

Sommaire

Introduction.....	5
Présentation du groupe lesaffre.....	6
I-Historique de lieu de stage.....	7
II-Description et activité de laboratoire.....	9
Partie bibliographique.....	11
Partie 1 : la levure.....	12
I-Découverte de la levure.....	12
II-Définition et généralité.....	12
1-Définition.....	12
2-Mode de production.....	14
3-Les condition optimale de croissance.....	14
III-les levures d'intérêt industriel.....	15
VI-Métabolisme.....	16
1-Respiration.....	16
2-Fermentation.....	17
V-Les différentes étapes de production de la levure.....	17
Partie 2 : les tours de refroidissement.....	21
I-Aperçue générale sur les tours de refroidissement.....	21
II-Les types des tours	23
III-Traitement de l'eau.....	25
1-Les germes trouvés dans les eaux des tours de refroidissement	25
2- les différents types des désinfectants.....	26
3-Les mécanismes de désinfection.....	27
Partie pratique.....	29
I-Matériel et méthode.....	30
1-Matériel.....	30
2-Méthode.....	32

2.1-les germes à analyse.....	32
2.2-La prise d'échantillon.....	32
2.3-préparation des dilutions.....	33
2.4-Ensemencement en profondeur.....	33
II-Résultats et exploitation.....	37
1-les analyses microbiologique avant traitement.....	37
2-les analyses microbiologique après traitement	43
Conclusion.....	48

DÉDICACE

Je décide ce modeste travail....

A mes chers parents, qui m'ont toujours soutenu le long de mes études par leurs sacrifices et leurs prières, c'est grâce à eux que j'ai pu réaliser ce mémoire.

A mes sœurs Iman, Samiha, Meryem, et qui m'ont toujours accompagné au cours de mes études, je n'oublierai pas l'encouragement et le soutien qu'elles m'avaient accordé en tout moment.

A tous mes professeurs que je respecte beaucoup, à toutes mes amies et aux étudiants de FS7 Fès.

Remerciement

Je présente mes remerciements au directeur de la société lesaffre Maroc pour m'avoir accueilli au sein de son établissement pour une durée de deux mois.

J'adresse mon profond remerciement à mon responsable de stage MR.A.BENNANI. Je lui suis gré de m'avoir fait confiance tout au long de ce stage de fin d'étude et d'avoir entrepris les diverses démarches pour son bon déroulement, son soutien, son aide et sa patience m'ont permis de réaliser ce rapport.

Comme j'adresse mes sincères remerciement à Mm.N.BENCHAMSSI, mon encadrante pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils judicieux et pour m'avoir dirigé et soutenu en tout moment.

Je tiens tout particulièrement à remercier l'équipe de laboratoire, elle m'a beaucoup aidé, par sa compétence son explication et son aide précieuse, à mener à bien les missions qui m'ont été confiée, pour tout ce que nous avons partagé, et surtout pour leurs bonnes humeurs.

Je tiens à remercier Mlle.Slaoui mon binôme de stage, qui a contribué à faire régner une ambiance chaleureuse et amicale dans le laboratoire.

Finalement je remercie tous ceux qu'ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Introduction

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 ou refroidissement des procédés.

L'eau qui est utilisée dans les [tours de refroidissement](#), même si elle provient de l'eau de robinet, contient souvent des sels (tels que le [chlore](#), les [sulfates](#) et les [carbonates](#)), des gaz dissouts (tel que l'[oxygène](#) et le [dioxyde de carbone](#)) et des ions métalliques (tel que les ions [fer](#) et [manganèse](#)). La présence de ces polluants peut causer une série de problèmes. Les principaux problèmes rencontrés sont la [corrosion](#) et le développement biologique (les microorganismes sont présents partout dans l'environnement ,il peuvent souvent être trouvés dans les eaux des tours de refroidissement).

Lorsque les tours de refroidissement contiennent un système de recirculation ouvert, les microorganismes peuvent être transférés de l'air à l'eau. Les microorganismes peuvent se multiplier rapidement si un substrat est présent et si un grand nombre de conditions sont idéales pour le développement microbologique (tels que le pH, la température, la concentration en oxygène et les nutriments).

