



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET  
CONTROLE DE QUALITE  
(TACCQ)

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Les analyses physico-chimiques des  
eaux des tours de refroidissement*

**Présenté par :**

◆ Mlle Meryem Tazi

**Encadré par :**

- ◆ Pr. Ali BENNANI (Société)
- ◆ Pr. Mohammed Khalid SKALLI

**Soutenu Le 12 Juin 2014 devant le jury composé de:**

- Pr. Mohammed Khalid SKALLI
- Pr. Jamal ASSOUIK
- Pr. Mohamed CHAOUQI

**Stage effectué à LESAFFRE Maroc**

**Année Universitaire 2013 / 2014**

# Sommaire

<i>Dédicace</i> .....	3
<i>Remerciements</i> .....	4
<i>Liste des abréviations</i> .....	5
<i>Introduction</i> .....	1
<i>Présentation de la société</i> .....	2
1. <i>Historique de la société LESAFFRE Maroc</i> .....	2
2. <i>L'identité de la société</i> .....	2
3. <i>Description générale du laboratoire</i> .....	3
A. <i>Levure</i> .....	3
A.1 <i>Définition</i> .....	4
A.2 <i>Types de levure</i> .....	4
A.3 <i>Reproduction de levure</i> .....	5
A.4 <i>Procédé de fabrication de la levure</i> .....	5
A. <i>L'eau</i> .....	10
A.1 <i>Définition</i> .....	10
1. <i>Les eaux naturelles</i> .....	10
2. <i>Les eaux traitées</i> .....	11
A.2 <i>Traitement des eaux</i> .....	12
B. <i>Les tours de refroidissement</i> .....	13
B.1 <i>Qu'est qu'une tour de refroidissement ?</i> .....	13
B.2 <i>Comment ça fonctionne ?</i> .....	13
B.3 <i>Les types des tours de refroidissement</i> .....	13
B.4 <i>Quelques définitions</i> .....	14
B.5 <i>Le circuit de l'eau de refroidissement</i> .....	15
A. <i>Analyses physico-chimiques et résultats</i> .....	17
A.1 <i>Titre hydrotimétrie total (THT)</i> .....	17

<i>A.2 Titre alcalimétrique complet TAC</i> .....	19
<i>A.3 Analyses de chlorure</i> .....	22
<i>A.4 Mesure du pH</i> .....	26
<i>A.5 Les analyses de la conductivité</i> .....	31
<i>B. Comparaison entre les paramètres physico-chimiques des eaux traitées de 2012 et de 2013</i> .....	32
<i>Conclusion</i> .....	34

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui l'ont soutenu :

✱ *A ma chère Maman:*

Rien au monde ne pourra compenser l'amour et la tendresse que vous me donnez, pour que je puisse surmonter tous les obstacles de la vie...

Je vous dédie ce travail, puisqu'il est le vôtre... veuillez y trouver, le fruit de toutes vos peines et vos prières.

Puisse Dieu le tout puissant, vous préserver, vous procurez santé, bonheur et longue vie pour que je puisse vous récompenser tout ce que vous avez perdu pour mon progrès...

✧ *A mon cher Papa:*

A qui je dois, rien au monde ne pourrait compenser les sacrifices consentis et l'effort soutenu pour mon éducation et mon bien être, afin que je puisse me consacrer à mes études. Rien au monde ne saurait exprimer ce que je ressens envers vous...

✧ *A mon petit frère*

Je dédie aussi à mon petit frère Sâad en témoignage de ma profonde affectation et de mon attachement indéfectibles, avec tous mes souhaits de bonheur, de santé et de réussite dans ta vie.

Je dédie également à mes proches, mes amis et amies et mes collègues pour leurs soutiens.

## Remerciements

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à tous ceux qui ont pu apporter un coup de pinceau à mon projet de fin d'études.

Mes remerciements vont particulièrement à :

Mon encadrant, **M. Mohammed Khalid SKALLI** :

En acceptant d'encadrer mon projet de fin d'études, j'ai eu le privilège de vos connaissances, ainsi que votre profond savoir-faire.

Croyez Monsieur, à mon profond respect, à ma gratitude et mes sentiments de haute estime.

**M. Ali BENNANI**, mon encadrant de stage au sein de la société LESAFFRE Maroc :

Vos conseils, vos critiques judicieuses et vos qualités humaines et professionnelles durant mon stage qui nous ont permis de les passer dans les meilleures conditions.

Je tiens aussi à remercier, les membres de jury : Pr. Jamal ASSOUIK et Pr. Mohamed CHAOUQI.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude envers l'équipe du laboratoire de la société LESAFFRE Marco de m'avoir accordé de leurs précieux temps, pour m'expliquer les mécanismes de travail au sein du laboratoire, aussi pour l'aide qu'ils m'ont accordé ainsi pour leur bon accueil et gentillesse et pour les aides précieuses.

## Liste des abréviations

- BAD : Bac adoucie
- EDTA: Ethylène Diamine Tétracétique
- LC: Levure commerciale
- LM : Levure mère
- SPH: Sphérule à hydratée
- SPI: Sphérule instantanée
- YM : Yeast Molds

## Introduction

La société LESAFFRE Maroc travaille sur la fabrication de la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* suivant une voie aérobie c'est-à-dire la respiration. Au cours de ce processus de multiplication, la levure libère une quantité importante d'énergie qui contribue à l'augmentation de la température au niveau du fermenteur.

Pour cela, LESAFFRE Maroc fait appel à des échangeurs à plaques liés à des tours de refroidissement permettant ainsi de refroidir le moût.

L'eau potable est une eau dure (riche en calcaire), cela signifie simplement qu'il contient un taux élevé en sels de calcium et de magnésium.

L'utilisation de cette eau au niveau des tours de refroidissement peut obstruer les tuyaux, détériorer la canalisation ce qu'il en résulte une réduction considérable de la longévité des installations et une augmentation importante de la consommation d'énergie.

Afin de sécuriser les installations industrielles, la société nécessite la présence d'un osmoseur pour l'adoucissement de l'eau.

Notre sujet portera sur le suivi de la qualité de l'eau traité et l'efficacité de l'osmoseur.









# Présentation de la société

## 1. Historique de la société LESAFFRE Maroc

Créé en 1975 sous le nom SODERS, et depuis 1993 LESAFFRE Maroc est majoritairement détenue par le groupe français. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée au Maroc, en plus elle bénéficie de l'expertise et de la maîtrise technique du Leader mondial de la fabrication de la levure.

D'un capitale de 30.989.300 DH et sur une superficie de 2 hectares, elle emploie 200 personnes et bénéficie d'une politique salariale attractive ainsi qu'une formation continue d'un grand groupe, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise, au Maroc, de la levure et des améliorants de panification dont les marques sont :

Type	Levure	Levure sèche		Améliorant
	 fraîche	 Active	 Instantanée	
Marque				 

## 2. L'identité de la société

- Raison sociale : LESAFFRE Maroc
- Directeur : Mr Damien LESAFFRE
- Statut juridique : société anonyme
- Effectifs : 200 personnes (20 cadres)
- Secteur d'activité : l'agroalimentaire
- Gamme de produits : levure de panification et améliorants.



### **3. Description générale du laboratoire**

En 2006, afin de répondre aux besoins des contrôles microbiologiques et physico-chimiques, et pour garantir la qualité du produit fini tout au long du procédé de fabrication, une équipe marocaine a créé un laboratoire à LESAFFRE Maroc qui se divise en deux laboratoires :

#### - Laboratoire de microbiologie :

Ce laboratoire est devisé en quatre parties :

- Salle de stockage des matériaux et des matières premières ;
- Salle de préparation des milieux de culture, la stérilisation et d'autres activités ;
- Salle des pathogènes où sont effectuées les analyses des germes pathogènes.
- Salle des analyses bactériologiques bien équipée.

#### - Laboratoire de physico-chimie :

Il divisé en trois salles :

- Salle de panification où s'évalue la force panaire de la levure ;
- Salle de stockage des matériaux et des matières premières ;
- Salle des analyses physico-chimiques où s'effectuent les analyses d'azote, de phosphate, de conductivité, de pH ....

Les deux laboratoires communiquent entre eux par une laverie où se fait le nettoyage du matériel, la préparation de l'eau adoucie et la destruction des milieux contaminés.

Ce premier chapitre, comporte une définition de levure, ses types, sa reproduction et le procédé de sa fabrication.

## **A. Levure**



## A.1 Définition

La levure désigne originellement des champignons unicellulaires capables de provoquer la fermentation des matières animales ou végétales. Les levures sont employées pour la fabrication du vin, de la bière, des alcools industriels, des pâtes levées et d'antibiotiques. Elle se multiplie par bourgeonnement ou étranglement tous les 3 heures. Elle a le pouvoir de transformer le sucre en alcool et en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>).

C'est un microorganisme unicellulaire, sphérique ou ovale, dont les dimensions se situent entre six à dix microns. (Figure 1)

La cellule de levure est une cellule typique d'eucaryote (cellule avec noyau) : elle comprend une paroi rigide, un noyau limité par une membrane nucléaire, un cytoplasme contenant divers organites dont les mitochondries (organites de la respiration) et une grande vacuole.

