultats très approchés et presque les même, car le traitement par chloration n'influence que faiblement sur la charge électrique.

II- Caractéristiques microbiologiques

1- Dénombrement de la FMAT avant et après chloration en UFC/ml

Les résultats du dénombrement de la FMAT sont présentés dans le tableau 6

Tableau 5 : Résultats de dénombrement de la FMAT en UFC/ml

	Eau de la RADEEF	Eau de station avant BAC	Eau de BAC	Eau de RAT
24-avr	0	0	0	Incomptable
26-avr	0	0	0	Incomptable
27-avr	0	0	0	Incomptable
28-avr	0	0	0	Incomptable
29-avr	0	0	0	Incomptable
02-mai	0	0	0	Incomptable
03-mai	0	0	0	Incomptable
04-mai	0	0	0	Incomptable
08-mai	0	0	0	Incomptable
09-mai	0	0	0	Incomptable
10-mai	0	0	0	Incomptable
12-mai	0	0	0	Incomptable

2- Dénombrement des coliformes totaux avant et après chloration en UFC/ml

Les résultats du dénombrement de l'FMAT sont présentés sous forme du tableau suivant

Tableau 6 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux en UFC/ml

	Eau de la RADEEF	Eau de station avant BAC	Eau de BAC	Eau de RAT
24-avr	0	0	0	0
26-avr	0	0	0	0
27-avr	0	0	0	0
28-avr	0	0	0	0
29-avr	0	0	0	2
02-mai	0	0	0	0
03-mai	0	0	0	0
04-mai	0	0	0	0
08-mai	0	0	0	3
09-mai	0	0	0	1
10-mai	0	0	0	0
12-mai	0	0	0	0

- Pour l'eau de la RADEEF et l'eau chlorée, nous avons constaté que les bactéries et les coliformes totaux sont absents
- Pour l'eau de RAT, nous avons obtenu une tapie incomptable des bactéries, des moisissures et des levures, ainsi, présence des CTs pour certains échantillons.

Pour l'eau de la RAT, c'est normal de trouver un nombre de germes dans quelques échantillons parce que cette eau n'est pas propre. Elle est l'ensemble des eaux de nettoyage et désinfection des circuits et les eaux des fermenteurs.

Conclusion

L'eau constitue une source essentielle dans l'industrie de levure, que ce soit pour l'alimentation des tours de refroidissement, le refroidissement du moût, le rinçage des cuves...

Sans chloration d'eau, une contamination des produits finis a lieu en 2014 à LESAFFRE MAROC. Depuis 2015- la date de la mise en place d'un système de chloration- la qualité de l'eau et des produits finis est améliorée, cela a été montré à partir des résultats qu'on a présenté. C'est-à-dire que le système de chloration mis en place commence à donner ces fruits, vu que la qualité bactériologique de l'eau s'est améliorée par rapport aux résultats de l'année 2014.

Après avoir effectué plusieurs analyses physico-chimiques, nous avons constaté alors que le chlore actif agit sur la qualité bactériologique du produit fini : tant que le chlore actif est supérieur à 0,2 mg/L, le risque de contamination est très faible, mais le teneur en chlore doit être toujours raisonnable pour que les produits finis soient apte à la consommation humaine.

Nous avons vérifié aussi que la teneur en chlorure n'apporte pas des effets sur le taux de la corrosion des bassins d'eau.

Après l'installation de la station, la qualité de l'eau est optimisée malgré la présence de quelques coliformes dans les produits finis.

Même si le traitement par chloration a montré une efficacité il est toujours en test.

Cette période de stage était de grande utilité pour moi parce que j'étais confrontée aux vrais conditions de travail, à savoir le contact avec les différents acteurs de l'entreprise, le travail en équipe avec différents étudiants et étudiantes, et la gestion d'un projet de recherche et de développement avec tous les changements et les contraintes qu'on a pu rencontrer au cours de l'étude.

Liste des références

- (1) Levuresèche, fraîcheouchimique ? Comment bien les différencier et les utiliser ? » [archive] [html], sur gourmandisesansfrontieres.fr, 1er juillet 2013 (consulté le 17 novembre 2015)
- (2) Les levures : les connaître, les choisir, les utiliser » [archive] [html], sur chefnini.com, 13 février 2013 (consulté le 17 novembre 2015)
- (3) ALAMI Leila, Suivi des analyses physico-chimiques de la levurepresseenglacière, 2015/2016.
- (4) BOUQUADIDA Ilham, Dosage d'alcool au cours de la production de la levure, mise en place d'une nouvelle méthode "colorimétrique", 2011/2012.
- (5) LAZRAK Chaima et JALIL Fadoua, Etude thermique d'un échangeur à plaques et joints, 2013/2014.

Annexe

Composition des milieux de cultures utilisés

Gélose nutritif

- Extrait de viande : 1 g/l
- Extrait de levure : 2,5 g/l
- Peptone : 5 g/l
- Chlorure de sodium : 5 g/l
- Agar : 15 g/l
- pH : 7

Désoxycholate de sodium

- Peptone : 10 g/l
- Citrate de sodium : 1 g/l
- Lactose : 10 g/l
- Rouge neutre : 0,03 g/l
- Désoxycholate de sodium : 1 g/l
- Chlorure de sodium : 5 g/l
- Hydrogénophosphate de potassium : 2 g
- Agar : 13 g/l
- pH : 7,3

Normes des analyses effectuées pour les deux types d'eau

Eau de la RADEFF

- THT : **(21-30) f**
- TAC : **(26-40) f**
- Cl⁻ : **(4-7) ml**
- pH : **(7-8)**
- CD : **(1000-1200)ys/cm**
- Chlore total : **(0,1-1)mg/l**
- Chlore libre : **(0,1-1)mg/l**

Eau chlorée

- THT : **(21-30) f**
- TAC : **(26-40) f**
- Cl⁻ : **(5-8) ml**
- pH : **(7-8)**
- CD : **(1000-1200)ys/cm**
- Chlore total : **(2-4)mg/l**
- Chlore libre : **(2-4)mg/l**

Eau de la TAR

- THT : **(10-25) f**
- TAC : **(26-40) f**
- Cl⁻ : **(4-7) ml**
- pH : **(7-8)**
- CD : **(1000-1900)ys/cm**
- Chlore total : **(0,1-1)mg/l**
- Chlore libre : **(0,1-1)mg/l**