

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Première partie : Présentation de l'entreprise et quelques généralités sur la levure

I.	Présentation de la société LESAFFRE Maroc.....	3
	1. Historique de LESSAFRE.....	3
	2. LESAFFRE Maroc	3
	3. le laboratoire d'analyse LESAFFRE Maroc.....	4
II.	Quelque généralité sur la levure	5
	1. Description de la levure.....	5
	2. Historique de la levure	5

Deuxième partie : Les étapes de production de la levure et description des tours de refroidissement

I.	La chaine de production	7
	1- A l'échelle du laboratoire	7
	2- A L'échelle industrielle.....	7
II.	Sujet de stage	11
	1- Introduction	11
	2- Schéma du circuit de l'eau de refroidissement.....	11
	3- Adoucissement.....	13
	4- Adoucisseur.....	13
	5- Régénération de l'adoucisseur.....	14
	6- Tour de refroidissement.....	14
	7- échangeurs de chaleur.....	16

troisième partie : Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau des tours de refroidissement

I.	Introduction.....	18
II.	Les analyses physico chimiques:	18
III.	Résultats et interprétations.....	21
IV.	Conclusion.....	30

Introduction Générale

La fabrication de la levure fait partie des industries agro-alimentaires qui ont des activités industrielles qui transforment des matières premières, en produit alimentaire destinés essentiellement à la consommation humaine.

La société LESAFFRE utilise les tours de refroidissement pour refroidir la levure au cours de la production. Et pour éviter la détérioration des installations les eaux utilisées dans ce procédé de refroidissement doivent subir un contrôle des paramètres physicochimiques.

Dans ce cadre, durant ce stage au sein de LESAFFRE, on s'est intéressé au suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau des tours de refroidissement.

Je vais exposer en premier lieu l'histoire de l'entreprise et quelques généralités sur la levure. ensuite je vais présenter les étapes de production de levure et je vais entamer le sujet sur les tours de refroidissement ; enfin je vais consacrer la dernière partie de ce rapport pour décrire les différentes analyses physico-chimiques effectuées au sein de laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise et les résultats de suivi des paramètres physicochimiques de l'eau des tours de refroidissement .

Première partie

Présentation de l'entreprise et quelques généralités sur la levure



I. Présentation de la société LESAFFRE Maroc

1. Historique de LESSAFRE:

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France, Louis LESAFFRE et Louis Bonduelle, s'associent pour construire une fabrique d'alcool de grains et de genièvre. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools de grains.

En 1871, le baron autrichien Max de Springer rapporte de chez Mautner l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. L'année suivante, LESAFFRE et Bonduelle développent la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Baroeul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle LESAFFRE.

A la fin du 19ème siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice. Ce qui semble tout naturel aujourd'hui représente un tour de force pour l'époque, en raison des conditions de transport et de distribution.

Après la seconde guerre mondiale, une série de progrès technologiques et d'innovations, appuyés par la construction d'un puissant réseau commercial exportateur, permettent à LESAFFRE un développement qui ne se démentira plus.

2. LESAFFRE Maroc :

Crée en 1975, la société LESAFFRE Maroc (appelée précédemment SODERS), a été majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE et porte aujourd'hui comme nouvelle appellation « LESAFFRE Maroc ». Elle représente la première entreprise privatisée du Maroc bénéficiant de l'expérience et de l'expertise du leader mondial dans la fabrication de la levure de panification. Son siège est situé au quartier industriel sidi brahim Fès. Elle produit environ 30.000 tonnes de levures par an avec un effectif de 200 personnes et un capital de 30.800.000 DH, elle est subdivisée en un site de production à Fès et un banking center à Casablanca. Lesaffre fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification des marques suivantes :

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

- Ibis bleu et Magimix pour les améliorants, produits qui apportent au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume, de texture et couleur, d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr le goût. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

3. le laboratoire d'analyse LESAFFRE Maroc :

Ce laboratoire a été créé en 2006 par une équipe marocaine afin de répondre au besoin des contrôles microbiologiques et physicochimiques intervenant dans tous les niveaux de fabrication depuis la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini. Il est chargé d'effectuer ces procédés dans des conditions de qualité et de confidentialité.

1) Laboratoire physico-chimiques :

Ce Laboratoire est divisé en trois parties :

- Salle de panification où s'effectue la première étape de fabrication
- Salle de stockage où se trouvent tous les matériels et les produits initiaux
- Et enfin une salle d'analyse physico-chimiques où s'effectuent ces analyses :
(Brix, pH, conductivité, dosage de l'azote, dosage de phosphate...)

2) Laboratoire microbiologiques :

Il est divisé en quatre parties selon un flux :

- Salle de stockage de matières premières
- Salle de préparation des milieux de culture, la stérilisation et d'autre activité ont lieu
- Salle de pathogène où s'effectue les germes pathogènes
- Et enfin une salle d'analyse bactériologique

Ces deux laboratoires sont toujours sous une température de 20 C°.

II. Quelques généralités sur la levure

1. Description de la levure

La levure est un champignon microscopique, unicellulaire de forme ovoïde ou sphérique, qui se multiplie par bourgeonnement.

Tout comme celles de l'homme, les cellules de levures sont vivantes et naturelles. Elles ont besoin d'air pour se multiplier, mais l'absence d'air n'est pas non plus sans conséquence sur son développement.

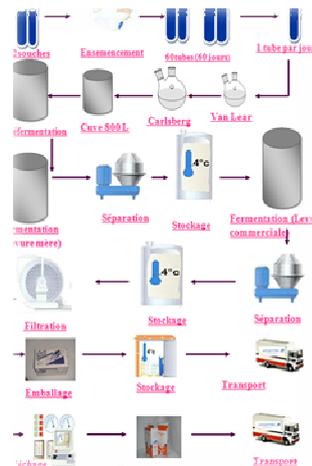
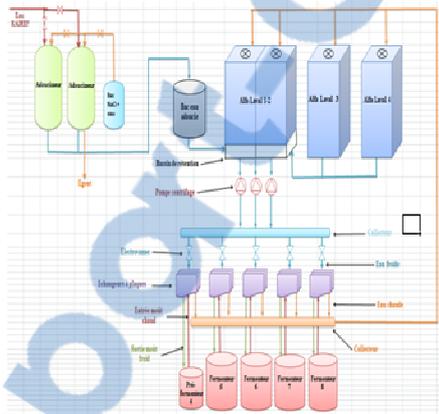
Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale, principalement celle utilisée dans la fabrication de la levure boulangère, connue sous le nom scientifique «*saccharomyces cerevisiae*».

2. Historique de la levure

L'histoire de la levure nous amène en 1680 à l'aide d'un microscope, Leeuwenhoek observe pour la première fois les globules de levure de bière. L'homme a depuis toujours utilisé la levure, et ce bien avant de savoir écrire. Les égyptiens l'utilisaient déjà pour fabriquer leur pain il y a cinq mille ans. En 1857, Louis Pasteur démontre que la cellule de levure peut vivre avec ou sans oxygène, et c'est également grâce à lui, que l'on découvre que la levure contribue à la formation des arômes, et des saveurs du pain.

Deuxième partie

Les étapes de production de la levure et description des tours de refroidissement



I. La chaine de production

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...). Les souches de levures sont des individus uniques. C'est l'association de levures sélectionnées et de procédés industriels spécifiques qui permet d'obtenir des produits performants et adaptés aux attentes des utilisateurs.