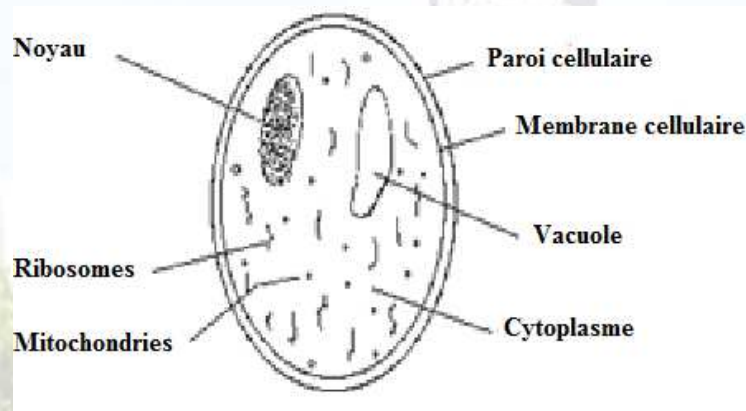


Figure 1 : Structure d'une cellule de levure

## A.2 Types de levure

### a) Levure fraîche :

La levure fraîche de boulangerie est une pâte, de couleur jaune grisâtre très friable, au toucher soyeux, frais et agréable, partiellement débarrasser de son eau avec une odeur légèrement acidulée rappelant celle des produits de fermentation.

### b) Levure sèche :

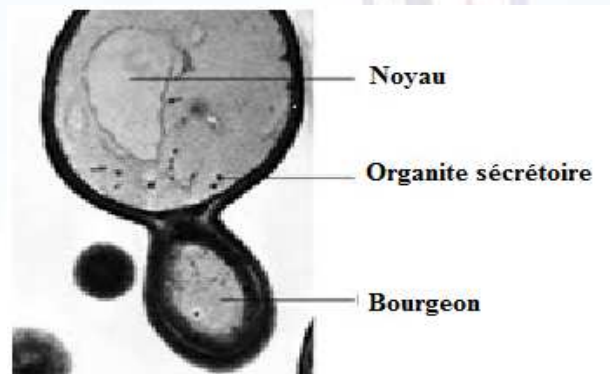
La levure sèche est une levure fraîche déshydratée obtenue par séchage sous vide et à basse température. Elle est de conservation plus longue, avant emploi, il faut la délayer dans l'eau tiède pendant 15 min pour révéler les cellules de levure. Cette levure se présente sous forme granulés ou de sphérules. Ce type de levure, vendu en sachets, se conserve 2 ans. La levure sèche peut être stockée à température ambiante.

### ***A.3 Reproduction de levure***

Les levures ont un mode de multiplication bien spécial, qui combine reproduction sexuée (Sporulation) et reproduction asexuée (bourgeonnement).

#### a) Bourgeonnement :

Pour la levure de boulangerie dite *Saccharomyces*, une petite hernie apparaît en un point de la surface d'une cellule mère, grossit et s'étrangle ; le bourgeon ou cellule fille peut alors se détacher, grossir encore, puis bourgeonner à son tour (Figure 2).



**Figure 2 : Cellule d'une levure en bourgeonnement**

#### b) Sporulation :

L'autre mode de reproduction des levures est une reproduction sexuée. La cellule de levure produit des spores, ou ascospores (en général quatre), qui sont enfermées dans une sorte de sac appelé asque. Arrivées à maturité, l'asque libère les spores qui donnent naissance à quatre cellules de levures haploïdes (c'est-à-dire n'ayant qu'un seul exemplaire de chaque chromosome).

### ***A.4 Procédé de fabrication de la levure***

La production de la levure passe par 9 étapes comme indiqué dans la figure 4: l'ensemencement, pré fermentation, fermentation, séparation, stockage de la levure commerciale, filtration, séchage, conditionnement et emballage et la conservation

#### **Étape 1 : Ensemencement**

La base de tous les produits dérivés de la levure LESAFFRE est la culture d'une souche pure de *Saccharomyces cerevisiae* non génétiquement modifiée. Chaque mois la société reçoit deux types de souches : le type L20 est désigné à la levure fraîche et le L13 pour la levure sèche. Chacune des deux souches est ensemencée, à un niveau incliné, dans des tubes (30 tubes chaque souche) contenant un milieu nutritif solide d'agar spécifique à la

croissance des levures qu'on appelle YM (Yeast Molds), et cela se fait dans des conditions stériles et aseptiques afin d'écartier tout risque de contamination.

Le contenu des tubes est transvasé dans un petit icône de 250mL appelé « Van Lear » qui contient un milieu nutritif très riche en sucre, d'extrait de levure, de minéraux et de vitamines, favorisant une première multiplication des cellules. Après multiplication à 30 °C (t=8h), on passe à l'inoculation dans un grand icône de 7 litres appelé « Carlsberg » qui permettra une deuxième multiplication de la levure pendant une durée de 8 h.

Puis il y a passage à une cuve de 800 litres, dont sera lieu le premier contact avec la mélasse qui s'étale entre 10h et 12h ; cette cuve contient à part la mélasse : l'urée, l'eau sulfate d'ammonium, mono-ammonium phosphate, l'azote et est équipée d'un système d'aération et d'agitation.

### **Etape 2 : Pré fermentation**

Le contenu de la cuve de 800 litres est versé dans une autre cuve dite « pré fermenteur » alimentée en éléments nutritifs de façon continu avec un débit réglé selon les besoins (même nutriments de la cuve de 800 litres).

### **Etape 3 : Fermentation**

A la fin de pré fermentation, on obtient un moût qui servira à ensemercer un fermenteur plus grand contenant un milieu nutritif bien spécifique. Après 16 à 18 h de fermentation, on obtient la levure mère qui va subir une séparation pour obtenir une crème qui va encore servir à l'ensemencement d'autres fermenteurs plus grands, pour donner la levure commerciale.

### **Etape 4 : Séparation**

La séparation est réalisée en deux étapes de la chaîne de production : après l'obtention de la levure mère (LM) et de la levure commerciale (LC).

A la sortie des fermenteurs, le moût obtenu contient les cellules de la levure et une solution liquide qui représente le reste du milieu nutritif ; Ces déchets sont éliminés par l'utilisation des séparateurs (figure 3) qui fonctionnent par centrifugation; après la séparation on obtient :

- Un liquide dense appelé **crème** contenant les cellules de la levure.
- Un liquide léger : c'est le **moût délevuré** qui est rejeté dans les égouts.





### Figure 3 : Séparateur

#### **Etape 5 : Stockage de la levure commerciale**

La crème obtenue est acidifiée par l'acide sulfurique à pH=2 pour éviter toute contamination, puis stockée à 4 °C afin de ralentir le métabolisme cellulaire (la cuve de stockage contient seulement les cellules de levure et de l'eau).

#### **Etape 6 : Filtration**

Puisque l'eau facilite l'altération par les micro-organismes, il existe une étape de filtration qui consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver de toute contamination possible.

Cela se fait par un filtre rotatif qui possède une couche filtrante d'amidon (couche perméable à l'eau et non aux cellules de la levure) qui permet de ne pas laisser pénétrer que l'eau qui est aspirée par des pompes à vides bien spécifiques. Après le nettoyage de l'amidon, la levure étalée sur la surface du filtre est enlevée par un couteau racleur et tombe dans une trémie pour aller au malaxeur et puis à l'emballage.

#### **Etape 7 : Séchage**

Il consiste à éliminer l'eau contenue dans la levure râpée obtenue après filtration.

A l'aide d'une grille de porosité connue, la levure est devenue sous forme de vermicelle, puis pour enlever la quantité maximale d'eau elle est transférée, par une conduite vibratoire, à des sècheurs à lit fluidisé. A cette étape on distingue deux types de levure sèche traitée différemment :

- **SPH** : nécessite un séchage à 45 °C pour environ 4 heures pour une quantité de 400 kg.
- **SPI** : nécessite une durée de séchage réduite, environ 20 min pour une quantité de 100 kg avec une température de 100 °C.

#### **Etape 8 : Conditionnement et emballage**

- Pour la levure fraîche

La levure fraîche est emballée grâce à une machine spéciale appelée «Boudineuse » constituée à la fois, d'un malaxeur, et d'une enveloppeuse.

Le gâteau obtenu après filtration est envoyée à la boudineuse pour obtenir un produit fini sous forme de boudins de 500 g qui seront emballées avec du papier paraffiné, puis encartonnées par des ouvriers (cartons de 20 unités), ensuite passent par une balance pour vérifier le poids, et à la fin de ce processus les paquets de levure sont envoyés vers une chambre froide pour la conserver à 4 °C avant sa sortie au marché.

**NB:** Les cartons de levure sont disposés sur des palettes de manière à garder du vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

- Pour la levure sèche

Après séchage, la levure passe dans des appareils de conditionnement spécifiques qui aspirent l'air (Oxygène) des paquets pour une conservation de longue durée, dont le conditionnement s'effectue selon deux types :

- a) Emballage sous vide pour la SPI :

Dans des sachets d'aluminium de 500 g et 125 g (Rafiaa) ou 500 g (Nevada). Pour 10 g (Rafiaa) elle est emballée sous azote.

- b) Emballage sous air pour la SPH :

Dans des sachets d'aluminium de 50 g et 500 g (Jaouda). Dans des boîtes métalliques de 500 g spécifiques aux Forces de l'Armée Royale.

