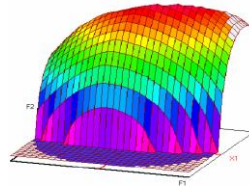


Année Universitaire : 2014-2015



**Master Sciences et Techniques CAC Agiq**

**Chimiométrie et Analyse Chimique : Application à la gestion industrielle  
de la qualité**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et  
Techniques**

***Impact de la qualité de l'eau sur le produit fini  
au sein de la société LESAFFRE Maroc***

**Présenté par:**

**BEN BAAZIZ Meryem**

**Encadré par:**

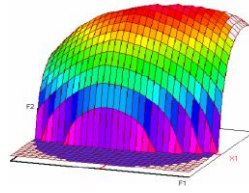
- Mr. Ali BENNANI (LESAFFRE Maroc)
- Pr. Mme Amal HAOUDI (FST Fès)

**Soutenu Le 22 Juin 2015 devant le jury composé de:**

- Pr. Mme Amal HAOUDI
- Pr. Mme Oufae SQALI
- Pr. Mr Chakib AMEZIANE HASSANI

**Stage effectué à : LESAFFRE Maroc**





## **Master ST CAC Agiq**

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques**

**Nom et prénom: BEN BAAZIZ Meryem**

**Année Universitaire : 2014/2015**

**Titre: Qualité de l'eau à LESAFFRE Maroc et son impact sur le produit finis**

### **Résumé**

Bien que l'eau à l'arrivée soit dans les normes marocaines, la volatilité, la présence de matière organique et de matière en suspension et la distance peut diminuer le taux de chlore actif. En effet, en 2014, les résultats du laboratoire à vérifier que les produits finis et les crèmes étaient contaminés, cela s'explique que l'eau peut être une source de cette contamination. Car le taux du chlore actif est toujours inférieur à 0,2 ppm.

En revanche la société LESAFFRE Maroc a décidé d'installer une nouvelle station de chloration, en avril 2015, afin de corriger ce manque et de stabiliser les taux de chlore ainsi que d'améliorer la qualité des conditions de multiplications cellulaire au sein des cuves de fermentation.

Dans ce contexte, nous avons fixés comme objectif de s'assurer de l'efficacité de la station de chloration et son impact sur le produit fini et ce à travers, des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau et du traitement statistique des résultats.

**Mots clés: Levure, eau potable, eau de process, station de chloration, traitement statistique.**

# *Dédicace*

## **JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL**

### *A mes très chers parents*

Pour leur soutien, leur patience, leur sacrifice et leur amour, vous méritez tout éloge, vous qui avez fait de nous ce que nous sommes maintenant. Nous espérons être l'image que vous êtes fait de nous, que dieu vous garde et vous bénisse.

### *A mes très chers sœurs et frères*

Pour leur affection et leur encouragement qui ont toujours été pour nous des plus précieux. Que ce travail soit pour vous le gage de notre profond amour.

### *A nos familles*

### *A nos professeurs*

### *A tous nos amis*

### *A tous ceux que nous aimons, nous dédient ce travail ...*

# Remerciement

Mes remerciements vont à **Mr. Ali BENNANI** responsable du service qualité de la société LESAFFRE Maroc pour son accueil, son aide, sa compréhension, ses conseils et son encouragement qui m'ont aidé à s'initier à la vie active au sein de l'entreprise. Par la même occasion je remercie tous personnels du laboratoire, et surtout **Mr. Ali BOUQADDIDA** et **Mr. Rachid OUADGHIRI**.

J'adresse mes remerciements à le professeur **Mr. EL Mestafa EL HADRAMI** responsable de notre Master Sciences et Techniques, filière Chimiométrie et Analyses Chimiques: Application à la gestion industrielle de la qualité à la FST de Fès, pour leur enseignement enrichissant et laborieux, et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires au bon déroulement de notre formation.

J'adresse également mes vifs remerciements à professeur **Mme. Amal HAOUDI**, pour son encadrement irréprochable durant notre stage. Je voudrais non seulement la remercier pour ses précieux conseils pertinents sa confiance et ses remarquables qualités humain et professionnelles, mais également pour sa gentillesse et son soutien, qu'elle trouve ici l'expression de notre plus profonde reconnaissance.

Je remercie également les membres jury professeur **Mme. Oufae SQALI** ainsi que le professeur **Mr. Chakib AMEZIANE**, pour avoir accepter le jugement sur ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes enseignants à la FST de Fès et au corps administratif de m'avoir offert cette opportunité d'apprentissage, ainsi que tout le personnel de la société LESAFFRE Maroc, pour leur bonne humeur et aide continu.

# Sommaire

Introduction générale .....	1
Chapitre I: Présentation générale de la société	
I. Présentation de la société LESAFFRE Maroc.....	2
1) Historique de LESAFFRE.....	2
2) LESAFFRE Maroc .....	2
3) Description et activités du laboratoire d'analyse .....	3
4) Organigramme de l'entreprise.....	4
II Généralité sur la levure .....	5
1) Définition .....	5
2) Mode de vie de la levure .....	5
III Différentes étapes de production de la levure.....	6
1) Station de préparation des sels nutritifs .....	6
2) Station de traitement de la mélasse .....	7
3) Station de fermentation .....	8
4) Station de séparation.....	9
5) Station de filtration .....	9
6) Station de séchage .....	10
7) Station d'emballage et de conservation.....	10
Chapitre II: Procédé générale de traitement d'eau	
I Généralités sur l'eau.....	12
1) Définition.....	12
2) Composition chimique d'une eau.....	12
3) Les types d'eaux .....	12
II Procédé générale de traitement d'eau.....	13
1) Rôle et effet des équipements sur l'eau .....	13
2) Le circuit de l'eau à LESAFFRE Maroc.....	18
III Les analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	20
1) Analyses physico-chimiques.....	20
2) Analyses microbiologiques.....	25

Chapitre III: Partie pratique

I Nouvelle station de chloration.....	28
II Traitement statistique des résultats d'analyses .....	29
1) Test de Shapiro et Wilk ou Test de normalité .....	29
2) Test de Grubbs simple ou test des points aberrants.....	30
3) Test de Fisher.....	31
4) Test de Student ou test d'égalité de deux moyennes .....	31
III Partie expérimentale .....	32
1) Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	32
2) Application des tests statistiques.....	44
3) Produit fini .....	49
Conclusion générale.....	51

## LISTE DES FIGURES :

- Figure 1: Schéma de traitement de la mélasse.....	7
- Figure 2: Schéma récapitulatif de la chaîne de fabrication de la levure de boulangerie .....	11
- Figure 3: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.....	14
- Figure 4: Principe et fonctionnement d'un adoucisseur.....	14
- Figure 5: Une pompe.....	15
- Figure 6: Schéma d'un échangeur à plaque.....	15
- Figure 7: Les tours de refroidissement.....	16
- Figure 8: Tour à circuit fermé.....	17
- Figure 9: Tour à circuit ouvert.....	17
- Figure 10: Chaudière.....	17
- Figure 11: Fermenteur.....	17
- Figure 12: Schéma de circuit de l'eau traitée.....	19
- Figure 13: Courbe d'absorption du chlore.....	24
- Figure 14: Schéma de circuit d'eau dans la station de chloration.....	29
- Figure 15: Représentation de THT d'eau potable .....	34
- Figure 16: Représentation de TAC d'eau potable .....	34
- Figure 17: Représentation de pH d'eau potable.....	34
- Figure 18: Représentation de conductivité d'eau potable .....	34
- Figure 19: Représentation des ions $Cl^-$ d'eau potable .....	34
- Figure 20: Représentation de chlore total d'eau potable.....	35
- Figure 21: Représentation de chlore libre d'eau potable .....	35
- Figure 22: Représentation de chlore actif d'eau potable .....	35
- Figure 23: Représentation des CT d'eau potable .....	35
- Figure 24: Représentation des BT d'eau potable .....	35
- Figure 25: Représentation de THT de PC4.....	38
- Figure 26: Représentation de TAC de PC4.....	38

- Figure 27: Représentation de pH de PC4.....	39
- Figure 28: Représentation de conductivité de PC4.....	39
- Figure 29: Représentation des ions Cl <sup>-</sup> de PC4.....	39
- Figure 30: Représentation de THT de PC4+J.....	42
- Figure 31: Représentation de TAC de PC4+J.....	42
-Figure 32: Représentation des ions Cl <sup>-</sup> de PC4+J.....	42
- Figure 33: Représentation de pH de PC4+J.....	42
- Figure 34: Représentation de conductivité de PC4+J.....	42
- Figure 35: Représentation de chlore total de PC4+J.....	42
- Figure 36: Représentation de chlore libre de PC4+J.....	43
- Figure 37: Représentation de chlore actif de PC4+J.....	43
- Figure 38: Représentation des CT de PC4+J.....	43
- Figure 39: Représentation de BT de PC4+J.....	43
- Figure 40: Représentation de THT de PC4+J+A.....	46
- Figure 41: Représentation de TAC de PC4+J+A.....	46
- Figure 42: Représentation des ions Cl <sup>-</sup> de PC4+J+A.....	46
- Figure 43: Représentation de pH de PC4+J+A.....	46
- Figure 44: Représentation de conductivité de PC4+J+A.....	46
- Figure 45: Représentation des CT et des BT de PC4+J+A.....	46
- Figure 46: Représentations des CT et de chlore actif .....	53



## LISTE DES TABLEAUX :

- Tableau 1: Produits de LESAFFRE Maroc.....	3
- Tableau 2: valeurs du titre hydrotimétrique.....	20
- Tableau 3: Analyses de l'eau potable avant la station de chloration.....	32
- Tableau 4: Analyses de l'eau potable après la station de chloration.....	33
- Tableau 5: Analyses d'eau de pied de cuve avant la station de chloration .....	37
- Tableau 6: Analyses d'eau de pied de cuve après la station de chloration.....	38
- Tableau 7: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel avant la station de chloration.....	40
- Tableau 8: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel après la station de chloration.....	41
- Tableau 9: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide avant la station de chloration.....	44
- Tableau 10: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide après la station de chloration.....	45
- Tableau 11: Test de Shapiro et Wilk d'eau potable avant la station de chloration .....	47
-Tableau 12: Test de Shapiro et Wilk d'eau potable après la station de chloration.....	47
- Tableau 13: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve avant la station de chloration .....	47
- Tableau 14: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve après la station de chloration .....	47
- Tableau 15: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve + Eau de javel avant la station de chloration.....	48
-.Tableau 16: Tableau d'eau de pied de cuve + Eau de javel après la station de chloration .....	48
- Tableau 17: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide avant la station de chloration .....	48

- Tableau 18: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide après la station de chloration .....	48
- Tableau 19: Test de Grubbs simple d'eau potable avant la station de chloration .....	49
- Tableau 20: Test de Grubbs simple d'eau potable après la station de chloration.....	49
-Tableau 21: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve avant la station de chloration .....	49
- Tableau 22: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve après la station de chloration .....	49
- Tableau 23: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel avant la station de chloration .....	50
- Tableau 24: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel après la station de chloration .....	50
- Tableau 25: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide avant la station de chloration .....	50
- Tableau 26: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide après la station de chloration .....	50
- Tableau 27: Test de Fischer d'eau potable .....	51
- Tableau 28: Test de Fischer d'eau de pied de cuve .....	51
-Tableau 29: Test de Fischer d'eau de pied de cuve + Eau de javel .....	51
- Tableau 30: Test de Fischer d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide .....	51
- Tableau 31: Test de Student d'eau potable .....	51
-Tableau 32: Test de Student d'eau de pied de cuve.....	51
- Tableau 33: Test de Student d'eau de pied de cuve + Eau de javel .....	52
- Tableau 34: Test de Student d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide .....	52
- Tableau 35: Analyses de produit fini levure fraiche.....	53

## LISTE D'ABREVIATION :

- AV : Avant
- AP : Après
- AD: Adoucisseur
- BAC: Bassin (Bach)
- BAD: Bach eau adoucie
- BAL: Bach eau Alimentaires
- BT: Bactérie totale
- CT: Coliformes totaux
- cal: calculé
- critq: critique
- Cd: La conductivité
- ddl: degré de liberté
- EP: Eau Potable
- ET: Eau Traité
- EO: Entrer d'Osmoiseur
- E5: Echangeur 5
- E6: Echangeur 6
- E8: Echangeur 8
- GNG: Gélose Nutritive Glucosé
- l'EDTA: acide éthylène diamine tétra-acétique
- MD: Mélasse dilué
- MDC: Mélasse dilué clarifié
- MDCS: Mélasse dilué clarifié stérilisé
- PC4: Pieds de Cuve de fermenteur 4

- PC4 + J: Pied de Cuve fermenteur 4 + eau de Javel
- PC4 + J + A: Pied de Cuve fermenteur 4 + eau de Javel + Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- pH: Le potentiel hydrogène
- PCA: Plate Count Agar
- RAT: Tours de refroidissements
- RO : Rejet d'Osmoseur
- SO: Sortie d'Osmoseur
- SODERS: Société des dérivés du sucre
- SPH: la levure sèche active
- SPI: la levure Sèche Instantanée
- THT: Le titre hydrotimétrique total
- TAC: Titre Alcalimétrique Complet
- UFC: Unité Formant une Colonie
- α Lav 1: α Lavable 1 ou tours de refroidissement 1
- α Lav 2: α Lavable 1 ou tours de refroidissement 2

## **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.

L'industrie de la levure est la plus ancienne dans le domaine des biotechnologies. C'est néanmoins une industrie de pointe qui a bénéficié de tous les progrès scientifiques. Ses produits résultent d'un travail de recherche et de développement permanent.

L'eau est un intrant majeur dans la plupart des entreprises alimentaires qui l'utilisent à des fins diverses, que ce soit directement dans le processus de fabrication d'un produit alimentaire ou pour d'autres usages tels que le nettoyage des sols, le refroidissement par des tours et des échangeurs thermiques ou la production de la vapeur par des chaudières, mais lorsque cette eau devient polluée elle endommage l'efficacité du système en retardant le processus et, par conséquent, la qualité du produit est affectée.

Bien que l'eau à l'arrivée soit dans les normes marocaines, la volatilité, la présence de matière organique, de matière en suspension et la distance peut diminuer le taux de chlore actif. En effet, en 2014, les résultats du laboratoire à vérifier que les produits finis et les crèmes étaient contaminés, cela s'explique que l'eau peut être une source de cette contamination. Car le taux de chlore actif est toujours inférieur à 0,2 ppm.

En revanche la société LESAFFRE Maroc a décidé d'installer une nouvelle station de chloration, en avril 2015, afin de corriger ce manque et de stabiliser les taux de chlore ainsi que d'améliorer la qualité des conditions de multiplications cellulaire au sein des cuves de fermentation.

On a fixé comme objectifs d'effectuer un suivi des analyses physico-chimiques ainsi que microbiologiques afin de déterminer l'efficacité de la nouvelle station de chloration.

Durant notre stage, nous avons réparti notre travail en trois parties :

- La première partie : est consacrée à une présentation générale de la société, ses produits et marques ainsi qu'un rappel sur la levure et ses différentes étapes de production.

- La deuxième partie : est dédiée à un procédé général de traitement d'eau, les différentes caractéristiques de l'eau, et les circuits de l'eau dans l'usine.

- La troisième partie : traite la partie expérimentale qui consiste à effectuer des analyses de l'eau avant et après installation de la station de chloration. Une interprétation statistique des résultats ainsi que l'étude de l'impact de la chloration sur le produit fini ont été réalisées.

## **I Présentation de la société LESAFFRE Maroc**

### **5) Historique de LESAFFRE**

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 19<sup>ème</sup> 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.

### **6) LESAFFRE Maroc**

Créé en 1975, la société LESAFFRE Maroc (appelée précédemment SODERS), est depuis 1993 majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE. Au fil des générations, l'entreprise s'est progressivement affirmée comme un grand groupe spécialisé dans le domaine de la biotechnologie. Toujours soucieux de préserver son indépendance financière et sa rentabilité, LESAFFRE a pour objectif de fournir à ses clients des produits de qualité supérieure. Tout en respectant l'environnement.

Aujourd'hui LESAFFRE Maroc est le leader mondial dans la branche de la production de levure, à savoir la levure liquide et la levure sèche. Ces deux dernières sont vendues dans le monde entier. L'entreprise ne cesse de concentrer ses efforts pour la modernisation et l'amélioration continue de la technologie de la production de la levure. LESAFFRE est une

entreprise internationale avec 46 centres de production dans 24 pays, et les ventes à plus de 180 pays.

Bénéficiant de l'expertise et du savoir-faire du groupe LESAFFRE, elle possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : force fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique et il a reçu 2 trophées :




- le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- le trophée international de la qualité en 1985 à Madrid.

Et deux certifications :

- HACCP en 2010
- halal en 2012

LESAFFRE fabrique et commercialise au Maroc la levure et les améliorants de panification :

Tableau 1: Produits de LESAFFRE Maroc

- Jaouda pour la levure fraîche	
- Rafiaa et Nevada pour la levure sèche	
- Ibis et magimix pour les améliorants	

## 7) Description et activités du laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyse «LESAFFRE Maroc» figure parmi les principaux compartiments de l'industrie. Il a été créé par une équipe marocaine afin de répondre au besoin des contrôles microbiologiques et physico-chimiques 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.

### -Laboratoire de microbiologie

Les contrôles microbiologiques visent à obtenir des résultats fiables pour vérifier la salubrité des produits examinés. Ce laboratoire est divisé en quatre parties :

- Salle de stockage des matières premières.
- Salle des pathogènes où sont effectuées les analyses des germes pathogènes.
- Salle de préparation des milieux de culture et la stérilisation.

- Salle d'analyse microbiologique bien équipée.

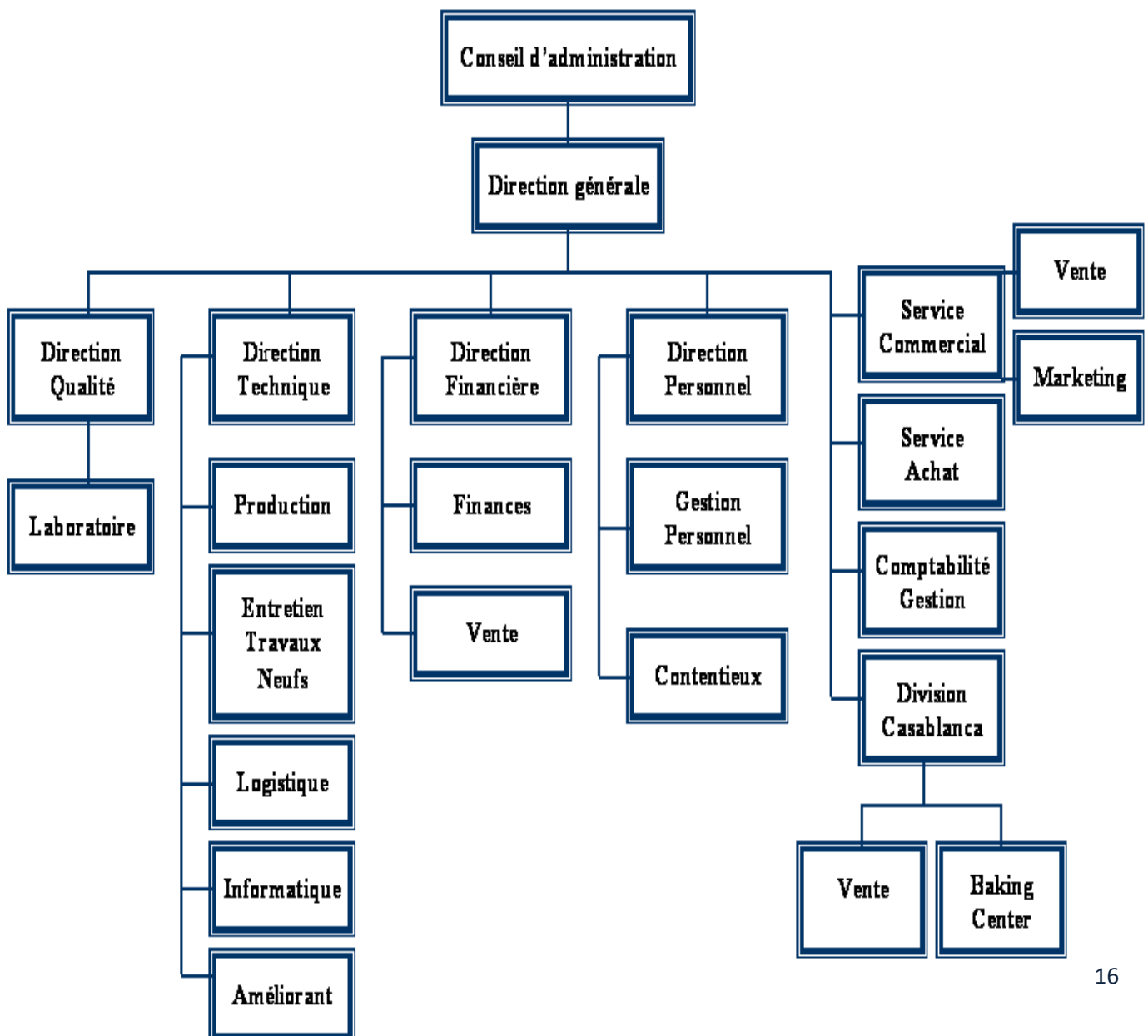
### -Laboratoire physico-chimique

Il est équipé de matériel sophistiqué, alimenté de différents types d'eaux (eau douce, eau distillée, eau potable) utilisé selon les besoins, et fait appel à un personnel qualifié effectuant quotidiennement des analyses physico-chimiques. Il est divisé en trois parties :

- Salle de panification où s'évalue-la force panaire ou bien le pouvoir fermentaire de la levure.
- Salle de stockage où se trouvent tous les matériels et les matières premières.
- Salle d'analyses physico-chimiques.

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.

## 8) Organigramme de l'entreprise





## II Généralité sur la levure

### 3) Définition

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 leur multiplication.

Il existe plusieurs 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 "saccharomycescerevisiae". C'est cette levure qui est utilisée pour la fabrication du pain. En effet, elle a la particularité de transformer les sucres naturellement présents dans la farine en alcool (é vaporé à la cuisson) et en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). C'est ce dernier qui donne du volume au pain.

