



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Suivi des paramètres physicochimiques de l'eau avant et après chloration

Présenté par :

◆ **OUENJLI KHAOULA**

Encadré par :

- ◆ **Mr A. BENNANI (Société)**
- ◆ **Mr A.OULMEKKI (FST)**

Soutenu Le 08 Juin 2017 devant le jury composé de:

- **Pr A.OULMEKKI**
- **Pr H.C.AMEZIANE**
- **Pr J.H.HAZM**
- **Mr A.BENNANI (Société)**

Stage effectué à LESSAFRE MAROC

Année Universitaire 2016 / 2017

Dédicaces

- A mon père HASSAN et ma mère FATIMA, vous êtes pour moi une source de vie car sans vos sacrifices, votre tendresse et votre affection je ne pourrais arriver jusqu'au bout. Je me réjouis de cet amour filial. Je vous remercie de tout le soutien et l'amour que vous me partager depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.
- A ma sœur OUMAIMA et mon frère SOUFIANE que j'aime tant, qui ont toujours été présents pour moi, En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protéger et vous garde.
- A mon grand-père MOHAMMED SOUISSI décédé en 2015, tu as toujours été présent pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien nous ont été d'une grande utilité au long de notre vie personnelle et professionnelle.
- A mes chers tantes et oncles, Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.
- A nos voisins (ma tante HABIBA, oncle ZEROUAL), leur Filles (MADIHA, LAILA et SAMIHA) et leur fils YASSINE, vous avez toujours été source de notre bonheur, pour tous vos sacrifices, votre affection et votre amour, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

REMERCIEMENTS :

A l'issue de ce projet de fin d'étude je tiens à remercier en premier lieu mon dieu, pour m'avoir donné la force afin d'accomplir ce travail, par suite je tiens à exprimer mes remerciements et reconnaissances à toute personne qui y a contribué de près ou de loin à son élaboration.

- ✓ A Mr. Damien LESSAFRE, directeur général de la société SODERS <<LESAFFRE

MAROC>>.Permettez-moi de vous exprimer mes profondes gratitude et mes remerciements de m'avoir accordé l'opportunité d'approfondir nos connaissances professionnelles.

- ✓ A Mr. BENNANI, directeur qualité et chef de laboratoire.

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

- ✓ A mon encadrant le professeur Mr. OULMEKKI

Vous m'avez confié ce travail, et m'avez toujours éclairé avec vos précieuses remarques et suggestions, qui m'ont permis de réaliser le présent travail dans de meilleures conditions. Veuillez accepter l'expression de mon profond respect et de mes reconnaissances le plus sincères.

- ✓ Aux membres de jury prof J.H.HAZM et prof H.C.AMEZIANE pour le privilège qu'ils m'ont accordé en acceptant d'étudier ce document et d'apporter leurs précieux jugements pour améliorer de mon projet de fin d'études.
- ✓ A tous les enseignants de la FST-Fès qui ont contribué à notre formation pendant ces trois années d'études et particulièrement aux enseignants du département génie chimique.

Table des matières

Introduction générale.....	5
Chapitre 1 : présentation de la société LESAFFRE MAROC	
I. Historique de la société LESAFFRE MAROC.....	7
II. Organisation structurelle de l'entreprise.....	8
III. Activités de laboratoire d'analyse LESAFFRE MAROC.....	10
Chapitre 2 : partie bibliographique	
I. Généralités sur la levure.....	11
1) Définition.....	11
2) La forme et mode de multiplication de la levure.....	11
3) Structure de la levure.....	11
4) Développement des levures.....	11
II. Les différentes étapes de production de levure.....	12
Chapitre 3 : partie pratique (Techniques de traitement des eaux)	
I. Généralités sur l'eau.....	16
1) Définition	16
2) Les différents types d'eau	16
3) La composition d'eau en ions.....	16
4) Les caractéristiques d'eaux.....	17
II. Le circuit et procédés de traitement d'eau à LESAFFRE.....	18
A. Procédés de traitement	18
a) Traitement physicochimiques.....	18
b) Traitement microbiologiques.....	19
B. Circuit à LESSAFRE Maroc.....	19
1) La station de chloration.....	19
2) L'eau de Bac.....	20
3) Les tours de refroidissement et les échangeurs à plaques	20
Chapitre 4 : exploitation des résultats.....	22

liste des figures

Figure 1 : produits de LESSAFRE Maroc.....	7
Figure 2: organigramme à LESSAFRE Maroc.....	10
Figure 3 : structure de la cellule de la levure.....	10
Figure 4 : procédé de fabrication de la levure.....	14
Figure 5 : exemple de pastille DPD No 1.....	18
Figure 6 : circuit d'eau à LESSAFRE Maroc.....	19
Figure 7 : circuit d'eau destiné à alimenter les fermenteurs.....	20
Figure 8 : circuit d'eau entre la RAT et l'échangeur à plaques	20
Figure 9 : tour de refroidissement à circuit ouvert.....	21
Figure 10 : exemple d'un échangeur à plaques.....	21
Figure 11: graphe des analyses de la dureté d'eau.....	24
Figure 12 : graphe des analyses des chlorures.....	25
Figure 13 : graphe des analyses de TAC.....	27
Figure 14 : graphe des analyses de la conductivité.....	28
Figure 15 : graphe des analyses d'eau par le chlore libre.....	30
Figure 16 : graphe des analyses d'eau par le chlore total.....	31
Figure 17 : graphe des analyses de PH d'eau.....	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : tableau des analyses de THT.....	23
Tableau 2 : tableau des analyses des ions chlorures.....	25
Tableau 3 : tableau des analyses de TAC	27
Tableau 4 : tableau des analyses de la conductivité.....	28
Tableau 5 : tableau des analyses d'analyse d'eau par le chlore libre.....	29
Tableau 6 : tableau d'analyse d'eau par le chlore totale	30
Tableau 7 : tableau des analyses de pH d'eau	32

INTRODUCTION :

L'eau est très utilisée pour la plupart des entreprises alimentaires qui l'utilisent soit dans le but de la fabrication d'un produit alimentaire ou pour le nettoyage des lieux, le refroidissement et au cours de la fermentation.

Au sein de la société LE SAFFRE MAROC la fermentation se réalise selon 2 échelles (laboratoire et industrielle). Lors de sa multiplication, la cellule de levure libère une quantité d'énergie thermique, c'est une réaction exothermique qui aboutit à l'augmentation de la température, d'autre part la stérilisation des fermenteurs et le séchage de la levure se réalisent par la vapeur produite par la chaudière, d'où l'importance d'assurer une alimentation continue en eau. Pour cela, la société dispose d'une station de traitement d'eau par osmoseur. Ce dispositif a été acquis par la société LESAFFRE Maroc à la fin de l'année 2013, pour améliorer d'une part, l'efficacité de l'échangeur thermique et la chaudière, d'autre part, améliorer la qualité des conditions de multiplications cellulaire au sein des cuves de fermentation.

Au début de l'année 2015 le laboratoire a remarqué une contamination de la crème et des produits finis, et que l'eau peut être à l'origine de cette contamination, leur hypothèse a été justifiée par les résultats suivants : le taux de chlore actif est inférieur à 0,2 ppm ; bien que l'eau à l'arrivée soit dans les normes marocaines le taux de chlore peut être diminué à cause de la volatilité, la présence de matière organique et de matière en suspension.

Et puisque LE SAFFRE MAROC accorde une très grande importance à l'eau elle a décidé d'installer une nouvelle station de chloration afin d'augmenter le taux de chlore dans l'eau à l'entrée de l'usine ainsi d'améliorer la qualité bactériologique du produit finis. C'est pour cela que le directeur qualité nous a proposé le sujet : suivi des paramètres physicochimiques de l'eau avant et après chloration.

Dans ce contexte, nous avons fixés comme objectif un suivi des analyses physicochimiques de l'eau, avant et après traitement par chloration. Ce rapport sera divisé en trois parties :

- Partie 1 : Présentation de la société, ses produits et marques, puis la bibliographie sur la levure et ses différentes étapes de production.
- Partie 2 : Caractéristiques de l'eau, leurs procédés de traitement, et les circuits d'eau dans la société
- Partie 3 : partie expérimentale liée à des analyses de l'eau avant et après installation de la station de chloration, une interprétation des résultats.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA
SOCIETE
LE SAFFRE MAROC

I) HISTORIQUE DE LA SOCIETE :

Le groupe LESAFFRE est originaire du nord de la France, il est spécialisé dans des produits de fermentation.

En 1975 la société SODERS (la société des dérivées de sucre) a été créée par l'office de développement industriel, et elle est depuis 1993 majoritairement détendue puisqu'elle est devenue privatisée. L'entreprise a connu une croissance régulière et saine depuis son passage dans le giron du privé, Elle a pratiquement doublé son chiffre d'affaires en six ans en passant de 80 à 150 millions DH, c'est une société réputée soucieuse de son indépendance financière et de sa rentabilité.

Elle est aussi devenue la 1^{ère} entreprise privatisée au MAROC. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique de leader mondial de la fabrication de levure et de panification, et portant aujourd'hui comme appellation "LE SAFFRE MAROC".

LE SAFFRE MAROC est basée à Fès, elle fabrique et commercialise de la levure et des améliorants de panification des marques suivantes :

- ✓ **JAOUA** pour la levure fraîche ou pressée :

LE SAFFRE MAROC produit principalement de la levure fraîche qui est la plus couramment employée en panification, tant en boulangerie artisanales qu'industrielles.

- ✓ **RAFIAA** et **NEVADA** pour la levure sèche.