### **Etape 9 : Conservation**

- Pour la levure fraîche, le stockage se fait dans une chambre froide à une température de 4 °C.
- Pour la levure sèche, le stockage se fait à l'air ambiant.

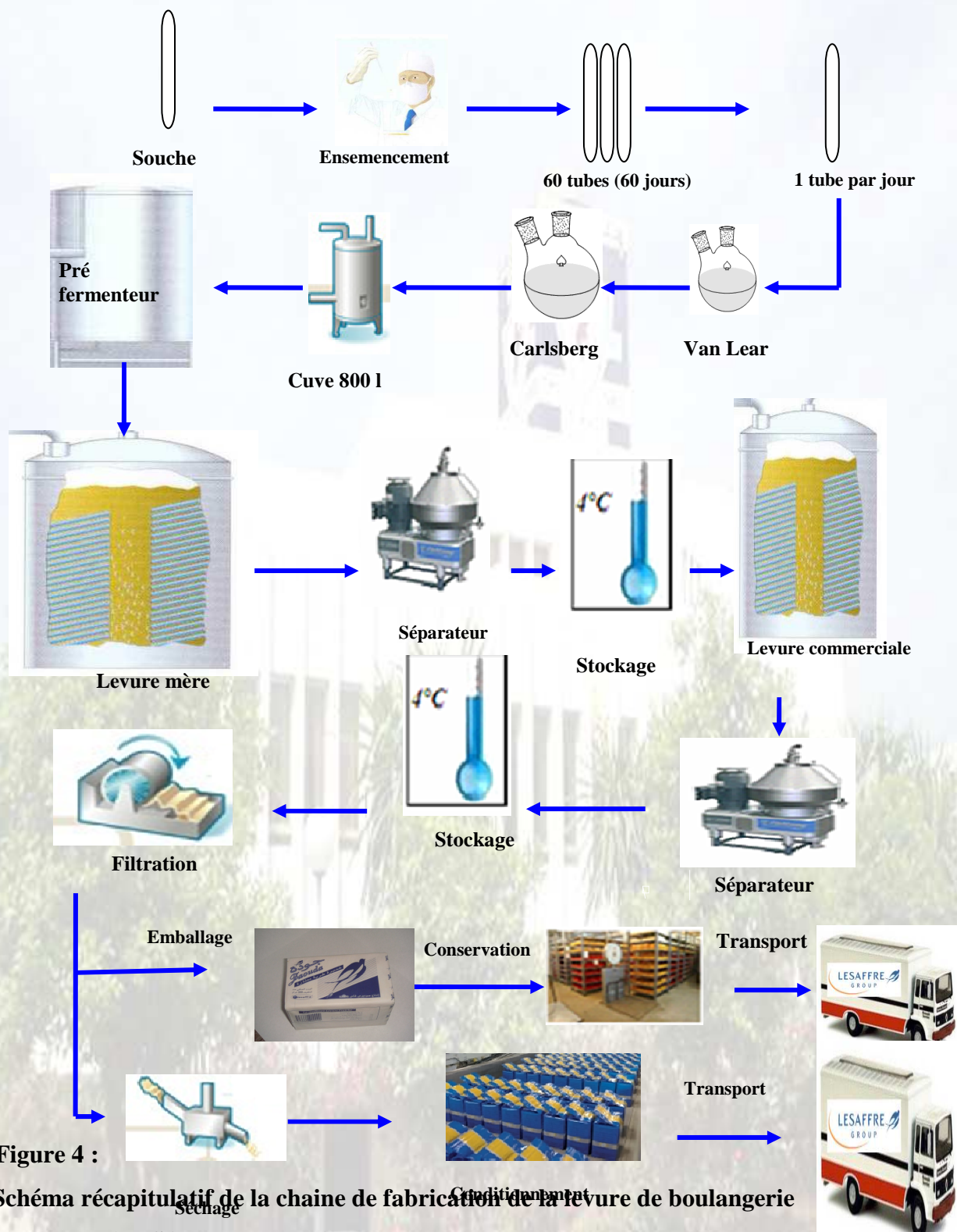


Figure 4 :

Schéma récapitulatif de la chaîne de fabrication de la levure de boulangerie (LESAFFRE Maroc)



Dans ce chapitre, on va parler sur les eaux, ses types, leurs traitements, leurs caractéristiques physico-chimiques ainsi que les tours de refroidissement, ses types, leurs fonctionnements et le circuit de l'eau de refroidissement.

## A. L'eau

### A.1 Définition

L'eau, aussi appelé l'or bleu, est une ressource naturelle essentielle à la vie. L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C.

Il existe deux types d'eaux :

- Les eaux naturelles : eau potable – eau de fleuve – eau de puits – eau minérale.
- Les eaux traitées : eau osmosée – eau adoucie – eau distillée – eau des tours de refroidissement – eau de chaudière.

### 1. Les eaux naturelles

a. Eau potable :

Une eau potable est une eau que l'homme peut boire sans risque de tomber malade. La potabilité de l'eau est définie selon des critères chimiques : taux du pH, présence ou non de produits toxiques.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable :

	<i>THT</i>	<i>TA</i> <i>C</i>	<i>Cl</i>	<i>Cond</i> <i>uctivité</i> <i>é</i>	<i>pH</i>
<i>E</i> <i>a</i> <i>u</i> <i>p</i> <i>ot</i> <i>a</i> <i>bl</i> <i>e</i>	$\leq 30$ °f  (la valeur idéale est de 12 à 15 °f)	<i>Inf</i> <i>éri</i> <i>eur</i> <i>e</i> à <i>50</i> <i>°f</i>	<i>Max</i> <i>imu</i> <i>m</i> de <i>250</i> <i>mg/l</i>	<i>Maxi</i> <i>mum</i> <i>de</i>  <i>1055</i> <i>µS/cm</i>	<i>6,5</i> à <i>9</i>

- °f = un degré français.

b. Eau minérale :



Les eaux minérales sont des eaux de source mais leur composition en minéraux et oligo-éléments est constante. L'eau minérale naturelle possède des propriétés favorables à la santé, mais certaines eaux contiennent des éléments qui pris en grande quantité ou quotidiennement peuvent être néfastes.

## 2. Les eaux traitées

### a. Eau osmosée :

C'est de l'eau qui a été purifiée par un phénomène d'osmose inverse. L'eau est filtrée par une membrane de porc et ne laisse passer que les molécules d'eau pratiquement.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau osmosée :

	<i>THT</i>	<i>TAC</i>	<i>Cl</i>	<i>Conductivité</i>	<i>pH</i>
<i>Eau osmosée</i>	<i>Compris entre 0 et 5 °f</i>	<i>Inférieure à 5 °f</i>	<i>Inférieure à 0,05 mg/l</i>	<i>15 µS/cm</i>	<i>5 à 7</i>

### b. Eau adoucie :

Une eau adoucie est une eau avec moins de calcium Ca et de magnésium Mg. L'eau adoucie est obtenue par procédés chimiques aux phosphates et par échangeurs d'ions.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau adoucie :

	<i>THT</i>	<i>TAC</i>	<i>Cl</i>	<i>Conductivité</i>	<i>pH</i>
<i>Eau adoucie</i>	<i>Compris entre 0 et 5 °f</i>	<i>Inférieure à 5 °f</i>	<i>Inférieure à 0,05 mg/l</i>	<i>15µS/cm</i>	<i>5 à 7</i>

### c. Eau des tours :

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des tours de refroidissement :

	<i>THT</i>	<i>TAC</i>	<i>Cl</i>	<i>Conductivité</i>	<i>pH</i>
<i>Eau des tours</i>	<i>Entre 10 et 15 °f</i>	<i>Inférieure à 50 °f</i>	<i>Inférieure à 25 mg/l</i>	<i>Entre 300 et 2000 µS/cm</i>	<i>Entre 6,5 et 8,5</i>

d. Eau distillée :

Est une eau qui a subi une [distillation](#), donc est théoriquement exempte de tous ses [sels minéraux](#) et organismes que l'on pourrait retrouver dans l'eau naturelle.

## **A.2 Traitement des eaux**

Selon les valeurs paramétriques de qualité des eaux potables imposée par la réglementation, on peut classer les objectifs de traitement :

- ◆ Elimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des micro-organismes qui représentent des objectifs prioritaires
- ◆ Elimination de la matière organique
- ◆ Elimination des matières organiques dissoutes (micropolluants organiques)
- ◆ Elimination des matières minérales dissoutes micropolluants minéraux)

Pour atteindre ces objectifs de qualité, un nombre de procédé s'offre au concepteur et exploitateur des eaux potables parmi ceci on peut distinguer :

- Les procédés est dont le but principal est de clarifier les eaux (coagulation, floculation, décantation, flottation, filtration...)
- Les procédés dont l'objectif est d'éliminer les composés dissous (adsorption sur charbon actif, précipitation des sels dissous, échange d'ions, techniques membranaires...)
- Les procédés dont le but est de désinfecter les eaux (oxydation, techniques membranaires...)

## B. Les tours de refroidissement

### B.1 Qu'est qu'une tour de refroidissement ?

Une **tour aeroréfrigérante** ou **tour de refroidissement** ou **TAR**, est une installation de refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle.