A l'échelle du laboratoire :

Ensemencement :

Chaque mois, la société LESAFFRE Maroc reçoit de la France deux souches de *Saccharomyces cerevisiae*. Une destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche. Ces souches sont ensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois (30 tubes de chaque souche). Cette étape exige un travail dans des conditions strictement stériles pour éviter tout risque de contamination, On Transvase le contenu de chaque tube dans une fiole (van Lear) contenant un milieu nutritif très riche en sucre, vitamines et sels. Ceci rendra possible une première multiplication.

Le contenu est ensuite introduit dans une autre fiole de capacité plus importante (calsberg), où elles se multiplient à nouveau.

On obtient donc une quantité de levure suffisante pour passer à l'échelle semi industrielle qui se déroule dans une cuve de 800 litres.

A L'échelle industrielle :

La pré-fermentation :

Après l'incubation dans la cuve de 800l le moût obtenu passe à la cuve de la pré-fermentation où on ajoute la mélasse et les autres éléments tels que l'urée (source d'azote), le phosphate, les sels minéraux et l'acide sulfurique (H₂SO₄) car les levures vivent dans les

milieux acides ainsi que l'oxygène qui provient de l'air et on contrôle aussi le pH qui doit être situé entre 3,4 et 4,5 avec l'agitation.

La fermentation :

Après la pré-fermentation on passe à la fermentation qui se fait dans des grandes cuves, dans cette étape l'alimentation en mélasse et les autres ingrédients est continue après certain temps (17h) on aura une grande population de levure sous forme liquide qu'on appelle le moût. On ajoute aussi une anti-mousse pour éviter les mousses qui se produisent lors de la fermentation.

Les grandeurs qui influencent la levure sont la température, le pH, le taux d'alcool. La température est contrôlée à l'aide d'un régulateur lié à un échangeur de chaleur qui refroidit le moût pour ne pas tuer la levure.

Séparation :

La séparation se fait dans deux étapes de la fermentation : après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale. Le moût obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui contient les restes du milieu nutritif. Pour éliminer ces déchets on utilise des séparateurs qui fonctionnent par centrifugation. On obtient un liquide dense (crème) et un liquide léger, c'est le moût délevuré qui est rejeté vers une station pour la neutralisation.

Stockage de la crème :

La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à $\text{pH} = 2$ pour éviter la contamination, et stockée à $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour ralentir le métabolisme cellulaire. le système de refroidissement se fait par un échange thermique entre la crème et le liquide de refroidissement: l'eau glycolée.

Filtration :

Cette étape consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des microorganismes. Cela se fait par un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon, dans le but de ne laisser



pénétrer que de l'eau. Donc la crème est étalée sur la surface de filtre et récupérée sous forme de levure râpée.

Séchage (pour la levure sèche) :

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille de porosité connue, ensuite elle est transférée au sécheur par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche. Elle consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des micro-organismes.

Emballage :

➤ **Emballage de la levure fraîche :**

S'effectue grâce à une machine appelée 'boudineuse'. Quand le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine après l'ajout de l'huile de vaseline, il est pressé pour obtenir un pain de levure. Ce dernier est découpé en portions de 500g. Ces portions sont à leur tour enveloppées par du papier paraffiné, ensuite sont emballées en cartons disposés sur des palettes de manière à avoir un vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

➤ **Emballage de la levure sèche :**

Elle est conditionnée en sachets selon le type :

- **SPI:** est emballée sous vide dans des sachets d'aluminium de 500g, 125g t
 - (Rafiaa) ou 500g(Nevada). Pour (Rafiaa) de 10g elle est emballée sous azote(Figure 1).
- **SPH:** est emballées sous air dans des sachets d'aluminium de 50g et 500g (Jaouda), il existe aussi un autre type conditionné dans des boites métalliques de
 - 500g destinées aux forces de l'armés royal (FAR) (**Figure 1**).



Figure 1 : Levures sèches SPH (à gauche) et SPI (à droite)

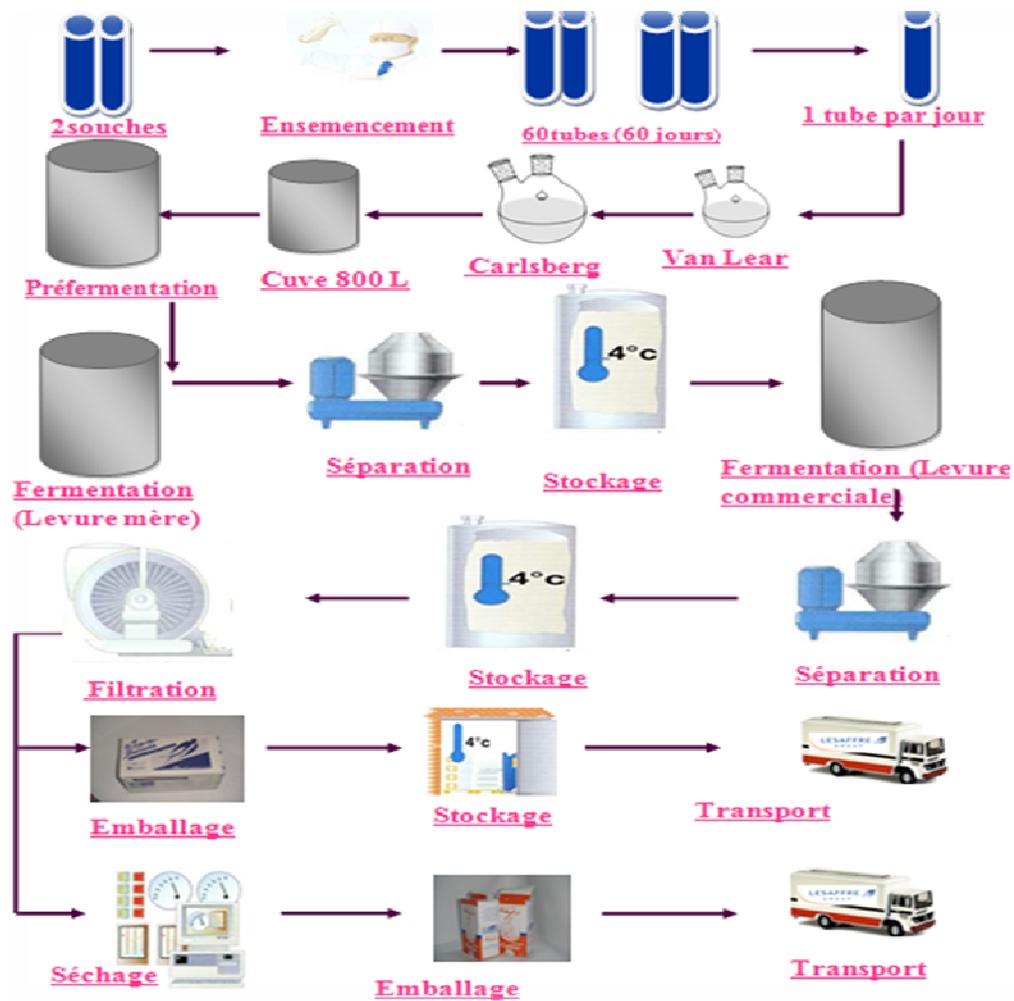


Figure 2 : processus général de la fabrication de la levure

II. Sujet de stage

1. Introduction

L'eau distribuée par la RADEEF est riche en calcaire (eau dure), cela signifie simplement qu'elle contient un taux élevé en minéraux. Ces minéraux sont principalement le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) qui ont un rapport direct avec le degré de dureté de l'eau.