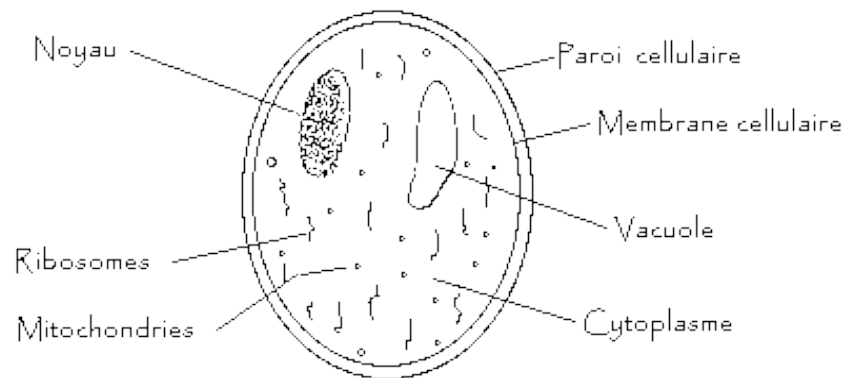


Schéma des composantes de la levure de boulanger

### 4) Mode de vie de la levure

#### - Développement de la levure

Pour son développement, la levure de boulanger a besoin de composés carbonés source de carbone et d'énergie, de composés azotés réduits sous forme d'ammonium. D'éléments minéraux variés, vitamines et facteurs de croissance.

La levure a la particularité de pouvoir vivre en présence ou en absence d'air: ces deux processus énergétiques sont la respiration et la fermentation. Elle se nourrit de glucose et de fructose (sucres simples).

### ✚ En présence d'air (aérobiose) ou milieu aérobique

La levure respire : elle dégrade les sucres simples (en C<sub>6</sub>) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme oxydatif qui conduit à la formation d'eau, de gaz carbonique et une grande quantité d'énergie (vie, croissance et multiplication), selon la réaction :



Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules une importante multiplication.

### ✚ En absence d'air (anaérobiose) ou milieu anaérobique

Grâce aux enzymes (les zymases), la levure fermente. Les enzymes dégradent les sucres simples (en C<sub>6</sub>) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'alcool et un peu moins d'énergie. Ce métabolisme fermentatif moins énergétique que le métabolisme oxydatif, affecte la multiplication cellulaire mais à l'avantage de permettre à la levure de survivre même en anaérobiose.



L'activité de la levure au cours de la production est liée par plusieurs paramètres sont: L'hydratation, le pH, la température et la concentration en alcool.

## III Différentes étapes de production de la levure

Le fabricant de levure a pour objectif de produire une grande quantité de cellules vivantes. Elle est réalisée en une succession d'étapes où chacune servira pour ensemercer l'étape suivante.

Il y'a 7 stations de production qui travaillent en parallèle pour assurer un produit de qualité:

### 8) Station de préparation des sels nutritifs

Son rôle est la préparation des sels minéraux, qui se fait dans des cuves de volumes différents:

- Le phosphate
- Le sulfate d'ammonium
- L'urée

Lorsque la préparation des sels est terminée. Avant que ces derniers passent dans des cuves de stockage connecté aux fermentateurs pour leur alimentation, ils subissent une filtration pour éliminer les impuretés, puis une désinfection par l'eau de javel.

## 9) Station de traitement de la mélasse

Il y a une succession d'étapes à suivre pour aboutir à une mélasse traitée et utile à la consommation au cours de la fermentation. Après stockage, la mélasse brute doit être diluée, clarifiée, stérilisée, puis refroidie à contre-courant dans des échangeurs de chaleurs, finalement distribuée vers les différents fermenteurs.

La station de traitement de la mélasse a pour but de stériliser la mélasse brute de la canne et de la betterave utilisée comme milieu nutritif pour la croissance de levure *saccharomyces cerevisiae*, grâce à un système de contrôle très sophistiqué gouverné par un ordinateur, qui régule tous les paramètres automatiques: la dilution de la mélasse brute, le temps et la température de stérilisation, la densité, les électrovannes et les débits des pompes.

Le schéma si dessous (Fig.1) montre les différentes étapes de traitement de la mélasse:

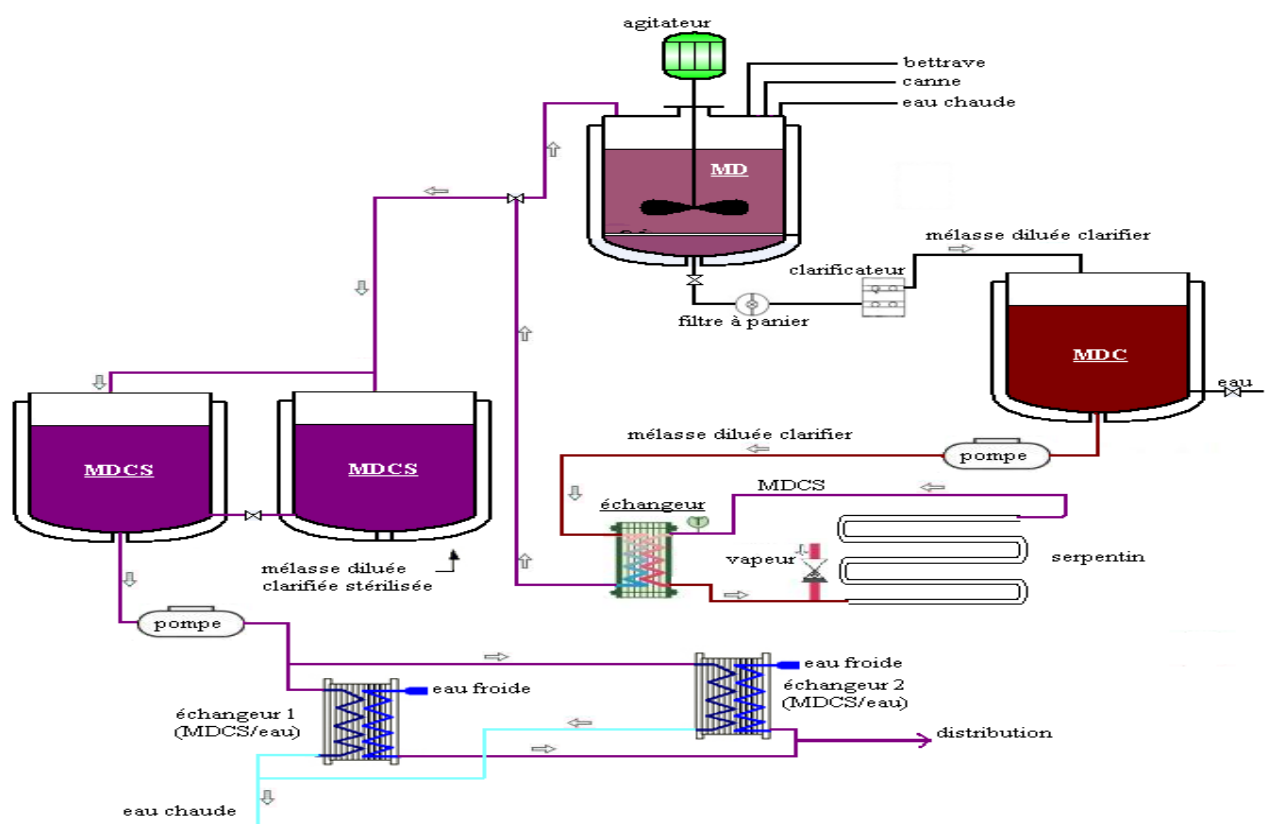


Figure 1: Schéma de traitement de la mélasse

## 10) Station de fermentation

La fermentation se fait à trois niveaux :

### a) Au niveau laboratoire

#### - Ensemencement

Chaque mois la société LESAFFRE reçoit de la France deux souches “ Saccharomyces cerevisiae ”, une pour la levure fraîche et l’autre pour la levure sèche.

Ces souches sontensemencées dans des tubes contenant un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois (30 tubes pour chaque souche). Cette étape exige un travail dans des conditions aseptiques pour éviter tout risque de contamination.

Puis le contenu est transvasé dans un petit icône appelé “ Van Lear ” contenant un milieu nutritif très riche favorisant une première multiplication des cellules. Après incubation à 30°C, le contenu de Van Lear est transvasé dans un icône plus grand appelé “ Carlsberg ” où les cellules subissent une deuxième multiplication.

### b) Au niveau semi industriel

On obtient donc une quantité de levure suffisante pour passer à l'échelle semi industriel qui se déroule dans une cuve de 800 litres en ajoutant cette fois la mélasse (car elle est moins chère) et d'autres ingrédients tels que l'Urée qui contient de l'azote et le phosphate, le sulfate, chlorure, les vitamines que la levure nécessite pour sa multiplication ainsi qu'une quantité d'air (O<sub>2</sub>).

### c) Au niveau de l'industrie

#### - La pré-fermentation

Le contenu du fermenteur de 800L est versé dans un pré-fermenteur où on trouve éléments nutritifs suivants avec des quantités précises :

- L'eau
- Mélasse stérile
- Sels minéraux (Urée, sulfate, phosphate)
- Vitamines
- Air
- Eau de javel
- Acide sulfurique(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pour ajuster le pH

Le débit de ces éléments est réglé manuellement selon les besoins.

## - Fermentation

À la fin de pré-fermentation, on obtient du moût qui servira à ensemercer le fermenteur avec un milieu nutritif. Après 16 h à 18 h de fermentation, on obtient la levure mère qui va subir une séparation puis un stockage. La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, par un ensemencement pour donner naissance à une levure commerciale.

Il y a plusieurs grandeurs qui influencent la croissance de la levure, entre autres, on trouve la température, la mélasse, le pH et le taux d'alcool. Pour assurer la multiplication des cellules sans les tuer, la société a alimenté les fermenteurs par un régulateur lié à un échangeur de chaleur qui refroidit le moût.

### 11) Station de séparation

#### a) Séparation

Après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale, on effectue la séparation. Le moût obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levure et une solution liquide représentant le reste du milieu nutritif. Pour éliminer ces déchets, on utilise un séparateur qui a comme principe la centrifugation, après séparation on obtient :

- **La crème:** contenant les cellules de levure sous formes de liquide dense.
- **Le moût délevuré:** c'est le milieu nutritif sous forme de liquide léger, il sera rejeter dans les égouts.

#### b) Stockage de la crème

La crème obtenue est acidifiée par l'acide sulfurique à  $\text{pH} = 2$  pour éviter sa contamination, puis stockée à température basse ( $T = 4^\circ\text{C}$ ) pour ralentir le métabolisme cellulaire.

### 12) Station de filtration

La filtration consiste à éliminer l'eau qui se trouve dans la levure pour la préserver d'une possible contamination puisque l'eau facilite l'altération par des micro-organismes, cela se fait par un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon : une couche perméable à l'eau et non aux cellules de la levure dans le but de ne 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 et enlevée par un couteau et tombe ensuite dans une trémie pour aller au malaxeur et puis à l'emballage.

### 13) Station de séchage

Il consiste à éliminer l'eau contenue dans la levure râpée obtenue après filtration, elle passe dans des sècheurs à lit fluidisé. A cette étape, on distingue deux types de levure sèche traitée différemment:

- **La levure sèche active ou SPH**

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

- **La levure sèche instantanée ou SPI**

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

### 14) Station d'emballage et de conservation

#### a) Emballage

- **Pour la levure fraîche:** s'effectue grâce à une machine appelée 'boudineuse', quand le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine, on aura à la fin un produit fini sous forme de paquets de poids nette de 500 g, qu'on emballe 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:** après le séchage, la levure passe dans un appareil d'emballage spécifique qui aspire l'air des paquets pour une conservation de longue durée.

#### b) Conservation

Stockage de la levure sèche à l'air ambiant.

Stockage de la levure dans la chambre froide à température  $T = 4^{\circ}\text{C}$ .

Dans les premières étapes de la fabrication de la levure, la fermentation se déroule en discontinue « batch », mais à partir de pré fermentation, la fermentation devient semi continue « Fed batch ».

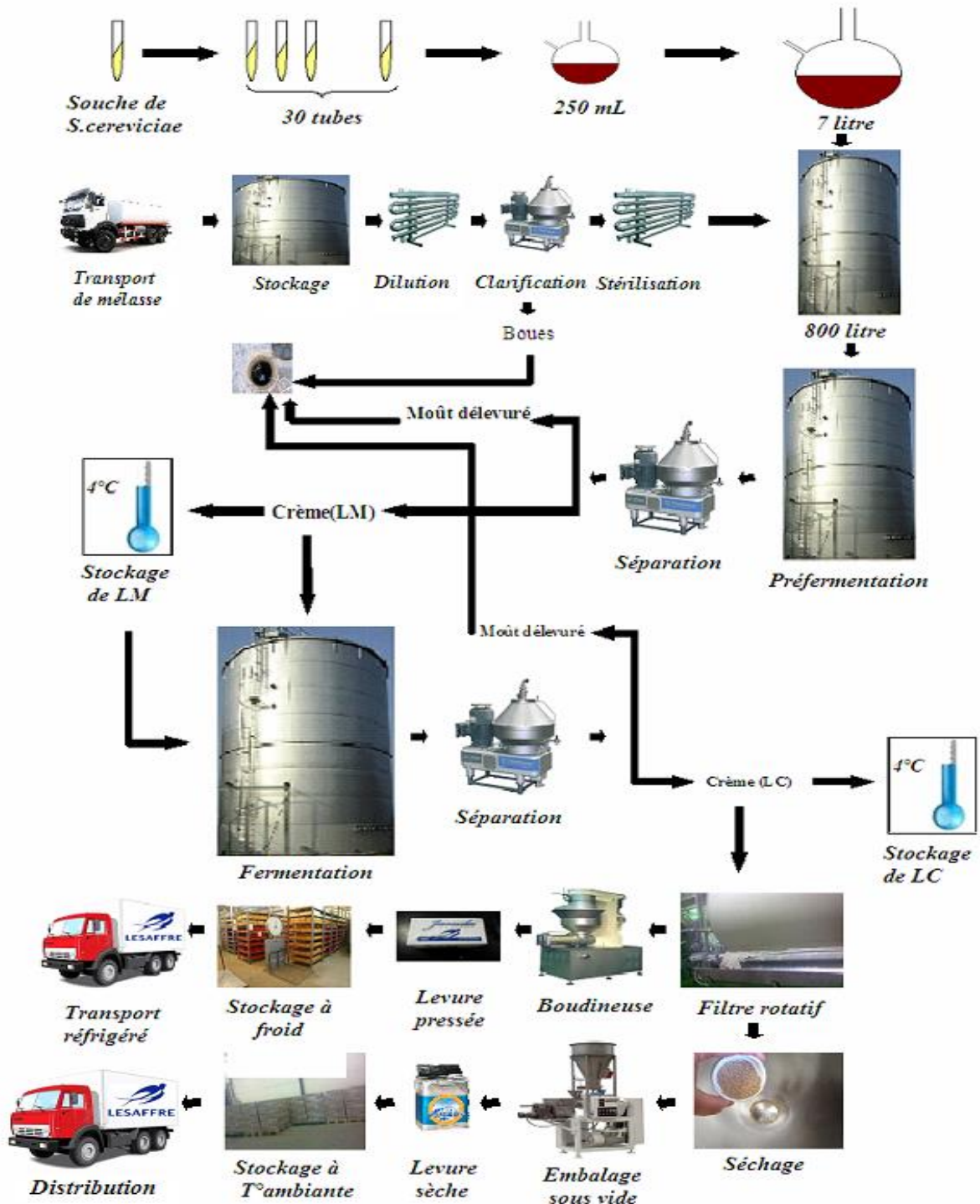


Figure N° 2 schéma récapitulatif de la chaîne de fabrication de la levure de boulangerie (LESAFFRE Maroc)

## I Généralités sur l'eau

### 4) Définition

L'eau est un composé chimique simple, liquide entre 0 et 100 °C, l'eau est gazeuse au-dessus de 100 °C et solide en dessous de 0 °C. Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène.

L'eau est essentielle pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. C'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre [2].

### 5) Composition chimique d'une eau

L'eau contient des gaz dissous essentiellement de l'oxygène et du gaz carbonique mais aussi de l'azote ou encore du méthane. Tous n'ont pas la même solubilité dans l'eau et celle-ci décroît quand la température augmente. Elle contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension, des substances minérales et organiques. Les substances minérales sont limitées à une centaine de composés, les substances organiques sont innombrables et leur identification individuelle très difficile [3].

#### - Matières minérales

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca<sup>2+</sup>), le magnésium (Mg<sup>2+</sup>), le sodium (Na<sup>+</sup>), le potassium (K<sup>+</sup>), les carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>) et les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). En moins grande concentration, l'eau contient aussi des éléments nutritifs, que sont l'azote, le phosphore et la silice, mais aussi le fer et le manganèse. D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace, comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb [3].

#### - Matières organiques

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton) [3].

### 6) Les types d'eaux

Pour les types d'eaux on a plusieurs, suivant sa composition chimique qui induit son origine ou son usage, on précise :



- **Eau potable:** Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant convenable à la consommation humaine ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé [4].
- **Eau minérale naturelle:** Est une appellation qui désigne une catégorie d'eau vendue en bouteille. Elle est définie par un certain nombre de caractéristiques selon les réglementations. De manière générale une eau minérale naturelle doit avoir une origine souterraine ou géologique et une composition chimique stable, et ne doit subir aucun traitement chimique [5].
- **Eau dure:** Une eau dure est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, en particulier des sels de calcium (le bicarbonate de calcium pouvant se transformer en calcaire) et de magnésium; c'est pourquoi la dureté d'une eau est mesurée par sa teneur en calcium et magnésium [6].
- **Eau distillée:** Est une eau qui a subi une distillation. C'est donc une eau libérée de tous ses minéraux et de ses microorganismes [7].
- **Eau purifiée:** Est une eau issue d'un traitement physique destiné à supprimer les impuretés [8].
- **Eau douce:** Est généralement caractérisée comme ayant de faibles concentrations en solution des sels et d'autres solides dissous totaux [9].

## II Procédé générale de traitement d'eau

### 3) Rôle et effet des équipements sur l'eau

#### a) Osmoseur

L'osmoseur est un dispositif permettant de produire de l'eau considérée comme pure selon le principe de l'osmose inverse ce dernier est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau. En plus il débarrasse l'eau de la majeure partie de ses solutés tels que le chlore, les sulfates, les phosphates [10].

#### b) Osmose inverse

En clair, l'osmose inverse est un procédé physique naturel qui permet d'extraire de l'eau du réseau non seulement les éléments solides en suspension, les matières organiques dissoutes, mais aussi les substances non ioniques, telles que les bactéries, les virus, les pesticides et de manière générale toutes les macromolécules.

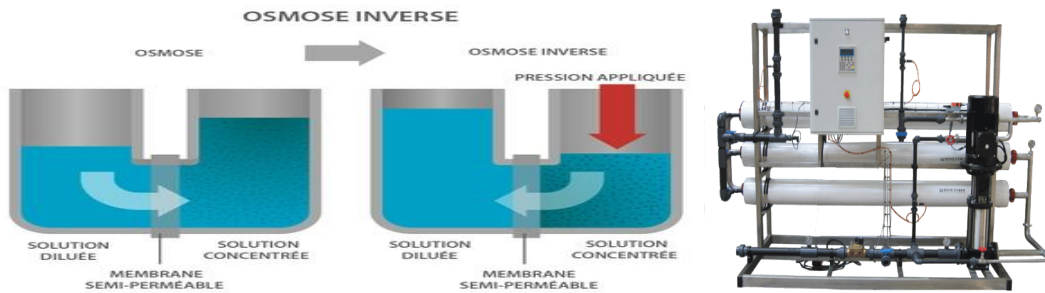


Figure 3: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

### c) Adoucisseur

Un adoucisseur d'eau est un appareil qui réduit la dureté de l'eau en réduisant la quantité de calcaire (carbonates principalement de calcium et de magnésium) en solution dans l'eau. Il existe deux types d'adoucisseurs principaux selon les techniques utilisées on a : Adoucisseur à résine, adoucisseur au CO<sub>2</sub> [11].

Dans la société de LESAFFRE Maroc ils sont utilisés seulement l'adoucisseur à résine.

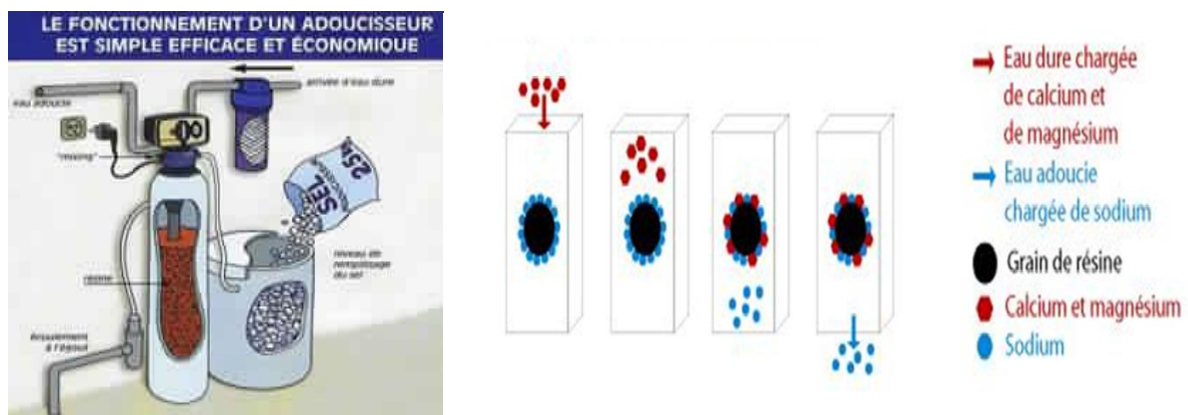


Figure 4: Principe et fonctionnement d'un adoucisseur

#### - Fonctionnement d'un adoucisseur à résine

Un adoucisseur à résine fonctionne grâce à une résine sur laquelle sont fixés des ions sodium (Na<sup>+</sup>). Les ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) de l'eau dure sont échangés lors de leur passage sur la résine par des ions Na<sup>+</sup>. Lorsque tous les ions Na<sup>+</sup> de la résine sont consommés, il faut régénérer l'adoucisseur. On lui apporte alors une solution saturée en sel (chlorure de sodium NaCl) riche en ions Na<sup>+</sup>. De leur côté, les ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) sont évacués à l'égoût avec les eaux de rinçage.