### B.2 Comment ça fonctionne ?

- L'eau chaude provenant du procédé passe dans la tour de refroidissement
- Le ventilateur de la tour fait augmenter la circulation de l'air et le contact avec l'eau
- La chaleur de l'eau est transmise à l'air

### B.3 Les types des tours de refroidissement

- La tour ouverte :( utilisée par LESAFFRE)

Dans une tour ouverte l'eau provenant du condenseur est répartie en fines gouttelettes par des buses à travers une surface de ruissellement, un ventilateur souffle de l'air à contre-courant assurant ainsi le refroidissement par évaporation d'une partie de cette eau. L'eau est ensuite recueillie dans un bac en partie basse puis réinjectée par une pompe à travers le condenseur, un système de remplissage par flotteur remplace l'eau évaporée, des résistances sont incorporées dans le bac commandé par un thermostat antigel.

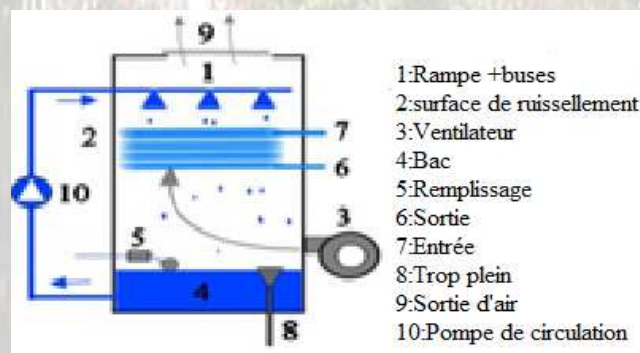


Figure 5 : Tour ouverte



- La tour fermée :

Elle fonctionne selon le même principe, mais au lieu d'avoir l'eau du condenseur directement à refroidir c'est un échangeur qui remplace la surface de ruissellement ou circule l'eau venant du condenseur. Un bac contient la quantité d'eau nécessaire au refroidissement de l'échangeur celle-ci ruisselle sur les tubes de l'échangeur par des buses en partie haute de la tour.

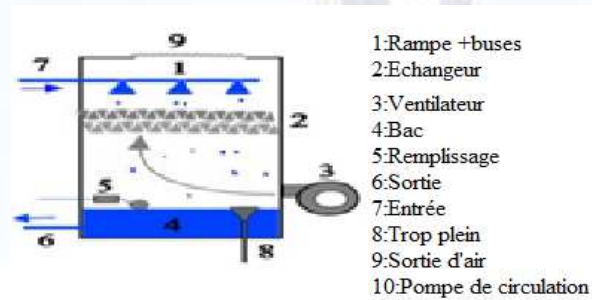


Figure 6 : Tour fermée

#### ***B.4 Quelques définitions***

- Adoucisseur

Un **adoucisseur** est un dispositif qui vous permet de modifier une eau dure en eau douce grâce à une résine qui va retenir les ions calcium et magnésium à l'origine du calcaire. Cette même résine va remplacer ces ions créateurs de calcium par des ions sodiums. Le principal instrument d'un adoucisseur est donc sa **résine** appelée dans le jargon "[échangeuse d'ions](#)". De façon cyclique, la résine est régénérée: l'adoucisseur recharge la résine en sel, le calcium et magnésium sont ainsi envoyés à l'égout.

- Osmoseur :

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.

- Pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge est une machine tournante qui grâce à un rotor à aubes convenablement orientées augmente l'énergie cinétique et projette à l'aide de la force centrifuge le liquide à la périphérie sur la volute. A la sortie et à l'aide d'un divergent une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice.

- Plaques à échangeurs :

L'échangeur thermique à plaques consiste en une série de plaques métalliques en relief, avec joints, et vissées par des boulons entre les cadres finaux afin de former des canaux de circulation des substances chaudes ou froides.

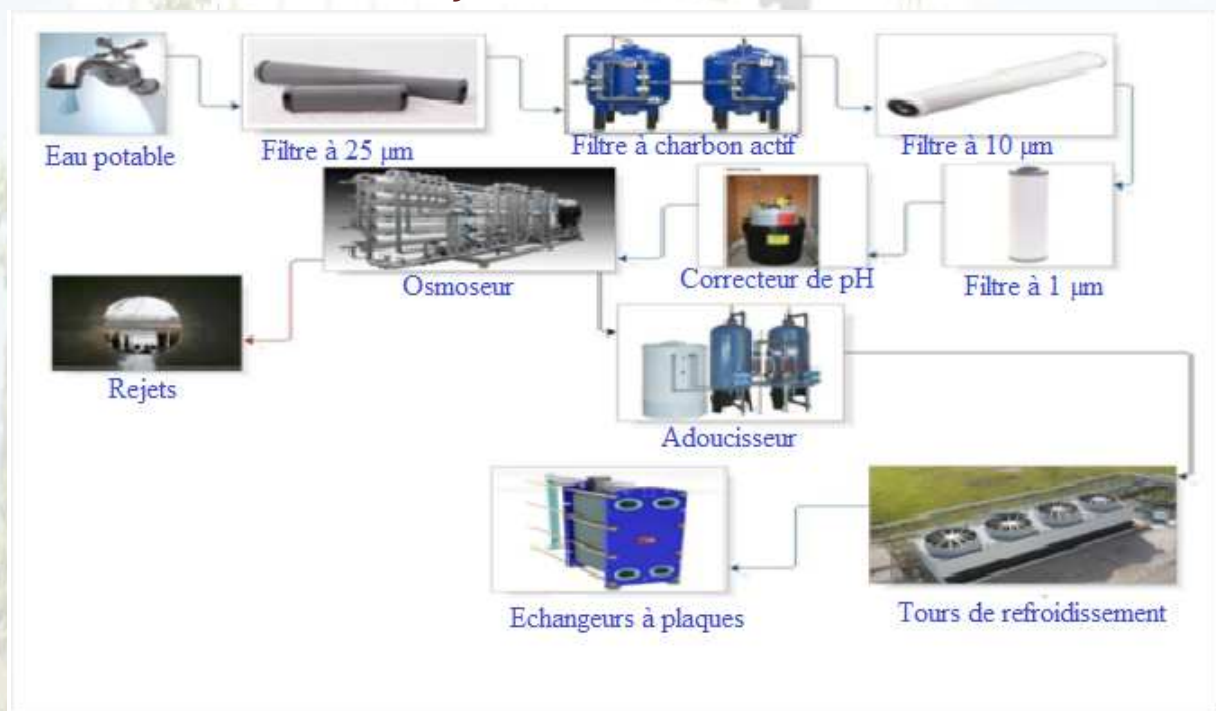
- Fermenteurs :

Un fermenteur ou bioréacteur est un cuve dans lequel se fait les cultures et les réactions microbiennes.

- Le moût :

Liquide sucré, non fermenté, provenant du pressurage de la levure.

### ***B.5 Le circuit de l'eau de refroidissement***



***Figure 8 : Schéma du circuit des tours de refroidissement***

Avant que l'eau n'arrive aux tours de refroidissement passe par plusieurs étapes.

Son chemin commence par l'osmose inverse :

Dans un premier temps l'eau potable distribuée par la RADEEF passe au travers d'un premier filtre à 25 µm qui élimine les boues, le sable, la poussière. Après il passe au travers d'un filtre

à charbon actif qui retient le chlore, les matières toxiques, les produits chimiques, grâce à son grand pouvoir d'absorption.

Ensuite il passe par des filtres à porosités différentes (10  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$ ).

Après il y a un correcteur du pH pour neutraliser l'eau. L'eau filtré passe par l'osmose inverse afin d'éliminer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , ensuite l'eau osmosée passe par l'adoucisseur pour purifier toutes traces de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  restante dans l'eau. Finalement l'eau adoucie est stockée dans un bac de l'eau adoucie (BAD).

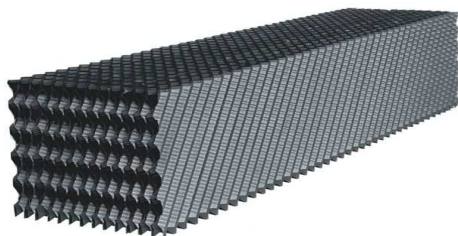
Par la suite l'eau du bac sera conduite dans le bassin de rétention faisant partie des tours de refroidissement.

Cette eau est aspirée par des pompes centrifuges vers des canalisations qui distribuent sur les échangeurs à plaques selon le besoin.

A ce moment une électrovanne se déclenche automatiquement lorsque la température du fermenteur atteint 34°C, permettant ainsi à la pompe d'aspirer le moût du fermenteur vers l'échangeur à plaques pour le refroidir, Le moût refroidi revient vers les fermenteurs.

A la sortie de l'échangeur, l'eau chaude est amenée au sommet des tours par une tuyauterie, cette eau est fractionnée et distribuée sur les surfaces d'échange (packing) par des rampes de dispersion. Ce qui permet le refroidissement de l'eau. Une partie de l'eau s'évapore et l'autre partie se répartit uniformément et ruisselle le long de la surface d'échange. L'eau refroidie grâce à la ventilation mécanique, tombe dans le bassin de rétention. L'eau du bassin est filtré à son tour afin d'éliminer la matière en suspension.

N.B : les tours de refroidissement nécessitent des appoints d'eau, afin de remplacer l'eau perdue par l'évaporation et limiter la concentration en sels dissouts.