On distingue deux types de levures sèches actives :

SPH (levure sèche à réhydrater) : peut être stocké à température ambiante. Une fois réhydratée elle retrouve les mêmes avantages qu'une levure fraîche. Elle se présente en général, sous forme de granules de 1 à 1,5 mm de diamètre à 92-94 % de la matière sèche.

SPI (levure sèche instantanée) : consacrée à l'élimination des contraintes liées à la réhydratation de la levure sèche. Cette levure est séchée de manière à obtenir de petites particules sphériques de 0,5 mm de diamètre à 96% de la matière sèche.

- ✓ **IBIS bleu** et **MAGIMIX** pour les améliorants de panification, produits qui apportent au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume , de texture et couleur, de conservation et bien sur le gout.
- ✓ **SAF ISIS**, **SAF MILL** pour les correcteurs de farine.



Figure 1 : produits de LESSAFRE Maroc

II) Organisation structurelle de l'entreprise :

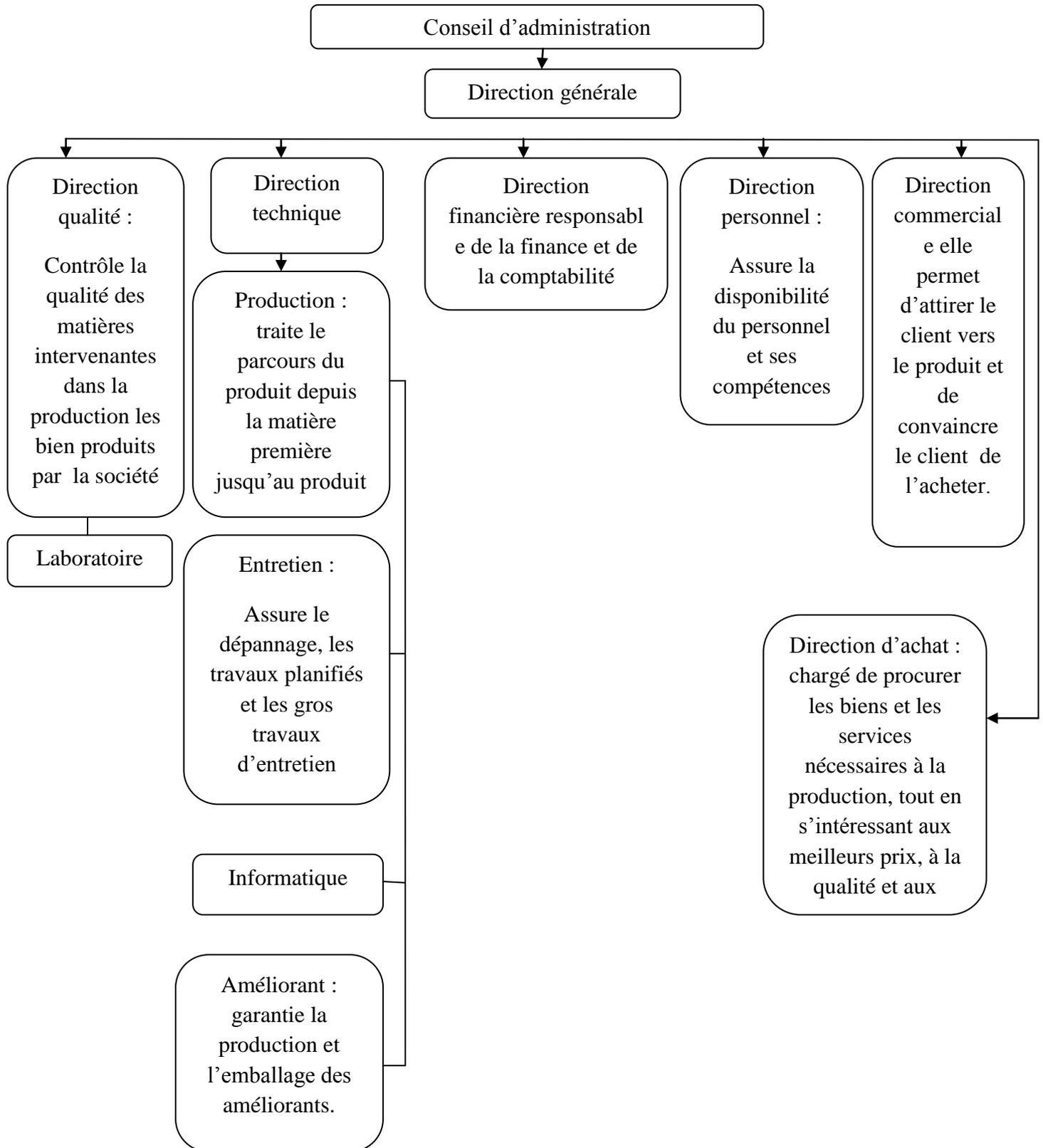


Figure 2 : organigramme de la société LESSAFRE MAROC

III) Activités de laboratoire d'analyse LESAFFRE MAROC

Le laboratoire d'analyses de Le SAFFRE MAROC est composé de deux laboratoires :

✓ **Laboratoire physico-chimique :**

Equipé de matériels sophistiqués, alimenté de différents types d'eaux (eau distillée, eau adoucie, eau de ville) utilisées selon les besoins soit pour le nettoyage de matériels soit pour les analyses physico-chimiques.

Ce laboratoire est divisé en trois parties :

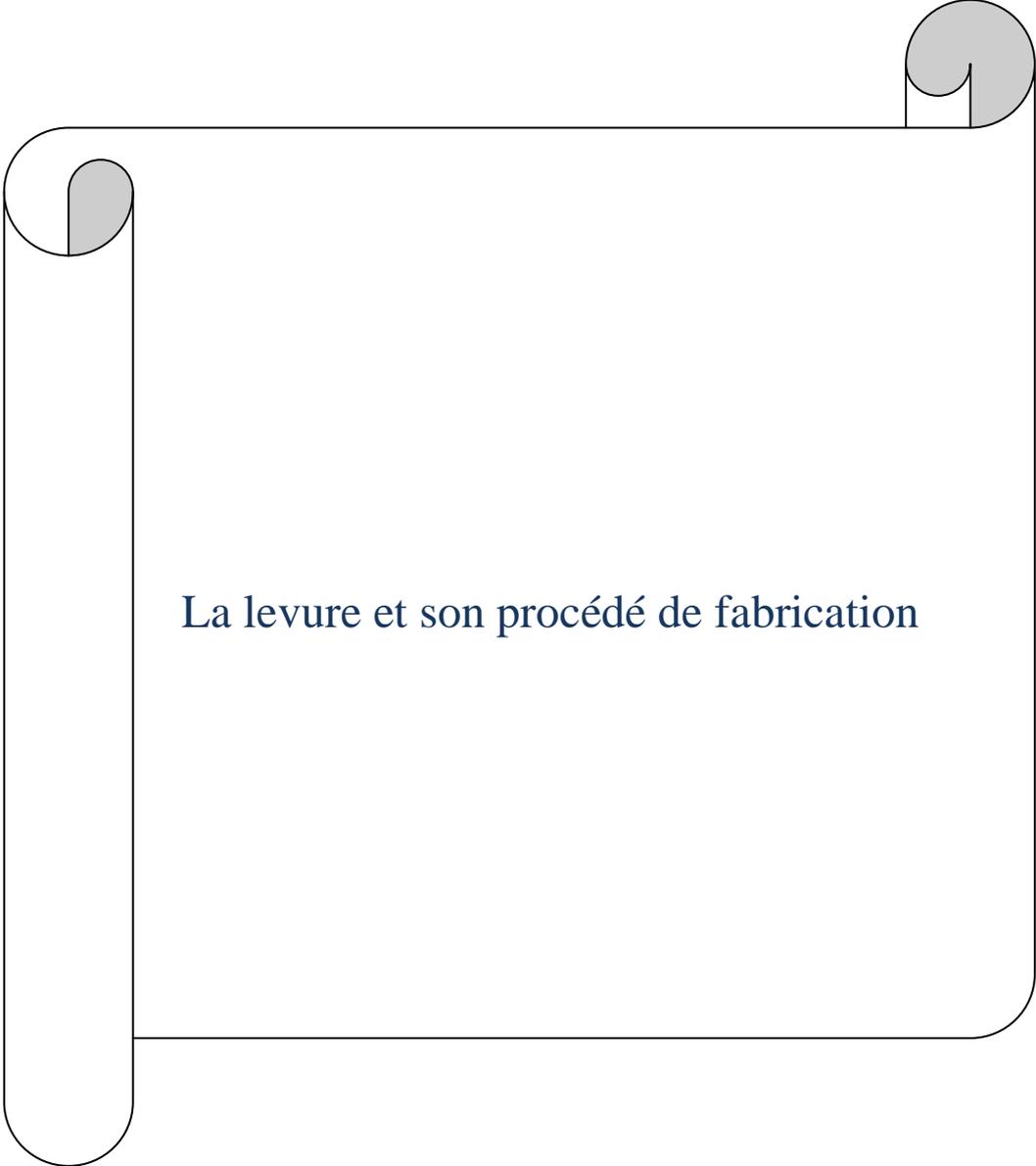
- Salle de stockage des matériels et les produits initiaux.
- Salle de panification ou s'évalue la force panaire
- Salle d'analyses physico-chimiques répartie elle-même en trois sections :
 - section des analyses de l'eau
 - section des analyses de la mélasse
 - section des analyses d'azote et de phosphate

✓ **Laboratoire de microbiologie :**

Ce laboratoire est divisé en 4 parties :

- Salle de stockage des matières premières
- Salle de préparation des milieux de culture
- Salle où s'effectue les analyses des germes pathogènes
- Salle d'analyses bactériologiques

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



La levure et son procédé de fabrication

I. Généralités sur la levure :

1) Définition

La levure est un champignon microscopique unicellulaire et eucaryote capable de provoquer une fermentation des matières organiques animales ou végétales. Les levures ont plusieurs utilisations comme la fabrication de vin, de la bière, des alcools industrielles, des pâtes levées et d'antibiotiques.