#### d) Filtre

Corps poreux ou appareil à travers lequel on fait passer un fluide pour le débarrasser des matières qui s'y trouvent en suspension ou pour l'extraire de matières solides ou pâteuses auxquelles il est mélangé [12].

#### e) Charbon actif

Le charbon actif, encore connu comme charbon activé ou charbon végétal activé, est une forme de carbone traité pour le rendre très poreux. On le trouve sous la forme de poudre ou de granulés de faible volume, criblé de pores pour augmenter et obtenir une très grande surface disponible pour l'adsorption ou assimilation par réactions chimiques [13].

#### f) Pompe

Appareil destiné à faire circuler un fluide (en général un liquide) en l'aspirant, le refoulant ou en le comprimant [14].



Figure 5: Une pompe

#### g) Echangeur de chaleur

Un échangeur 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. La plupart du temps, on utilise cette méthode pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz qu'il est impossible ou difficile de refroidir ou chauffer directement [15].

#### - Echangeur à plaque

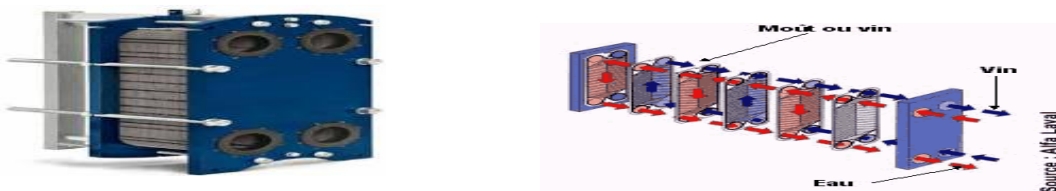


Figure 6: Schéma d'un échangeur à plaque

L'échangeur de chaleur le plus commun est celui à plaque qui connaît un usage croissant dans l'industrie 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.

Il existe plusieurs types d'échangeurs mais la société LESAFFRE Maroc, utilise seulement les échangeurs à plaque, car ces derniers possèdent plusieurs avantages : La simplicité qui en fait un échangeur peu coûteux et facilement adaptable par ajout/retrait de plaques afin d'augmenter/réduire la surface d'échange en fonction des besoins. La surface en contact avec l'extérieur est réduite au minimum, ce qui permet de limiter les pertes thermiques et l'étranglement de l'espace où circulent les fluides ainsi que le profil des plaques assurent un flux turbulent qui permet un excellent transfert de chaleur.

### **h) Tours de refroidissement**

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 [16].

#### **- Principe et fonctionnement**

- L'eau à refroidir étant amenée par une conduite à une certaine hauteur dans la tour.
- L'évaporation d'une partie de l'eau en circulation permet d'évacuer la chaleur.
- Les ventilateurs assurent une circulation forcée de l'air de refroidissement.
- L'eau tombe par gravitation au fond de la tour sous forme de gouttelettes.

#### **- Type des tours de refroidissement**

Les circuits de refroidissement des eaux peuvent être, soit totalement fermés, soit ouverts :

##### **✚ Tour de refroidissement à circuit fermé**

Il s'agit généralement d'un échangeur de chaleur où le transfert thermique s'effectue par contact direct avec l'air ambiant.

Ces échangeurs permettent d'éviter la pollution du liquide à refroidir par les poussières présentes dans l'air de refroidissement.



Figure 7: Tours de refroidissement

## ✚ Tour de refroidissement à circuit ouvert

Les tours de refroidissement à circuit ouvert évacuent, dans l'atmosphère, la chaleur qui se dégage des systèmes refroidis par eau.

### - Principe

L'eau chaude du processus est distribuée dans un système de surfaces de ruissellement (média de transfert de chaleur) pour entrer en contact avec l'air soufflé par un ventilateur à travers la tour de refroidissement. Au cours de ce refroidissement évaporatif, une petite partie de l'eau s'évapore en refroidissant l'eau de processus résiduelle.

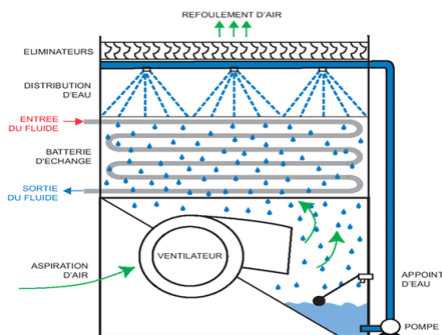


Figure 8: Tour à circuit fermé

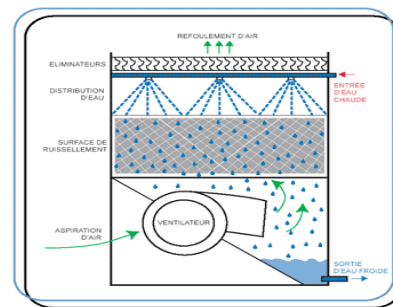


Figure 9: Tour ouverte

Figure 9: Tour à circuit ouvert

La société LESAFFRE Maroc utilise un système de refroidissement à circuit ouvert.

### i) Chaudières

Est un système permettant d'augmenter la température d'eau en vapeur afin de produire de l'énergie thermique [17]. Cette vapeur est utilisée pour le fonctionnement des pompes de chargement, la propulsion, les turbo-alternateurs. Les chaudières sont aussi bien des systèmes industriels que domestiques.



Figure 10: Chaudière

L'eau chauffé doit être très pure et ne doit pas générer du calcaire. C'est pour cela qu'on utilise l'osmoseur puis l'adoucisseur qui produisent de l'eau pure à 99,99%.

### j) Fermenteur

Un bioréacteur, appelé également fermenteur ou propagateur, est un appareil dans lequel on multiplie des micro-organismes (levures, bactéries, champignons microscopiques, algues, cellules animales et végétales) pour la production de biomasse (écologie), ou pour la production d'un métabolite ou



Figure 11: Fermenteur

encore la bioconversion d'une molécule d'intérêt. Le terme « fermentation » prend en compte aussi bien le métabolisme aérobie qu'anaérobie. Elle consiste à multiplier la biomasse de microorganismes vivants, et éventuellement à utiliser son métabolisme [18].

Les bioréacteurs permettent la fabrication de nombreux produits :

- bière, yaourts, additifs alimentaires, levure.
- vaccins, antibiotiques, anticorps, vitamines, acides aminés.

#### **4) Le circuit de l'eau à LESAFFRE Maroc**

##### **a) Introduction**

L'eau reçue par LESAFFRE est riche en calcaire (eau dure), elle contient un taux élevé en minéraux. Ces dernières sont principalement le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 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  $\text{Ca}^{2+}$  et le  $\text{Mg}^{2+}$  présents dans l'eau dure peuvent obstruer les tuyaux, ils détériorent les canalisations, la robinetterie, la chaudière, les tours de refroidissement et les échangeurs. Ils réduisent considérablement la longévité des installations et augmentent d'une façon importante la consommation d'énergie.

Afin de sécuriser les installations industrielles on doit procéder à une station de traitement des eaux, pour cette objectif l'opération de production d'eau osmosée se fait à l'aide d'un osmoseur selon le principe de l'osmose inverse qui débarrasse l'eau de la majeure partie de ses solutés tels que le calcium et le magnésium qui sont responsables du dépôt de calcaires au niveau de la chaudière et des échangeurs thermiques.

##### **b) Circuit d'eau traitée**

Dans le but de satisfaire les besoins des ateliers de production de la levure en eau traitée, l'usine dispose d'une station de traitement d'eau qui produit deux types d'eaux : Eau osmosée, Eau adoucie.

L'eau reçue de la RADEF par LESAFFRE Maroc, passe par un filtre de porosité de 25  $\mu\text{m}$  pour éliminer les matières en suspension, est traitée par le charbon actif dont le but d'éliminer les traces du chlore libre dissout grâce à son pouvoir d'adsorption, passant ensuite par des filtres de diamètres de 10  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$  pour clarifier l'eau. La station est alimentée par un correcteur du pH remplie d'acide sulfurique pour avoir une eau à pH neutre. L'injection se

fait automatiquement. L'eau pré-traitée, passe par un osmoseur de type spiral, qui subit le phénomène d'osmose inverse. Dans le but de produire une eau purifiée et un rejet chargé mené vers les égouts. L'eau osmosée est stockée dans un bac qui alimente d'une part, les tours pour le refroidissement des cuves de fermentations. Cette eau est aspirée par des pompes centrifuges vers les échangeurs à plaques selon le besoin. Lorsque la température du fermenteur atteint 35°C, une électrovanne se déclenche automatiquement permettant à la pompe d'aspirer le moût du fermenteur vers l'échangeur à plaques pour le refroidir, Le moût refroidi revient vers les fermenteurs.

D'autre part, il alimente l'adoucisseur pour vérifier l'élimination complète des  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  qui sont responsable du tartre dans l'installation, l'eau est stockée dans le bac d'eau adoucie (BAD), alimentaire de la chaudière responsable de la production de vapeur utilisée dans le procédé de fabrication de la levure.

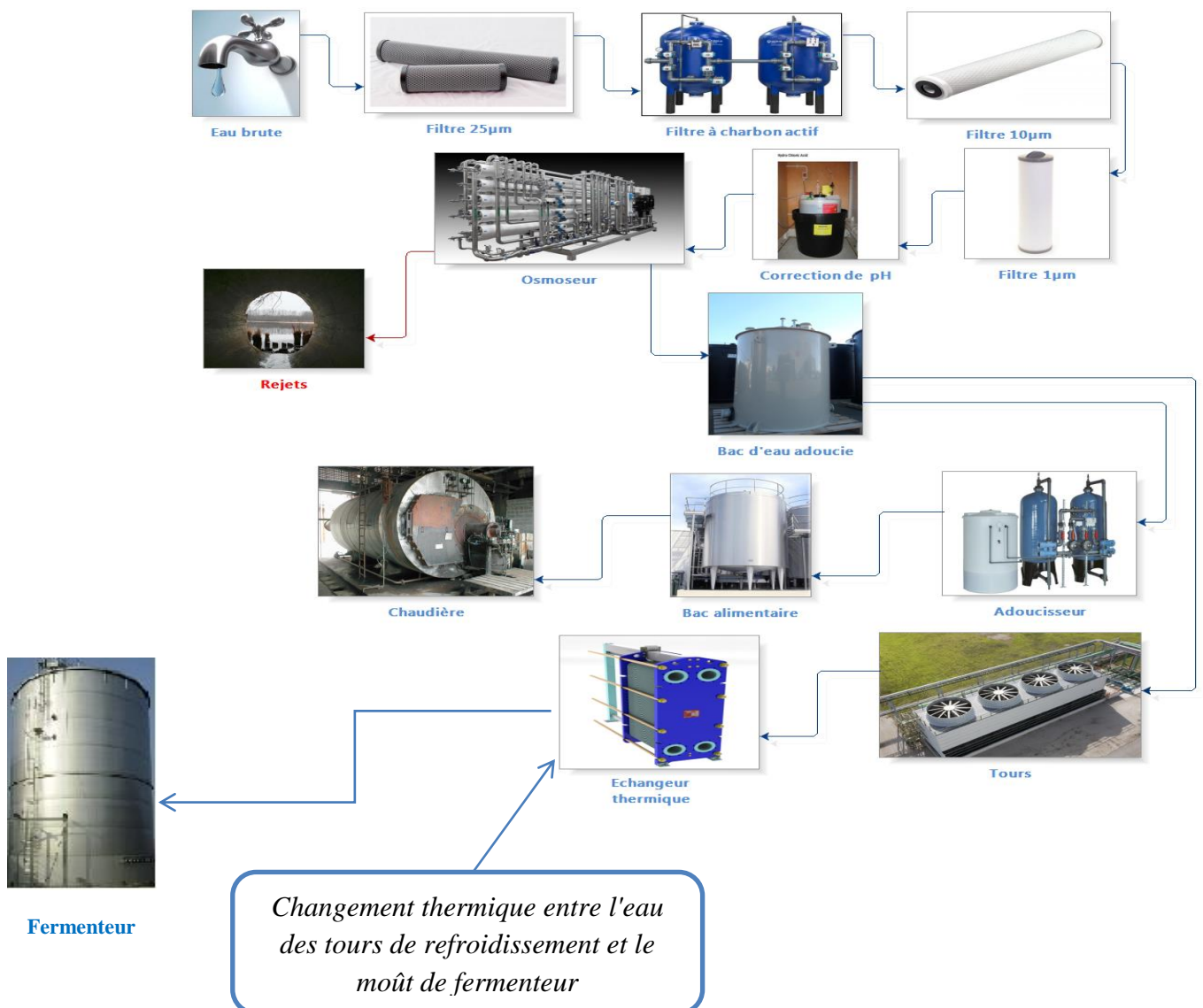


Figure 12: Schéma de circuit de l'eau traitée

### III Les analyses physico-chimiques et microbiologiques

#### 3) Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques font appel à des techniques d'analyses très variées fondées sur les propriétés intrinsèques des molécules ou des atomes recherchés (spectrométrie, chromatographie...), ou encore sur leur aptitude à réagir avec des réactifs particuliers (dosages complexométriques ou d'oxydoréductions) [19].

##### a) Titre hydrotimétrique total: THT

Le degré hydrotimétrique total ou titre hydrotimétrique totale ou dureté totale d'eau est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Il est surtout proportionnel à la concentration en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) auxquels s'ajoutent quelquefois les concentrations en fer, aluminium, manganèse et strontium. Le degré hydrotimétrique s'exprime en degré français (°F).

Un degré français correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

Un °F équivaut à 4 mg de calcium par litre et 2.4 mg de magnésium par litre [20].

Dans la nature il existe plusieurs types d'eaux, suivant sa composition chimique qui induit son origine ou son usage, le tableau ci-dessous va montrer l'influence des valeurs de TH sur l'eau.

Tableau 2: valeurs du titre hydrotimétrique

TH (°F)	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
Eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

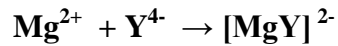
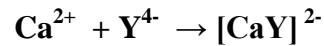
##### - Principe

La dureté se détermine par un dosage complexométrique par L'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique) en milieu basique. Vers  $\text{pH} = 10$ , on dose simultanément les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  en présence d'un indicateur coloré le Noir Eriochrome.

L'anion  $\text{Y}^{4-}$ , provenant de l'EDTA, est un ion complexe qui donne, avec de nombreux cations, des composés stables.



Les réactions de complexation s'écrivent :



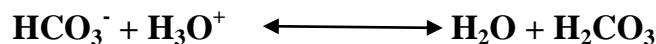
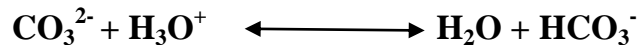
### b) Titre Alcalimétrique Complet: TAC

Le titre alcalimétrique complet est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau. Ce type de mesure en degré français (°F) : 1°F équivaut à 3.4 mg/L d'ion hydroxyde (OH<sup>-</sup>) ou à 6 mg/L d'ion carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), ou encore à 12.2 mg/L d'ions hydrogénocarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) [21].

#### - Principe

Il correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates, bicarbonates et hydroxydes. Il est mesuré selon une méthode qui consiste à la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide chlorhydrique HCl (0,1 N) en présence d'un indicateur coloré l'Orange de méthyle.

Le dosage volumétrique par l'acide chlorhydrique donne les réactions suivantes :



### c) L'ion chlorure: Cl<sup>-</sup>

L'eau contient toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Le chlorure est un sel non toxique très répandu dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>).

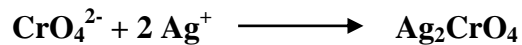
#### - Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) en présence d'un indicateur coloré chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>), la fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent (Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>).

L'argent présent dans la solution titrée forme avec le chlorure un précipité blanc selon l'équation :



Lorsque tous les chlorures présents 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 :



#### d) Conductivité

La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. 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. Cette mesure est fonction de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de leur valence, de leur concentration relative et de la température. D'ailleurs, plus l'eau contient des ions, plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa conductivité est grande.

#### e) Potentiel hydrogène : pH

Le pH, qui est l'abréviation de potentiel hydrogène, est un paramètre servant à définir si un milieu est acide ou basique et il est en fonction de l'activité des ions d'hydrogène  $\text{H}^+$  présents dans cette eau.

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) cela s'explique que le milieu acide présente une forte concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  qui proviennent de la fixation d'un proton  $\text{H}^+$  sur une molécule d'eau, et d'autant alcaline que son pH est plus près de 14 (supérieur à 7) cela indique que le milieu basique se caractérise par la présence d'ions hydroxydes  $\text{HO}^-$  qui résultent de la perte d'un proton  $\text{H}^+$  par une molécule d'eau. La mesure du pH exige un pH-mètre utilisant deux électrodes : une électrode hydrogène et une électrode de référence. La différence du potentiel existant entre les deux électrodes plongées dans la même eau est une fonction linéaire du pH de celle-ci [22].

#### f) Chlore

Le chlore est l'un des produits couramment utilisés pour la désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine. Il permet d'éliminer de façon efficace bactéries, microbes, virus et autres micro-organismes responsables des maladies graves telles que la dysenterie, le choléra ou la typhoïde.

Il existe de plusieurs méthodes de désinfection de l'eau. Celles-ci font appel soit à un processus physique (ultrafiltration, traitement UV), soit à un processus chimique mettant en œuvre une réaction d'oxydation, qui peut être obtenue par ozonation ou par chloration.

La désinfection par le chlore est l'une des méthodes les plus faciles à mettre en œuvre dans les situations d'urgence. Employé sous forme de chlore gazeux, d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) ou de pastilles, le chlore est particulièrement efficace et facile à mettre en œuvre. De plus, contrairement aux traitements UV et par l'ozone, la chloration présente l'avantage de posséder un double effet:

- Effet bactéricide lors de l'injection (pouvoir désinfectant du produit);
- Effet rémanent qui protège l'eau d'une nouvelle contamination lors du stockage (effet de désinfection dans le temps). Après désinfection, il peut subsister quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation [23].

#### - Les 3 formes du chlore

Dans l'eau, le chlore se présente sous trois formes qui varient selon le pH :

- le  $\text{Cl}_2$  (chlore moléculaire) dans une eau au  $\text{pH} < 2$ : chlore non désinfectant ;
- le  $\text{HClO}$  (acide hypochloreux) dans une eau au  $\text{pH}$  compris en 5 et 8: c'est la forme de chlore la plus désinfectante ;
- le  $\text{ClO}^-$  (ion hypochlorite) dans une eau au  $\text{pH} > 8$ : le  $\text{ClO}^-$  est 100 fois moins efficace que le  $\text{HClO}$ .

Les proportions des différentes formes du chlore varient en fonction du pH (le  $\text{HClO}$  est le seul véritable agent désinfectant) [24].

#### - L'absorption du chlore

La dose de chlore introduite doit être suffisante pour oxyder tous les composés présents dans l'eau. Pour avoir une bonne désinfection, il est recommandé d'avoir plus de 0,5 mg/l de chlore libre dans l'eau, la mesure de ce dernier paramètre après environ 30 minutes lors de la peroxydation donne la courbe d'absorption du chlore.

- **A:** destruction du chlore par les composés minéraux (fer, manganèse);
- **B:** formation de composés chlorés organiques et de chloramines, réduction des monochloramines et des dichloramines, formation des trichloramines;
- **C:** destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire; Point de rupture (break-point): les mono-, di et trichloramines ont pratiquement disparu;
- **D:** production de chlore actif. Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide

hypochloreux (HClO), mais il reste du chlore combiné (trichloramines et autres sous-produits de désinfection). Les trichloramines ont un très léger effet désinfectant, mais il donne un goût de chlore à l'eau [24].

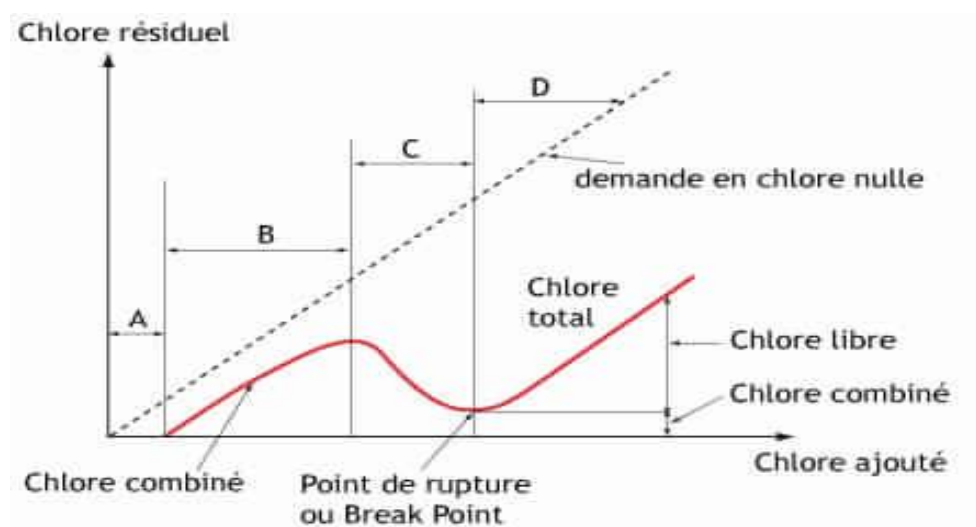


Figure 13: Courbe d'absorption du chlore

### - Principe

Le chlore présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux et/ou d'ion hypochlorite réagit immédiatement avec le DPD [*N,N*-diethyl-*p*-phenylène-diamine] en même temps que le chlore présent dans l'échantillon pour former une coloration rose proportionnelle à la concentration du chlore.



Avec des pH basiques :



La concentration en Chlore peut être exprimée en Chlore Libre, Chlore combiné et Chlore Total.