**Figure 9 : Surface d'échange (packing)**



**Figure 10 : Rampe de dispersion**

## A. Analyses physico-chimiques et résultats

Durant mon stage, mon travail consistait à faire le suivi sur les paramètres caractéristiques de l'eau (THT, TAC, pH, conductivité, concentration des chlorures).

Chaque jour, on prélève des échantillons des différentes eaux faisant le tour du circuit de refroidissement : eau potable, eau osmosée, eau adoucie, tour alfa-Laval, bassin alfa-Laval, tour Baltimore et bassin Baltimore.

### A.1 Titre hydrotimétrie total (THT)

Le titre hydrotimétrie total ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en degré français (symbole : 1°f). On distingue :

- le titre hydrotimétrique calcique (ou dureté calcique) qui mesure la concentration en ions  $\text{Ca}^{2+}$ .
- le titre hydrotimétrique magnésien (ou dureté magnésienne) qui mesure la concentration en ions  $\text{Mg}^{2+}$ .

Le titre hydrotimétrique peut se mesurer par des méthodes volumétriques à l'aide d'une liqueur complexométrique (solution d'EDTA Ethylène Diamine Tétra-Acétique).

On qualifie la dureté d'une eau :

- eau très douce : dont le TH est compris entre 1 et 5°f.
- eau de faible dureté : dont le TH est compris entre 5 et 12°f
- eau de dureté moyenne : dont le TH est compris entre 12 et 25°f.
- eau très dure : dont le TH est compris entre 25 et 50°f
- eau de dureté très élevée : dont le TH peut aller jusqu'à 150°f.

#### a) Réactifs :

- Tampon pH 10 : solution NaOH 0,4%
- Noir d'ériochrome (Indicateur coloré)
- EDTA (N/50)

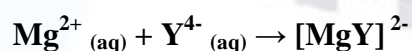
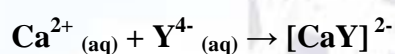


b) Protocole expérimental :

- Prise d'essai de 100 mL d'échantillon introduit dans erlenmeyer ;
- Ajout de 5 mL du tampon pH 10 par une pipette de 10 mL ;
- Ajout de quelques gouttes de noir d'ériochrome (coloration mauve) ;
- Titrage par EDTA jusqu'à ce que la coloration mauve devienne bleue ;

c) Réactions chimiques :

L'anion  $Y^{4-}$ , provenant de l'EDTA, est un ion complexe qui donne, avec de nombreux cations des composés stables. Les réactions de complexation s'écrivent :



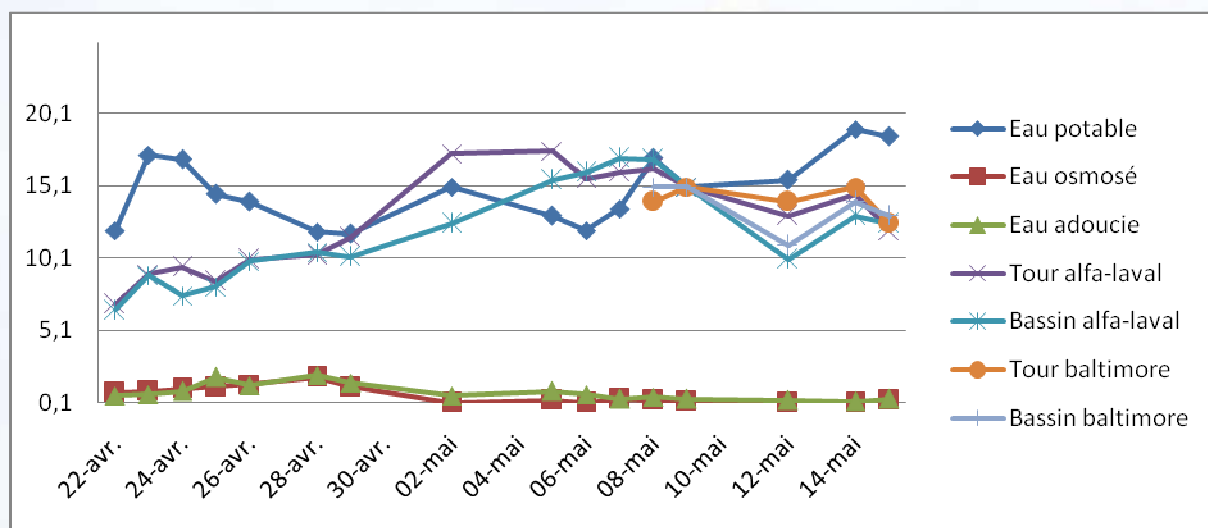
THT = volume versé. Il est exprimé en °f (1°f correspond à  $10^{-4}$  mol/l).

Les résultats obtenus sont regroupés sur le tableau 1 :

<i>Date</i>	<i>Eau potable</i>	<i>Eau osmosée</i>	<i>Eau adoucie</i>	<i>Tour alfa-Laval</i>	<i>Bassin alfa-Laval</i>	<i>Tour Baltimore</i>		<i>Ba Ba</i>
22avr	12	0,8	0,6	6,9	6,5			
23avr	17,2	0,9	0,7	9	8,9			
24avr	16,9	1,1	0,9	9,5	7,5			
25avr	14,5	1,2	1,9	8,5	8,1			
26avr	14	1,4	1,3	10	9,9			
28avr	11,9	1,9	2	10,3	10,5			
29avr	11,8	1,2	1,5	11,5	10,2			
02mai	15	0,1	0,6	17,3	12,5			
05mai	13	0,3	0,9	17,5	15,5			
06mai	12	0,1	0,7	15,6	16			
07mai	13,5	0,4	0,4	16	17			
08mai	17	0,3	0,5	16,3	16,9	14		15
09mai	15	0,2	0,4	15	15	15		15

12mai	15,5	0,1	0,3	13	10	14		11
14mai	19	0,1	0,2	14,5	13	15		14
15mai	18,5	0,3	0,4	12	12,5	12,5		13

**Tableau 1 : THT (°f) des eaux en fonction des jours de prélèvements**



**Figure 11 : THT (°f) des eaux en fonction des jours de prélèvements**

- Le THT de l'eau potable varie entre 12 et 19 °f, ce qui est conforme aux spécifications des normes.
- L'eau osmosée et l'eau adoucie ont un THT compris entre 0,1 et 2, ce qui est normal car c'est une eau purifiée, déminéralisée.
- On remarque une élévation du THT des tours de refroidissement par rapport à l'eau osmosée et l'eau adoucie, cela est due à l'augmentation de la concentration des ions calcium et magnésium à cause de l'évaporation lors du refroidissement qui a augmenté en cette période (élévation de la température extérieure), ainsi selon le type d'eau ajouté pour l'appoint afin de minimiser l'agressivité de l'eau traitée.

## **A.2 Titre alcalimétrique complet TAC**

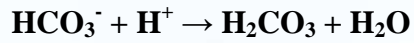
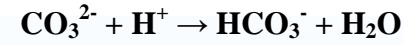
Le titre alcalimétrique complet TAC est lié à la concentration totale en ion hydrogencarbonate  $\text{HCO}_3^-$ , carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et hydroxyde  $\text{OH}^-$ . Son dosage s'effectue par l'acide chlorhydrique HCl.

$$\text{TAC} = \text{volume versé} \times 10$$

TAC est exprimé en degré français °f (1 °f correspond à  $10^{-4}$  mol/l)

a) Réactions chimiques :





b) Réactifs :

- L'orange de méthyle ;
- HCl (0,1 N) ;

c) Protocole expérimental :

- Prise d'essai de 50 ml d'échantillon introduit dans erlenmeyer ;
- Addition de quelques gouttes de l'orange de méthyle (coloration orange) ;
- Titrage avec HCl jusqu'au virage (coloration foncé) ;

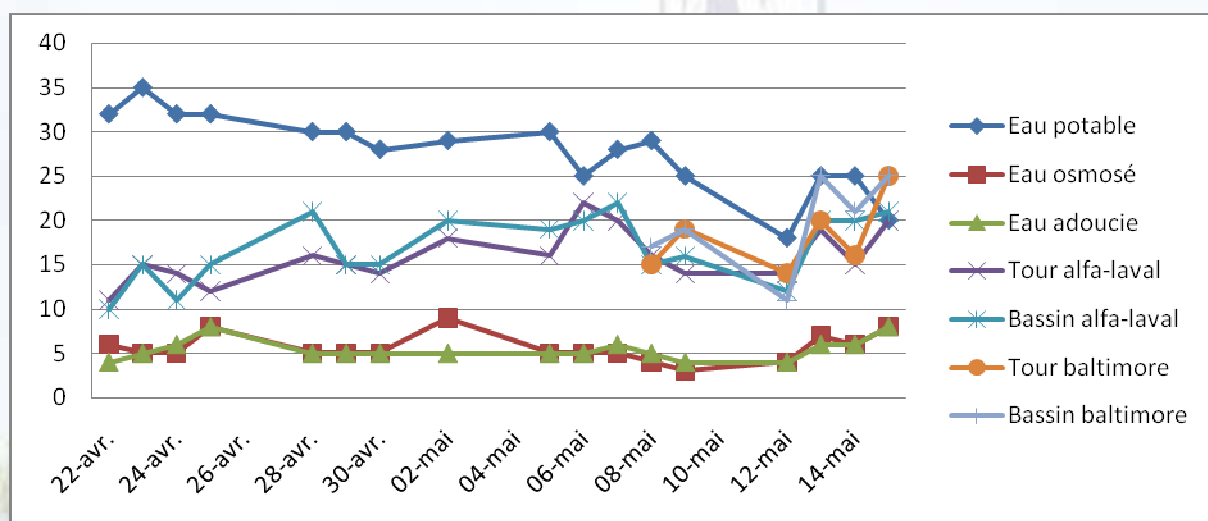
Les résultats obtenus sont regroupés sur le tableau 2 :