En effet ce champignon a une taille qui ne dépasse pas les 6 à 8 microns, à peine plus grand qu'un tête d'épingle, A noter qu'un cube de 1 cm de côté pèse environ 1g et renferme, à lui seul 10 milliards de cellules vivantes de levure.

2) La forme et mode de multiplication de la levure :

Les microorganismes de la levure ont une forme variable selon l'espèce (ovoïde, sphérique, triangulaire ou apicule) mais sont généralement ovales. Ils se multiplient par bourgeonnement.

3) Structure de la 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*. On peut présenter sa structure par le schéma suivant:

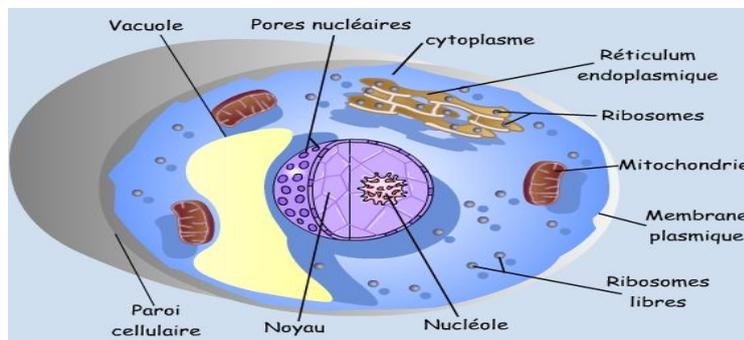


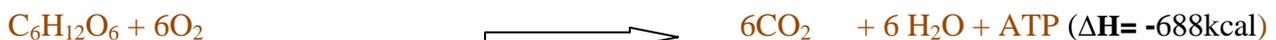
Figure 3 : structure de la cellule de levure

4) Développement des levures (métabolisme des levures) :

La levure peut se développer soit en présence ou bien en absence d'oxygène :

-La respiration : Les levures utilisent la respiration en milieu aérobie, et se multiplient abondamment. Elles se nourrissent par de sucre qui est transformé en CO_2 et en eau à cause de la présence de l'oxygène dans le milieu. Ce phénomène est accompagné par une libération importante d'énergie qui leur permet de se multiplier de façon asexuée. L'énergie libérée par le glucose est utilisé pour la multiplication et le maintien en vie de la levure.

On peut exprimer Ce processus métabolique par la réaction suivante :



-La fermentation : est un processus qui se fait en anaérobiose et qui aboutit à une transformation de sucre en alcool et en gaz carbonique, ainsi qu'une quantité faible d'énergie pour que la levure puisse vivre mais pas pour se multiplier. La réaction bilan de ce processus est la suivante :



II. Les différentes étapes de production de la levure :

Le fabricant de levure a pour objectif de produire une grande quantité de cellules vivantes. De la phase laboratoire aux cuves industrielles, il favorise la multiplication des cellules dans des conditions optimales (mélasse, température, pH...).

1^{ère} étape : ensemencement

Chaque mois la société le SAFFRE MAROC reçoit de la France deux souches de SACCHAROMYCES CEREVISIAE. Une destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche, chaque souche est ensemencée dans un tube dans un milieu nutritif qui favorise la croissance des levures pour préparer 30 tubes pour chaque souche, puis le contenu de tube est inoculé dans un ballon de culture (Van Lear) avec une température de 5°C dont le milieu nutritif très riche rendra possible une première multiplication et donc l'acquisition de nombreuses cellules. Après 24h les levures obtenues sont introduites dans une autre verrerie (Carlsberg) où les cellules se multiplient à nouveau avec une température de 28°C et on laisse 24h avec une agitation pour l'aération de la levure.

La souche précédemment préparée est mise dans un fermenteur de 800 litres, dans lequel la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif. Dans le fermenteur on ajoute aussi de l'urée et du phosphate que la levure nécessite ainsi qu'une quantité d'air.

2^{ème} étape : la pré-fermentation

Le contenu de 800 litres est versé dans un pré-fermenteur qui doit être bien nettoyé par la soude et rincé à l'eau.

Avant le refoulement du volume de 800 litres, on doit remplir la cuve par le volume d'eau nécessaire, puis on ajoute le sulfate de magnésium, les vitamines, l'eau de javel (pour la stérilisation) et l'acide sulfurique afin d'ajuster le PH. Alors que La mélasse, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate sont ajoutés graduellement au cours de la pré-Fermentation selon les besoins de la levure. L'air aussi est apporté graduellement avec le temps, suivant la concentration de la levure dans le milieu.

3^{ème} étape : la fermentation

La fermentation de la levure mère se manifeste dans une grande cuve dont l'alimentation se fait par la mélasse déjà traitée et par autres ingrédients (Les sels sont constitués principalement du phosphate, sulfate et l'urée, ils sont indépendamment préparés). Après 17h on obtient un moût qui servira à ensemencer le fermenteur avec un milieu nutritif bien spécifique, on obtient alors la levure mère à partir

de la séparation du moût par une centrifugeuse. La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, pour donner naissance à une levure commerciale.

4^{ème} étape : la fermentation commerciale de la levure

C'est une opération qui dure environ 16h dont chaque cuve (4 cuves) estensemencée par la levure mère, avec des apports précis de mélasse, de sels nutritifs, d'air et d'eau.

5^{ème} étape : la séparation

Dès que la fermentation de la levure mère touche sa fin, on arrête la nutrition, le moût est séparé des résidus de mélasse à l'aide d'une centrifugeuse (mout délevuré). Donc la levure est séparée en deux phases l'une est liquide c'est le mout délevuré, l'autre phase est solide c'est la crème qui repart vers les fermenteurs : c'est la levure mère qui après fermentation, subit une autre séparation pour donner la crème de la levure commerciale.

6^{ème} étape : stockage

La crème est refroidie à 4°C dans des cylindres de stockage afin de ralentir le métabolisme cellulaire et dont il y'a addition de l'acide sulfurique à pH = 2 pour éviter la contamination, Le système de refroidissement se fait par un échange thermique entre la crème et le liquide de refroidissement.

7^{ème} étape : la filtration

Elle élimine l'eau présente dans la levure. Mais à la sortie des centrifugeuses, on remarque que la crème contient encore plus de 30 % d'eau extracellulaire on l'élimine à l'aide d'un tambour rotatif sous vide.

8^{ème} étape : l'emballage

- Pour la levure fraîche :

Après l'ajout de vaseline, le gâteau de la levure fraîche est malaxé par la boudineuse, puis elle est pressée pour obtenir un boudin pâteux continu, elle est découpée en portions de 500g à l'aide d'un fils en inox connecté à une cellule photoélectrique. Ces blocs de 500 g sont immédiatement enveloppés par des papiers paraffinés sous la marque de JAOUDA. Une fois les paquets sont empaquetés ils sont mis en carton de 10 Kg par les intérimaires, à la fin de cette opération les cartons sont disposés sur des palettes.

- Pour la levure sèche : le séchage et le conditionnement :

La levure sèche est obtenue par le séchage en lit fluidisé. On distingue deux types de la levure sèche :

- **SPH** (la levure sèche active) : Le séchage dure d'environ quatre heures pour une qualité de 400kg à 500kg, et s'effectue à 45°C, elle est Sous forme de petits grains sphériques.
- **SPI** (La levure sèche instantanée) Elle a une durée de séchage de 20 min pour une quantité de 1000 Kg, elle est sous forme de bâtonnets, elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH. Elle est conditionnée sous vide afin d'éviter tout contact avec l'oxygène, l'eau et la lumière. permettant une conservation de 2 ans.