### - Les différents types de chlore

- **Chlore actif** : Le chlore actif tue ou rend inactifs de manière extrêmement fiable 99 % des micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et permet d'éviter une éventuelle contamination. On peut exprimer le chlore actif par la relation suivante :

$$\text{Chlore Actif} = \text{Chlore total} - \text{Chlore libre}$$

- **Chlore résiduel libre** : Après action du chlore sur la matière organique, azotés et autres composés oxydables, il subsiste un résiduel de chlore pour traiter la contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans les réseaux, c'est ce qui assurent le pouvoir rémanent du chlore.
- **Chlore total** : C'est la quantité générale de chlore dans l'eau (avant transformation) C'est le potentiel de désinfection du chlore.

On peut exprimer le chlore total par la relation suivante :

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

#### 4) Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques permettent de mettre en évidence et de quantifier les germes ou les micro-organismes. Il est important de connaître la charge microbienne d'une eau ou d'un aliment. En effet, la présence des micro-organismes dans une eau non désinfectée est fréquente. Cependant, certains sont dangereux car ils sont à l'origine de maladies pour l'Homme. La recherche de ces micro-organismes étant complexe et onéreuse, la qualité de l'eau est contrôlée par la mise en évidence d'indicateurs d'hygiène tels que l'Escherichia Coli, les entérocoques [25].

##### a) Bactérie totale : BT

Les bactéries totales c'est l'ensemble de germes (levures, bactéries, moisissures) capables de se multiplier en présence d'oxygène et dans des conditions moyennes de température environ 30°C. De plus c'est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface [26].

##### b) Coliformes totaux : CT

Les coliformes totaux font partie de la famille des entérobactéries vivant notamment dans l'intestin des humains et des animaux, dont la température optimale de développement est de 30°C à 37°C. De plus ils comprennent toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives qui fermentent le lactose dans un milieu de culture liquide et produit un gaz dans un délai de 24 heures. Ces germes se rencontrent également très souvent dans le milieu extérieur et l'environnement de façon générale [27].

Les coliformes totaux sont donc utilisés comme germes indicateurs d'hygiène, indices du bon respect des conditions de fabrication. Leur présence peut faire suspecter la présence de germes pathogènes ayant une origine identique.

### **c) Méthode de dénombrement des micro-organismes en milieu liquide**

On a souvent besoin lors des manipulations ou d'expériences microbiologiques d'utiliser la méthode de dénombrement des micro-organismes qui est une technique à pour but d'évaluer le niveau de contamination. Il existe plusieurs méthodes ou techniques possibles de dénombrement sont : Dénombrement avec les écouvillons, dénombrement par mesure de L'ATP-métrie, dénombrement avec une boîte de contact Rodac. LESAFFRE Maroc utilisée la méthode de dénombrement avec une boîte de contact.

#### **- Dénombrement avec une boîte de contact Rodac**

Les boîtes Rodac sont des boîtes de Pétri prêtes à l'emploi, avec un milieu gélosé PCA (Plate Count Agar), ce dernier est un milieu nutritif sans inhibiteurs utilisé pour le dénombrement des microorganismes aérobies, dont l'intérêt est de favoriser la croissance et le développement de tous les micro-organismes qu'on y a déposés. Les boîtes Rodac couvre la surface de 20 cm<sup>2</sup>, ils sont directement mises à étuver à la température correspondante du germe cherché pendant une durée déterminé, puis le nombre de colonies observables est compté [28].

#### **- Manipulation**

Au cours de la manipulation les boîtes de Pétri sont annotées et doivent contenir sur la tranche: la date, la dilution utilisée, le type d'échantillon, la durée d'incubation.

On homogénéise bien l'échantillon à l'aide d'un vortex, On réalise des dilutions successives à partir de la solution mère de telle façon que nous puissions obtenir le nombre le plus favorable de colonies (entre 30 et 300 colonies), On prend une nouvelle pipette stérilisée et à partir de la dernière dilution, on prélève 1 ml de dilution qui sera réparti en goutte au fond de la boîte correspondante. Les gouttes sont ensuite recouvertes d'une couche de gélose PCA en surfusion, et le tout est homogénéisé avec des mouvements circulaires. On s'arrange pour que la gélose ne soit pas trop chaude de façon à ne pas tuer les bactéries. Une fois la gélose refroidie, on la passe une seconde couche de gélose PCA, ce qui a pour effet d'immobiliser les

bactéries, et donc de former des colonies bien définies. Ce mode opératoire peut être appliqué pour le dénombrement des deux types des microorganismes, ce qui diffère par les deux paramètres suivants:

- Pour la recherche des bactéries totales, on a utilisé le milieu de culture la Gélose Nutritive Glucosé (GNG), par contre les coliformes totaux utilisent le désoxycholate.
- Pour la recherche des bactéries totales, on a utilisé le temps d'incubation qui est de 72 heures, par contre les coliformes totaux utilisent 24 heures.

Pour assurer des bonnes conditions d'asepsie au cours de la manipulation à fin d'éviter toute contamination:

- On stérilise bien le matériel (pipettes, boîtes de Pétri...), et les milieux en utilisant l'autoclave ( $T = 121^{\circ}\text{C}$  pendant 20 minutes et avec une pression de l'ordre de 1 bar) et l'étuve ( $T = 105^{\circ}\text{C}$ ).
- On nettoie la paillasse avec du détergent puis avec de l'Alcool.
- On lave les mains et on les désinfecte avec de l'Alcool.

## Introduction

Après avoir présenté le contexte général du projet, les différents paramètres de l'eau, ses circuits dans la société. Notre étude s'est focalisée dans un premier temps sur différents points de passage de l'eau dans l'usine à savoir : Le BAC, la salle d'osmoseur, l'eau de process, les tours de refroidissements et les échangeurs. Après un ensemble des analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées, on s'est concentré sur les passages qui présentaient des variations de ces derniers paramètres à savoir le BAC et l'eau de process. En effet, les passages au niveau de la salle d'osmoseur, des tours de refroidissements et des échangeurs n'ont présentés aucune anomalie au niveau des mesures. Vous trouverez en annexe le tableau récapitulatif des analyses avant et après l'installation de la nouvelle station de chloration pour la salle d'osmoseur, les tours de refroidissements et des échangeurs.

En revanche ce chapitre comportera la partie expérimentale, où on va présenter nos résultats avant et après l'installation de la nouvelle station de chloration, les représentations graphiques et leurs commentaires, ainsi, que les études statistiques de ces résultats.

## I Station de chloration

Nouvellement installés en mai 2015, et sujette de notre projet, la station de chloration comporte un dispositif qui injecte du chlore à partir d'un bidon (Fig. 16) dans le but d'augmenter sa teneur en chlore actif et en chlore libre, mais aussi de les stabiliser.

Cependant à l'entrée de l'usine, une cuve a été installée pour stocker l'eau potable et ainsi obtenir un débit constant. Mais après l'installation de la station de chloration, le rôle de ce BAC à renouvelé, il est devenue le support où on injecte le chlore pour avoir une eau traitée. Et comme cela, les RAT, la salle d'osmoseur et les pieds de cuve peuvent bénéficier de cette eau traitée.

L'eau du BAC est utilisée pour:

- Le rinçage des cuves après avoir terminé la fermentation d'avant, le rinçage après la désinfection avec l'eau de javel, le rinçage après le nettoyage avec l'acide.
- Les pieds de cuves des fermenteurs : pour pouvoir faire une fermentation de la levure, une quantité d'eau doit être ajouté, avant de verser le moût du poste d'avant : cette eau est appelé pied de cuve des fermenteurs.



- Parfois, au cours de la fermentation, on ajoute directement une partie de l'eau du BAC au fermenteur lorsqu'il en manque.

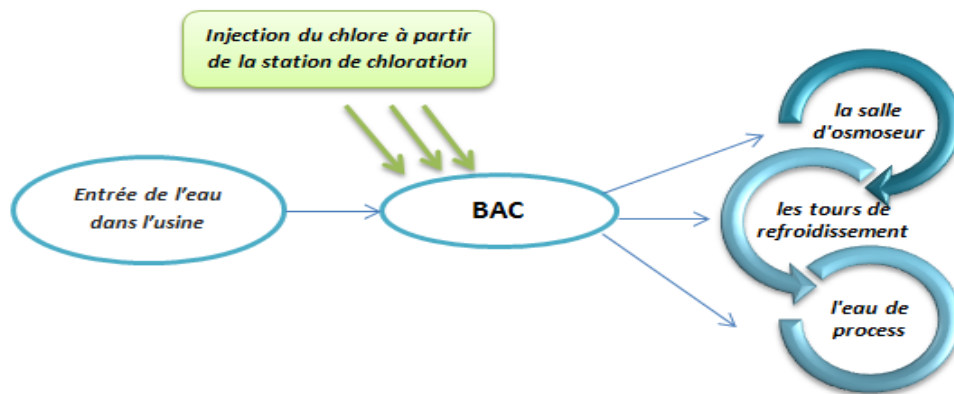


Figure 14: Schéma de circuit d'eau dans la station de chloration

## II Traitement statistique des résultats d'analyses

### 5) Test de Shapiro et Wilk ou test de normalité

Le test de Shapiro-Wilk est une approche paramétrique permettant de tester si une petite série de données suit une loi normale.

#### - Démarche de vérification :

- 1/ Classifier les différentes valeurs de la série par ordre croissant
- 2/ Calculer la moyenne  $\bar{X}$  de la série de mesure:

$$\bar{X} = \text{moyenne} = \frac{\sum x_i}{n}$$

- 3/ Calculer la somme des carrés des écarts à la moyenne:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

- 4/ Calculer les différences  $d_j$  respectives:

$$d_1 = X_n - X_1 ; \quad d_2 = X_{(n-1)} - X_2 ; \quad \dots d_n$$

- 5/ A chacune de ces différences, on affecte les coefficients  $a_j$ , donnés par la table, avec  $n$  nombre de l'échantillon.

- 6 / Calculer la valeur:

$$b = \sum a_j d_j$$

- 7 / Calculer le rapport:

$$w = \frac{b^2}{s^2}$$

Avec :

- $S^2$ : la somme des carrés des écarts à la moyenne;
- $n$  : nombre d'échantillon;
- $a_j$  : coefficients lue sur table des coefficients;
- $d_j$  : la différence entre les valeurs;
- $b$  : la multiplication entre les valeurs  $a_j$  et  $d_j$ ;
- $W$  : la valeur de  $W$  calculé.

**8 / Comparer  $W$  calculé au  $W$  critique de la table, avec  $n$  nombre de données.**

- Si  $W_{cal}$  est supérieur au  $W_{(\alpha = 5\% ; n)}$  de la table, la normalité est acceptée.
- Si  $W_{cal}$  est inférieur au  $W_{(\alpha = 5\% ; n)}$  de la table, la normalité est rejetée. [29]

### **6) Test de Grubbs simple ou test des points aberrants**

Le test de Grubbs est un test statistique qui permet de vérifier la variabilité d'un ensemble de valeurs. Ce test présente un intérêt considérable parce qu'il permet le rejet de deux points aberrants dans une série de mesures ou le rejet d'une ou de deux moyennes par rapport à la moyenne générale. Comme pour le test de Dixon, les valeurs sont classées par ordre croissant. De plus ce test est beaucoup plus puissant dans le cas des petits échantillons.

#### **- Principe**

Le test de Grubbs permet de détecter les valeurs aberrantes en termes de moyenne [30].

On calcule les deux résidus normalisés et ramenés à des valeurs positives :

- pour la moyenne la plus faible: 
$$G_1 = \frac{m - x_1}{s}$$
- pour la moyenne la plus élevée : 
$$G_n = \frac{x_n - m}{s}$$

Avec : 
$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum (x_i - m)^2}$$

#### **- Règles de décision**

Ces résidus sont comparés aux valeurs critiques à 5% comme dans le cas du test de Dixon.

- Si  $G_1$  ou  $G_n > G_{(\alpha = 5\%)}$ , la valeur  $x_1$  ou  $x_n$  est aberrant.
- Si  $G_1$  ou  $G_n < G_{(\alpha = 5\%)}$ , la valeur  $x_1$  ou  $x_n$  est non aberrant.

## 7) Test de Fisher

Le test de Fisher, ou test F, est un test d'hypothèse statistique qui permet de tester l'égalité de deux variances en faisant le rapport des deux variances et en vérifiant que ce rapport ne dépasse pas une certaine valeur théorique que l'on cherche dans la table de Fisher (ou table de Snedecor).

Le  $F_{\text{cal}}$  est donnée par la relation suivante :  $F = S_1^2 / S_2^2$

Pour le test on place au numérateur la plus grande des deux variances [31].

### - Règles de décision

- Si  $F_{\text{cal}} \leq F_{(ddl_1 ; ddl_2 ; 5\%)}$ , les variances sont de même ordre de grandeur.
- Si  $F_{\text{cal}} > F_{(ddl_1 ; ddl_2 ; 5\%)}$ , les variances sont de grandeur différents.

Avec:  $ddl_1 = n_1 - 1$  et  $ddl_2 = n_2 - 1$ ,  $n$  = nombre d'échantillon.

## 8) Test de Student ou test d'égalité de deux moyennes

Le test de Student est un test statistique permettant de vérifier l'égalité de deux moyennes pour deux groupes d'échantillons. Il s'agit donc de savoir si les moyennes des deux groupes sont significativement différentes au point de vue statistique [32].

D'après le test de Fisher on a deux cas sont :

- D'une part lorsque les deux variances sont de même ordre de grandeur on utilise la

relation suivante :

$$t_{\text{cal}} = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{Spd * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Avec:

$$Spd = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

- $\mu_1, \mu_2$ : Moyennes d'échantillons;
- $S_1^2$  et  $S_2^2$ : variances d'échantillons;
- $n_1$  et  $n_2$  nombre d'échantillon.
- D'autre part lorsque les deux variances sont significativement différentes on utilise la

relation suivante:

$$t_{\text{cal}} = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}}$$

### - Règles de décision

- Si  $t_{cal} \leq t_{(ddl ; 1-\alpha/2)}$ , les moyennes sont de même ordre de grandeur.
- Si  $t_{cal} > t_{(ddl ; 1-\alpha/2)}$ , les moyennes sont de grandeur différents.

Avec :  $ddl = n_1 + n_2 - 2$  ;  $\alpha = 5\%$

## III Partie expérimentale

Durant la période du stage, on a prélevé 15 échantillons des différents points de l'entreprise à savoir l'eau du BAC et les eaux de pied de cuve pour observer l'impact de chaque équipement sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau, et 15 échantillons après avoir installé la nouvelle station de chloration pour pouvoir comparer ces résultats et ainsi conclure sur l'efficacité de cette dernière.

### 1) Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques

#### - Tableaux des analyses d'eau potable

Tableau 3: Analyses de l'eau potable avant la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 avant	33	30	7,6	190	1125	0,49	0,09	0,40	0	10
Ech2 avant	34	32	7,71	197	1127	0,40	0,19	0,21	0	0
Ech3 avant	31	31	7,64	197	1111	0,28	0,18	0,10	0	20
Ech4 avant	35	33	7,59	184	1113	0,35	0,19	0,16	4	100
Ech5 avant	32	32	7,61	197	1096	0,45	0,00	0,45	0	0
Ech6 avant	37	30	7,69	208	1111	0,38	0,00	0,38	1	90
Ech7 avant	34	31	7,59	197	1098	0,31	0,19	0,12	0	0
Ech8 avant	35	34	7,43	201	1099	0,31	0,08	0,23	0	0
Ech9 avant	31	32	7,42	199	1111	0,45	0,02	0,43	0	0
Ech10 avant	35	30	7,66	206	1113	0,29	0,00	0,29	4	40
Ech11 avant	32	30	7,58	190	1118	0,31	0,18	0,13	0	50
Ech12 avant	37	25	7,63	201	1109	0,30	0,03	0,27	2	80
Ech13 avant	31	35	7,43	197	1136	0,28	0,11	0,17	0	60
Ech14 avant	36	28	7,53	206	1148	0,30	0,28	0,02	0	0
Ech15 avant	36	30	7,4	201	1152	0,30	0,15	0,15	0	70
Moyenne	33,93	30,87	7,57	198,07	1117,80	0,35	0,11	0,23	0,73	34,67
Ecart type	2,15	2,42	0,10	6,46	16,97	0,07	0,09	0,13	1,44	37,39
Max	37,00	35,00	7,71	208,00	1152,00	0,49	0,28	0,45	4,00	100,00
Min	31,00	25,00	7,40	184,00	1096,00	0,28	0,00	0,02	0,00	0,00

Tableau 4: Analyses de l'eau potable après la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 après	35	29	7,71	218	1137	0,8	0,55	0,25	0	0
Ech2 après	39	30	7,84	220	1111	0,89	0,6	0,29	0	0
Ech3 après	33	33	7,68	195	1119	0,95	0,7	0,25	0	1
Ech4 après	35	28	7,93	210	1117	0,84	0,58	0,26	0	2
Ech5 après	40	33	7,77	205	1126	0,97	0,58	0,39	0	0
Ech6 après	35	25	7,95	210	1146	0,85	0,65	0,2	0	0
Ech7 après	38	25	7,81	216	1109	1,01	0,33	0,68	0	0
Ech8 après	35	30	7,61	228	1130	1,04	0,79	0,25	0	0
Ech9 après	33	28	7,71	218	1111	1,08	0,15	0,93	0	1
Ech10 après	37	30	7,74	204	1109	1,12	0,9	0,22	0	0
Ech11 après	33	31	7,69	210	1114	1,03	0,88	0,15	0	0
Ech12 après	33	32	7,79	204	1120	0,88	0,59	0,29	0	1
Ech13 après	35	30	7,80	220	1119	0,69	0,24	0,45	0	0
Ech14 après	33	32	7,68	210	1109	1,15	0,31	0,84	0	0
Ech15 après	34	30	7,62	205	1124	0,94	0,75	0,19	0	2
<b>Moyenne</b>	35,13	29,63	7,76	211,45	1120,07	0,95	0,57	0,38	0,00	0,47
<b>Ecart type</b>	2,38	2,36	0,10	8,38	10,98	0,13	0,23	0,24	0,00	0,74
<b>Max</b>	40,00	32,50	7,95	227,50	1146,00	1,15	0,90	0,93	0,00	2,00
<b>Min</b>	32,50	25,00	7,61	195,00	1109,00	0,69	0,15	0,15	0,00	0,00

### -Graphes et commentaires d'eau potable

On a tracé pour chaque paramètre les courbes représentant les valeurs avant et après l'installation de la station de chloration.

### a) Paramètres THT et TAC d'eau potable

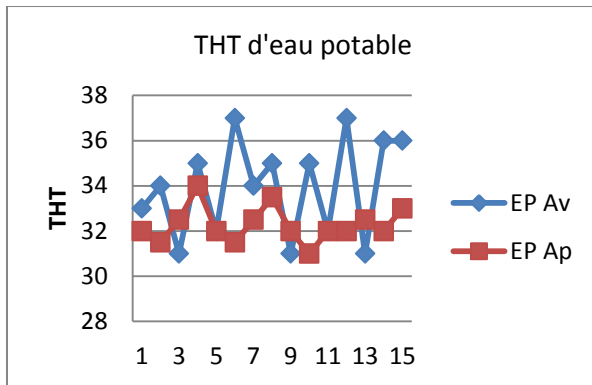


Figure 15: Représentation de THT d'eau potable

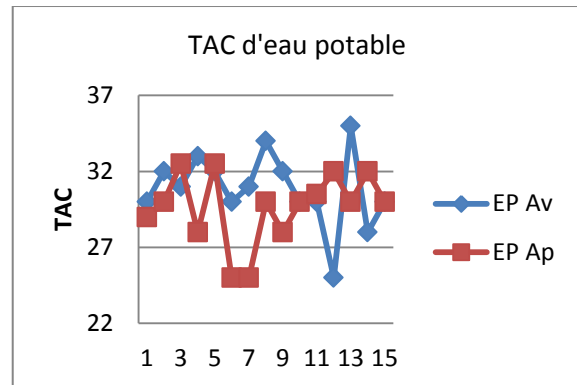


Figure 16: Représentation de TAC d'eau potable

- Malgré les fluctuations constatées, on remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre les résultats avant et après, puisque le chlore n'affecte pas les paramètres THT et TAC.

### b) Paramètres pH, conductivité et les ions chlorures d'eau potable

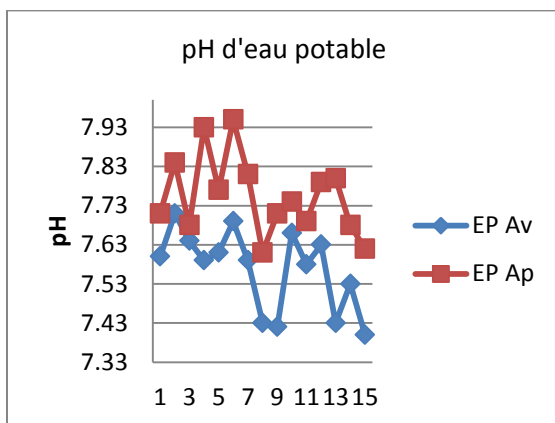


Figure 17: Représentation de pH d'eau potable

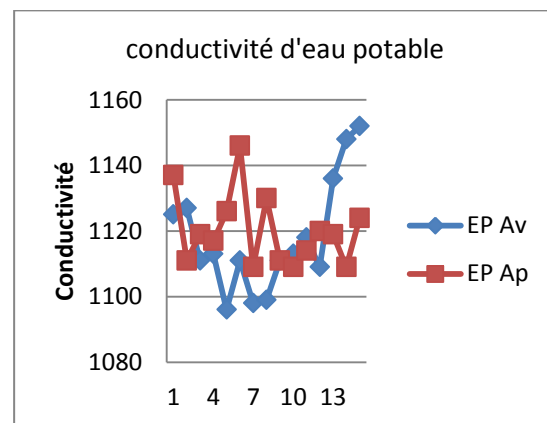


Figure 18: Représentation de Conductivité d'eau potable

- Pour les chlorures et la conductivité, on constate une élévation des ions de chlorure  $Cl^-$  dû automatiquement à l'ajout du chlore.
- Plus on ajoute du chlore, plus le pH augmente. Donc l'ajout du chlore améliore la courbe de pH. On constate aussi que le pH a augmenté à cause du caractère basique du chlore.