<i>Date</i>	<i>Eau potable</i>	<i>Eau osmosée</i>	<i>Eau adoucie</i>	<i>Tour alfa-Laval</i>	<i>Bassin alfa-Laval</i>	<i>Tour Baltimore</i>		<i>Ba Ba</i>
22avr	32	6	4	11	10			
23avr	35	5	5	15	15			
24avr	32	5	6	14	11			
25avr	32	8	8	12	15			
28avr	30	5	5	16	21			
29avr	30	5	5	15	15			
30avr	28	5	5	14	15			
02mai	29	9	5	18	20			
05mai	30	5	5	16	19			
06mai	25	5	5	22	20			
07mai	28	5	6	20	22			
08mai	29	4	5	16	15	15		17



09mai	25	3	4	14	16	19	19
12mai	18	4	4	14	12	14	11
13mai	25	7	6	19	20	20	25
14mai	25	6	6	15	20	16	21
15mai	20	8	8	20	21	25	25

**Tableau 2 : TAC en (°f) des eaux en fonctions des jours de prélèvements**



**Figure 12 : TAC en (°f) des eaux en fonctions des jours de prélèvements**

- TAC de l'eau potable varie entre 20 et 35 °f. Les résultats trouvés conforme aux normes.
- On remarque que les deux courbes de l'eau osmosée et l'eau adoucie sont similaire, ceci est parce que c'est la même eau. Il se dégage aussi une différence importante entre le TAC de ces derniers et celui des tours de refroidissement et du bassin de rétention. En effet, la partie des eaux des tours Alfa-Laval et Baltimore qui refroidie le pré fermenteur par pulvérisation extérieure et qui retourne vers le bassin de rétention, emporte avec elle une quantité considérable d'ions, notamment ceux responsable de la dureté.
- Sachant que la cuve de la soude NaOH se trouve juste à coté du pré fermenteur, il est fort probable que les eaux de refroidissement entraînent avec eux la soude qui, par la suite, fait augmenter le TAC. Deux autres facteurs à signaler est l'effet de la température sur la concentration des différents éléments par vaporisation et aussi le mitigeage.

### A.3 Analyses de chlorure

L'eau contient toujours de chlorures, mais en proportion très variable. Le chlorure présent dans l'eau potable ne comporte généralement pas d'effets nocifs pour la santé, mais peut augmenter les matières totales dissoutes présents dans l'eau potable, ce qui peut avoir 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...

#### a) Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### b) Réactifs :

- Nitrate d'argent ( $10^{-2}$  N) ;
- Chromate de potassium ;

#### c) Protocole expérimental :

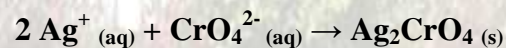
- Prise d'essai de 50 ml d'échantillon introduit dans erlenmeyer ;
- Addition de quelques gouttes de chromate de potassium (coloration jaune) ;
- Titrage avec  $\text{AgNO}_3$  jusqu'au virage (coloration rouge brique) ;

#### d) Réactions chimiques :

Au début du dosage on observe un précipité blanc de chlorure d'argent  $\text{AgCl}$ . C'est un précipité solide et peu soluble dans l'eau. La réaction s'écrit comme suit :



Au virage, on observe un précipité rouge du chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , dont la réaction s'écrit comme suit :



#### e) Expression des résultats:

La concentration en ion chlorure est exprimée par :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V(\text{AgNO}_3) \times 35 \times 10^{-1}}{V(\text{eau})} \text{ exprimé en g/l.}$$

Les résultats obtenus sont regroupés sur le tableau 3:

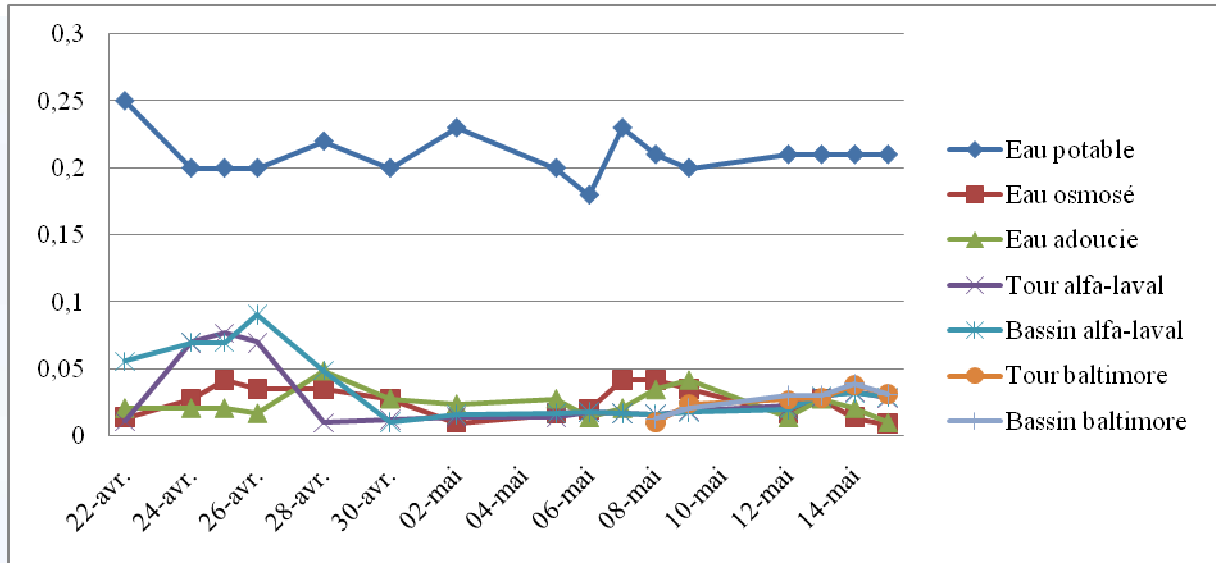
	<i>E a u  p o t a b l e</i>	<i>E a u  o s m o sé e</i>	<i>E a u  a d o u c i e</i>	<i>B a s s i n  a l f a - L a v a l</i>	<i>To ur Bal tim ore</i>	<i>Ba ssi n Bal tim ore</i>
	0 , 2 5	0, 0 1 4	0 , 0 2 1	0 , 0 5 6		
	0 , 2 1	0, 0 5 2	0 , 1	0 , 0 1 0 5		
	0 , 2 0	0, 0 2 8	0 , 0 2 1	0 , 0 7		
	0 , 2	0, 0 4	0 , 0	0 , 0		

	0	2	2 1		7		
	0 , 2 0	0, 0 3 5	0 , 0 1 7		0 , 0 9 1		
	0 , 2 2	0, 0 3 5	0 , 0 4 9		0 , 0 4 9		
	0 , 2 0	0, 0 2 8	0 , 0 2 8		0 , 0 1 0		
	0 , 2 3	0, 0 1 0	0 , 0 2 4		0 , 0 1 6		
	0 , 2 0	0, 0 1 7	0 , 0 2 8		0 , 0 1 7		
	0 , 1 8	0, 0 2 0	0 , 0 1 4		0 , 0 1 8		
	0 , 2	0, 0 4	0 , 0 2		0 , 0 1		



	3	2	1		7		
	0,21	0,042	0,035		0,016	0,010	0,013
	0,200	0,035	0,042		0,018	0,024	0,021
	0,211	0,017	0,014		0,020	0,027	0,030
	0,211	0,028	0,028		0,030	0,028	0,030
	0,211	0,014	0,021		0,032	0,038	0,039
	0,211	0,009	0,010		0,029	0,031	0,031

**Tableau 3 : Evolution de la concentration en chlorure (g/l) des eaux en fonctions des jours de prélèvements**



**Figure 13 : Evolution de la concentration en chlorure (g/l) des eaux en fonctions des jours de prélèvements**

- La concentration en chlorure ne dépasse pas 0,25 g/l pour l'eau potable ce qui est identique aux spécifications des normes
- La concentration en ion chlorure des autres eaux du circuit ne dépasse pas 0,1 g/l. On remarque une élévation de cette concentration au niveau du bassin et des tours de refroidissements due à l'augmentation de la température qui augmente l'évaporation, ainsi selon la quantité de l'eau potable ajoutée dans le bassin de rétention.

#### A.4 Mesure du pH

C'est le potentiel hydrogène, il mesure la concentration des ions  $H_3O^+$ , dans la solution. Il est donnée par la formule  $pH = -\log [H_3O^+]$ . Il est mesuré par un pH-mètre.