L'utilisation de l'eau pour le refroidissement nécessite un minimum de précaution pour limiter la dégradation des appareils. Le Ca et le Mg présents dans l'eau dure peuvent obstruer les tuyaux, ils détériorent les canalisations, la robinetterie, la chaudière, les tours de refroidissement, et donc ils réduisent considérablement la longévité des installations et ils accroissent d'une façon importante la consommation d'énergie.

Afin de sécuriser les installations industrielles on doit procéder à un adoucissement de l'eau.

2. Schéma du circuit de l'eau de refroidissement :

Les eaux de refroidissement passent par plusieurs stations (**Figure 2**):

L'eau potable distribuée par la RADEEF passe par un adoucisseur, puis elle est stockée dans le bac de l'eau adoucie.

Ce bac sert à faire l'appoint du bassin de rétention faisant partie des tours de refroidissement (α . Laval 1-2).

Les eaux venant du bassin de rétention sont regroupées dans un collecteur qui les distribue ensuite vers les échangeurs à plaques selon les besoins.

Ces eaux (eaux froides) traversent les échangeurs à plaques dans le but de refroidir le *moût* venant des fermenteurs.

Le *moût* refroidi retourne vers les fermenteurs, alors que les eaux chaudes continuent leur chemin pour passer à nouveau à travers les tours et être refroidi, pour ensuite passer au bassin de rétention.

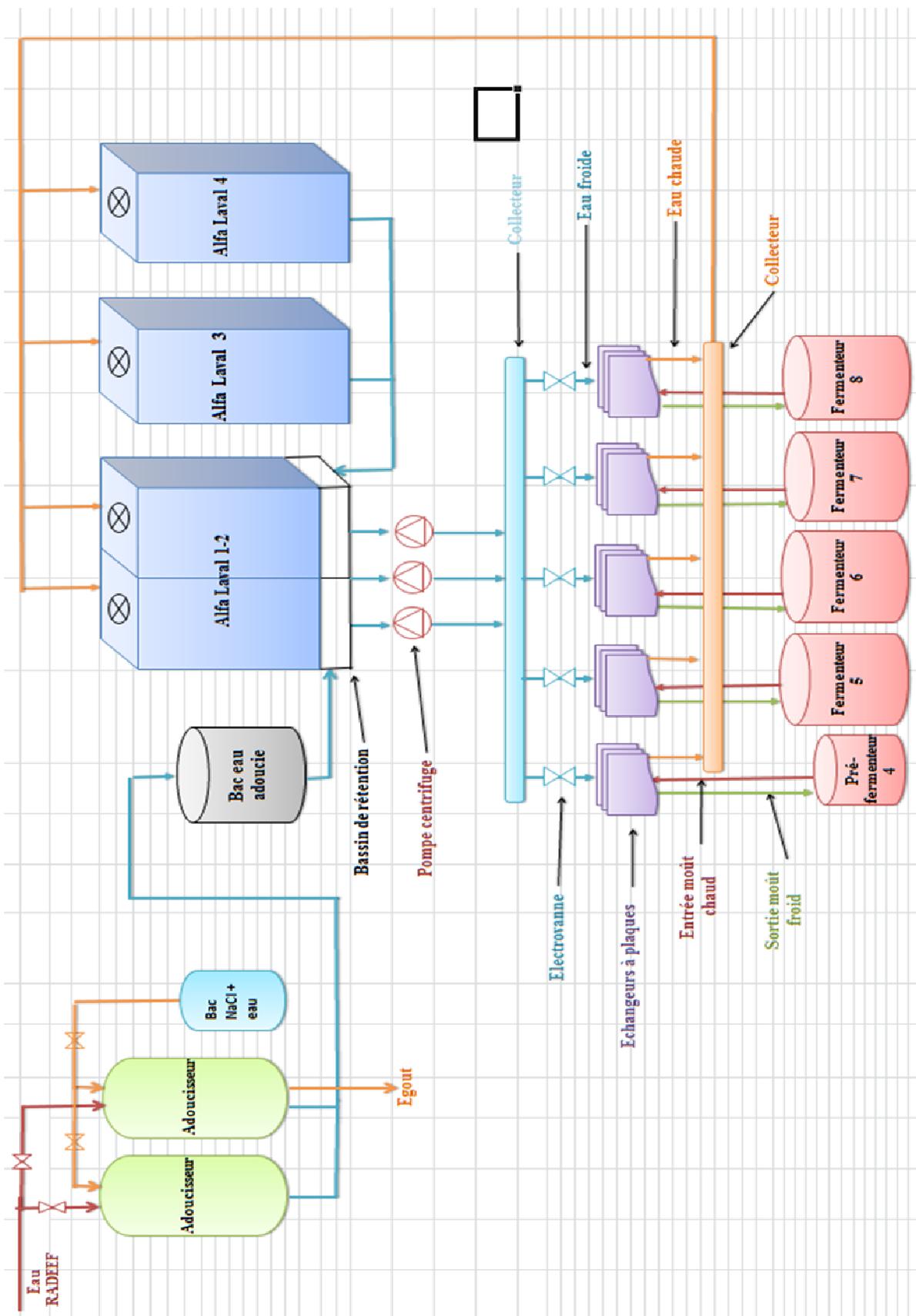


Figure 2 : Schéma du circuit des tours de refroidissement

3. Adoucissement :

L'adoucissement est un procédé de traitement destiné à éliminer les ions qui causent la dureté de l'eau (due à la présence des sels alcalino-terreux : carbonates, sulfates et chlorures de calcium et de magnésium), et à les remplacer par une quantité équivalente d'autres ions de même charge électronique.

L'adoucissement est effectué par passage de l'eau à travers une résine échangeuse d'ions qui doit être régénérée à chaque fois qu'elle est saturée

Adoucir l'eau améliore le fonctionnement et augmente la durée de vie des installations industrielles.

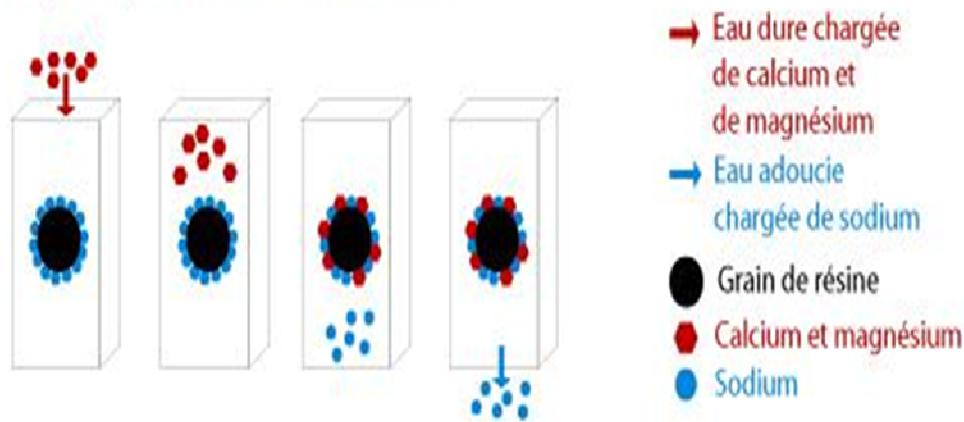
4. Adoucisseur :

Les adoucisseurs sont des échangeurs d'ions spécifiques qui sont conçus pour enlever les ions responsables de la dureté de l'eau.