Les teneurs en nutriments augmentent dans l'eau à cause de l'évaporation de l'eau ; Les fuites dans le procédé et l'utilisation de l'eau peuvent aussi être la cause d'une augmentation des teneurs en nutriment dans l'eau. Ceci peut poser des problèmes.

Mon travail a pour but de suivre la charge microbologique au niveau des eaux des tours de refroidissement afin de contrôler la contamination au cours de refroidissement des fermenteurs.

Plus largement ce stage a été l'opportunité pour moi, d'avoir une idée approfondie sur l'application des études théoriques à l'échelle industrielle ainsi d'appréhender et maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure.

presentation du lieu de stage

I-Histoire du groupe Lesaffre :

L'histoire du Groupe Lesaffre, le plus grand producteur de levure de boulangerie dans le monde, a commencé en 1853, lorsque Louis Lesaffre et Louis Bonduelle, deux fils fermiers du nord de la France, se sont réunis pour construire une usine de production d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille. À l'origine, la levure a été rien de plus qu'un sous-produit du processus de fabrication d'alcool de grain.

Louis Bonduelle-Dalle



Louis Lesaffre-Roussel

L'expansion rapide de l'activité distillerie a encouragé les cousins de développer l'activité, et en 1862 ils ont acheté une résidence secondaire, une ferme à Renescure, qui a été converti en une distillerie d'alcool de grain dédié.

D'ici là, Louis Pasteur avait entrepris ses recherches novatrices sur la levure. De travail à Lille, Pasteur s'est avéré, entre autres choses, que la levure est responsable du processus de fermentation, et non pas une réaction chimique, et que la fermentation s'est produite en l'absence d'oxygène. Recherche de Pasteur n'ont pas seulement permis de décrire le processus par lequel les céréales et autres plantes ont été convertis à l'alcool, ils ont également expliqué l'effet de la levure sur la pâte à pain. Recherche de Pasteur a également permis d'identifier les levures spécifiques, *Saccharomyces cerevisiae*, au cœur du processus de fermentation. La découverte de l'action de la levure a eu des effets dramatiques, non seulement dans les secteurs de la brasserie et la distillation, mais aussi sur l'industrie de la boulangerie.

En début des années 1870, une méthode a été trouvée pour extraire la levure *Saccharomyces cerevisiae* comme sous-produit du processus de distillation.

Louis Lesaffre, décédé en 1869, avait également conduit la société à développer une méthode pour extraire de la levure fraîche. En 1873, la société a fondé sa propre usine de production de levure fraîche à un moulin à grain ancien Marcq-en-Barœul, en dehors de Lille.

En 1895, la société a lancé sa marque très populaire, l'Hirondelle, qui a grandi dans l'un des meilleurs du monde-vente et marques de levure de longue durée dans le 21ème siècle. Le lancement de l'Hirondelle a fourni un appui fort pour le groupe en rapide croissance, les ventes internationales, et au 20e siècle, la société a été la fourniture de levure à un certain nombre de marchés, dont la Belgique, le Royaume-Uni, Italie, Suisse et Espagne.

Pourtant, Lesaffre est resté un producteur très réussie de la levure, ainsi qu'un important fournisseur de malt à l'industrie brassicole. Une avancée importante pour l'entreprise est venu avec le développement de la levure sèche de plus longue durée dans les années 1930.

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, Lesaffre a continué d'investir fortement dans ses efforts de recherche et de développement, permettant à l'entreprise de demeurer à la fine pointe de la levure et ingrédients de boulangerie internationale du marché. une série de percées technologiques et des innovations, soutenues par l'établissement d'un réseau efficace ventes à l'exportation, a permis à Lesaffre d'atteindre une croissance soutenue. Un maître reconnu dans le domaine des bio-industries, Lesaffre se structure autour de

ses activités de base: la levure, le malt, et de bio-conversion. Afin d'être géographiquement proche de ses clients et à mesure de leur offrir le meilleur service possible, Lesaffre a pu s'établir sur une base à travers le monde à travers les cinq continents. Durant les années 1950, Lesaffre a commencé à développer une nouvelle gamme d'extraits de levures, enzymes, et d'autres additifs pour la boulangerie et les marchés d'autres aliments.