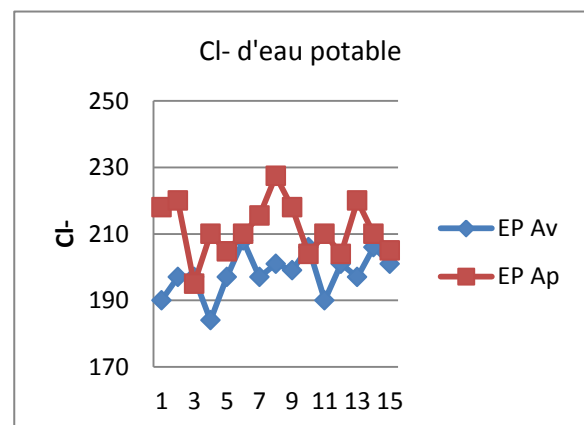


Figure 19: Représentation des ions  $Cl^-$  d'eau

### c) Les chlores totaux, libres et actifs d'eau potable

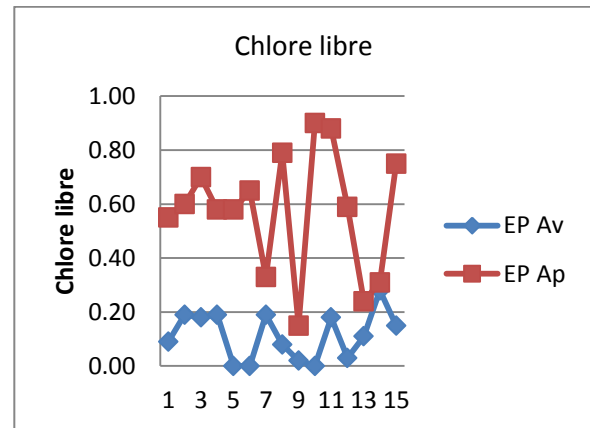
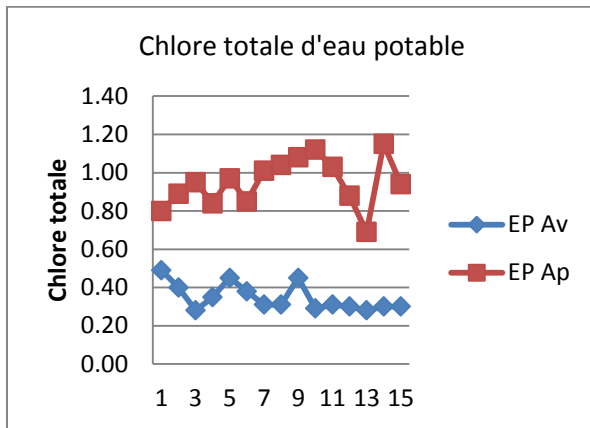


Figure 20: Représentation de chlore total d'eau potable

Figure 21: Représentation de chlore libre d'eau potable

- L'injection du chlore dans le BAC entraîne une augmentation du taux de chlore total, libre et actif.

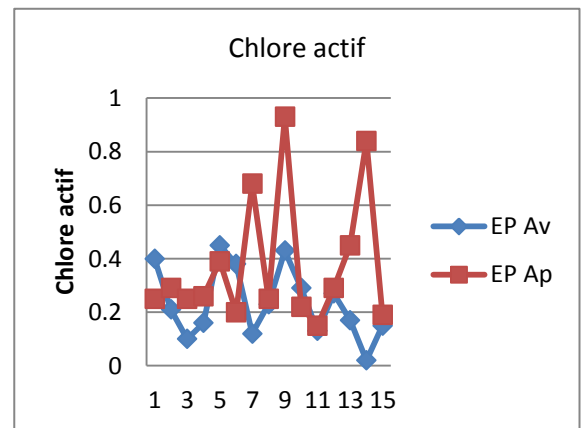


Figure 22: Représentation de chlore actif d'eau potable

### d) Les coliformes totaux et les bactéries totales d'eau potable

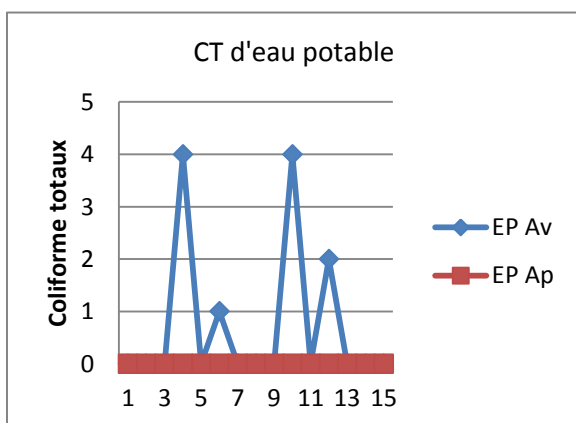


Figure 23: Représentation des CT d'eau potable

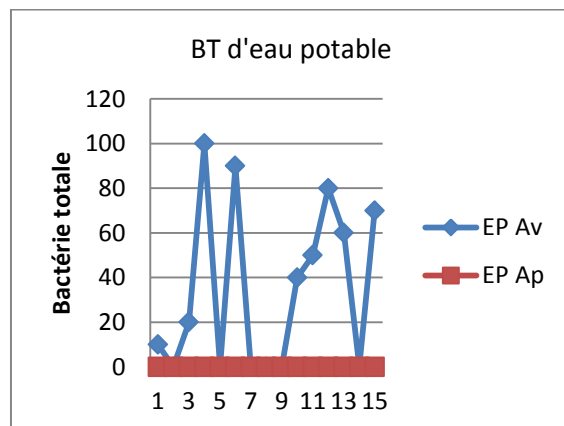


Figure 24: Représentation des BT d'eau potable

- On constate une nette amélioration de la qualité bactériologique de l'eau du BAC après traitement puisqu'il y a une diminution considérable de 100 à 0 pour les BT et de 4 à 0 pour les CT, est cela reflète l'efficacité de la station de chloration.

#### **- Tableaux des analyses de pied de Cuve de fermenteur 4**

Les pieds des cuves sont parmi les parties les plus importantes à étudier, car cette eau est utilisée comme support pour les fermentations, et donc tout risque de contamination peut être fatal pour les produits finis. Nous avons prélevé trois échantillons du pied de cuve de fermenteur 4:

- Eau de pied de cuve ;
- Eau de pied de cuve+ Eau de javel ;
- Eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ).

#### **➤ Analyses de l'eau de pied de cuve de fermenteur 4 ( PC4 )**

Nous avons prélevés des échantillons journaliers du fermenteur F4, avant et après l'ajout du chlore et nous avons analysées puis rassemblées dans les tableaux ci-dessous.



Tableau 5: Analyses d'eau de pied de cuve avant la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 avant	34	28	7,26	202	1123	0,49	0,09	0,40	0	10
Ech2 avant	30	30	7,09	205	1114	0,40	0,19	0,21	0	0
Ech3 avant	35	37	7,19	197	1120	0,28	0,18	0,10	0	20
Ech4 avant	34	28	7,40	195	1112	0,35	0,19	0,16	4	100
Ech5 avant	32	32	7,06	210	1116	0,45	0,00	0,45	0	0
Ech6 avant	34	35	7,61	192	1093	0,38	0,00	0,38	1	90
Ech7 avant	35	32	7,41	197	1104	0,31	0,19	0,12	0	0
Ech8 avant	34	25	7,67	194	1157	0,31	0,08	0,23	0	0
Ech9 avant	38	32	7,20	201	1115	0,45	0,02	0,43	0	0
Ech10 avant	32	27	7,02	205	1120	0,29	0,00	0,29	4	40
Ech11 avant	33	27	7,87	196	1127	0,31	0,18	0,13	0	50
Ech12 avant	35	25	7,80	210	1119	0,30	0,03	0,27	2	80
Ech13 avant	33	30	7,26	213	1125	0,28	0,11	0,17	0	60
Ech14 avant	34	30	7,62	211	1148	0,30	0,28	0,02	0	0
Ech15 avant	33	28	7,26	201	1158	0,30	0,15	0,15	0	70
<b>Moyenne</b>	33,73	29,73	7,38	201,93	1123,40	0,35	0,11	0,23	0,73	34,67
<b>Ecart type</b>	1,79	3,43	0,27	6,81	18,19	0,07	0,09	0,13	1,44	37,39
<b>Max</b>	38,00	37,00	7,87	213,00	1158,00	0,49	0,28	0,45	4,00	100,00
<b>Min</b>	30,00	25,00	7,02	192,00	1093,00	0,28	0,00	0,02	0,00	0,00

Tableau 6: Analyses d'eau de pied de cuve après la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl- (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 après	35	34	8,11	219	1137	0,8	0,55	0,25	0	0
Ech2 après	35	34	8,15	209	1111	0,89	0,6	0,29	0	0
Ech3 après	40	32	8,21	240	1119	0,95	0,7	0,25	0	0
Ech4 après	31	29	8,22	196	1117	0,84	0,58	0,26	0	0
Ech5 après	40	33	7,90	202	1126	0,97	0,58	0,39	0	0
Ech6 après	32	38	8,26	211	1146	0,85	0,65	0,2	0	0
Ech7 après	37	38	8,19	228	1109	1,01	0,33	0,68	0	0
Ech8 après	38	35	8,47	212	1130	1,04	0,79	0,25	0	0
Ech9 après	35	34	8,29	214	1111	1,08	0,15	0,93	0	0
Ech10 après	33	32	8,19	219	1109	1,12	0,9	0,22	0	0
Ech11 après	36	33	8,11	211	1114	1,03	0,88	0,15	0	0
Ech12 après	35	36	8,22	209	1120	0,88	0,59	0,29	0	0
Ech13 après	32	37	8,21	203	1119	0,69	0,24	0,45	0	0
Ech14 après	33	38	8,15	214	1109	1,15	0,31	0,84	0	0
Ech15 après	35	35	8,11	215	1124	0,94	0,75	0,19	0	0
Moyenne	35,06	34,37	8,19	213,42	1120,07	0,95	0,57	0,38	0,00	0,00
Ecart type	2,77	2,50	0,12	10,58	10,98	0,13	0,23	0,24	0,00	0,00
Max	40,00	37,50	8,47	240,00	1146,00	1,15	0,90	0,93	0,00	0,00
Min	30,50	29,00	7,90	196,00	1109,00	0,69	0,15	0,15	0,00	0,00

**-Graphes et commentaire d'eau de pied de cuve de fermenteur 4**

**a) Paramètres THT et TAC d'eau de pied de cuve de fermenteur 4**

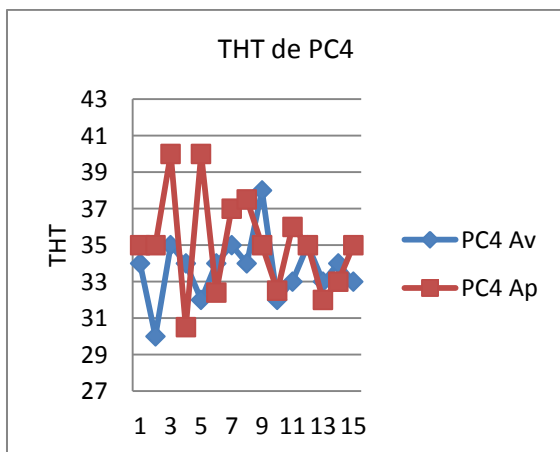


Figure 25: Représentation de THT de PC4

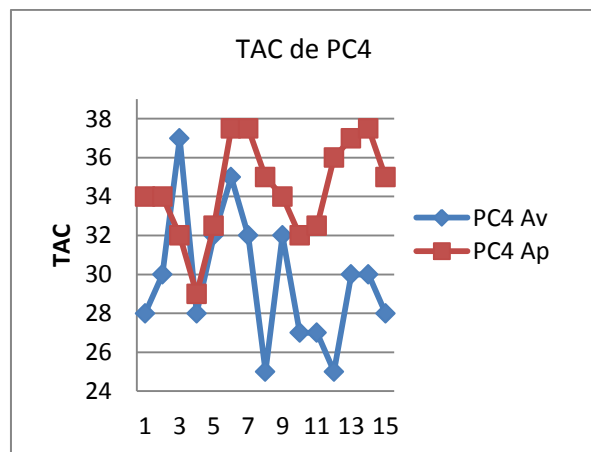


Figure 26: Représentation de TAC de PC4

- Malgré les fluctuations constatées, on remarque qu'il n'y a pas une différence importante entre les résultats avant et les résultats après, puisque le chlore n'affecte pas ces paramètres.

**b) Paramètres pH, conductivité et les ions chlorures d'eau de pied de cuve de fermenteur 4**

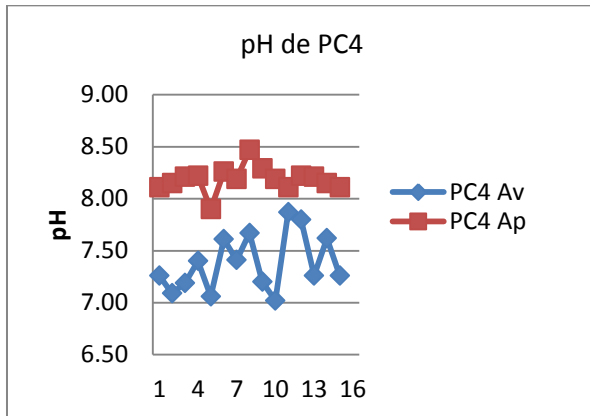


Figure 27: Représentation de pH de PC4

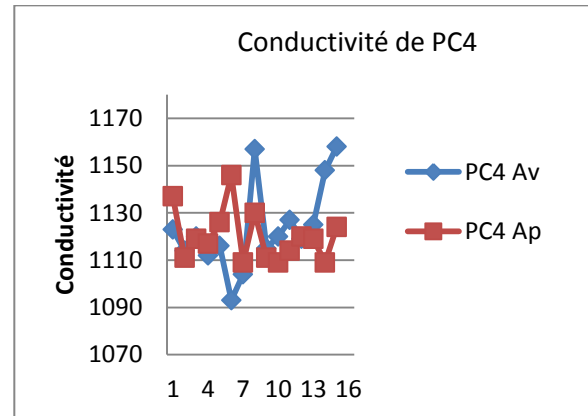


Figure 28: Représentation de conductivité de PC4

- Pour les chlorures et la conductivité, on constate une élévation des ions de chlorure  $\text{Cl}^-$  dû automatiquement à l'ajout du chlore.
- Plus on ajoute du chlore, plus le pH augmente, donc ajoute du chlore améliore la courbe de pH.

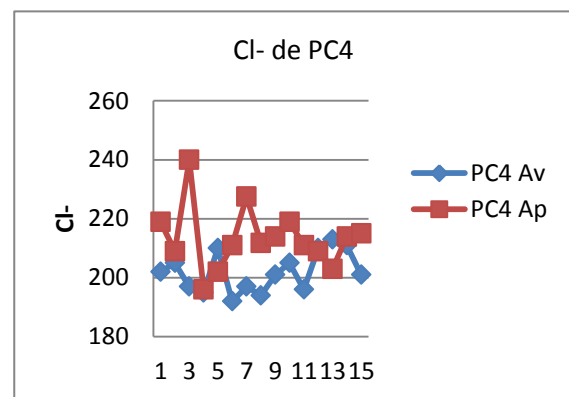


Figure 29: Représentation des ions  $\text{Cl}^-$  de PC4

- On remarque que les valeurs de ces analyses sont très proches de celle de l'eau après traitement de la nouvelle station de chloration puisque ce dernier alimente les pieds de cuves.
- On remarque que les courbes des chlores totaux, libre, actif, CT et BT de PC4 agissent de la même manière que les courbes d'eau potable car il n'y a eu aucun traitement intermédiaire entre ces deux sources. La différence peut être engendrée par les dépôts dans les canalisations.

➤ **Analyses de l'eau de pied de cuve de fermenteur 4 + Eau de javel ( PC4 + J)**

Nous avons prélevés des échantillons journaliers du fermenteur F4, avant et après l'ajout du chlore et nous avons analysées puis rassemblées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 7: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel avant la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 avant	32	35	8,30	215	1130	0,62	0,12	0,50	0	0
Ech2 avant	33	31	8,33	212	1120	0,56	0,23	0,33	0	0
Ech3 avant	36	39	8,34	219	1125	0,48	0,24	0,24	0	0
Ech4 avant	32	34	8,53	202	1119	0,63	0,39	0,24	2	20
Ech5 avant	33	40	8,22	217	1123	0,53	0,03	0,50	0	0
Ech6 avant	32	40	8,25	214	1115	0,59	0,11	0,48	0	28
Ech7 avant	35	35	8,22	220	1106	0,51	0,31	0,20	0	0
Ech8 avant	30	39	8,30	209	1141	0,46	0,17	0,29	0	0
Ech9 avant	37	32	8,33	220	1128	0,43	0,09	0,34	0	0
Ech10 avant	30	35	8,32	222	1123	0,60	0,21	0,39	2	10
Ech11 avant	36	31	8,04	197	1140	0,51	0,29	0,22	0	0
Ech12 avant	38	34	8,50	218	1121	0,49	0,11	0,38	1	20
Ech13 avant	34	35	8,43	206	1133	0,44	0,16	0,28	0	0
Ech14 avant	32	32	8,69	209	1164	0,45	0,34	0,11	0	0
Ech15 avant	31	30	8,56	214	1168	0,50	0,21	0,29	0	21
<b>Moyenne</b>	33,40	34,80	8,36	212,93	1130,40	0,52	0,20	0,32	0,33	6,60
<b>Ecart type</b>	2,50	3,36	0,16	7,18	17,02	0,07	0,10	0,11	0,72	10,25
<b>Max</b>	38,00	40,00	8,69	222,00	1168,00	0,63	0,39	0,50	2,00	28,00
<b>Min</b>	30,00	30,00	8,04	197,00	1106,00	0,43	0,03	0,11	0,00	0,00

Tableau 8: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel après la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 après	38	32	8,45	226	1146	1,15	0,65	0,50	0	0
Ech2 après	40	32	8,51	211	1151	0,81	0,64	0,17	0	0
Ech3 après	40	34	8,42	225	1132	1,22	0,98	0,24	0	0
Ech4 après	31	30	8,62	202	1134	0,92	0,79	0,13	0	0
Ech5 après	45	34	8,88	205	1142	1,18	0,68	0,50	0	0
Ech6 après	36	30	8,48	236	1146	1,49	1,01	0,48	0	0
Ech7 après	38	38	8,30	222	1168	0,72	0,52	0,20	0	0
Ech8 après	40	30	8,53	225	1140	1,26	0,97	0,29	0	0
Ech9 après	37	34	8,61	223	1160	0,59	0,25	0,34	0	0
Ech10 après	38	32	8,54	230	1151	1,48	1,09	0,39	0	0
Ech11 après	38	36	8,62	197	1147	1,18	0,96	0,22	0	0
Ech12 après	41	36	8,53	209	1167	0,77	0,39	0,38	0	0
Ech13 après	38	32	8,59	206	1146	0,8	0,61	0,19	0	0
Ech14 après	36	37	8,75	227	1150	0,64	0,42	0,22	0	0
Ech15 après	42	34	8,75	223	1151	1,25	0,96	0,29	0	0
<b>Moyenne</b>	38,47	33,37	8,57	217,82	1148,73	1,03	0,73	0,30	0,00	0,00
<b>Ecart type</b>	3,18	2,50	0,14	11,73	10,33	0,30	0,26	0,12	0,00	0,00
<b>Max</b>	45,00	37,50	8,88	236,25	1168,00	1,49	1,09	0,50	0,00	0,00
<b>Min</b>	31,00	30,00	8,30	197,00	1132,00	0,59	0,25	0,13	0,00	0,00

### Graphes et commentaire d'eau de pied de cuve de fermenteur 4 + Eau de javel

On peut trouver dans les pieds de cuve des coliformes et des bactéries qui peuvent se multiplier et susciter une fermentation contaminée. Donc, un traitement microbiologique s'impose. L'ajout de l'eau de javel à ce niveau peut être la meilleure solution pour remédier à ce problème.