Un adoucisseur d'eau est constitué de 3 parties :

- Une vanne de régulation ;
- Une bouteille de résine ;
- Un compartiment pour le stockage du sel régénérant.

Grâce aux billes de résine contenues dans la bouteille, l'adoucisseur va retenir les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} de l'eau et les échanger contre des ions sodium Na^+ (**Figure 3**)



5 .Régénération de l'adoucisseur :

Lorsque la résine contenue dans la bouteille de l'adoucisseur est saturée en Ca^{2+} et Mg^{2+} , l'adoucisseur nécessite une « régénération » de façon à recharger ses résines en ions sodium Na^{2+} à partir d'une solution de chlorure de sodium ou saumure (sel et eau) qu'il puise du bac à sel. Cette régénération se fait de manière régulière dans les adoucisseurs lorsque les résines sont réellement épuisées selon les étapes suivantes :

- Détassage : cette opération consiste à faire passer l'eau à contre-courant (du bas vers le haut) à travers le lit de résine pendant 5 à 15 min, on dit « lavage à contre-courant ».
- Aspiration de la saumure : l'introduction du régénérant se fait pendant 20 à 30 min, pendant cette durée la résine libère des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} qu'elle avait déjà captée.
- Rinçage : avec de l'eau adoucie afin d'éliminer les traces du régénérant, la résine redeviendra opérationnelle pour une nouvelle phase d'adoucissement.

6. Tour de refroidissement :

Définition

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

d'émission de chaleur provenant du traitement de produits chauds, de condensations, de transformations en chaleur d'énergie mécanique ou de réactions exothermiques. Il existe plusieurs types je vais parler de la tour ouverte (Figure 4) que LESSAFRE l'utilise :

Quatre types d'installations de refroidissement de l'eau sont techniquement envisageables selon les températures de fonctionnement souhaitées, les puissances thermiques totales à évacuer, et les débits d'eau à traiter

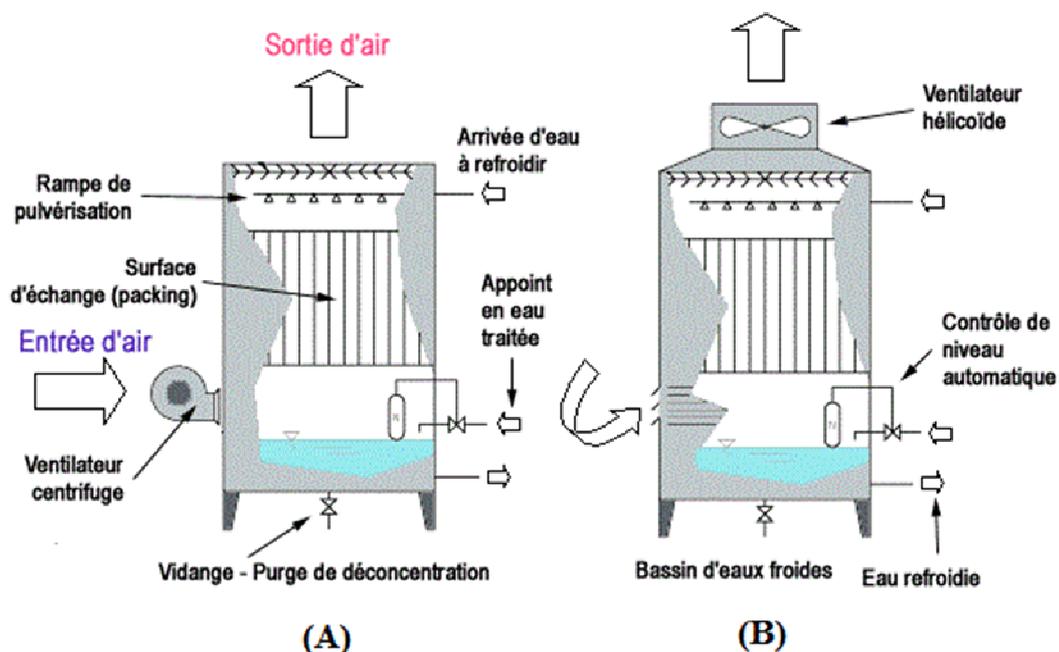


Figure 4 : tour ouverte à ventilateur centrifuge (A), hélicoïde (B)

L'eau du circuit à refroidir traverse la tour aéroréfrigérante ouverte et le refroidissement se produit directement par dispersion de l'eau sur le corps d'échange (ou packing, dispositif à travers lequel s'effectue le transfert thermique entre l'eau et l'air)(Figure 5)de la tour de refroidissement. Une partie de l'eau s'évapore pour assurer le refroidissement de l'eau, l'autre partie est récupérée dans le bassin de rétention, puis retourne vers le procédé à refroidir.

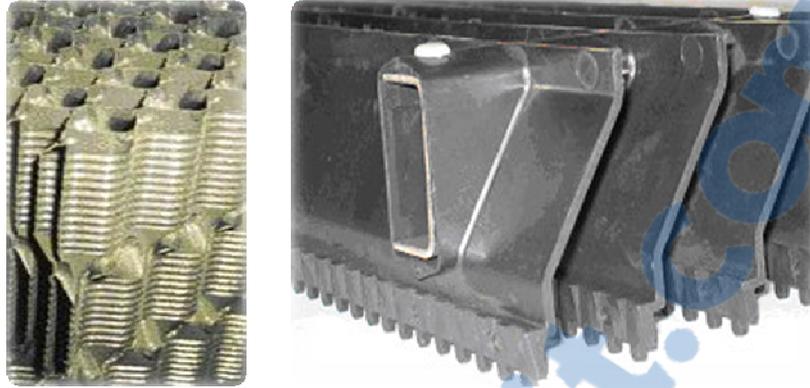


Figure 5 : Corps d'échange ou packing

Principe de fonctionnement d'une tour aéroréfrigérante ouverte

L'eau provenant du procédé à refroidir est dispersée en fines gouttelettes par une ou plusieurs rampes de dispersion (ensemble de tubes munis de disperseurs, situé à la partie supérieure de la tour de refroidissement) (**Figure 6**). L'eau traverse alors de haut en bas une surface d'échange constituée par le packing. L'eau refroidie est collectée dans un bassin de rétention en bas de la tour avant de retourner vers le procédé à refroidir. L'air est mis en mouvement par un ventilateur (centrifuge ou hélicoïde) ou par tirage naturel. Il y a donc contact direct de l'eau venant du procédé avec l'air extérieur. Ce flux d'air se charge en humidité prélevant de la chaleur à l'eau pour s'évaporer.



Figure 6 : Rampes de dispersion

Les tours aéroréfrigérantes nécessitent des appoints d'eau (quantité d'eau ajoutée au bassin de rétention) afin de remplacer l'eau perdue par évaporation. L'appoint d'eau permet ainsi de limiter la concentration en sels dissous dans l'eau présente dans le circuit de la tour.

7. Echangeurs de chaleur :

Est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides.

On utilise cette méthode pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz dont le refroidissement ou le réchauffement d'une manière directe est impossible ou difficile, par exemple l'eau d'un circuit primaire de refroidissement d'un fermenteur.