Lesaffre a lancé son entrée en Amérique du Nord en 1976, l'introduction d'une nouvelle marque, SAF levure instantanée pour les marchés américain et canadien. La compagnie a d'abord fourni ces marchés avec de la levure exportés de ses principales installations européennes. Dans le début des années 1980, la société a décidé de se rapprocher de ce marché à croissance rapide. La compagnie a ajouté sa première usine nord-américaine au Mexique en 1981.

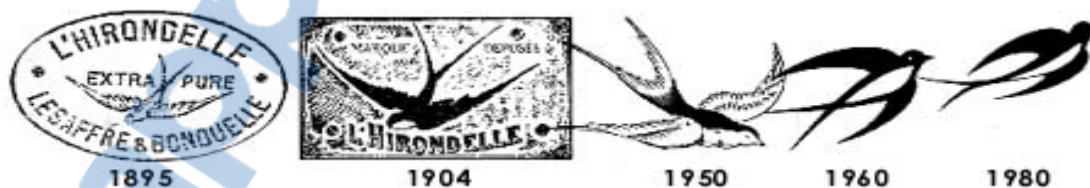
Au fil des générations, l'entreprise s'est progressivement affirmée comme un grand groupe spécialisé dans le domaine de la biotechnologie. Toujours soucieux de préserver son indépendance financière et la rentabilité, Lesaffre a pour objectif de fournir à ses clients avec des produits de qualité supérieure au meilleur coût de fabrication, tout en respectant en même temps les deux valeurs de l'homme et l'environnement. Lesaffre est aujourd'hui leader mondial dans la production d'extraits de levure et la levure.

Aujourd'hui :

- Lesaffre Group est le leader mondial dans la branche de production de levure. La levure liquide, la presse et de la levure sèche produite par Lesaffre Group sont vendus dans le monde entier. Au cours de son développement, l'entreprise concentre ses efforts sur la modernisation et l'amélioration continue de la technologie de la production de levure.
- Lesaffre Group est le leader mondial des extraits de levure de production qui sont utilisées par les usines pour l'amélioration du goût du produit. Lesaffre Group accorde la grande importance des découvertes scientifiques et la création de nouveaux types d'améliorants de panification. Pour satisfaire la demande des boulangers Lesaffre Group produit différents types d'améliorants de panification, démarreurs pour levain et levains.

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

A l'heure actuelle plus de 100 ans, le l'hirondelle (l'hirondelle) - le logo du Groupe Lesaffre - est le symbole de haute qualité de la levure pour de nombreux acheteurs du monde entier.



Lesaffre fabrique et commercialise au Maroc la levure et les améliorants de panification des marques suivants :

- Jaouda pour la levure fraîche.



- Rafia et nevada pour la levure sèche.



- Ibis et magimimix pour les améliorants : l'améliorant de panification apporte au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume, de texture et couleur de mie, d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr de goût.



II-Description et activité de laboratoire :

Le laboratoire d'analyses « lesffre maroc » figure parmi les principaux compartiments de l'industrie, puis qu'il assure le contrôle du côté hygiène et qualité du produit, il dispose d'un système d'épuration d'air, un personnel hautement qualifié et expérimenté, un climat professionnel et encourageant , et la vaillance d'un chef dont le plus grand souci est la qualité des analyses et la sensibilisation permanente des techniciens aux principes et règlements relatives à l'hygiène.

Ce laboratoire joue un rôle important dans la démarche qualité en effectuant des contrôles depuis la réception des matières jusqu'à la livraison aux clients. Il est constitué de deux laboratoires :

➤ 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 :

- 1-salle de stockage des matières premières.
- 2- salle des pathogènes où sont effectuées les analyses des germes pathogènes.
- 3-salle de préparation des milieux de culture.
- 4-salle d'analyse microbiologiques bien équipée.

➤ Laboratoire physico-chimique :

Il est équipé de matériel sophistiquée, alimenté de différent types d'eaux (eau adoucie, eau distillée, eau RADEFF) utilisé selon les besoins, et fait appel à un personnel qualifiée effectuant quotidiennement des analyses physico-chimiques tous en respectant les consignes de responsable de laboratoire.il est divisé en trois parties :

- 1-salle de panification où s'évalue la force panaire ou bien le pouvoir fermentant de la levure.
- 2-salle de stockage des matériaux et des matières premières.
- 3-salle d'analyse physico-chimique où s'effectuent les analyses d'azote, de phosphate, de mélasse et d'eau.