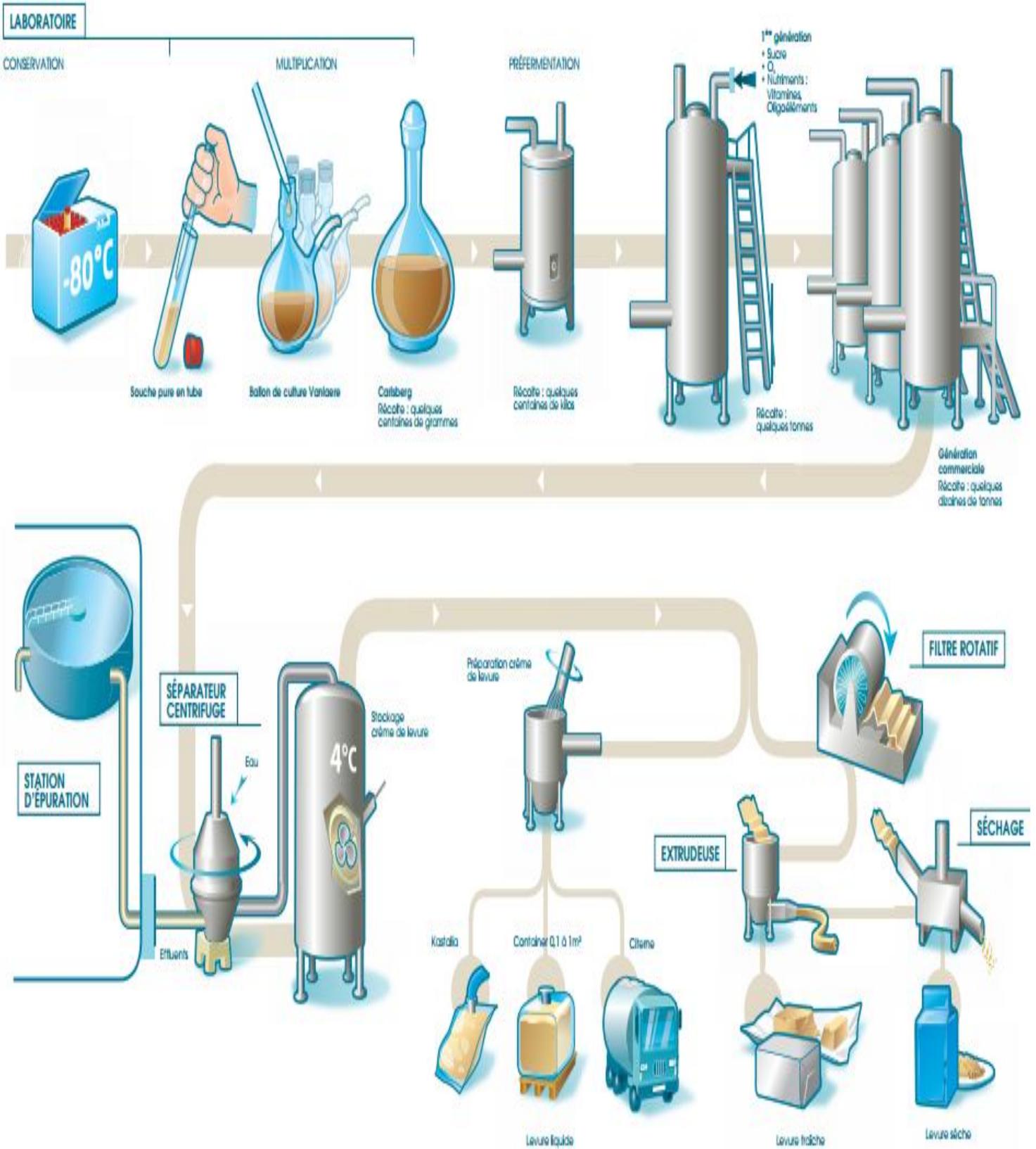


Figure 4 : Procédé de fabrication de la levure



**CHAPITRE 2 : LES TECHNIQUES DE
TRAITEMENT DES EAUX**

I. Généralités sur l'eau :

1) Définition :

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie pour tous les organismes, C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Et possède à température ambiante des propriétés uniques, c'est notamment un solvant efficace. La formule chimique de l'eau pure est H_2O .

L'alimentation en eau potable de la ville de FES et des centres gérés par la Régie est assurée à partir :

- ✓ Une production RADEEF : Forages et Sources (24% de la production totale).
- ✓ Une production ONEP : Forages et eau traitée de l'oued Sebou (76%). • La Régie assure également l'alimentation en eau potable des villes et centres suivantes: SEFROUBHALIL, SIDI HRAZEM.

2) Les différents types d'eaux :

Suivant sa composition chimique qui induit son origine ou son usage, on peut distinguer les six types suivants :

- **Eau minérale** : sont des eaux de source avec une composition constante en minéraux et oligo-éléments. Les eaux minérales naturelles se caractérisent par la pureté originelle et par la stabilité de leur composition ce qui leur confère des propriétés favorables à la santé.
- **Eau potable** : une eau est dite potable lorsqu'elle présente des caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine.
- **Eau distillée** : est une eau qui a subi une distillation, c'est donc une eau libérée de tous ses minéraux et de ses microorganismes.
- **Eau purifiée** : est une eau qui a subi une purification qui est un traitement physique destinée à supprimer les impuretés.
- **Eau dure** : est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, en particulier des sels de calcium et de magnésium en quantité variable.
- **Eau douce** : elle est obtenue par passage de l'eau dure à travers un adoucisseur qui lui permet d'enlever la plupart des sels dissous (sels de calcium et de magnésium).

3) La composition de l'eau en ions :

Les cations et les anions que l'eau peut contenir sont les suivantes :

Les cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} et Cu^{2+} .

Les anions : CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , SiO_2 , PO_4^{3-} , OH^- .

4) Les caractéristiques de l'eau :

- a) **La conductivité** : Exprimée en micro siemens/cm, elle traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle est proportionnelle à la quantité de solides dissous dans l'eau (de plus la concentration en solide dissout sera importante, plus la conductivité sera élevée).

- b) **Le pH : potentiel hydrogène** : Est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène en solution aqueuse, donc il mesure la basicité ou l'acidité d'une solution. Au laboratoire ces mesures s'effectuent par un pH-mètre.
- c) **Le titre hydrotimétrique (THT)** : est l'indicateur de la minéralisation de l'eau, elle est surtout due à la présence des ions de calcium et magnésium. Le degré hydrotimétrique s'exprime en °F.

Dans le tableau ci-dessus on peut exprimer Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (°F)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Eau	Très douce	Eau douce	plutôt dure	Dure	Très dure

Ce degré hydrotimétrique est déterminé par un dosage qui se fait par une solution titrée d'EDTA. On prend 100 ml pour l'eau de BAC et de l'avant BAC et de la RADEEF et 50 ml pour la RAT. On ajoute pour chaque échantillon 5 ml d'une solution tampon, on ajoute le Nitrate d'érichrome (indicateur coloré) puis on dose avec la solution d'EDTA (N/50), On obtient une coloration bleu foncée.

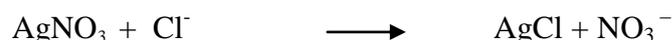
- d) **Titre alcalimétrique complet (TAC)** : Utilisée pour indiquer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, il est mesuré selon une méthode qui consiste à la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral diluée.



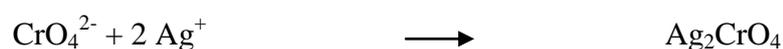
On introduit dans un bêcher 50 ml de chaque échantillon, on ajoute quelques gouttes de l'orange méthyle (indicateur coloré). Puis le dosage est effectué par une solution de HCl (N/10).

- e) **Les ions chlorures Cl⁻** : leur analyse nous permet de connaître le taux de corrosion, de l'acier de l'aluminium et de certains métaux. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium K₂CrO₄. La formation du chromate d'argent se caractérise par un teint rouge qui indique la fin de la réaction.

L'argent présent dans la solution de nitrates d'argent forme avec le chlorure un précipité blanc selon l'équation



Lorsque tous les chlorures présentent dans la solution sont épuisés, l'argent se combine avec le chromate de potassium pour former un précipité de couleur rouge brique selon l'équation :



f) Le chlore :

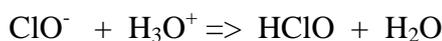
Le traitement de l'eau par chloration permet d'éliminer de façon simple, efficace et de faible coût la plupart des microbes, virus et germes. Le chlore est l'un des produits utilisés pour la désinfection de l'eau où il est employé essentiellement sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel). Doté d'un pouvoir oxydant très important, il est de plus rémanent. Dans l'eau le chlore se trouve sous trois formes d'états en équilibre : l'acide hypochloreux (HOCl), l'ion hypochlorite (ClO⁻) et l'ion chlorure (Cl⁻). La concentration en chlore peut être exprimée en chlore libre, chlore actif et chlore totale.

❖ Le Chlore actif et le chlore libre :

L'acide hypochloreux possède l'action biocide la plus efficace, il est le composé le plus actif dans les mécanismes de la désinfection (l'ion hypochlorite est peu oxydant), il est majoritaire en milieu acide.

Le chlore actif est déterminé à partir du chlore libre et le chlore totale (Le chlore total = chlore libre + chlore actif). La forme la plus efficace du "chlore" du point de vue de la désinfection étant l'acide hypochloreux (HClO), il est généralement nécessaire d'acidifier le milieu pour transformer

l'ion hypochlorite en acide. Cet acide détruit les enzymes nécessaires à la vie des microorganismes



Il existe différentes méthodes pour déterminer ce chlore libre mais au laboratoire du SAFFRE MAROC on utilise la méthode DPD. Dans un tube on introduit un peu d'eau, on ajoute une pastille DPD N°1, on agite un peu le mélange puis on remplit le tube avec l'eau de l'échantillon jusqu'au trait, on agite pour bien dissoudre la pastille. Puis On remplit un autre tube (plus petit que le premier) avec la solution qu'on a préparé. Insérer le tube à l'arrière du comparateur et effectuer immédiatement la lecture. La concentration en chlore libre est le résultat lu sur le disque elle est exprimée en mg/l. Même manipulation pour le chlore total mais au lieu d'utiliser DPD N°1 on utilise DPD N°4.



Figure 5 : Exemple de pastille DPD N° 1

II. Le Circuit et procédés de traitement d'eau dans LESAFFRE MAROC :

A. Les procédés de traitement d'eau :

a) Les traitements physicochimiques :

- ✓ L'osmose et osmose inverse : l'osmose est le passage de molécules de solvant depuis le milieu le moins concentré en solutés vers le milieu le plus concentré. Alors que l'osmose inverse est une technologie membranaire de séparation, mais elle n'est pas un processus de filtration c'est un processus de sélectivité par diffusion.

L'osmoseur est un dispositif permettant de produire de l'eau, considérée comme pure selon le principe de l'osmose inverse. Il débarrasse l'eau de la majeure partie de ses solutés tels que le chlore, les sulfates, les phosphates, etc....

- ✓ L'adoucissement : est un traitement qui se fait par un adoucisseur en réduisant la dureté de l'eau par réduire la quantité de calcium et de magnésium en suspension dans l'eau
- ✓ La distillation : Est une opération qui permet de séparer l'eau des autres composants sous forme de vapeur selon les températures d'ébullition.

b) Les traitements microbiologiques :

La chloration : est le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, puisqu'il est de faible coût et pour sa simplicité de mise en œuvre.