Il existe différents types d'échangeurs selon les objectifs recherchés.

L'échangeur de chaleur le plus commun est celui à plaque (**Figure 7**) qui connaît un usage croissant dans l'industrie. Il est composé d'un grand nombre de plaques disposées en forme de millefeuilles et séparées les unes des autres d'un petit espace (quelques millimètres) où circulent les fluides. Le périmètre des plaques est bordé d'un joint qui permet par compression de la structure d'éviter les fuites.

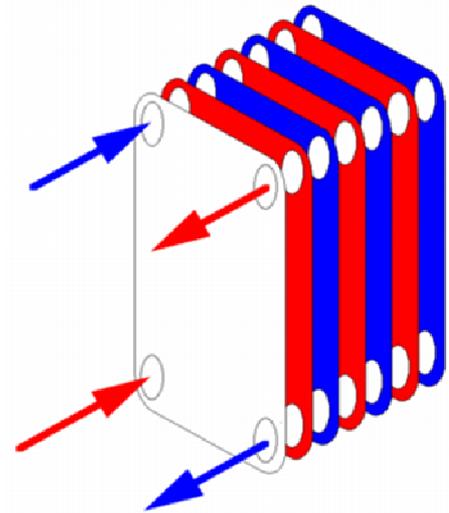


Figure 7 : Echangeur à plaques

Troisième partie :

*Suivi des paramètres
physico-chimiques de*

L'eau des tours de refroidissement

Introduction

LESAFFRE Maroc dispose de deux laboratoires, microbiologique et physico-chimique, intervenant presque dans tous les niveaux de fabrication depuis la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini par des analyses effectuées, soit sur

demande en cas d'une réclamation clientèle, soit régulièrement au cours de la production avant et après emballage, afin que le produit fini réponde à toutes les normes de qualité.

I. Les analyses physico chimiques:

• PH

C'est le potentiel hydrogène, il mesure l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité d'une solution aqueuse.

Le pH varie entre 0 et 14 ; 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant acide que son pH est plus près de 0 (inférieur à 7), et d'autant alcaline que son pH est plus près de 14 (supérieur à 7).

Le pH se mesure par électrométrie à l'aide d'un pH mètre.

• Conductivité

Mesure physico-chimique de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique. Cette mesure est le signe de la présence d'ions dans l'eau ; plus l'eau contient d'ions plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa conductivité est grande.

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

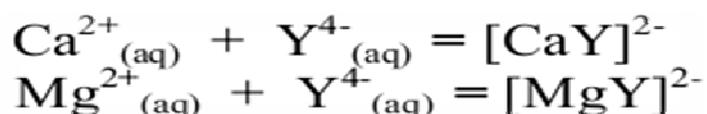
La conductivité est mesurée par un conductimètre.

• THT

C'est le titre hydrotimétrique total ou dureté totale, indique globalement la concentration en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} .

Principe

Dosage volumétrique dans un milieu basique par EDTA (sel tétrasodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique).



Réactifs

- Tampon pH 10 : solution de NaOH 0,4% ;
- Noir ériochrome ;
- EDTA (N/50).

Mode opératoire :

- Prise d'essai (100 ml) de l'eau à analyser et la mettre dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- Addition de 5 ml du tampon pH 10 par une pipette de 10 ml ;
- Addition de quelques gouttes du noir ériochrome (coloration mauve) ;
- Titrage avec EDTA jusqu'à ce que la coloration mauve devienne bleue.

Expression des résultats

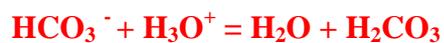
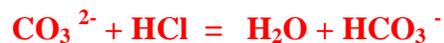
- THT = TB (tombé de burette) ;
- THT est exprimé en degré français.

• TAC

C'est le titre alcalinométrique complet ou la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (ou hydrogénocarbonates) alcalins et alcalino-terreux.

Principe

Dosage volumétrique par l'acide chlorhydrique.



Réactifs

- Acide chlorhydrique HCl (0,1 N) ;
- Orange de méthyle.

Mode opératoire :

- Prise d'essai (50 ml) de l'eau à analyser et la mettre dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Addition de quelques gouttes de l'orange de méthyle (coloration orange) ;
- Titrage avec HCl jusqu'au virage (orange foncé).

Expression des résultats

-TAC = TB x 10 ;

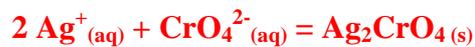
- TAC est exprimé en degré français.

• Chlorure

C'est la mesure de la concentration du chlore.

Principe

Dosage volumétrique par nitrate d'argent.



Réactifs

-Nitrate d'argent AgNO_3 (10^{-2} N) ;

- Chromate de potassium.

Mode opératoire :

-Prise d'essai de 50 ml de l'eau à analyser et la mettre dans un erlenmeyer de 250ml ;

- Addition de quelques gouttes du chromate de potassium (couleur jaune) ;

- Titrage avec AgNO_3 jusqu'au virage (coloration rouge brique).

Expression des résultats

- $[\text{Cl}^-] = V(\text{AgNO}_3) \times 35 \times 10^{-2} / V(\text{eau})$

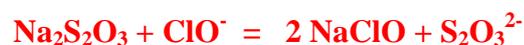
- $[\text{Cl}^-]$ est exprimé en g/l

• Chlore actif

C'est la mesure de la concentration du ClO^- .

Principe

Dosage volumétrique par Thiosulfate de sodium.



Réactifs

-Sulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (10-2N) ;

- Empois d'amidon ;
- Acide acétique CH₃COOH (5N) ;
- Iodure de potassium KI

Mode opératoire :

- Prise d'essai de 50 ml de l'eau à analyser et la mettre dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Addition d'un gramme de KI (couleur jaune) ;
- Addition de 10 ml d'acide acétique ;
- Addition de quelques gouttes d'empois d'amidon (couleur grise foncée) ;
- Titrage avec Na₂S₂O₃ jusqu'au virage (disparition de la couleur grise foncée).

Expression des résultats

- $[ClO^-] = V (Na_2S_2O_3) \times 35,46 \times 10^{-2} / V (eau)$.
- $[ClO^-]$ est exprimé en g/l.

II. Résultats et interprétations

Durant la période de stage, j'étais amenée à faire le suivi des paramètres caractéristiques de l'eau (pH, conductivité, THT, TAC, chlorure, chlore actif).

Chaque jour, je prenais des échantillons des différentes eaux faisant le tour du circuit de refroidissement (eau potable, eau adoucie, alfa Laval 1-2, alfa Laval 3, alfa Laval 4, rejets des tours), mais comme les tours ne fonctionnaient pas toujours en même temps (tel que le cas des "alfa Laval 3 et 4"), j'étais obligée de ne présenter sur les graphes que les résultats concernant les autres tours.