Les résultats obtenus sont regroupées sur le tableau 4:

<i>D</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>B</i>
<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>o</i>	<i>a</i>
<i>t</i>	<i>u</i>	<i>u</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>u</i>	<i>ss</i>
<i>e</i>		<i>o</i>		<i>s</i>	<i>r</i>	<i>in</i>
	<i>p</i>	<i>s</i>	<i>a</i>	<i>i</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
	<i>o</i>	<i>m</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>al</i>	<i>al</i>
	<i>t</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		<i>ti</i>	<i>ti</i>
	<i>a</i>	<i>s</i>	<i>u</i>	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
	<i>b</i>	<i>é</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	<i>or</i>	<i>or</i>
	<i>l</i>		<i>i</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>e</i>

	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>e</i>		<i>a</i> - <i>L</i> <i>a</i> <i>v</i> <i>a</i> <i>l</i>		
2 2 <i>a</i> <i>v</i> <i>r</i>	8	5, 9 6	6 , 4 2		8 , 2 4		
2 3 <i>a</i> <i>v</i> <i>r</i>	7 , 5 6	5, 5 7	5 , 5 3		7 , 8 5		
2 4 <i>a</i> <i>v</i> <i>r</i>	7 , 5 3	5, 7 4	5 , 7 3		8 , 0 2		
2 5 <i>a</i> <i>v</i> <i>r</i>	7 , 6 7	6, 3 4	6 , 8		8 , 0 5		
2 6	7 ,	5, 7	5 ,		8 ,		

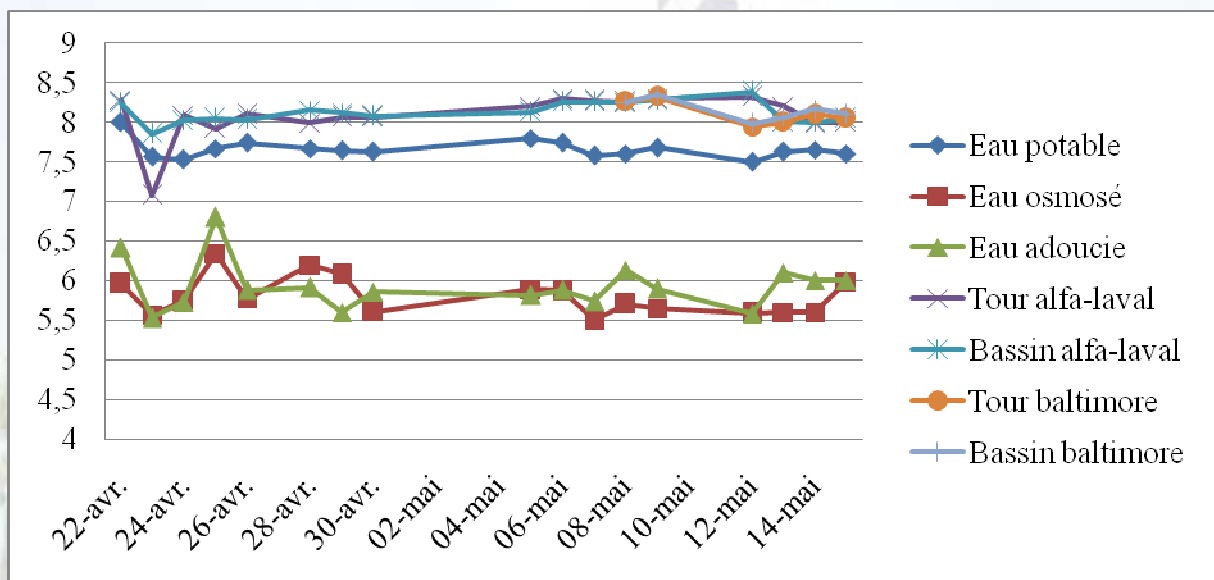
<i>a</i>	7	7	8	0		
<i>v</i>	4		8	3		
<i>r</i>						
2	7	6,	5	8		
8	,	2	,	,		
<i>a</i>	6	0	9	1		
<i>v</i>	7		1	5		
<i>r</i>						
2	7	6,	5	8		
9	,	0	,	,		
<i>a</i>	6	8	6	1		
<i>v</i>	4		0	2		
<i>r</i>						
3	7	5,	5	8		
0	,	6	,	,		
<i>a</i>	6	1	8	0		
<i>v</i>	3		6	8		
<i>r</i>						
0	7	5,	6	8		
2	,	5	,	,		
<i>n</i>	8	9	6	3		
<i>a</i>	7		9	9		
<i>i</i>						
0	7	5,	5	8		
5	,	8	,	,		
<i>n</i>	8	9	8	1		
<i>a</i>	0		2	3		
<i>i</i>						
0	7	5,	5	8		
6	,	8	,	,		



<i>n</i>	7	7	8		2		
<i>a</i>	4		8		6		
<i>i</i>							
0	7	5,	5		8		
7	,	5	,		,		
<i>m</i>	5	0	7		2		
<i>a</i>	8		4		6		
<i>i</i>							
0	7	5,	6		8	8,	8,
8	,	7	,		,	2	2
<i>m</i>	6		1		2	6	5
<i>a</i>	0		3		5		
<i>i</i>							
0	7	5,	5		8	8,	8,
9	,	6	,		,	3	3
<i>m</i>	6	5	9		2	2	5
<i>a</i>	8				8		
<i>i</i>							
1	7	5,	6		8	7,	7,
2	,	5	,		,	9	9
<i>m</i>	5	9	6		3	4	8
<i>a</i>			9		9		
<i>i</i>							
1	7	5,	6		8	8	8,
3		6	,		,		0
<i>m</i>	,		1		0		6
<i>a</i>	6		0		1		
<i>i</i>	3						
1	7	6	6		8	8,	8,
4	,		,				1

<i>n</i>	6	,4	6			1	7
<i>a</i>	5		9				
<i>i</i>							
<i>l</i>	7	5,	6		8	8,	8,
<i>5</i>	,	9			,	0	1
<i>m</i>	6	9			0	5	
<i>a</i>					5		
<i>i</i>							

**Tableau 4 : pH des eaux en fonctions des jours de prélèvements**



**Figure 14 : pH des eaux en fonctions des jours de prélèvements**

- L'eau potable a un pH de 7 à 8 à cause du chlore, du calcaire, et de nombreux éléments in désirables.
- l'eau osmosée et l'eau adoucie ont un pH entre 5 et 6 due à la présence d'un correcteur du pH pour le neutraliser avant sa déminéralisation.
- L'eau des tours de refroidissement et du bassin de rétention a un pH égal ou supérieure à 8. Cette élévation est due essentiellement à la concentration élevée en ions  $\text{OH}^-$  et bicarbonate attribué à l'évaporation de l'eau de refroidissement, aussi due à l'injection de l'eau de Javel dans le bassin pour la désinfection et le mitigeage.

### ***A.5 Les analyses de la conductivité***

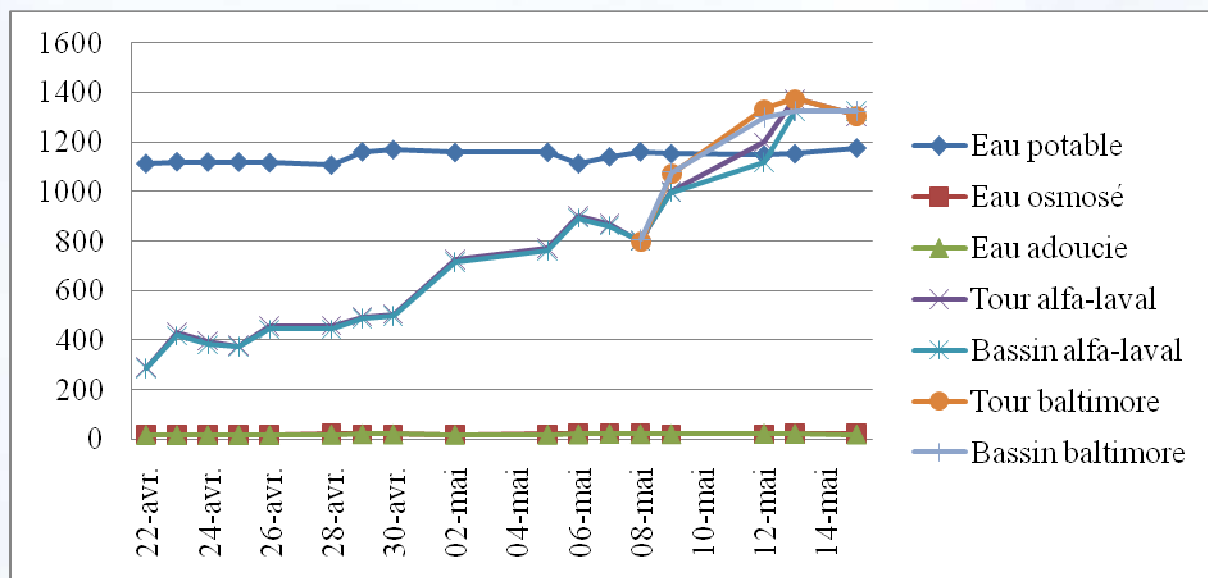
La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité se mesure en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro-siemens/centimètre) par un conductimètre.