Ozonation : L'ozone a un grand pouvoir désinfectant mais il est coûteux et sa mise en œuvre est complexe.

Les Ultraviolets : Ils empêchent tout microorganisme de pénétrer dans le réseau de distribution. Tout comme l'ozone, ces procédés ont une action limitée dans le temps, leur utilisation nécessite une injection de désinfectant chloré en aval afin d'éviter toute contamination par le réseau de distribution.

B. Circuit de l'eau dans LESAFFRE MAROC :

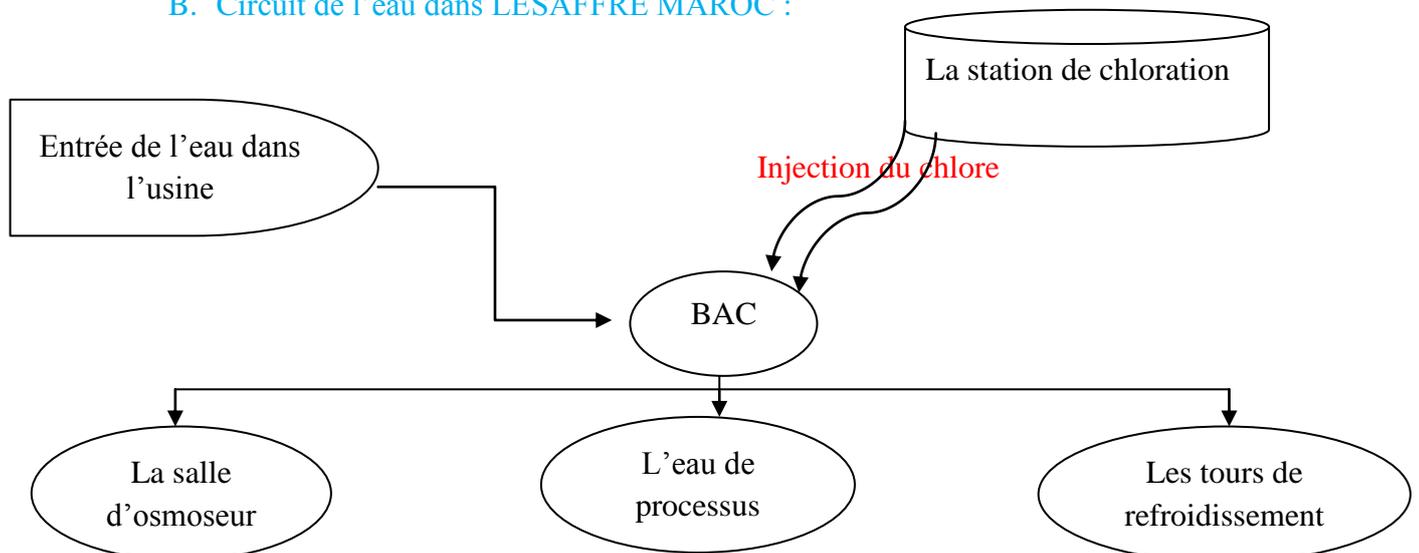


Figure 6 : Le circuit d'eau à LESAFFRE MAROC

Notre étude se focalise sur différents points de passage de l'eau dans l'usine à savoir : L'entrée de l'usine, la station d'avant bac, le bac, les tours de refroidissements.

- 1) **La station de chloration:** La chloration est un traitement d'eau qui se fait par injection du chlore, il permet d'éliminer d'une manière simple, efficace, et de faible coût la plupart des microbes, virus et germes que l'eau peut contenir. Elle n'est efficace que si l'eau est préalablement bien traitée. Le chlore est l'un des produits utilisés pour la désinfection de l'eau où il est employé essentiellement sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel). Doté d'un pouvoir oxydant

très important, il est de plus rémanent. Et dans le but d'augmenter la teneur en chlore actif et en chlore libre et aussi les stabiliser, une station de chloration est nouvellement installée en 2015 par la société. Il comporte un dispositif qui injecte du chlore à partir d'un bidon. Le chlore gazeux est injecté à des doses précises, un temps de contact suffisant qui doit être respecté afin d'assurer une efficacité maximale de l'oxydation

2) L'eau de bac :

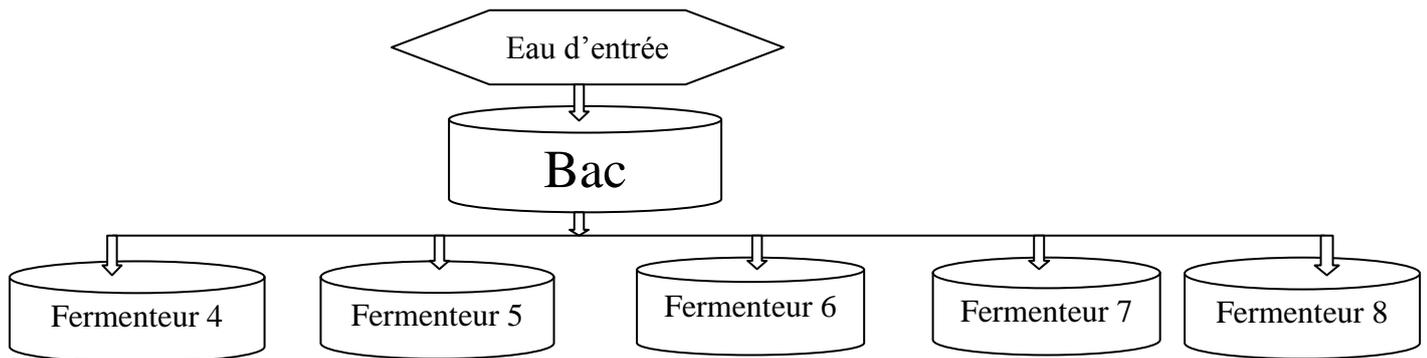


Figure 7 : le circuit d'eau destiné à alimenter les fermenteurs

L'eau de bac est utilisée dans les pieds des cuves, Le rinçage des cuves après avoir terminé la fermentation d'avant, le rinçage après la désinfection avec l'eau de javel, et le rinçage après le nettoyage avec l'acide.

3) la salle d'osmoseur : dans cette salle il est installé un adoucisseur d'eau, un osmoseur, et d'autres matériels pour la filtration d'eau.

4) Les tours de refroidissement et les échangeurs à plaques :

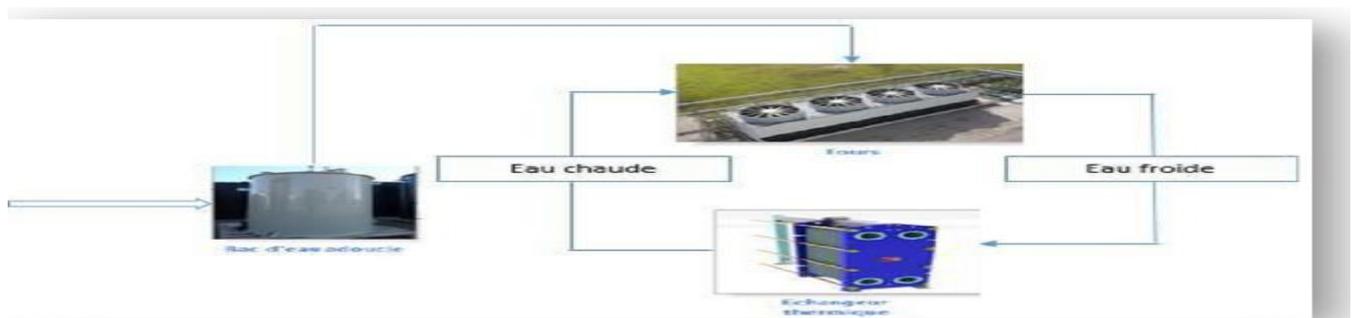


Figure 8 : circuit de l'eau entre l'échangeur et la RAT

❖ Les tours de refroidissement : (ou tours aéroréfrigérantes)

Ils sont utilisés pour refroidir un fluide (liquide ou gaz) à l'aide d'un moyen de refroidissement. Il s'agit d'un cas particulier où le transfert thermique s'effectue par contact direct ou indirect entre les flux. Le moyen de refroidissement de telles installations est le plus souvent l'air ambiant. Dans la RAT, le refroidissement a lieu par évaporation d'une partie de l'eau, le principe de fonctionnement consiste à mettre en contact l'eau à refroidir et l'air à contrecourant. Ce processus est connu sous le nom de 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 à tirage forcé est placé à la partie inférieure de la tour et pousse l'air vers la partie supérieure.

L'air sort par la partie supérieure de la tour cette air est chargé de gouttelettes d'eau pour éviter que ces derniers ne se dispersent à l'extérieur, on prévoit à la sortie un séparateur de gouttelettes, on récupère l'eau refroidie en bas dans un BAC de rétention, celui-ci est équipé par un contrôleur de niveau qui détermine la quantité de l'eau appoint qu'il faut ajouter au circuit.