1. Analyses du pH

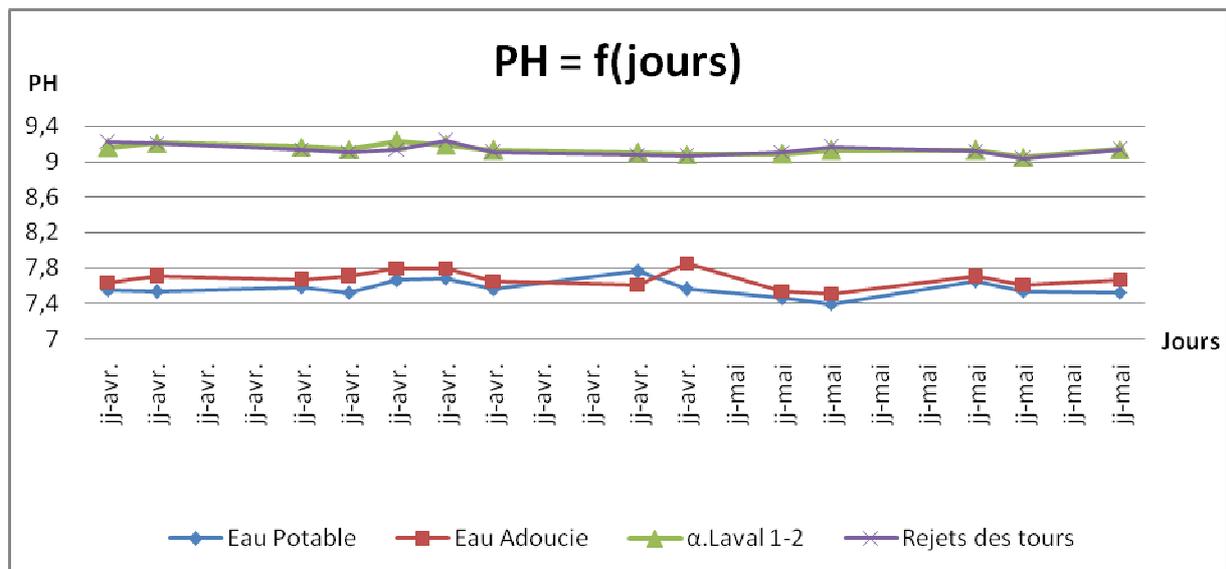
a. Résultats

Tableau 1 : résultats des analyses du pH effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α. Laval 1-2	α. Laval 3	α. Laval 4	Rejets des tours
18-avr	7,55	7,64	9,16	9,22		9,22
19-avr	7,53	7,7	9,21	9,2		9,21
22-avr	7,58	7,66	9,17	9,16		9,14
23-avr	7,52	7,7	9,14	9,13		9,11

24-avr	7,66	7,8	9,23			9,14
25-avr	7,68	7,8	9,19			9,23
26-avr	7,56	7,65	9,13	9,08		9,1
29-avr	7,76	7,61	9,1	9,09		9,08
30-avr	7,56	7,85	9,08	9,12		9,06
02-mai	7,46	7,54	9,09	9,06		9,11
03-mai	7,39	7,51	9,13	9,14		9,16
06-mai	7,65	7,71	9,13			9,12
07-mai	7,54	7,61	9,05	9,09	9,08	9,03
09-mai	7,52	7,67	9,14	9,14	9,15	9,13
MOYENNE	7,56857143	7,675	9,13928571	9,13	9,115	9,13142857
MAX	7,76	7,85	9,23	9,22	9,15	9,23
MIN	7,39	7,51	9,05	9,06	9,08	9,03
ECARTYPE	0,09420576	0,0962169	0,05030129	0,05249339	0,04949747	0,05868523

b. Graphe et interprétations



Graphe 1 : représentation graphique des résultats des analyses du pH effectuées sur les différentes eaux

Ce graphe montre les valeurs de pH des différentes eaux du circuit des tours de refroidissement.

L'eau potable et l'eau adoucie ont un pH presque neutre, alors que les eaux des tours et des rejets ont un pH supérieur à 8,6. Cette élévation signifie que ces eaux sont riches en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

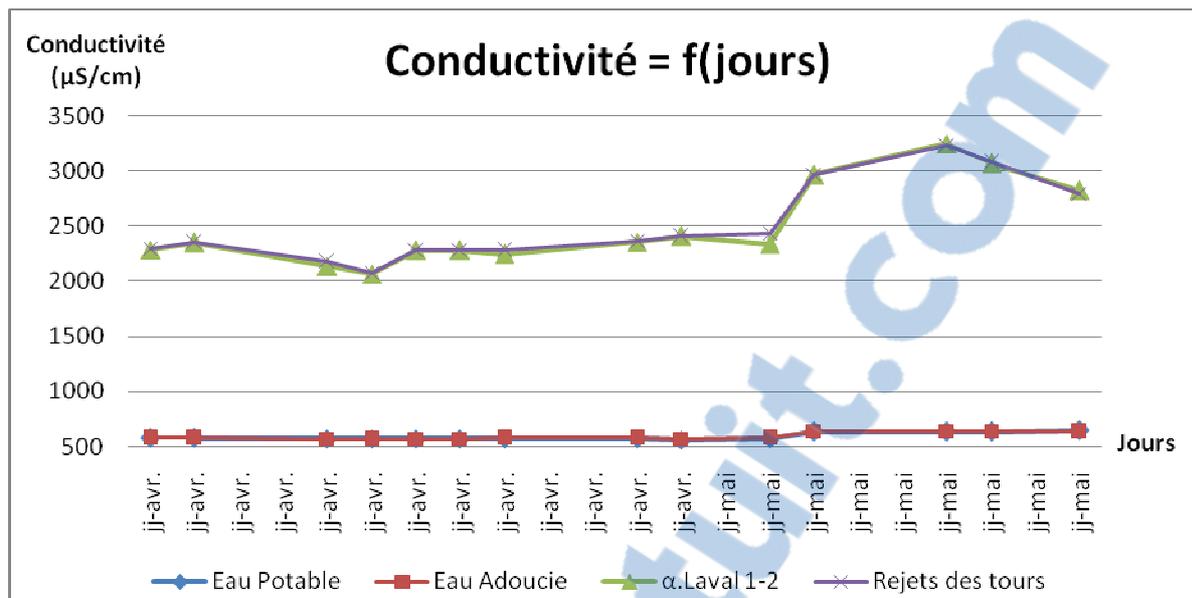
2. Conductivité

a. Résultats

Tableau 2 : résultats des analyses de la conductivité effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α.Laval 1-2	α.Laval 3	α. Laval 4	Rejets des tours
18-avr	578	576	2290	2280		2300
19-avr	579	576	2350	2330		2350
22-avr	573	574	2140	2160		2180
23-avr	574	566	2070	2050		2080
24-avr	574	574	2280			2290
25-avr	573	574	2280			2290
26-avr	572	575	2250	2360		2280
29-avr	572	577	2360	2400		2370
30-avr	561	572	2410	2450		2410
02-mai	572	579	2340	2980		2440
03-mai	636	642	2970	3250		2970
06-mai	634	642	3250			3240
07-mai	634	643	3070	2800	2700	3080
09-mai	646	637	2830	2820	2810	2800
MOYENNE	591,285714	593,357143	2492,14286	2534,54545	2755	2505,71429
MAX	646	643	3250	3250	2810	3240
MIN	561	566	2070	2050	2700	2080
ECARTYPE	30,7206485	31,4315059	373,140076	374,122002	77,7817459	361,720553

b. Graphe et interprétations



Graph 2 : représentation graphique des résultats des analyses de la conductivité effectuées sur les différentes eaux

Ce graphique montre l'évolution de la conductivité des différentes eaux du circuit des tours de refroidissement.