Les résultats obtenus sont regroupés sur le tableau 5 :

<i>Date</i>	<i>Eau potable</i>	<i>Eau osmosée</i>	<i>Eau adoucie</i>	<i>Tour alfa-Laval</i>	<i>Bassin alfa-Laval</i>	<i>Tour Baltimore</i>	<i>Ba Ba</i>
22avr	1113	19,7	19,4	289	288		
23avr	1120	18	18,5	432	420		
24avr	1119	17	18,4	397	385		
25avr	1119	18,4	18,9	378	378		
26avr	1116	19,2	18,2	457	446		
28avr	1107	22,9	20,5	459	447		
29avr	1160	21,5	22	494	490		
30avr	1169	21,1	21,5	505	501		
02mai	1157	20	19,6	727	717		
05mai	1158	21,7	20,3	773	765		
06mai	1112	22,7	21,8	903	895		
07mai	1140	24,7	23,5	870	864		
08mai	1160	23	22,8	800	806	799	
09mai	1152	22	22	1000	998	1074	
12mai	1147	21	24	1200	1119	1335	
13mai	1152	23	24	1375	1327	1375	



**Tableau 5: La conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des eaux en fonction des jours de prélèvements****Figure 15 : La conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des eaux en fonction des jours de prélèvements**

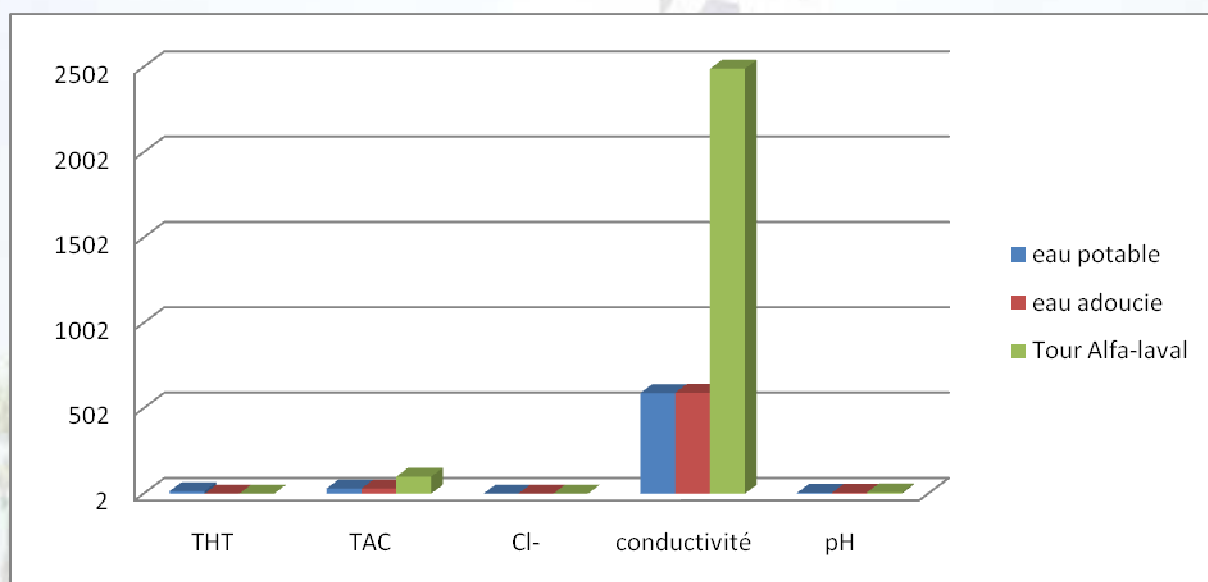
- La conductivité de l'eau osmosée et l'eau adoucie varie entre 17 et 24  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , car c'est une eau déminéralisée purifiée de toutes les matières en suspension et les ions responsable à l'augmentation de ce paramètre. Les résultats obtenus conforme aux normes.
- L'eau potable a une conductivité presque constante comprise entre 1107 et 1175  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui est identique aux spécifications des normes.
- La conductivité du bassin de rétention et des tours d'Alfa-Laval et Baltimore augmente progressivement avec le temps. Plusieurs facteurs à signaler :
  - L'augmentation de la température extérieure et la matière en suspension qui emporte.
  - L'augmentation de l'évaporation.
  - L'ajout de l'eau de javel qui augmente la concentration des sels dissouts dans le bassin.
  - La demande en eau d'appoint.
  - Le nombre de tours de refroidissement en marche.

## B. Comparaison entre les paramètres physico-chimiques des eaux traitées de 2012 et de 2013

Les analyses physico-chimiques des eaux traitées de la société en 2013 :

	<i>THT</i>	<i>TAC</i>	<i>Cl-</i>	<i>conductivité</i>	<i>pH</i>
<i>eau potable</i>	17,18	32,46	0,042	591,28	7,57
<i>eau adoucie</i>	1,77	31,92	0,041	593,35	7,67
<i>Tour Alfa-Laval</i>	2,58	101,85	0,2	2492,14	9,13

**Tableau 6 : les paramètres physico-chimiques des eaux traitées de la société en 2012**

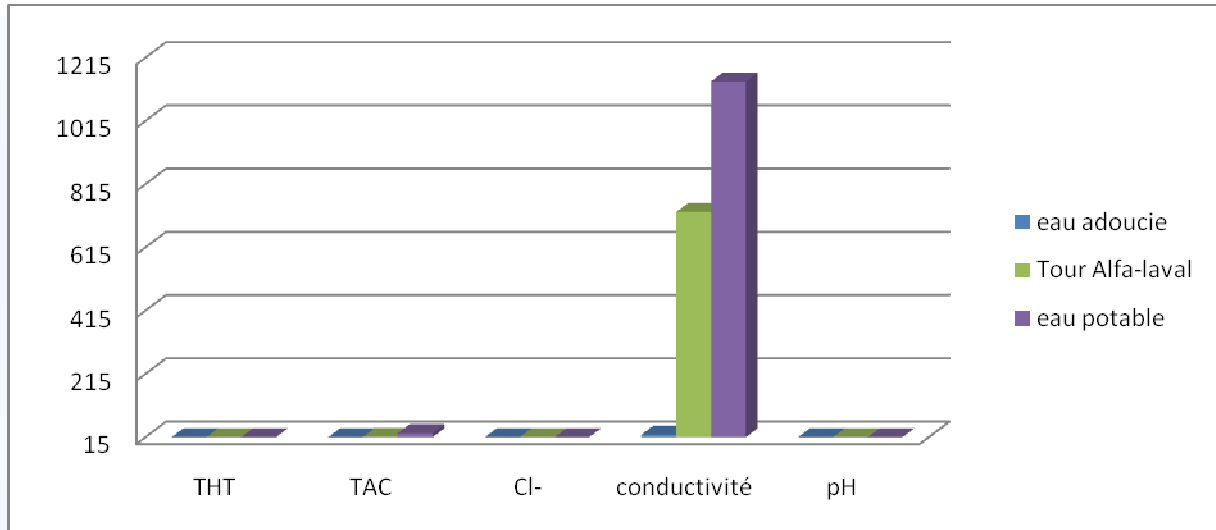


**Courbe 6 : Paramètre physico-chimique des eaux traitées en 2012**

Les analyses physico-chimiques des eaux traitées de la société en 2013 :

	<i>THT</i>	<i>TAC</i>	<i>Cl-</i>	<i>conductivité</i>	<i>pH</i>
<i>eau adoucie</i>	0,83	5,41	0,026	23,25	5,93
<i>eau osmosée</i>	0,65	5,59	0,026	23,64	5,8
<i>Tour Alfa-Laval</i>	12,68	15,94	0,033	727,35	8,08
<i>eau potable</i>	14,8	27,88	0,21	1139,76	7,66

**Tableau 7: les paramètres physico-chimiques des eaux traitées de la société en 2013**



**Courbe 7 : Paramètre physico-chimique des eaux traitées en 2013**

L'année dernière la société LESAFFRE Maroc utilise l'eau potable de la source d'AIN CHQAF qui a une conductivité qui ne dépasse pas 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et dispose un adoucisseur pour traiter cette eau mais malgré ce traitement l'eau reste en faible teneur et on trouve la conductivité des eaux des tours de refroidissement atteint les 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , qui à cette valeur le bassin de rétention rejette de l'eau afin. Par contre cette année LESAFFRE Maroc utilise l'eau potable de la source OUED SEBOU qui a une conductivité de 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mais dispose d'un osmoseur pour traiter l'eau qui a donné des résultats plus bénéfique que l'adoucisseur.

## Conclusion

L'augmentation du pH, de la conductivité, du titre hydrotimétrique total, du titre alcalimétrique complet, et de la concentration en ions chlorures pourrait causer des problèmes techniques et économiques énormes (Encombrement de circuits, circuits en mauvais états, diminution du transfert de chaleur, pertes énergétiques considérable).

Depuis toujours, l'adoucissement de l'eau est considéré parmi les véritables solutions, dont LESAFFRE se base pour éviter ce problème.

Ce traitement est bénéfique, mais il n'est pas suffisant pour que les paramètres caractéristiques de l'eau restent en faible teneurs. Par conséquent, LESAFFRE a eu recours à

la méthode de l'osmose inverse qui non seulement élimine les ions calcium et magnésium mais aussi élimine toutes les matières en suspension trouvées dans l'eau.

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de tous les paramètres de différentes eaux (eau potable, eau osmosée, eau adoucie, eau du bassin de rétention et des tours de refroidissement) répondent aux normes, ce qui a marqué plusieurs avantages :

- Élimination des minéraux dissouts et réduction du risque de formation de tartre.
- Diminution de consommation de produits nettoyants.
- Gain d'énergie.
- Longévité de canalisation.
- Élévation d'échange thermique.
- Bonne récolte du bioréacteur.