**-Paramètres THT, TAC, pH, conductivité, les chlores totaux, libre, actif, CT, BT d'eau de pied de cuve de fermenteur 4 + Eau de javel**

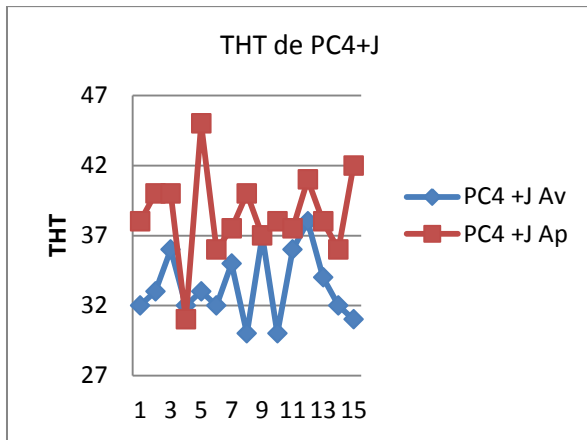


Figure 30: Représentation de THT de PC4+J

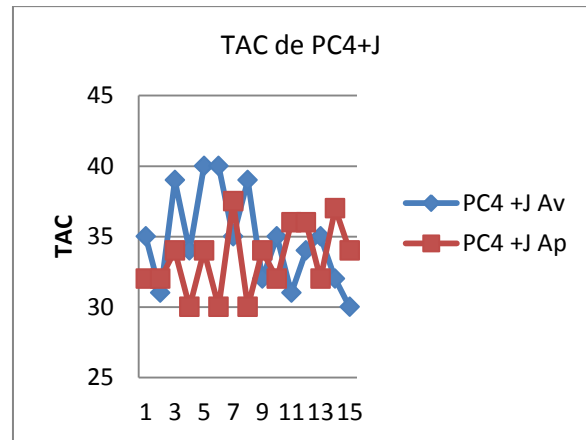


Figure 30: Représentation de TAC de PC4+J

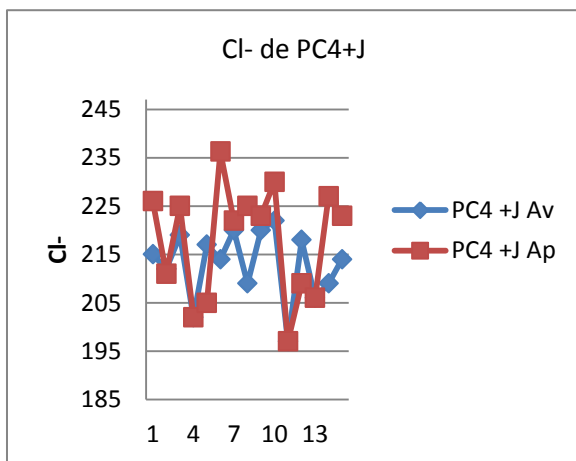


Figure 32: Représentation des ions Cl<sup>-</sup> de PC4+J

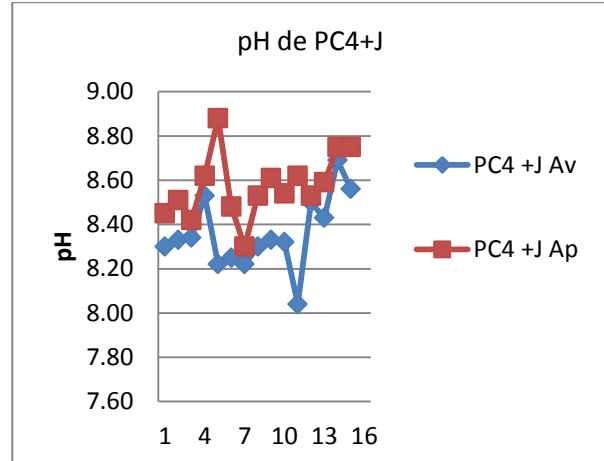


Figure 33: Représentation de pH de PC4+J

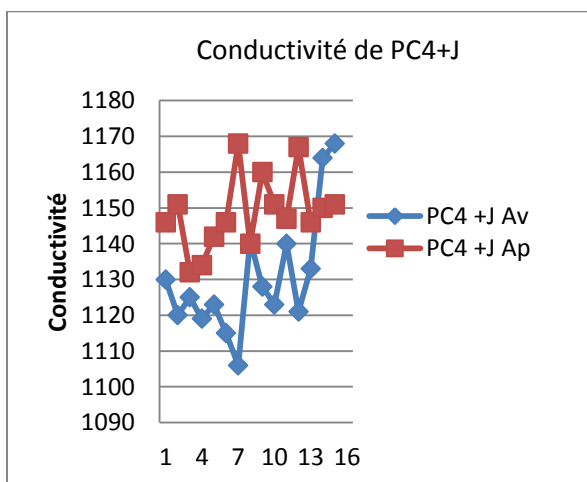


Figure 34: Représentation de Conductivité de PC4+J

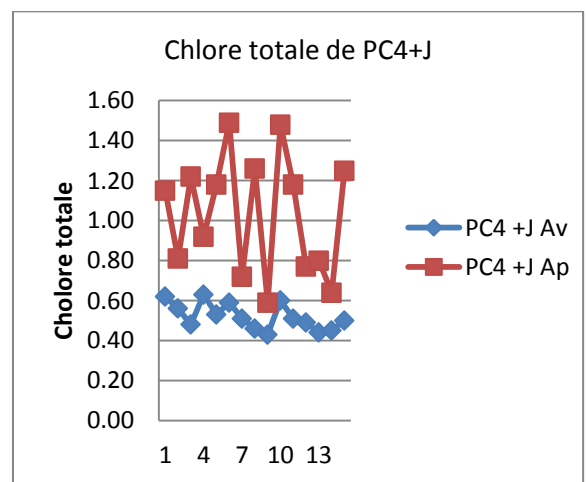


Figure 35: Représentation de chlore total de PC4+J

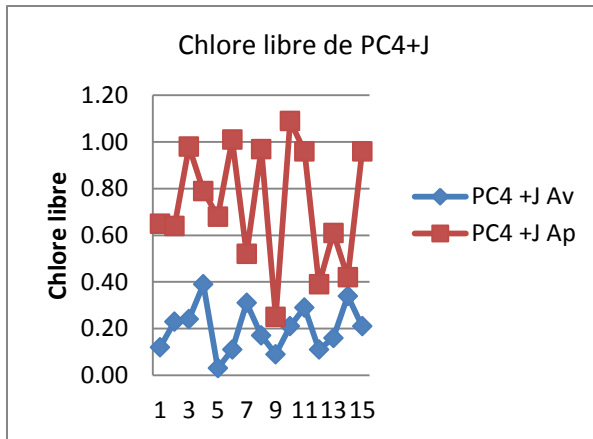


Figure 36: Représentation de chlore libre de PC4+J

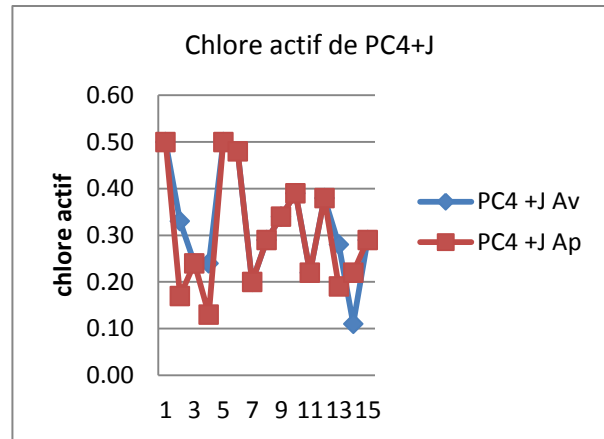


Figure 37: Représentation de chlore actif de PC4+J

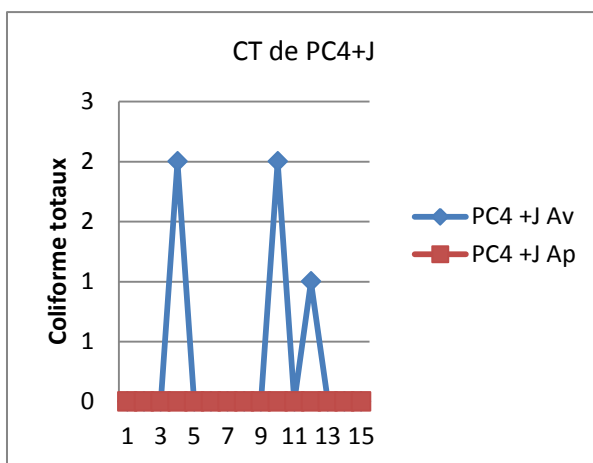


Figure 38: Représentation de CT de PC4+J

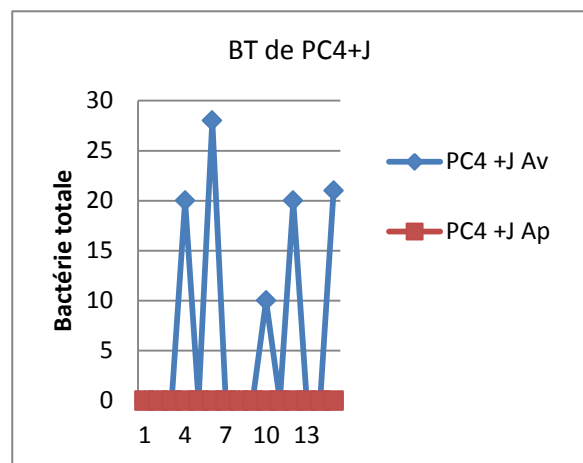


Figure 39: Représentation de BT de PC4+J

- on remarque d'une part que l'injection du chlore n'affecte pas les paramètres de THT et TAC. D'autre part l'ajout du chlore affecte les paramètres de Conductivité, Cl<sup>-</sup>, pH, les chlores totaux, libres et actifs BT, CT.
- On ajoute à l'eau de pied de cuve l'eau de javel, seulement pour désinfecter et pour avoir un chlore libre correcte ( $>0,2\text{mg/l}$ ) afin d'abattre les contaminations éventuelles
- **Analyses de l'eau de pied de cuve de fermenteur 4 + Eau de javel + Acide (PC4 + J +A )**

Nous avons prélevés des échantillons journaliers du fermenteur F4, avant et après l'ajout du chlore et nous avons analysées puis rassemblées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 9: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide avant la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 avant	33	28	4,01	203	1147	0,62	0,12	0,50	0	0
Ech2 avant	34	25	4,75	197	1124	0,56	0,23	0,33	0	0
Ech3 avant	38	28	4,20	200	1140	0,48	0,24	0,24	0	0
Ech4 avant	35	30	4,89	190	1165	0,63	0,39	0,24	0	0
Ech5 avant	37	25	4,67	212	1175	0,53	0,03	0,50	0	0
Ech6 avant	33	20	4,45	187	1177	0,59	0,11	0,48	0	0
Ech7 avant	36	25	4,95	203	1146	0,51	0,31	0,20	0	0
Ech8 avant	30	30	4,50	210	1200	0,46	0,17	0,29	0	0
Ech9 avant	41	33	4,43	203	1140	0,43	0,09	0,34	0	0
Ech10 avant	33	28	4,80	187	1130	0,60	0,21	0,39	0	0
Ech11 avant	46	24	4,25	210	1192	0,51	0,29	0,22	0	0
Ech12 avant	40	33	4,42	208	1128	0,49	0,11	0,38	0	0
Ech13 avant	33	35	4,42	214	1146	0,44	0,16	0,28	0	0
Ech14 avant	28	24	4,70	213	1210	0,45	0,34	0,11	0	0
Ech15 avant	30	28	4,88	216	1211	0,50	0,21	0,29	0	0
<b>Moyenne</b>	35,13	27,73	4,55	203,53	1162,07	0,52	0,20	0,32	0,00	0,00
<b>Ecart type</b>	4,72	4,04	0,28	9,69	30,21	0,07	0,10	0,11	0,00	0,00
<b>Max</b>	46,00	35,00	4,95	216,00	1211,00	0,63	0,39	0,50	0,00	0,00
<b>Min</b>	28,00	20,00	4,01	187,00	1124,00	0,43	0,03	0,11	0,00	0,00



Tableau 10: Analyses de l'eau de pied de cuve + Eau de javel + Acide après la station de chloration

Echantillon	Analyses physico-chimiques								Analyses Microbiologies	
	THT (°F)	TAC (°F)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Chlore totale (mg/l)	Chlore libre (mg/l)	Chlore actif (mg/l)	CT	BT
Ech1 après	35	27	4,26	205	1187	1,15	0,65	0,50	0	0
Ech2 après	36	28	4,12	203	1215	0,81	0,64	0,17	0	0
Ech3 après	36	29	4,51	211	1189	1,22	0,98	0,24	0	0
Ech4 après	30	27	4,26	200	1211	0,92	0,79	0,13	0	0
Ech5 après	40	32	4,26	197	1173	1,18	0,68	0,50	0	0
Ech6 après	33	25	4,41	210	1219	1,49	1,01	0,48	0	0
Ech7 après	32	25	4,24	215	1173	0,72	0,52	0,20	0	0
Ech8 après	38	30	4,17	201	1161	1,26	0,97	0,29	0	0
Ech9 après	37	28	4,02	211	1188	0,59	0,25	0,34	0	0
Ech10 après	35	26	4,11	213	1189	1,48	1,09	0,39	0	0
Ech11 après	38	27	4,05	212	1183	1,18	0,96	0,22	0	0
Ech12 après	39	27	4,20	213	1200	0,77	0,39	0,38	0	0
Ech13 après	38	30	4,40	195	1197	0,8	0,61	0,19	0	0
Ech14 après	32	26	4,26	211	1203	0,64	0,42	0,22	0	0
Ech15 après	33	25	4,14	220	1187	1,25	0,96	0,29	0	0
<b>Moyenne</b>	35,37	27,43	4,23	207,75	1191,67	1,03	0,73	0,30	0,00	0,00
<b>Ecart type</b>	2,98	2,09	0,14	7,28	16,20	0,30	0,26	0,12	0,00	0,00
<b>Max</b>	40,00	32,00	4,51	220,00	1219,00	1,49	1,09	0,50	0,00	0,00
<b>Min</b>	30,00	25,00	4,02	195,00	1161,00	0,59	0,25	0,13	0,00	0,00

- **Graphes et commentaire d'eau de pied de cuve fermenteur 4 + Eau de javel + Acide**

Pour la fermentation de la levure, le pH idéal est de 4. Mais à l'ajout de l'eau de javel, la solution se basifie, donc on complète cette dernière par l'acide concentré pour ajuster le pH, puis on ajoute les autres ingrédients pour offrir à la levure les conditions idéal pour ce multiplier correctement.

**-Paramètres THT, TAC, pH, conductivité, Cl<sup>-</sup>, les chlores totaux, libre, actif, CT, BT d'eau de pied de cuve de fermenteur 4 + Eau de javel + Acide**

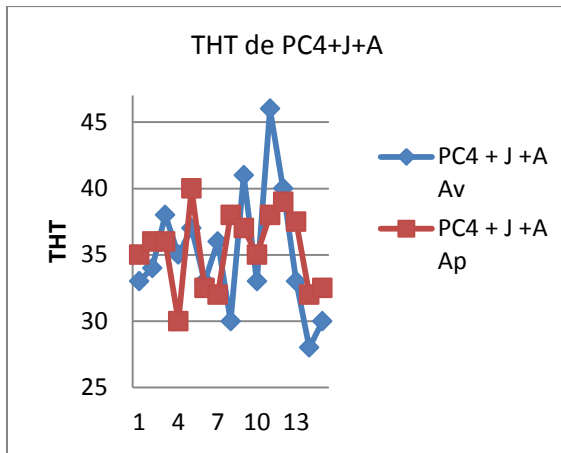


Figure 40: Représentation de THT de PC4+J+A

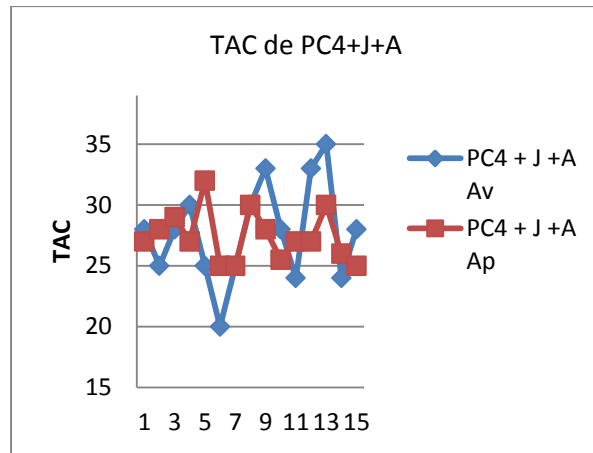


Figure 41: Représentation de TAC de PC4+J+A

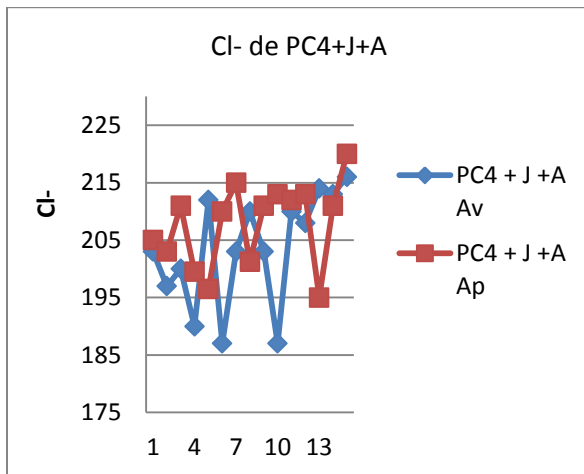


Figure 42: Représentation des ions Cl<sup>-</sup> de PC4+J+A

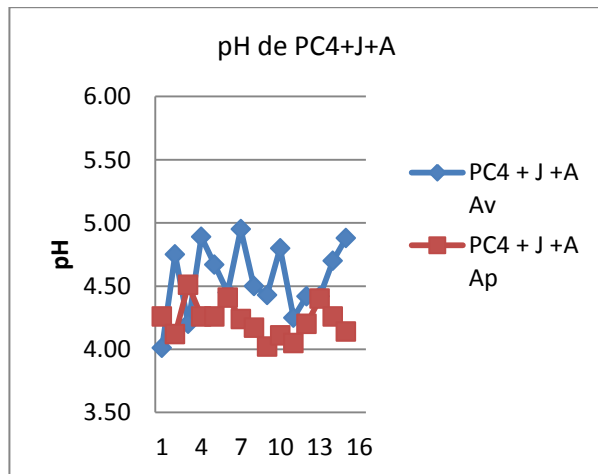


Figure 43: Représentation de pH de PC4+J+A

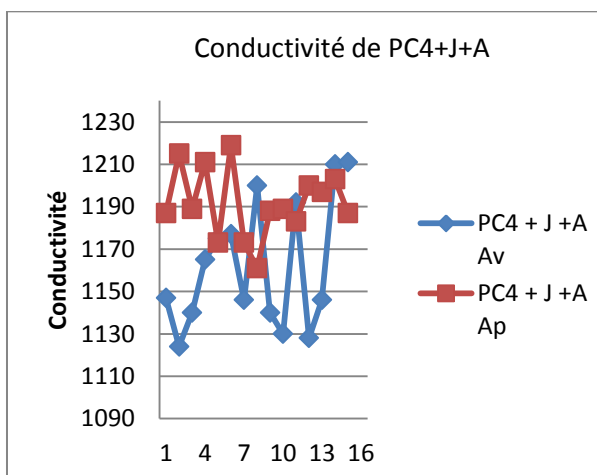


Figure 44: Représentation de Cd de PC4+J+A

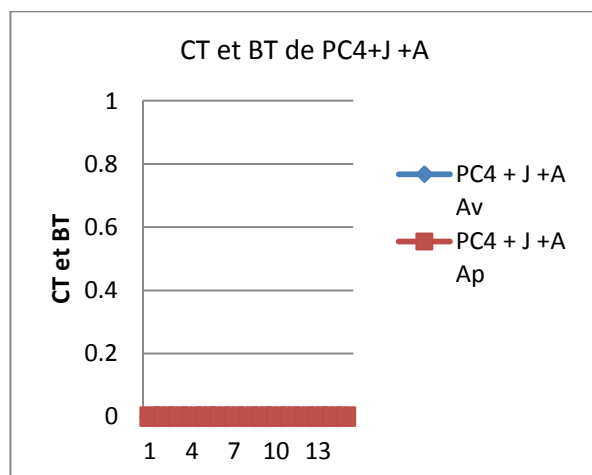


Figure 45: Représentation des CT et BT de PC4+J+A

L'ajout de l'acide a pour rôle d'acidifier le milieu pour assurer les conditions favorables de croissance à la levure. En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, on remarque qu'il n'y a pas de différence après l'ajout de l'acide vu que l'acide n'affecte pas ses paramètres. Pour les paramètres bactériologiques, et puisque l'acide est un désinfectant puissant, on remarque que la société visent et peut arriver avant de débiter la fermentation à 0 BT et 0 CT pour éliminer tous les risques de multiplication des microbes.

## 2) Application des tests statistiques

### ➤ Test de Shapiro et Wilk

- Tableau 11: Test de Shapiro et Wilk d'eau potable avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,950	0,936	0,912	0,934	0,910	0,952	0,907	0,907
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 12: Test de Shapiro et Wilk d'eau potable après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,884	0,936	0,899	0,962	0,889	0,983	0,941	0,897
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 13: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,929	0,944	0,928	0,935	0,896	0,952	0,907	0,907
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 14: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,942	0,898	0,901	0,923	0,889	0,983	0,941	0,951
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 15: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve+ Eau de javel avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,937	0,905	0,958	0,930	0,882	0,934	0,976	0,897
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 16: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve +Eau de javel après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,947	0,920	0,970	0,969	0,938	0,922	0,932	0,918
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 17: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,953	0,960	0,953	0,910	0,905	0,934	0,976	0,954
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

- Tableau 18: Test de Shapiro et Wilk d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>W<sub>cal</sub></b>	0,951	0,921	0,953	0,936	0,937	0,922	0,932	0,918
<b>W<sub>crit</sub></b>	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881

D'après l'application de test de Shapiro et Wilk, on remarque que les  $W_{cal}$  est supérieur au  $W_{critique}$  de la table, Cela s'explique que tous les séries des paramètres physico-chimiques suivent une loi normale.

Avec :  $W_{(n = 15; \alpha = 5\%)} = 0,881$  et  $a_1 = 0,5150$ ,  $a_2 = 0,3306$ ,  $a_3 = 0,2495$ ,  $a_4 = 0,1878$ ,  $a_5 = 0,1353$ ,  $a_6 = 0,0880$ ,  $a_7 = 0,0433$ .

➤ **Test de Grubbs simple**

- Tableau 19: Test de Grubbs simple d'eau potable avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	1,424	1,711	1,397	1,537	2,015	2,049	1,875	1,639
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,362	2,428	1,638	2,176	1,285	0,953	1,263	1,624
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	1,424	2,428	1,638	2,176	2,015	2,049	1,875	1,639
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 20: Test de Grubbs simple d'eau potable après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	2,046	1,217	1,937	1,916	2,361	1,583	1,439	2,266
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,107	1,966	1,446	1,964	1,008	2,045	1,865	0,924
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	2,046	1,966	1,937	1,964	2,361	2,045	1,865	2,266
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 21: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	2,382	2,117	1,793	1,625	1,902	2,049	1,875	1,639
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	2,084	1,379	1,326	1,459	1,671	0,953	1,263	1,624
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	2,382	2,117	1,793	1,625	1,902	2,049	1,875	1,639
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 22: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	1,783	1,255	2,363	2,513	2,361	1,583	1,439	2,266
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,646	2,150	2,380	1,647	1,008	2,045	1,865	0,924
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	1,783	2,150	2,380	2,513	2,361	2,045	1,865	2,266
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 23: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	1,839	1,546	2,055	1,263	2,209	1,664	1,862	1,576
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,359	1,427	1,960	2,220	1,433	1,361	1,679	1,826
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	1,839	1,546	2,055	2,220	2,209	1,664	1,862	1,826
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 24: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	2,057	1,656	2,127	1,572	1,866	1,547	1,386	1,600
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	2,351	1,349	1,879	1,775	1,620	1,484	1,830	1,400
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	2,351	1,656	2,127	1,775	1,866	1,547	1,830	1,600
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 25: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide avant la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	2,303	1,797	1,418	1,286	1,620	1,664	1,862	1,576
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,512	1,912	1,953	1,705	1,260	1,361	1,679	1,826
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	2,303	1,912	1,953	1,705	1,620	1,664	1,862	1,826
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

- Tableau 26: Test de Grubbs simple d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide après la station de chloration

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	chlore actif
<b>G<sub>(cal1)</sub></b>	1,552	2,180	2,079	1,683	1,687	1,547	1,386	1,600
<b>G<sub>(cal2)</sub></b>	1,798	1,162	1,525	1,751	1,893	1,484	1,830	1,400
<b>Max (G<sub>cal</sub>)</b>	1,798	2,180	2,079	1,751	1,893	1,547	1,830	1,600
<b>G<sub>(critq)</sub></b>	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

D'après l'application de test de Grubbs simple, on remarque que les Max (G<sub>cal</sub>) est inférieur au G<sub>(n; α = 5%)</sub> de la table, Cela s'explique que tous les séries des paramètres physico-chimiques ne présente aucun points aberrantes.