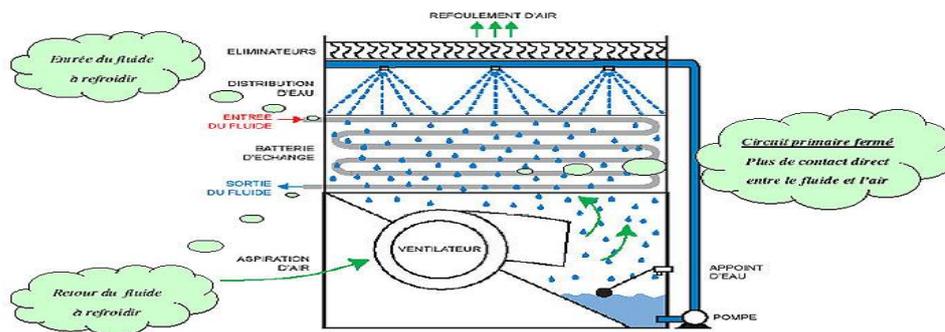


Schéma de principe d'une tour aéroréfrigérante avec échangeur tubulaire

Figure 9 : RAT à circuit ouvert

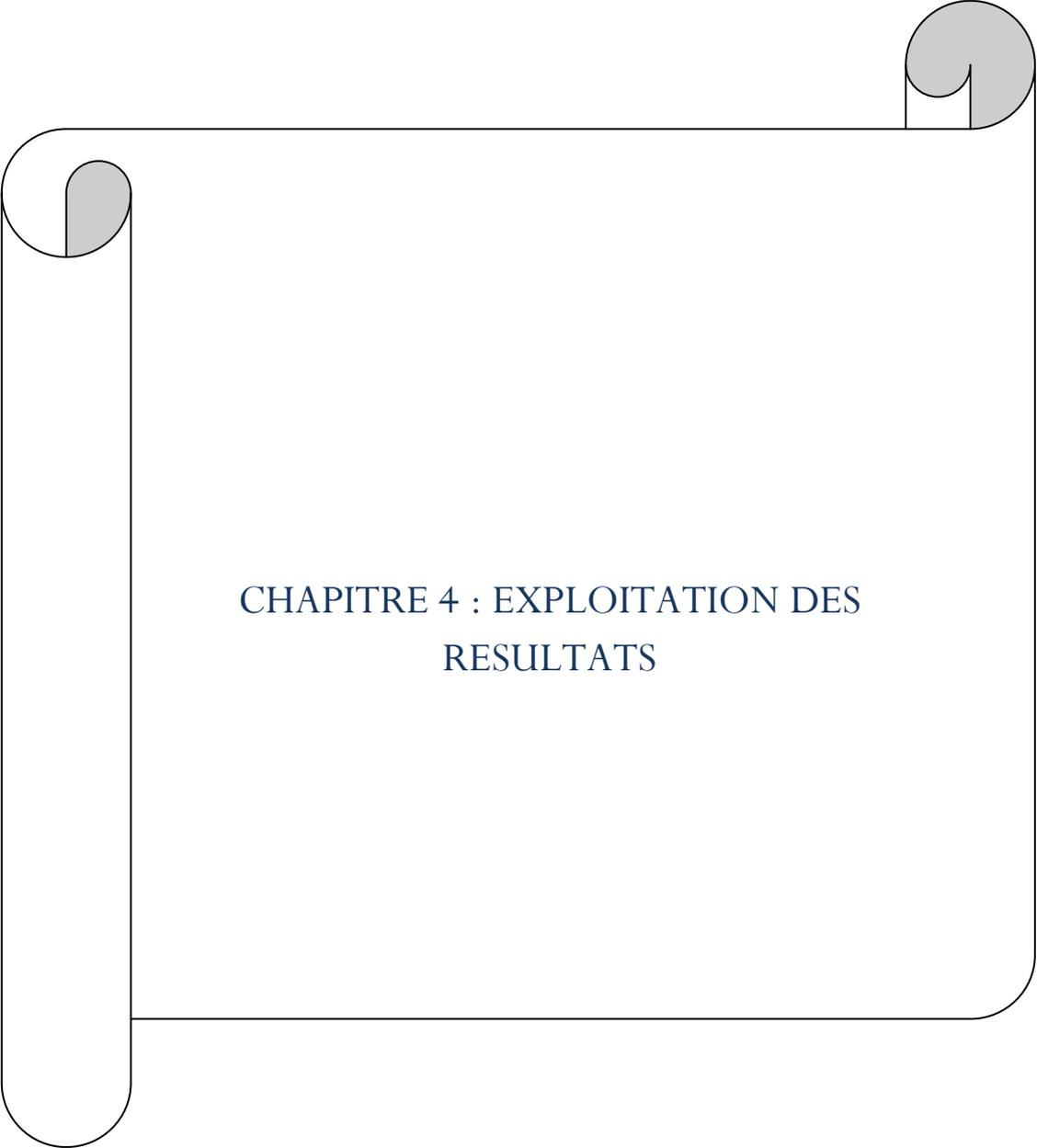
❖ L'échangeur thermique à plaques :

Il permet de transférer l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. Une plaque sur deux qui permet de créer deux espaces en sens contraire l'un de l'autre, dans lesquels les fluides passent en contre-courant.

C'est système de transfert de chaleur entre l'eau disant froide entre (24°C et 28°C) venant des tours de refroidissement, et le moût (34° à 36°) provenant des fermenteurs. L'eau de Refroidissement n'est pas en contact avec le moût, mais passe à côté dans des plaques hermétiques, où le transfert de chaleur se fait à travers la paroi isolante entre eux. Le moût à 35°C est versé dans les plaques de l'échangeur. De l'eau froide en provenance du château d'eau est versée dans les échangeurs, dans lesquels baignent les plaques. Les plaques au contact de l'eau froide, sont refroidies aux environs de 33°C.



Figure 10: exemple d'un échangeur à plaques



CHAPITRE 4 : EXPLOITATION DES
RESULTATS

L'eau potable distribuée par la RADEEF, n'est pas l'eau dont on a besoin c'est pour cela que la société LESAFFRE MAROC effectue plusieurs traitements afin d'obtenir une eau utilisable soit pour la fermentation, le refroidissement ou bien le nettoyage.

Durant notre stage on a effectué une série d'analyse sur les différents points de prélèvements :

- L'eau potable à l'entrée de l'usine (l'eau de la RADEEF)
- L'eau avant Bac
- L'eau de Bac
- L'eau de la RAT (tour de refroidissement)

Pour interpréter les résultats de ces analyses nous avons adopté une méthode qui consiste à analyser les graphes par paramètres :

A. Résultats des analyses physicochimiques :

a) Résultats de la dureté (THT) :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	26	25	24	10
26 avril	21	16	15	9
27 avril	21	22	25	10
28 avril	19	23	24	11
29 avril	16	17	17	15
02 mai	22	19	20	12
03 mai	24	22	21	12
04 mai	19	19	18	11
05 mai	21	20	19	9
09 mai	17	18	18	12
10 mai	20	19	17	10
12 mai	18	17	17	12
MOY	20,33	19,75	19,58	11,08
MAX	26	25	25	15
MIN	16	16	15	9

Tableau 1: Tableau des analyses de THT

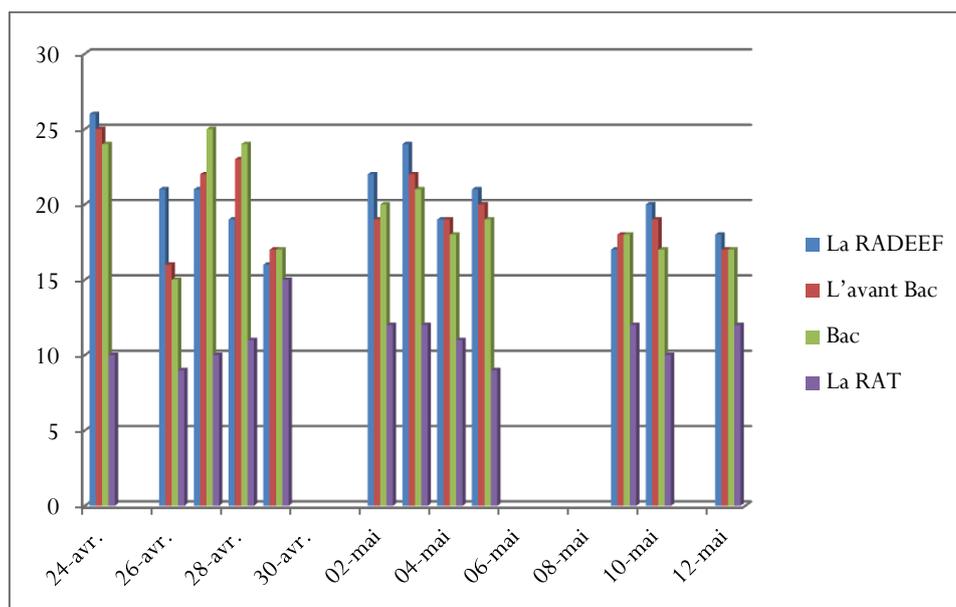


figure 11 : graphe des analyses de la duresse d'eau.