L'eau potable et l'eau adoucie ont des conductivités comprises entre 550 et 650 $\mu\text{S/cm}$, alors que les eaux des tours ont une conductivité supérieure à 2000 $\mu\text{S/cm}$, si la conductivité atteint 9100 $\mu\text{S/cm}$, une électrovanne s'ouvre pour envoyer l'eau des tours vers les égouts (rejets des tours) jusqu'à ce que la conductivité atteigne la norme à nouveau.

On remarque que la conductivité des eaux des tours est souvent élevée par rapport à la norme, ce qui est dû à la concentration élevée en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dont les origines sont l'évaporation des eaux et les impuretés que l'air ambiant emporte avec lui.

3.THT

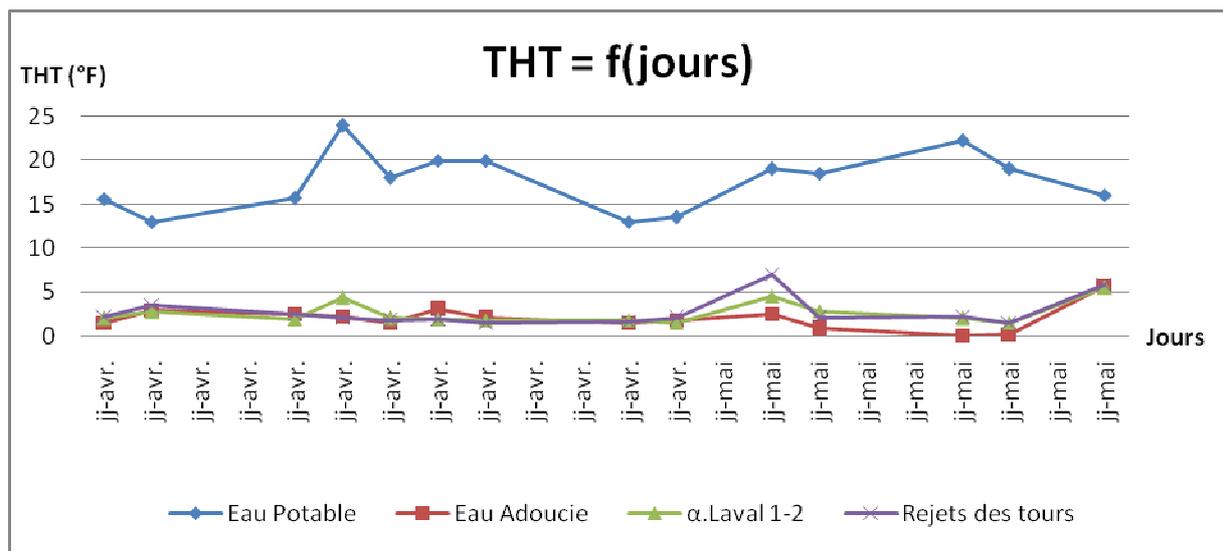
a. Résultats

Tableau 3 : résultats des analyses du THT effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α.Laval 1-2	α.Laval 3	α. Laval 4	Rejets des tours
18-avr	15,6	1,5	2	1,5		2,2
19-avr	13	2,9	2,7	2		3,5
22-avr	15,7	2,5	1,9	4,5		2,5

23-avr	24	2,2	4,3	3,7		2
24-avr	18	1,5	2			1,7
25-avr	20	3	1,9			1,9
26-avr	20	2	1,8	1,4		1,5
29-avr	13	1,5	1,8	1,5		1,6
30-avr	13,5	1,8	1,5	2		2
02-mai	19	2,5	4,5	4		7
03-mai	18,5	0,8	2,8	2,2		2
06-mai	22,2	0	2			2,2
07-mai	19	0,2	1,5	1,5	1,6	1,5
09-mai	16	5,7	5,5	5,7	5,5	5,8
MOYENNE	17,6785714	2,00714286	2,58571429	2,72727273	3,55	2,67142857
MAX	24	5,7	5,5	5,7	5,5	7
MIN	13	0	1,5	1,4	1,6	1,5
ECARTYPE	3,51384407	1,59779337	1,38273612	1,58952687	1,86698286	1,89796503

b. Graphe et interprétations



Graphe 3 : représentation graphique des résultats des analyses du THT effectuées sur les différentes eaux

D'après ce graphe qui présente l'évolution du THT des différentes eaux du circuit des tours de refroidissement en fonction du temps, on remarque la différence entre le THT correspondant à l'eau potable et celui correspondant aux autres eaux, cette différence est due à l'adoucissement de l'eau potable avant son passage vers le reste du circuit, ce qui diminue le risque d'encombrement de ce dernier.

Toutefois, les valeurs du THT correspondantes à l'eau adoucie doivent être inférieures à 1, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des valeurs trouvées. Cette différence est due à l'ajout d'une quantité de l'eau potable à l'eau adoucie lorsque cette dernière est insuffisante pour l'appoint.

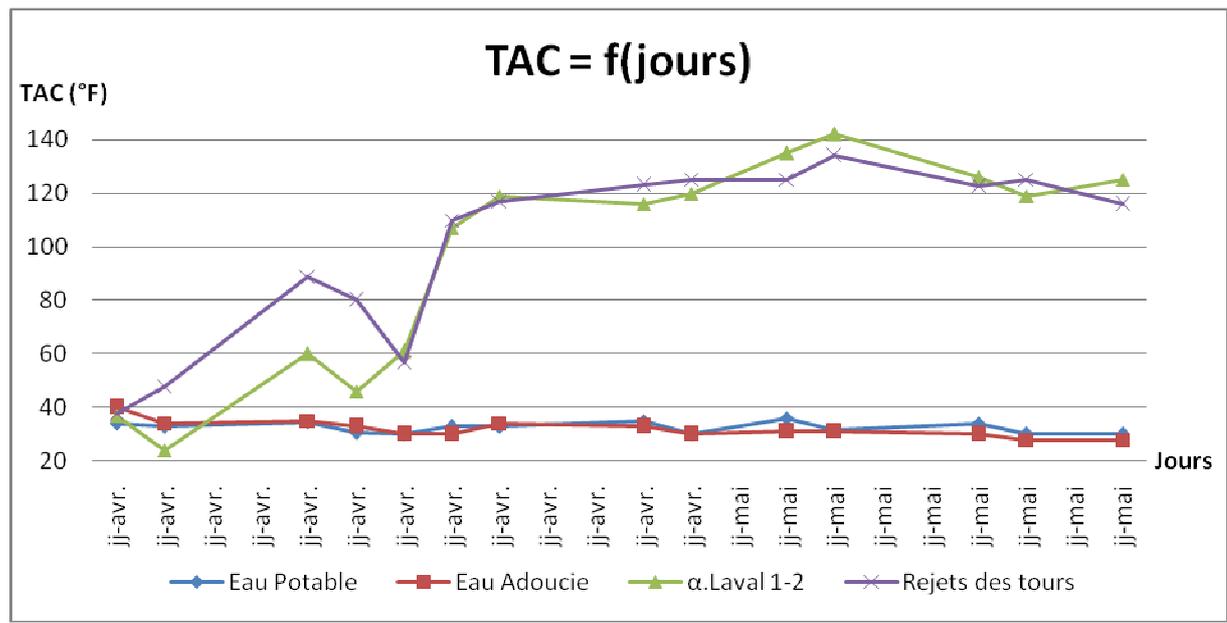
4. TAC

a. Résultats

Tableau 4 : résultats des analyses du TAC effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α.Laval 1-2	α.Laval 3	α. Laval 4	Rejets des tours
18-avr	34	40	37	19		38
19-avr	33	34	24	64		48
22-avr	34,5	35	60	105		89
23-avr	30,5	33	46	36		80
24-avr	30	30	61			57
25-avr	33	30	107			110
26-avr	33	34	119	115		117
29-avr	35	33	116	117,5		123
30-avr	30	30	120	115		125
02-mai	36	31	135	122,5		125,1
03-mai	31,5	31	142	140		134
06-mai	34	30	126			122,5
07-mai	30	28	119	120	118	125
09-mai	30	28	125	122	125	115,8
MOYENNE	32,4642857	31,9285714	95,5	97,8181818	121,5	100,671429
MAX	36	40	142	140	125	134
MIN	30	28	24	19	118	38
ECARTYPE	2,10735238	3,19769835	40,3975437	39,5880492	4,94974747	32,369963

b. Graphe et interprétations



Graph 4 : représentation graphique des résultats des analyses du TAC effectuées sur les différentes eaux