Avec: G<sub>(n = 15; α = 5%)</sub> = 2,549.

➤ **Test de Fischer**

- Tableau 27: Test de Fischer d'eau potable

	THT	TAC	Ph	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>F<sub>cal</sub></b>	1,220	1,051	1,033	1,680	2,388	3,284	6,470	3,443
<b>F<sub>crit</sub></b>	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484

- Tableau 28: Test de Fischer d'eau de pied de cuve

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>F<sub>cal</sub></b>	2,391	1,816	5,145	2,414	2,744	3,284	6,470	3,443
<b>F<sub>crit</sub></b>	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484

- Tableau 29: Test de Fischer d'eau de pied de cuve + Eau de javel

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>F<sub>cal</sub></b>	1,612	1,816	1,250	2,294	2,718	8,158	6,600	2,755
<b>F<sub>crit</sub></b>	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484

- Tableau 30: Test de Fischer d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>F<sub>cal</sub></b>	2,499	3,727	4,204	1,773	3,477	8,158	6,600	2,755
<b>F<sub>crit</sub></b>	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484	2,484

D'après l'application de test de Fischer, on remarque que :

- Lorsque  $F_{cal} \leq F_{crit}$ , les variances sont de même ordre de grandeur.
- Lorsque  $F_{cal} > F_{crit}$ , les variances sont de grandeur différents.

Avec :  $F_{(ddl1 = 14 ; ddl2 = 14)} = 2,484$ .

➤ **Test de Student**

- Tableau 31: Test de Student d'eau potable

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>t<sub>cal</sub></b>	0,638	0,593	3,363	2,697	2,345	16,117	7,315	3,443
<b>t<sub>crit</sub></b>	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044

- Tableau 32: Test de Student d'eau de pied de cuve

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>t<sub>cal</sub></b>	0,668	1,409	3,536	2,500	2,378	16,117	7,315	3,443
<b>t<sub>crit</sub></b>	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044

- Tableau 33: Test de Student d'eau de pied de cuve + Eau de javel

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>t<sub>cal</sub></b>	1,698	0,447	4,530	2,294	3,566	3,443	7,287	4,255
<b>t<sub>crit</sub></b>	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044

- Tableau 34: Test de Student d'eau de pied de cuve + Eau de javel+ Acide

	THT	TAC	pH	Cl <sup>-</sup>	Cd	Chlore totale	Chlore libre	Chlore actif
<b>t<sub>cal</sub></b>	0,162	0,897	4,087	2,484	3,344	3,443	7,287	4,255
<b>t<sub>crit</sub></b>	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044

D'après l'application de test de Fischer, on remarque que :

- Pour le THT, TAC:  $t_{cal} \leq t_{crit}$ , alors les moyennes sont de même ordre de grandeur. Cela s'explique qu'il n'y a pas une différence importante entre les résultats avant et après, puisque le chlore n'affecte pas ces paramètres.
- Pour le Cl<sup>-</sup>, pH, conductivité, les chlores totaux, libre, actif :  $t_{cal} > t_{crit}$ , alors les moyennes sont de grandeur différents. Cela s'explique qu'il a une différence entre les résultats avant et après, puisque le chlore affecte ces paramètres.

Avec :  $t_{(1-\alpha/2; ddl = n_1 + n_2 - 2)} = 2,044$  ;  $n_1 = n_2 = 15$  ;  $\alpha = 5\%$

### 3) Produits fini levure fraiche

Dans cette partie, on va évaluer l'efficacité du traitement sur le produit fini (levure fraiche) sur une période donnée. Voici un tableau qui illustre les résultats obtenues :



Tableau35 : Analyses de produit fini

Echantillon	CT avant	CT après	Chlore actif
ECH 1	1000	1	0,21
ECH 2	40	1	0,11
ECH 3	800	1	0,12
ECH 4	800	1	0,11
ECH 5	1	1	0,3
ECH 6	700	1	0,3
ECH 7	1	10	0,11
ECH 8	1	1	0,22
ECH 9	1	1	0,28
ECH 10	1	1	0,3
ECH 11	900	1	0,12
ECH 12	100	40	0,27
ECH 13	1	1	0,19
ECH 14	40	1	0,02
ECH 15	200	1	0,15
MOYENNE	306	4	0,19
Max	1000	40	0,30
Min	1	1	0,02
écart-type	399	10	0,09

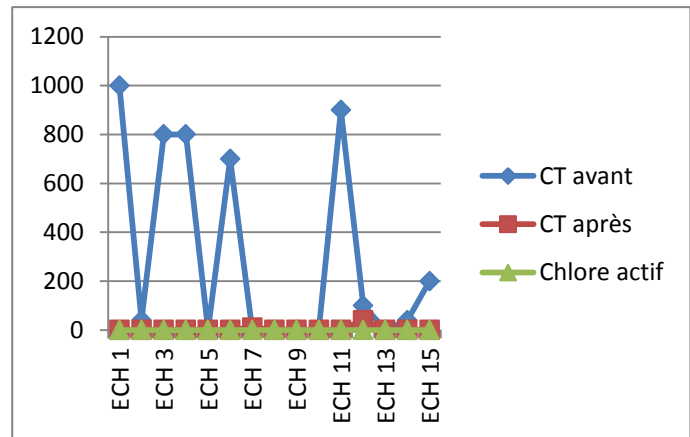


Figure 48: Représentation des CT et chlore actif

On remarque qu'il y a une nette différence entre les valeurs puisqu'on est passé d'une moyenne de 306 CT à 4 CT, ce qui démontre l'impact du chlore actif sur le moût et ainsi sur le produit fini levure fraîche. Et on remarque aussi que lorsque le chlore actif est supérieur à 0,2 mg/L, le risque de contamination est presque nul, et que la qualité microbiologique du produit fini est meilleure.

En effet, les passages au niveau de la salle d'osmoseur, des tours de refroidissements et des échangeurs n'ont présentés aucune anomalie au niveau des mesures.

Pour la salle d'osmoseur On remarque d'après la différence des moyennes et des écarts-types qu'il n'y a pas de discordance entre les résultats avant et après. Cela est dû principalement à l'action du filtre à charbon qui déchlorure l'eau et ainsi élimine toutes possibilités de désinfections. On remarque aussi qu'à la sortie de l'osmoseur, les contaminations sont aux alentours de 0 car en plus du pouvoir de l'osmoseur a diminué la dureté de l'eau, il s'agit aussi comme traitements microbiologiques pour désinfecter ce dernier.

On constate aussi que :

- Le rejet de l'osmoseur est chargé ce qui explique l'efficacité de l'osmoseur.
- Le THT et le TAC sont très faibles au niveau de l'adoucisseur ce qui montre la performance de ce dernier.

Pour les tours de refroidissements et les échangeurs on constate que : Les résultats des analyses avant et après l'installation de la station de chloration sont semblables car les tours sont ouvertes donc il y a un échange avec l'air ambiant non conditionné ce qui peut générer des contaminations. Les analyses des tours et des échangeurs sont similaire car l'eau circule dans un circuit fermé.

## **Conclusion générale :**

Les sociétés qui utilisent la biotechnologie doivent être beaucoup plus vigilantes puisque le risque de multiplication des microbes est très grand, et c'est le cas de la société LESAFFRE Maroc

En 2014, les résultats du laboratoire à vérifier que le produit fini (levure fraîche) et la crème étaient contaminés, cela s'explique que l'eau peut être une source de cette contamination. Car le taux de chlore actif est toujours inférieur à 0,2 ppm. En revanche la société LESAFFRE Maroc a décidé d'installer une nouvelle station de chloration, en avril 2015, afin de corriger ce manque et de stabiliser les taux de chlore ainsi que d'améliorer la qualité des conditions de multiplications cellulaire au sein des cuves de fermentation.

En février 2015, date du début du suivi de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau, et date qui coïncide avec le début de notre stage, le responsable qualité nous a proposé le projet de chloration à LESAFFRE MAROC.

Vu les résultats obtenus, l'étude statistique et l'exploitation des graphiques, nous avons conclu que le système mis en place commencent à donner ces fruits, vu que la qualité bactériologique s'est améliorée par rapport aux résultats de l'année précédente et nous avons constatées une baisse de coliformes de 306 à 4 dans les produits finis. Donc, Le système est toujours en test, et les responsables de la production, maintenance et qualité sont toujours en train d'optimiser le rendement du système de chloration.

Ces quatre mois de stage était pour nous d'une grande utilité, puisqu'on s'est confrontée aux vraies conditions de travail d'un master, en effet, il permet d'élargir le champ de nos connaissances et mettre en application les informations acquises et les enrichir par d'autres connaissances techniques et pratiques qu'on ne rencontre que dans le domaine pratique. C'était aussi une expérience importante et vivante qui m'a aidé à améliorer mes connaissances et mes compétences pour l'avenir aussi pour la bonne préparation à l'intégration du monde de travail. Ce stage nous aide à découvrir la gestion d'un projet de recherche et développement avec tous les changements et les contraintes qu'on peut rencontrer au cours de l'étude et les mécanismes qui nous ont permis d'assurer la responsabilité dans toutes les missions qui nous ont été données et dans lesquelles nous avons testé nos compétences et nous avons mis en application notre savoir-faire.

Annexe 1 : Les tableaux récapitulatifs des différentes analyses effectuées dans la salle d'osmoseur

THT	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	35	35	33	0,3	88	0,2	0,2
26-févr	38	38	32	0,2	91	0,2	0,1
27-févr	38	38	33	0,2	86	0,1	0,2
28-févr	35	35	33	0,2	88	0,2	0,2
02-mars	38	38	34	0,3	91	0,4	0,2
03-mars	35	35	32	0,2	87	0,3	0,2
04-mars	39	39	35	0,4	90	0,2	0,1
05-mars	38	38	32	0,3	88	0,1	0,3
09-mars	37	37	35	0,3	86	0,2	0,2
10-mars	38	38	35	0,2	88	0,2	0,2
11-mars	35	35	33	0,2	91	0,2	0,2
12-mars	38	38	35	0,1	87	0,3	0,1
16-mars	38	38	31	0,1	88	0,2	0,2
17-mars	36	36	33	0,1	85	0,2	0
20-mars	33	33	36	0,1	85	0,2	0,1
17-avr	35	34	33	0,3	91	0,2	0,2
27-avr	38	33	33	0,2	88	0,2	0,1
28-avr	38	33	33	0,2	90	0,3	0,1
29-avr	35	35	32	0,3	86	0,2	0,2
29-avr	38	32	33	0,2	90	0,2	0,1

TAC	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	30	30	33	3	80	2	2
26-févr	32	32	33	3	83	2	1
27-févr	31	31	33	4	83	1	1
28-févr	33	33	31	3	81	2	3
02-mars	32	32	33	4	82	1	2
03-mars	30	30	30	2	82	1	2
04-mars	31	31	32	3	81	1	1
05-mars	34	34	33	3	82	2	3
09-mars	32	32	31	4	83	2	2
10-mars	30	30	33	2	80	1	2
11-mars	30	30	33	2	83	1	2
12-mars	25	25	30	3	75	3	2
16-mars	35	35	25	2	80	2	2
17-mars	28	28	30	2	75	1	2
20-mars	30	30	33	2	81	1	1
17-avr	30	28	31	3	80	1	1
27-avr	32	27	33	3	83	2	1
28-avr	31	30	33	4	83	1	1
29-avr	33	25	31	4	83	1	3
29-avr	32	33	33	3	81	2	2

+

Cl <sup>-</sup>	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	184	184	194	10,5	515	10,5	9,1
26-févr	197	197	190	9,5	516	11,1	9,1
27-févr	197	197	192	9,7	512	11,35	10,5
28-févr	184	184	190	8,5	509	12,1	9,5
02-mars	197	197	194	10,1	508	12,1	9,8
03-mars	208	208	192	8,5	511	11,5	10,5
04-mars	197	197	196	9,5	514	11,5	9,8
05-mars	207	207	196	8,7	515	10,2	10,5
09-mars	199	199	191	9,7	508	13,5	9,1
10-mars	207	207	196	10,5	508	11,2	9,1
11-mars	184	184	194	9,8	506	11,2	10,5
12-mars	201	201	196	9,1	520	10,5	10,5
16-mars	201	201	194	10,5	508	11,9	10,5
17-mars	206	206	199	9,8	508	10,5	10,5
20-mars	201	201	194	9,8	511	11,2	10,5
17-avr	184	222	190	9,5	516	11,1	10,5
27-avr	197	231	193	9,5	512	10,1	9,1
28-avr	197	210	192	10,5	512	11,35	9,2
29-avr	184	245	190	9,1	509	11,1	9,5
29-avr	197	221	190	10,1	508	12,1	9,8

pH	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	7,71	7,71	7,48	5,52	7,30	6,20	6,20
26-févr	7,84	7,84	7,61	6,22	8,10	5,40	7,10
27-févr	7,68	7,68	7,68	6,68	7,60	6,20	6,50
28-févr	7,41	7,41	7,62	6,88	7,50	6,30	7,20
02-mars	7,77	7,77	7,81	5,29	8,10	5,80	7,10
03-mars	7,62	7,62	7,86	5,75	7,10	5,10	6,40
04-mars	7,81	7,81	7,67	5,73	8,10	6,30	7,20
05-mars	7,61	7,61	7,73	6,44	7,70	6,90	7,10
09-mars	7,71	7,71	7,71	7,26	7,30	6,30	6,40
10-mars	7,74	7,74	7,95	5,51	8,10	6,40	7,10
11-mars	7,69	7,69	7,75	6,13	7,90	6,20	6,40
12-mars	7,63	7,63	7,72	6,28	7,90	6,40	6,20
16-mars	7,43	7,43	7,84	6,51	7,70	6,10	5,30
17-mars	7,68	7,68	7,74	6,03	8,10	6,10	6,20
20-mars	7,62	7,62	7,79	6,79	8,10	6,10	6,20
17-avr	7,71	7,78	7,51	6,88	8,20	6,20	7,10
27-avr	7,84	7,90	7,61	6,22	7,30	6,10	6,90
28-avr	7,68	7,79	7,62	6,68	7,60	6,20	6,50
29-avr	7,41	7,78	7,63	6,63	7,60	5,90	7,20
29-avr	7,77	7,84	7,8	5,3	7,50	5,80	6,20

CD	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	1125	1125	1125	23,3	2860	24,2	28,5
26-févr	1127	1127	1130	23,7	2890	27,7	28,5
27-févr	1111	1111	1107	25,4	2840	25,5	29,5
28-févr	1113	1113	1103	23,5	2910	27,2	29,5
02-mars	1096	1096	1099	24,5	2810	28,2	26,5
03-mars	1111	1111	1100	25,6	2820	23,9	27,9
04-mars	1098	1098	1103	23,6	2860	24,5	28,9
05-mars	1099	1099	1103	25,9	2840	28,5	29,5
09-mars	1111	1111	1112	27,6	2880	29,6	35,2
10-mars	1113	1113	1112	26,1	2880	26,1	27,2
11-mars	1118	1118	1118	28,2	2910	27,2	28,2
12-mars	1109	1109	1116	27,3	2870	30,7	36,1
16-mars	1136	1136	1118	28,7	2800	32,5	34,5
17-mars	1148	1148	1119	28,2	2990	33,4	33,5
20-mars	1158	1158	1112	27,5	2890	32,5	33,5
17-avr	1097	1124	1117	28,7	2880	29,5	35,1
27-avr	1111	1129	1112	26,1	2880	26,1	27,2
28-avr	1111	1129	1116	28,2	2920	27,3	28,2
29-avr	1113	1131	1118	27,3	2872	26,2	27,5
29-avr	1096	1120	1117	26,1	2870	32,5	36,1

CT	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	0	0	0	0	0	0	0
26-févr	0	0	0	0	0	0	0
27-févr	0	0	0	0	0	0	0
28-févr	4	4	3	0	3	1	0
02-mars	0	0	0	0	0	0	0
03-mars	1	1	2	0	2	0	0
04-mars	0	0	0	0	0	0	0
05-mars	0	0	0	0	0	0	0
09-mars	0	0	0	0	0	0	0
10-mars	4	4	5	0	5	0	0
11-mars	0	0	2	0	2	0	0
12-mars	2	2	2	0	3	0	0
16-mars	0	0	2	0	0	0	0
17-mars	0	0	0	0	0	0	0
20-mars	0	0	3	0	4	0	0
17-avr	0	0	0	0	0	0	0
27-avr	0	0	2	0	3	0	0
28-avr	0	0	0	0	0	0	0
29-avr	4	0	0	0	0	0	0
29-avr	0	0	1	0	0	0	0

BT	EP	ET	EO	SO	RO	BAD	AD
25-févr	10	10	9	0	10	0	0
26-févr	0	0	0	0	0	0	0
27-févr	20	20	19	0	20	0	0
28-févr	100	100	110	1	110	1	0
02-mars	0	0	0	0	0	0	0
03-mars	90	90	100	1	100	1	0
04-mars	0	0	0	0	0	0	0
05-mars	0	0	0	0	0	0	0
09-mars	0	0	0	0	0	0	0
10-mars	40	40	60	0	70	0	0
11-mars	50	50	70	0	70	0	0
12-mars	80	80	90	1	100	1	0
16-mars	60	60	70	0	70	0	0
17-mars	0	0	0	0	0	0	0
20-mars	70	70	80	0	90	0	0
17-avr	10	0	0	0	0	0	0
27-avr	0	0	40	8	10	8	1
28-avr	20	0	0	0	20	0	0
29-avr	100	0	0	0	40	0	0
29-avr	0	0	60	1	30	1	0

**Annexe 2 :** Les tableaux récapitulatifs des différentes analyses effectuées sur les tours de refroidissement et les entrées sorties des échangeurs

THT	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	18	25	17	19	18	17	19	18
26-févr	22	22	21	22	21	21	22	21
27-févr	21	24	20	20	20	20	19	20
02-mars	17	22	17	19	15	16	19	16
03-mars	17	17	17	17	18	17	17	18
04-mars	20	18	19	18	19	18	17	17
05-mars	19	17	19	16	15	17	15	14
06-mars	18	18	17	19	19	16	18	18
09-mars	32	25	27	29	28	26	30	28
10-mars	20	18	20	18	18	22	18	18
11-mars	15	16	15	16	15	14	15	15
12-mars	14	13	13	13	13	12	13	13
13-mars	13	12	12	12	13	15	12	13
16-mars	23	24	23	24	24	23	24	23
17-mars	23	21	21	23	21	21	22	21
17-avr	25	17	19	18	17	19	18	18
27-avr	22	21	22	21	21	22	21	21
28-avr	24	20	20	20	20	19	20	20
29-avr	22	17	19	15	16	19	16	16
30-avr	17	17	17	18	17	17	18	18
01-mai	18	19	18	19	18	17	17	17

TAC	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	25	25	24	24	25	25	24	25
26-févr	18	18	19	19	19	20	21	20
27-févr	22	25	25	23	20	22	25	20
02-mars	20	20	25	20	18	25	25	25
03-mars	22	22	20	21	21	20	21	21
04-mars	23	25	24	24	23	25	25	25
05-mars	16	25	25	21	25	22	22	21
06-mars	20	20	23	23	23	21	21	21
09-mars	25	25	29	28	26	30	26	30
10-mars	20	20	20	20	20	20	20	17
11-mars	12	15	16	17	15	16	15	15
12-mars	14	15	15	15	15	15	15	16
13-mars	15	15	14	21	15	15	15	17
16-mars	13	16	24	23	25	24	23	26
17-mars	22	22	23	21	21	21	22	21
17-avr	25	24	24	25	23	24	25	25
27-avr	19	19	18	19	20	19	20	20
28-avr	25	25	25	20	23	25	20	20
29-avr	20	25	23	22	25	24	25	24
30-avr	23	20	21	19	20	21	20	21
01-mai	25	24	25	23	25	25	25	25

CD	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	877	850	870	878	860	880	884	868
26-févr	860	863	855	856	858	854	855	856
27-févr	874	871	880	869	873	872	875	879
02-mars	809	807	788	790	791	793	795	798
03-mars	873	874	864	864	862	867	871	870
04-mars	1131	1132	1130	1135	1136	1138	1132	1156
05-mars	966	960	951	955	954	955	954	957
06-mars	943	940	941	941	943	942	942	943
09-mars	1022	1095	1080	1081	1081	1096	1097	1090
10-mars	830	826	831	830	833	843	829	835
11-mars	770	771	772	771	773	772	771	768
12-mars	691	688	687	686	652	660	686	687
13-mars	664	664	663	663	663	666	663	662
16-mars	970	965	965	969	964	970	969	974
17-mars	933	920	914	915	915	915	913	920
17-avr	860	854	875	873	863	879	884	870
27-avr	854	858	855	853	858	854	857	856
28-avr	874	871	880	869	873	872	875	879
29-avr	822	828	816	819	816	828	823	821
30-avr	872	874	864	868	871	867	871	875
01-mai	885	869	875	873	873	888	886	875