Interprétation des résultats :

- ✓ On remarque qu'il n'y a pas une différence importante entre les résultats avant et après la chloration, puisque cette dernière n'affecte pas le paramètre de la duresse.
- ✓ d'après l'étude statistique des moyennes on constate que la valeur la plus petite en THT est celle de la tour de refroidissement ce qui est expliqué par le mélange de l'eau de la tour avec celui adouci.
- ✓ Parfois la partie des eaux de la tour Alfa-Laval qui refroidit le pré-fermenteur par pulvérisation extérieure et les fermenteurs par des échangeurs thermiques et qui retourne vers le bassin de rétention. composée d'un mélange d'eau osmosée et d'eau de ville, avec des proportions différentes selon les besoins. Lors de retour d'eau de refroidissement vers le bassin de rétention, emporte avec elle une quantité considérable d'ions, notamment ceux responsable de la duresse, ce qui aboutit à une élévation des résultats en THT. La chute remarquée d'après le graphe, s'explique par une diminution de volume d'eau de ville mélangée.
- ✓ Pour la RADEEF, l'avant Bac et Bac ont des valeurs élevée et proches puisqu'ils contiennent des ions de calcium et magnésium.

b) Résultats d'analyse des chlorures :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	213	177,5	213	284
26 avril	177,5	177,5	177,5	284
27 avril	213	177,5	177,5	284
28 avril	248,5	213	213	355
29 avril	248,5	248,5	177,5	284
02 mai	248,5	284	248,5	284
03 mai	248,5	284	248,5	426
04 mai	248,5	248,5	248,5	284
08 mai	248,5	248,5	248,5	355
09 mai	248,5	248,5	248,5	426
10 mai	248,5	213	213	426
12 mai	248,5	248,5	213	284
MOYENNE	236,67	230,75	218,68	330,86
MAX	248,5	284	248,5	426
MIN	177,5	177,5	177,5	284

Tableau 2 : Tableau des analyses des chlorures

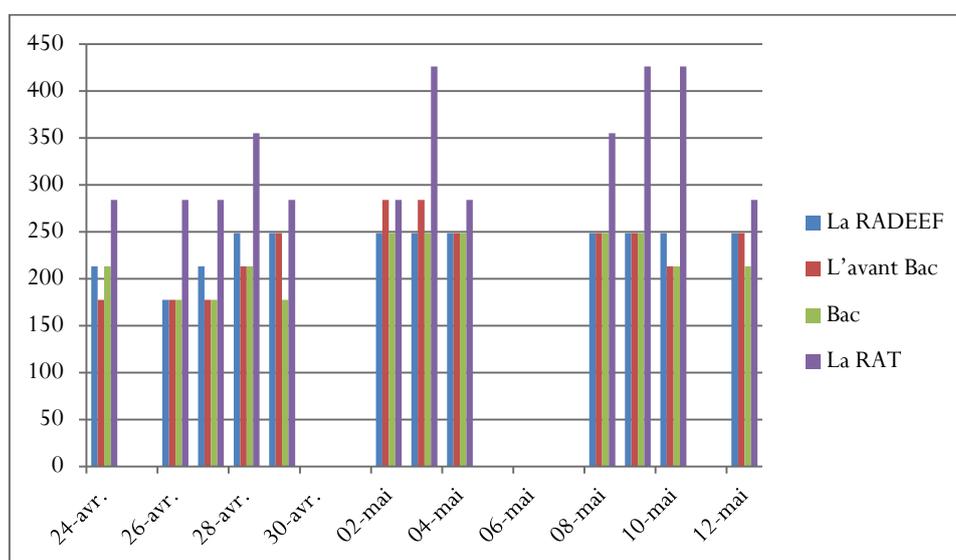


Figure 12 : graphe des analyses des chlorures.

Interprétation des résultats :

- ✓ dans la RAT on obtient une moyenne du taux du chlore le plus élevée causée par l'ajout de l'eau de javel.
- ✓ Parfois on obtient des valeurs moins élevés au niveau de la RAT ceci est due à la vidange du bassin.

c) Résultats des analyses de TAC :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	26	24	23	39
26 avril	32	28	28	36
27 avril	30	32	28	32
28 avril	35	34	30	40
29 avril	30	30	29	40
02 mai	25	29	28	36
03 mai	28	30	30	35
04 mai	28	30	28	33
08 mai	26	32	28	34
09 mai	26	34	31	40
10 mai	30	22	20	29
12 mai	32	33	30	40
MOYENNE	29	29,8	27,75	36,16
MAX	35	34	31	40
MIN	25	22	20	29

Tableau 3 : Tableau des analyses de TAC

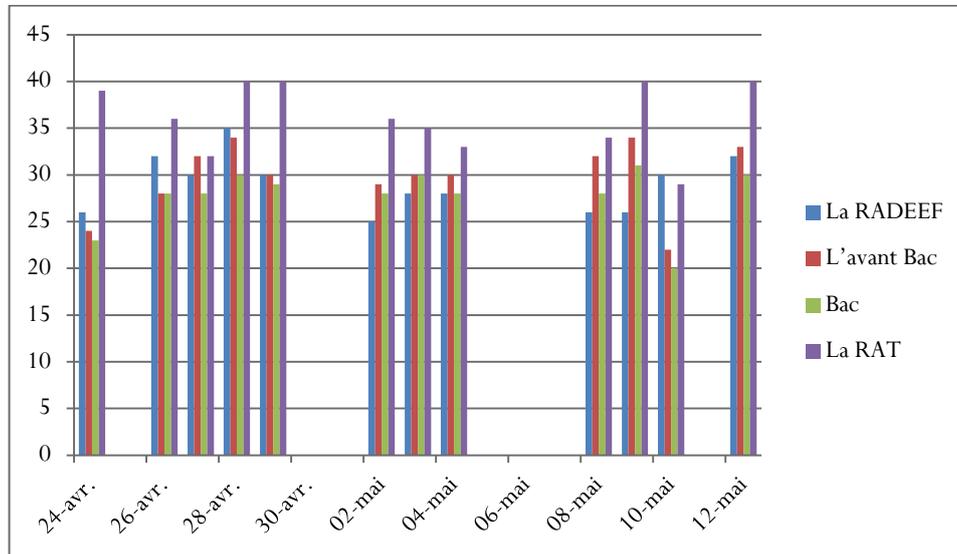


Figure 13 : graphes des analyses de TAC

Interprétation des résultats :

- ✓ Sachant qu'une cuve de la soude NaOH se trouve juste à côté du pré fermenteur, il est fort probable que les eaux de refroidissement entraînent avec eux la soude qui est une Base forte, car elle dissocie totalement en milieu aqueux libérant ainsi l'ion hydroxyle OH⁻ :



- ✓ Le CO₂ présent dans l'air peut se dissoudre en milieu aqueux et réagir avec NaOH pour former des carbonates :



Ce qui explique la valeur élevée de la moyenne de TAC au niveau de la tour de refroidissement.

- ✓ L'évaporation de l'eau lors du refroidissement peut causer une augmentation de la concentration des hydroxydes pour les tours de refroidissement.
- ✓ TAC de l'eau potable (la RADEEF) , varie entre 20 et 35 °F . Les résultats trouvés conforme aux normes.

d) Résultats des analyses de la conductivité d'eau :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	1142	1149	1151	1585
26 avril	1144	1149	1154	1524
27 avril	1145	1157	1155	1630
28 avril	1057	1146	1148	1748
29 avril	1142	1148	1047	1800
02 mai	1144	1083	1144	1837
03 mai	1131	1146	1145	1733
04 mai	1131	1134	1139	1580
08 mai	1137	1142	1145	1695
09 mai	1142	1143	1140	1547
10 mai	1142	1147	1144	1556
12 mai	1136	1148	1148	1824
MOYENNE	1132,75	1141	1138,33	1671,58
MAX	1145	1157	1155	1837
MIN	1057	1083	1047	1524

Tableau 4 : Tableau des analyses de la conductivité d'eau

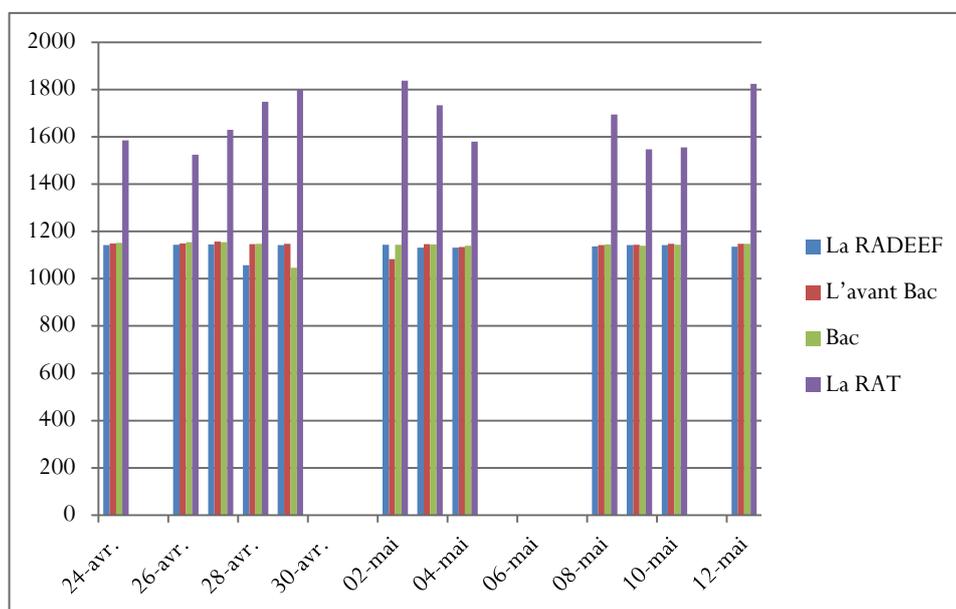


Figure 14 : graphe des analyses de la conductivité d'eau

Interprétation des résultats :

- ✓ On a l'eau de tour de refroidissement a la moyenne la plus élevée en conductivité = 1671,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ceci est expliqué par des filtres qui tombent dans le bassin.
- ✓ La conductivité des tours de refroidissement varie avec le temps à cause de : L'augmentation de la température extérieure et de la matière en suspension qui emport l'augmentation de l'évaporation de l'eau. L'ajout de l'eau de javel qui augmente la concentration des sels dissouts.

e) Résultats d'analyse d'eau par du chlore libre et totale :