Ce graphe présente l'évolution du TAC des eaux du circuit de refroidissement en fonction des jours, on remarque que les 2 courbes correspondantes aux alfa Laval et aux rejets sont presque identiques, ceci est parce que c'est la même eau.

5. Chlorure

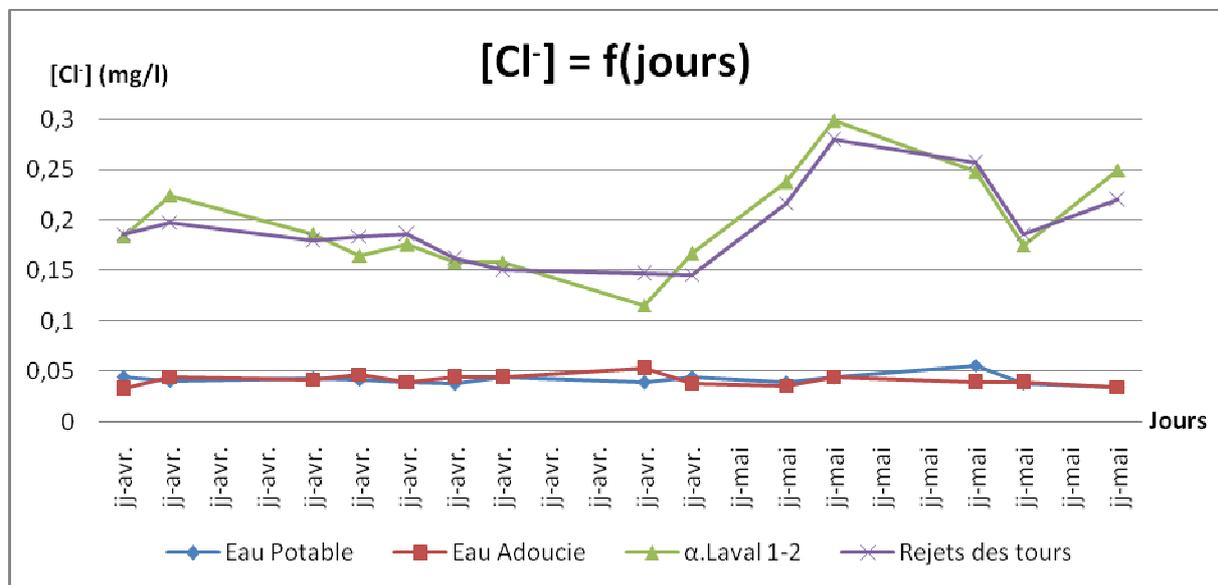
a. Résultats

Tableau 5 : résultats des analyses de la concentration des chlorures effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α.Laval 1-2	α.Laval 3	α. Laval 4	Rejets des tours
18-avr	0,044	0,033	0,184	0,203		0,187
19-avr	0,041	0,045	0,225	0,198		0,198
22-avr	0,043	0,042	0,186	0,171		0,18
23-avr	0,042	0,047	0,165	0,169		0,184
24-avr	0,04	0,04	0,176			0,186
25-avr	0,038	0,044	0,159			0,162
26-avr	0,044	0,044	0,159	0,176		0,151
29-avr	0,039	0,053	0,116	0,155		0,147
30-avr	0,045	0,0385	0,167	0,158		0,146
02-mai	0,04	0,036	0,238	0,159		0,217

03-mai	0,044	0,045	0,299	0,252		0,28
06-mai	0,056	0,039	0,248			0,257
07-mai	0,0386	0,039	0,175	0,1967	0,179	0,187
09-mai	0,035	0,035	0,25	0,212	0,21	0,2205
MOYENNE	0,04211429	0,04146429	0,19621429	0,18633636	0,1945	0,19303571
MAX	0,056	0,053	0,299	0,252	0,21	0,28
MIN	0,035	0,033	0,116	0,155	0,179	0,146
ECARTYPE	0,00490194	0,00532218	0,04872084	0,02943849	0,02192031	0,03965547

b. Graphe et interprétations



Graph 5 : représentation graphique des résultats des analyses du [Cl⁻] effectuées sur les différents eaux

Ce graphe présente la variation de la concentration des ions chlorure dans les eaux du circuit de refroidissement en fonction des jours, on remarque que les 2 courbes correspondantes à l'eau Potable et l'eau Adoucie sont normale.

Pour l'eau des tours α . Laval : les résultats de étaient un peu élevés par rapport à ceux de l'eau adoucie, et ceci due à l'évaporation.

Et pour l'eau Rejetée des tours : les résultats était élevés est c'est pourquoi cette eau est entrain d'être rejetée.

6. Chlore actif

a. Résultats

Tableau 6 : résultats des analyses de la concentration du chlore actif effectuées sur les différentes eaux

Dates	Eau Potable	Eau Adoucie	α .Laval 1-2	α .Laval 3	α . Laval 4	Rejets des tours
18-avr	2,4	0	2,4	2,9		2,5
19-avr	2,3	0	1,78	1,9		2,1
22-avr	3,5	0	1,1	1,2		3,4
23-avr	2,1	0	1,5	1,7		3,8
24-avr	3	0	5,6			6,5
25-avr	0,02	0	0,14			0,21
26-avr	0,01	0,11	0,01	0,09		0,04
29-avr	0,02	0,29	0,02	0,02		0,013
30-avr	0,01	0	0,02	0,01		0,01
02-mai	0,02	0	0,02	0,01		0,012
03-mai	0,02	0	0,01	0,016		0,02
06-mai	0,01	0	0,014			0,017
07-mai	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0
09-mai	0,02	0	0,4	0,7	0,85	3,12
MOYENNE	0,96	0,03	0,93028571	0,77963636	0,44	1,553
MAX	3,5	0,29	5,6	2,9	0,85	6,5
MIN	0,01	0	0,01	0,01	0,03	0
ECARTYPE	1,35334344	0,0803837	1,56435425	1,0081515	0,57982756	2,05549687

b. Graphe et interprétations

CONCLUSION

En guise de conclusion et dans le cadre de mon stage de fin d'études, cette période m'a permis d'acquérir un savoir faire et d'accomplir ma formation. Surtout dans une société comme LESAFFRE, leader dans ce domaine, j'ai pu développer mes compétences techniques et relationnelles.

Bibliographique

Marlène.c 2006: «Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production ».