CL-	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	215	200	198	184	182	184	192	190
26-févr	206	202	197	197	197	197	197	197
27-févr	213	192	182	192	187	182	194	192
02-mars	175	173	176	163	163	159	160	162
03-mars	255	205	170	160	162	162	159	163
04-mars	253	203	198	198	199	195	199	198
05-mars	206	201	194	197	189	198	195	199
06-mars	171	192	186	183	193	190	187	182
09-mars	229	202	195	189	198	197	198	195
10-mars	166	175	164	166	173	183	183	176
11-mars	148	172	172	160	160	160	160	171
12-mars	161	171	170	163	170	161	159	166
13-mars	133	175	167	159	159	159	129	160
16-mars	185	176	197	183	195	198	198	196
17-mars	190	175	190	196	172	189	197	179
17-avr	209	202	200	198	204	193	190	190

27-avr	202	198	195	197	197	198	197	197
28-avr	193	182	193	187	182	194	193	192
29-avr	142	152	150	154	145	151	152	162
30-avr	263	149	148	146	150	150	151	163
01-mai	271	250	262	262	249	263	263	198

CT	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	0	0	0	0	0	0	0	0
26-févr	0	0	0	0	0	0	0	0
27-févr	0	0	0	0	0	0	0	0
02-mars	4	3	4	4	4	5	5	5
03-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
04-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
05-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
06-mars	1	3	3	3	3	4	4	4
09-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
10-mars	2	0	1	1	1	3	3	3
11-mars	0	1	0	0	0	0	0	0
12-mars	3	1	3	3	3	4	4	4
13-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
16-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
17-mars	0	1	1	1	1	2	2	2
17-avr	0	0	0	0	0	0	0	0
27-avr	0	0	0	0	0	0	0	0
28-avr	2	0	2	1	1	4	2	0
29-avr	1	3	2	4	2	2	4	2
30-avr	0	0	0	0	0	1	0	0
01-mai	0	0	0	0	0	0	0	0

pH	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	8,11	8,18	8,11	8,12	8,11	8,15	8,14	8,15
26-févr	8,20	8,23	8,22	8,22	8,23	8,20	8,21	8,20
27-févr	8,21	8,31	8,16	8,49	8,41	8,41	8,53	8,47
02-mars	8,42	8,33	8,32	8,36	8,39	8,38	8,40	8,42
03-mars	8,08	8,05	8,07	8,05	8,07	8,09	8,06	8,06
04-mars	8,25	8,25	8,20	8,23	8,25	8,21	8,24	8,26
05-mars	8,04	8,06	8,01	8,03	8,02	8,09	8,10	8,12
06-mars	8,48	8,49	8,53	8,49	8,58	8,53	8,52	8,55
09-mars	8,26	8,21	8,23	8,25	8,22	8,23	8,17	8,22
10-mars	8,09	8,12	8,08	8,08	8,18	8,05	8,08	8,15
11-mars	7,99	8,06	8,00	7,99	8,03	8,06	8,07	8,02
12-mars	8,07	8,10	8,13	8,07	8,20	8,19	8,21	8,07
13-mars	8,09	7,93	8,07	8,10	8,07	8,01	8,06	8,15
16-mars	8,47	8,54	8,62	8,61	8,60	8,61	8,57	8,62
17-mars	8,43	8,52	8,51	8,48	8,52	8,48	8,47	8,50
17-avr	8,14	8,13	8,11	8,12	8,10	8,17	8,16	8,12
27-avr	8,22	8,23	8,19	8,17	8,15	8,26	8,25	8,21
28-avr	8,30	8,37	8,31	8,37	8,40	8,42	8,39	8,46
29-avr	8,45	8,49	8,35	8,39	8,29	8,39	8,40	8,31
30-avr	8,05	8,05	8,10	8,05	8,07	8,21	8,12	8,22
01-mai	8,31	8,25	8,28	8,19	8,25	8,32	8,22	8,28

BT	$\alpha$ -Lav1	$\alpha$ -Lav2	entrée E5	entrée E6	entrée E8	sortie E5	sortie E6	sortie E8
25-févr	0	0	0	0	0	0	0	0
26-févr	0	0	0	0	0	0	0	0
27-févr	0	0	0	0	0	0	490	590
02-mars	470	550	490	490	490	510	510	510
03-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
04-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
05-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
06-mars	200	260	280	280	280	320	320	320
09-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
10-mars	290	320	330	330	330	380	380	380
11-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
12-mars	300	310	340	340	340	390	390	390
13-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
16-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
17-mars	0	0	0	0	0	0	0	0
17-avr	0	0	0	0	0	0	0	0
27-avr	0	0	0	50	0	0	60	0
28-avr	320	290	360	350	350	400	390	380
29-avr	410	470	550	580	580	600	590	580
30-avr	0	0	0	0	0	0	0	0
01-mai	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Table des coefficients (Test de Shapiro et Wilk)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
J										
1	0.7071	0.7071	0.6872	0.6646	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739	
2		0.0000	0.1677	0.2413	0.2806	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291	
3				0.0000	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141	
4						0.0000	0.0561	0.0947	0.1224	
5								0.0000	0.0399	
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
J										
1	0.5601	0.5475	0.5359	0.5251	0.5150	0.5056	0.4963	0.4886	0.4808	0.4734
2	0.3315	0.3325	0.3325	0.3318	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253	0.3232	0.3211
3	0.2260	0.2347	0.2412	0.2460	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553	0.2561	0.2566
4	0.1429	0.1586	0.1707	0.1802	0.1878	0.1939	0.1988	0.2027	0.2059	0.2085
5	0.0695	0.0922	0.1099	0.1240	0.1353	0.1447	0.1524	0.1587	0.1641	0.1686
6	0.0000	0.0303	0.0539	0.0727	0.0880	0.1005	0.1109	0.1197	0.1271	0.1334
7			0.0000	0.0240	0.0433	0.0593	0.0725	0.0837	0.0932	0.1013
8					0.0000	0.0196	0.0359	0.0496	0.0612	0.0711
9							0.0000	0.0163	0.0303	0.0422
10									0.0000	0.0140
n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
J										
1	0.4643	0.4590	0.4542	0.4493	0.4450	0.4407	0.4366	0.4328	0.4291	0.4254
2	0.3185	0.3156	0.3126	0.3098	0.3069	0.3043	0.3018	0.2992	0.2968	0.2944
3	0.2578	0.2571	0.2563	0.2554	0.2543	0.2533	0.2522	0.2510	0.2499	0.2487
4	0.2119	0.2131	0.2139	0.2145	0.2148	0.2151	0.2152	0.2151	0.2150	0.2148
5	0.1736	0.1764	0.1787	0.1807	0.1822	0.1836	0.1848	0.1857	0.1864	0.1870
6	0.1399	0.1443	0.1480	0.1512	0.1539	0.1563	0.1584	0.1601	0.1616	0.1630
7	0.1092	0.1150	0.1201	0.1245	0.1283	0.1316	0.1346	0.1372	0.1395	0.1415
8	0.0804	0.0878	0.0941	0.0997	0.1046	0.1089	0.1128	0.1162	0.1192	0.1219
9	0.0530	0.0618	0.0696	0.0764	0.0823	0.0876	0.0923	0.0965	0.1002	0.1036
10	0.0263	0.0368	0.0459	0.0539	0.0610	0.0672	0.0728	0.0778	0.0822	0.0862
11	0.0000	0.0122	0.0228	0.0321	0.0403	0.0476	0.0540	0.0598	0.0650	0.0697
12			0.0000	0.0107	0.0200	0.0284	0.0358	0.0424	0.0483	0.0537
13					0.0000	0.0094	0.0178	0.0253	0.0320	0.0381
14							0.0000	0.0084	0.0159	0.0227
15									0.0000	0.0076



Annexe 4: Tableau de Shapiro et Wilk

N	W '95%'	W '99%'
10	0.842	0.781
11	0.850	0.792
12	0.859	0.805
13	0.856	0.814
14	0.874	0.825
15	0.881	0.835
16	0.837	0.844
17	0.892	0.851
18	0.897	0.858
19	0.901	0.863
20	0.905	0.868
21	0.908	0.873
22	0.911	0.878
23	0.914	0.881
24	0.916	0.884
25	0.918	0.888
26	0.920	0.891
27	0.923	0.894
28	0.924	0.896
29	0.926	0.898
30	0.927	0.900
31	0.929	0.902
32	0.930	0.904
33	0.931	0.906
34	0.933	0.908
35	0.934	0.910
36	0.935	0.912
37	0.936	0.914
38	0.938	0.916
39	0.939	0.917
40	0.940	0.919

Annexe 5: Tableau des valeurs critiques pour le test de Grubbs simple

p laboratoires	Une plus grande ou une plus petite	
	1%	5%
3	1,155	1,155
4	1,496	1,481
5	1,764	1,715
6	1,973	1,887
7	2,139	2,020
8	2,274	2,126
9	2,387	2,215
10	2,482	2,290
11	2,564	2,355
12	2,636	2,412
13	2,699	2,462
14	2,755	2,507
15	2,805	2,549
16	2,852	2,585
17	2,894	2,620
18	2,932	2,651
19	2,968	2,681
20	3,001	2,709

Annexe 6: Table de la loi de Student.

1- $\alpha$	0.55	0.6	0.65	0.7	0.8	1.376	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.997	0.999
v														
1	0.158	0.324	0.509	0.726	1	1.376	1.962	3.077	6.313	12.70	31.82	63.65	127.3	636.5
2	0.142	0.288	0.444	0.617	0.816	1.060	1.386	1.885	2.92	4.302	6.964	9.925	14.08	31.6
3	0.136	0.276	0.424	0.584	0.764	0.978	1.249	1.637	2.353	3.182	4.540	5.840	7.453	12.92
4	0.133	0.270	0.414	0.568	0.740	0.941	1.189	1.532	2.131	2.776	3.746	4.604	5.597	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.726	0.919	1.155	1.475	2.015	2.570	3.364	4.032	4.773	6.868
6	0.131	0.264	0.404	0.553	0.717	0.905	1.134	1.439	1.943	2.446	3.142	3.707	4.316	5.958
7	0.130	0.263	0.401	0.549	0.711	0.896	1.119	1.414	1.894	2.364	2.997	3.499	4.029	5.408
8	0.129	0.261	0.399	0.545	0.706	0.888	1.101	1.396	1.859	2.306	2.895	3.355	3.832	5.041
9	0.129	0.261	0.397	0.543	0.702	0.883	1.099	1.383	1.833	2.262	2.821	3.249	3.689	4.780
10	0.128	0.260	0.396	0.541	0.699	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.763	3.169	3.581	4.586
11	0.128	0.259	0.395	0.539	0.697	0.875	1.087	1.363	1.795	2.201	2.718	3.105	3.496	4.436
12	0.128	0.259	0.394	0.538	0.695	0.872	1.083	1.356	1.782	2.178	2.681	3.054	3.428	4.317
13	0.128	0.258	0.394	0.537	0.693	0.870	1.079	1.350	1.770	2.160	2.650	3.012	3.372	4.220
14	0.128	0.258	0.393	0.536	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.144	2.624	2.976	3.325	4.140
15	0.127	0.257	0.392	0.535	0.691	0.866	1.073	1.340	1.751	2.135	2.602	2.946	3.286	4.072
16	0.127	0.257	0.392	0.535	0.690	0.864	1.071	1.336	1.745	2.119	2.583	2.920	3.252	4.014
17	0.126	0.253	0.399	0.534	0.682	0.863	1.069	1.333	1.739	2.109	2.569	2.892	3.224	3.961
18	0.124	0.257	0.391	0.538	0.688	0.862	1.062	1.334	1.734	2.109	2.552	2.878	3.196	3.921

19	0.124	0.259	0.392	0.533	0.687	0.861	1.065	1.327	1.729	2.093	2.539	2.860	3.173	3.883
20	0.127	0.256	0.390	0.532	0.687	0.86	1.064	1.323	1.724	2.086	2.528	2.845	3.153	3.849
21	0.122	0.256	0.396	0.535	0.686	0.859	1.067	1.323	1.720	2.076	2.516	2.834	3.132	3.813
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.061	1.322	1.711	2.073	2.508	2.818	3.118	3.792
23	0.127	0.253	0.390	0.531	0.685	0.855	1.060	1.319	1.713	2.067	2.499	2.803	3.104	3.766
24	0.127	0.256	0.39	0.531	0.688	0.856	1.059	1.318	1.710	2.063	2.492	2.797	3.090	3.744
25	0.129	0.251	0.389	0.531	0.684	0.852	1.058	1.316	1.701	2.055	2.481	2.784	3.072	3.721
26	0.129	0.256	0.386	0.539	0.684	0.855	1.055	1.315	1.705	2.055	2.476	2.778	3.069	3.706
27	0.128	0.259	0.389	0.530	0.683	0.851	1.056	1.317	1.703	2.058	2.477	2.777	3.056	3.689
28	0.126	0.255	0.383	0.530	0.683	0.856	1.056	1.312	1.701	2.044	2.467	2.763	3.047	3.679
29	0.128	0.255	0.389	0.532	0.683	0.854	1.055	1.314	1.699	2.042	2.462	2.754	3.038	3.655
30	0.127	0.256	0.389	0.53	0.682	0.853	1.054	1.314	1.697	2.042	2.457	2.75	3.029	3.646
31	0.127	0.255	0.388	0.529	0.682	0.854	1.051	1.305	1.695	2.035	2.458	2.744	3.022	3.633
32	0.127	0.255	0.388	0.529	0.682	0.853	1.055	1.306	1.693	2.036	2.448	2.738	3.014	3.621
33	0.126	0.255	0.387	0.529	0.682	0.856	1.053	1.307	1.694	2.034	2.444	2.733	3.008	3.610
34	0.126	0.255	0.386	0.529	0.681	0.852	1.052	1.307	1.690	2.032	2.441	2.728	3.002	3.600
35	0.126	0.253	0.388	0.522	0.681	0.852	1.052	1.306	1.686	2.030	2.437	2.728	2.996	3.591
36	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.051	1.305	1.688	2.021	2.434	2.719	2.990	3.581
37	0.12	0.255	0.388	0.528	0.682	0.851	1.051	1.304	1.687	2.026	2.431	2.715	2.98	3.573
38	0.126	0.255	0.388	0.528	0.681	0.851	1.050	1.304	1.686	2.024	2.428	2.711	2.980	3.565
39	0.126	0.255	0.388	0.528	0.680	0.850	1.050	1.303	1.684	2.022	2.425	2.707	2.975	3.558

40	0.126	0.255	0.388	0.528	0.680	0.850	1.05	1.303	1.683	2.021	2.423	2.704	2.971	3.551
41	0.126	0.255	0.388	0.528	0.680	0.855	1.047	1.305	1.689	2.015	2.428	2.702	2.967	3.543
42	0.124	0.255	0.388	0.528	0.680	0.850	1.049	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	2.963	3.537
43	0.126	0.254	0.387	0.528	0.680	0.850	1.049	1.301	1.681	2.016	2.416	2.695	2.959	3.531
44	0.126	0.259	0.388	0.522	0.681	0.849	1.048	1.301	1.680	2.015	2.411	2.692	2.955	3.525
45	0.124	0.259	0.387	0.528	0.68	0.849	1.045	1.300	1.674	2.011	2.411	2.686	2.951	3.523
46	0.126	0.254	0.387	0.528	0.679	0.849	1.048	1.300	1.678	2.012	2.410	2.687	2.948	3.514
47	0.126	0.254	0.387	0.528	0.679	0.849	1.048	1.299	1.679	2.017	2.403	2.686	2.946	3.509
48	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.849	1.047	1.299	1.677	2.010	2.406	2.682	2.942	3.505
49	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.404	2.68	2.939	3.500
50	0.123	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.047	1.298	1.675	2.008	2.403	2.677	2.937	3.496
60	0.126	0.255	0.387	0.522	0.678	0.847	1.045	1.298	1.676	2.003	2.391	2.663	2.916	3.462
70	0.126	0.253	0.389	0.526	0.678	0.846	1.044	1.293	1.666	1.994	2.380	2.647	2.897	3.435
80	0.126	0.252	0.386	0.525	0.676	0.846	1.043	1.292	1.664	1.991	2.379	2.638	2.887	3.414
90	0.126	0.251	0.386	0.526	0.672	0.845	1.044	1.291	1.662	1.987	2.368	2.631	2.879	3.409
100	0.126	0.254	0.384	0.521	0.677	0.842	1.048	1.291	1.662	1.984	2.364	2.629	2.877	3.395
110	0.126	0.254	0.383	0.529	0.677	0.849	1.043	1.289	1.658	1.981	2.367	2.621	2.864	3.381
120	0.125	0.253	0.386	0.525	0.675	0.846	1.040	1.286	1.656	1.979	2.357	2.617	2.859	3.373
130	0.125	0.253	0.386	0.525	0.676	0.844	1.040	1.281	1.657	1.974	2.354	2.612	2.855	3.367
140	0.125	0.253	0.386	0.525	0.676	0.844	1.040	1.287	1.655	1.977	2.353	2.611	2.852	3.361
$\infty$	0.125	0.253	0.383	0.524	0.674	0.846	1.036	1.281	1.644	1.96	2.326	2.575	2.807	3.290

Annexe 7: Table Valeurs de Fischer ( $\alpha = 0.05$ )

$\nu_2 \backslash \nu_1$	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30
1	161	300	216	225	230	234	239	242	246	248	250
2	18,5	19	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,85	8,79	8,70	8,66	8,62
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,96	5,86	5,80	5,75
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,74	4,62	4,56	4,50
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,06	3,94	3,87	3,81
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,64	3,51	3,44	3,38
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,35	3,22	3,15	3,08
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,14	3,01	2,94	2,86
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,98	2,85	2,77	2,70
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,85	2,72	2,65	2,57
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,75	2,62	2,54	2,47
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,77	2,67	2,53	2,46	2,38
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,60	2,46	2,39	2,31
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,54	2,40	2,33	2,25
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,49	2,35	2,28	2,19
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,45	2,31	2,23	2,15
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,41	2,27	2,19	2,11
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,38	2,23	2,16	2,07
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,35	2,20	2,12	2,04
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,30	2,15	2,07	1,98
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,25	2,11	2,03	1,94
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,22	2,07	1,99	1,90
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,29	2,19	2,04	1,96	1,87
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,16	2,01	1,93	1,84
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,08	1,92	1,84	1,74
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	2,03	1,87	1,78	1,69
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,10	1,99	1,84	1,75	1,65
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,95	1,79	1,70	1,60
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,03	1,93	1,77	1,68	1,57

## RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1] : <http://lepetitboulangier.com/panification/agentsdefermentation.htm>
- [2] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau>
- [3] : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/compoChim.html>
- [4] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_potable](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_potable)
- [5] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_min%C3%A9rale\\_naturelle](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_min%C3%A9rale_naturelle)
- [6] : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/dureDouc.html>
- [7] : <http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/chimie-eau-distillee-6899/>
- [8] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_purifi%C3%A9e](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_purifi%C3%A9e)
- [9] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_douce](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_douce)
- [10] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Osmoseur>
- [11] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Adoucisseur>
- [12] : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/filtre/33777>
- [13] : <http://www.aquaportail.com/definition-8204-charbon-actif.html#ixzz3ZsRaQC9l>
- [14] : <http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/pompe>
- [15] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89changeur\\_de\\_chaleur](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89changeur_de_chaleur)
- [16] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Tour\\_a%C3%A9ror%C3%A9frig%C3%A9rante](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tour_a%C3%A9ror%C3%A9frig%C3%A9rante)
- [17] : <http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/chaudiere/>
- [18] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bior%C3%A9acteur>
- [19] : <http://www.ilm.pf/analysphysicochimie>
- [20] : <http://memoirelyceen.free.fr/sciences/chimie/eau/TH/DegreHydrotimetriqueTHdureteEAU.htm>
- [21] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9\\_de\\_l'eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_l'eau)
- [22] : <http://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/article-le-ph---definition-et-mesure-1850.htm>
- [23] : <http://www.wikiwater.fr/e18-le-traitement-de-l-eau-par.html>
- [24] : <http://www.lms-water.com/dossiers/la-desinfection-par-le-chlore/>

[25] : <http://www.ilm.pf/Microbio>

[26] : [http://www.labo-](http://www.labo-abioc.fr/abioc/base_documents/pdfs/germes/Flore%20a%C3%A9robie%20m%C3%A9rophile.pdf)

[abioc.fr/abioc/base\\_documents/pdfs/germes/Flore%20a%C3%A9robie%20m%C3%A9rophile.pdf](http://www.labo-abioc.fr/abioc/base_documents/pdfs/germes/Flore%20a%C3%A9robie%20m%C3%A9rophile.pdf)

[27] : [http://www.labo-abioc.fr/abioc/base\\_documents/pdfs/germes/Coliformes%20totaux.pdf](http://www.labo-abioc.fr/abioc/base_documents/pdfs/germes/Coliformes%20totaux.pdf)

[28] : [http://fr.wikibooks.org/wiki/Analyse\\_microbiologique\\_des\\_aliments/Le\\_d%C3%A9nombrement\\_de\\_la\\_Flore\\_M%C3%A9rophile\\_A%C3%A9robie\\_Totale\\_\(FMAT\)](http://fr.wikibooks.org/wiki/Analyse_microbiologique_des_aliments/Le_d%C3%A9nombrement_de_la_Flore_M%C3%A9rophile_A%C3%A9robie_Totale_(FMAT))

[29] : [http://sti-beziers.fr/tsipm/spip\\_tsipm/IMG/pdf/test\\_de\\_normalite.pdf](http://sti-beziers.fr/tsipm/spip_tsipm/IMG/pdf/test_de_normalite.pdf)

[30] : [http://www.demarcheiso17025.com/fiches\\_techniques/test\\_grubbs\\_cochran.html](http://www.demarcheiso17025.com/fiches_techniques/test_grubbs_cochran.html)

[31] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Test\\_de\\_Fisher](http://fr.wikipedia.org/wiki/Test_de_Fisher)

[32] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Test\\_de\\_Stud](http://fr.wikipedia.org/wiki/Test_de_Stud)