Résultats d'analyse de Chlore libre :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	0,64	2,21	3,31	0,72
26 avril	0,69	2,4	3,33	0,5
27 avril	0,02	2,2	3,71	0,5
28 avril	0,25	3	3,81	0,47
29 avril	0,25	2,9	3,14	0,32
02 mai	0,15	2,19	2,22	0,63
03 mai	0,2	1,79	3,37	0,4
04 mai	0,24	1,89	3,71	0,39
08 mai	0,39	1,95	3,26	0,24
09 mai	0,4	2	2,91	0,52
10 mai	0,5	1,41	2,53	0,52
12 mai	0,1	2,4	3,01	0,44
MOYENNE	0,32	2,19	3,19	0,47
MAX	0,69	3	3,81	0,72
MIN	0,02	1,41	2,22	0,24

Tableau 5 : Tableau d'analyse d'eau par le chlore libre

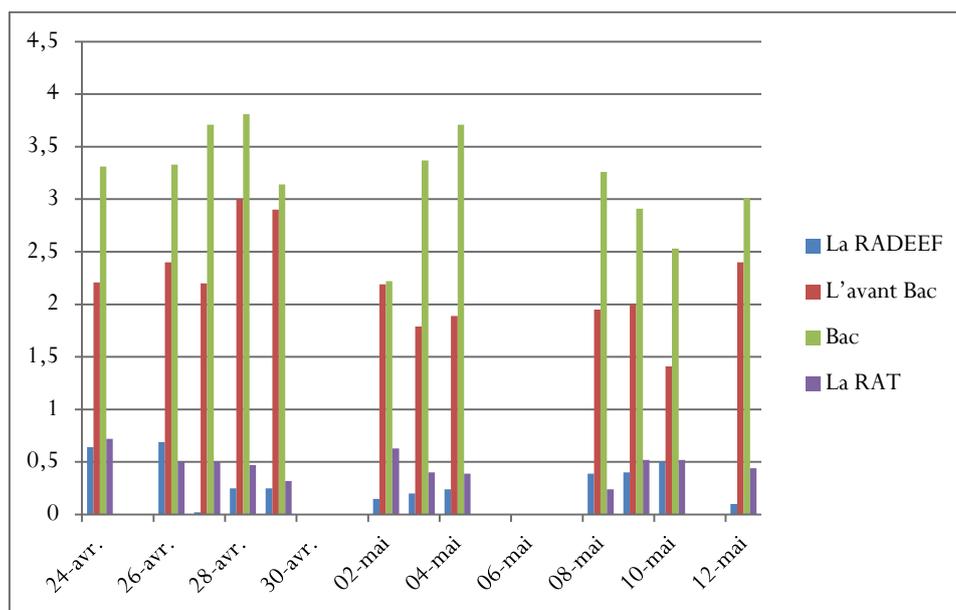


Figure 15 : Graphe des analyses d'eau par le chlore libre

Résultats d'analyse d'eau par du Chlore totale :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	0,77	2,76	3,94	0,73
26 avril	0,81	2,91	3,8	0,81
27 avril	0,51	2,6	4	0,59
28 avril	0,44	3,36	4,26	0,51
29 avril	0,3	3,19	3,5	0,34
02 mai	0,25	2,58	2,71	0,64
03 mai	0,33	2,32	3,75	0,44
04 mai	0,3	2,34	3,98	0,41
08 mai	0,58	2,24	3,5	0,26
09 mai	0,54	2,16	3,21	0,57
10 mai	0,63	1,5	2,67	0,54
12 mai	0,17	2,72	3,53	0,47
MOYENNE	0,46	2,55	3,57	0,52
MAX	0,81	3,36	4,26	0,81
MIN	0,17	1,5	2,67	0,26

Tableau 6 : Tableau des analyses d'eau par le chlore total

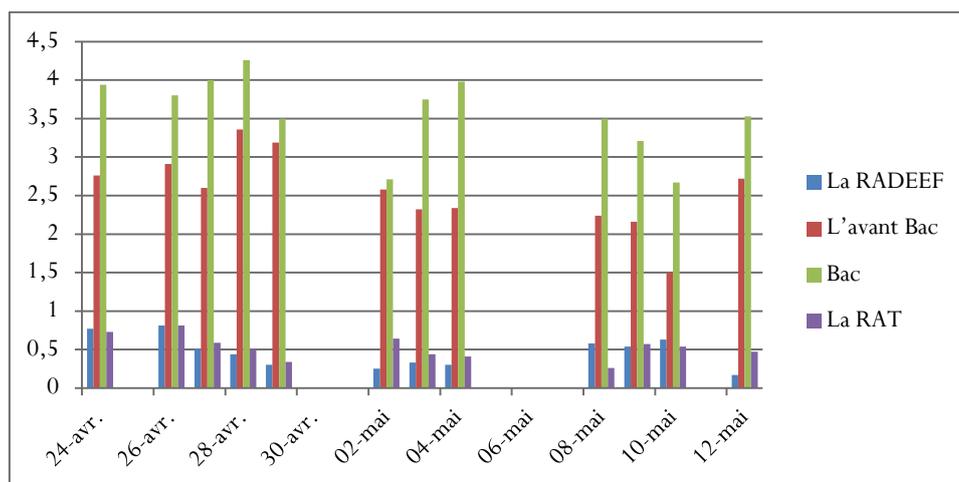


Figure 16 : graphe des analyses d'eau par le chlore total

Interprétation des résultats :

L'injection du chlore dans l'eau potable améliore le taux du chlore et cela est remarquable sur les graphes du chlore total et libre pour la station de l'avant Bac et du Bac.

La tour de refroidissement a une moyenne de 0,52 mg/l en chlore totale, ceci est expliqué par l'injection de l'eau adoucie dans cette station.

f) Résultats d'analyse de pH d'eau :

	La RADEEF	L'avant Bac	Bac	La RAT
24 avril	7,69	7,97	8	8,25
26 avril	7,54	7,77	7,89	8,35
27 avril	7,58	7,78	7,85	8,33
28 avril	7,74	7,86	7,98	8,42
29 avril	7,69	7,85	7,95	8,51
02 mai	7,71	7,83	7,89	8,24
03 mai	7,68	7,81	7,87	8,25
04 mai	7,06	7,55	7,80	8,08
08 mai	7,05	7,78	7,97	8,40
09 mai	7,76	7,70	7,84	8,12
10 mai	7,64	7,72	7,98	8,36
12 mai	7,88	8,01	8,09	9,4
MOYENNE	7,58	7,80	7,92	8,39
MAX	7,88	8,01	8,09	9,4
MIN	7,05	7,55	7,8	8,08

Tableau 7: Tableau des analyses de PH d'eau

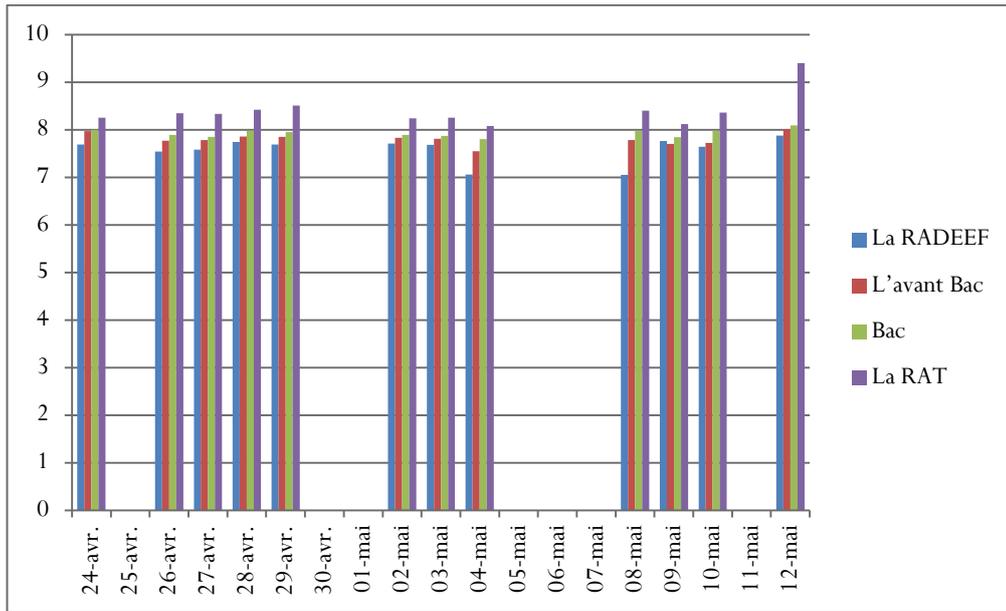


Figure 17 : graphe des analyses de PH d'eau

la concentration élevée en ion OH^- attribué à l'évaporation de l'eau de refroidissement provoque une élévation au niveau du pH de la tour de refroidissement

Conclusion générale :

L'eau a plusieurs usages à LESSAFRE Maroc, elle est soit utilisée dans le refroidissement du moût, le rinçage des cuves, ou des pieds des cuves pour la fermentation.

C'est pour cela que la société LESAFFRE Maroc est beaucoup plus vigilante, et puisque le risque de multiplication des microbes est très grand, un système de chloration a été mis en place pour le traitement de l'eau potable à l'arrivée de l'usine (l'eau de la RADEEF).

Notre étude qui a été focalisée dans 4 points (entrée de l'usine, la station avant Bac, le Bac, et la RAT) nous a permis de constater à partir des résultats obtenus, et l'exploitation des graphiques que le système mis en place est très efficace pour le traitement de l'eau dans le but de l'utiliser dans plusieurs usages.

Ce stage m'a permis d'acquérir une expérience professionnelle. Il m'a permis aussi d'établir un contact avec l'entreprise pour instaurer une complémentarité entre les connaissances de base théoriques et pratiques tirées du monde de travail.

Ce stage a été d'une grande opportunité pour moi puisque'il m'a permis de m'entraîner à appliquer des études théoriques à l'échelle industrielle.

Je remercie toutes personnes ayant contribué de près ou de loin pour l'acheminement de mon stage.