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

partie bibliographique

la levure

I- La découverte de la levure:

Les Egyptiens utilisaient la levure lors du processus de fermentation pour la production des boissons alcoolisées et pour lever la pâte du pain.(5)

Dès le 17eme siècle, la levure utilisée dans les pays européens provenait de brasserie. Les levures étaient de qualité moyenne et ne se conservent pas bien.

Au 18eme siècle, deux souches de levures utilisées en brasserie étaient identifiées: *Saccharomyces cerevisiae*, et [*S. carlsbergensis*](#).

C'est en 1857 que Louis Pasteur prouve que la fermentation est engendrée par des organismes vivants qui sont les levures. Il a démontré que la cellule de levure peut vivre avec ou sans oxygène, et qu'elle contribue à la production des arômes et des saveurs du pain.(5)

A la fin de 20eme siècle se développa une industrie spécifique pour production de levure à la suite des travaux de pasteur qui démontra l'importance de l'aération pour obtenir une biomasse importante.



Louis Pasteur (1822-1895)

Biologiste français

II-définition et généralité :

1-Définition :

La levure est un organisme eucaryote [unicellulaire](#) responsable de la [fermentation](#). Les levures interviennent dans la brasserie, la vinification, la panification et la production d'antibiotique.(2)

Grace à ses enzymes, la levure assure la transformation des sucres en alcool et dioxyde de carbone.

Ces [micro-organismes](#) sont des formes variables selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille ou triangulaire) mais généralement ovales, de taille comprise entre 6 à 50 microns, Elles se multiplient par [bourgeoisement](#) ou par fission ([scissiparité](#)), sont souvent capables d'accomplir une [sporulation](#) soit dans un but de [dormance](#) en milieu défavorable, soit dans un but de dispersion.(2)

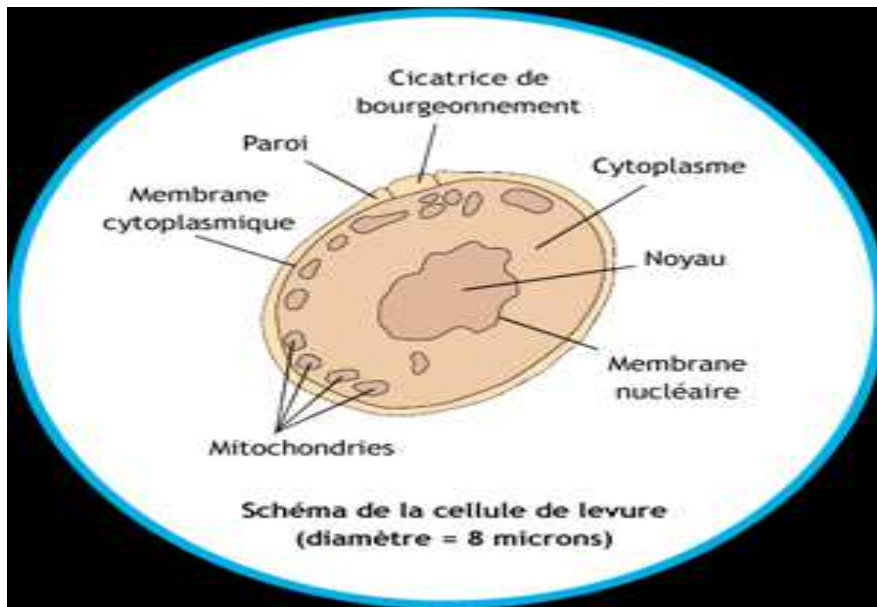


Figure n°1 : structure d'une cellule de levure

Une cellule de levure est constituée de :

- Une membrane cytoplasmique : protégée par la paroi cellulaire, elle assure les échanges avec le milieu extérieur.
- Un cytoplasme, une sorte de gelée.
- Un noyau : contient les chromosomes, ces derniers régulent la transmission des caractères héréditaires et l'essentiel des réactions qui se produisent à l'intérieur de la cellule.
- Vacuoles : emmagasinent les substances de réserve.
- Mitochondries : sont des véritables centrales énergétiques de la cellule lorsque celle-ci fonctionne en présence d'oxygène. Leur rôle est d'utiliser les sucres mis à la disposition de la levure pour produire de l'énergie et permettre ainsi à la cellule d'assurer sa croissance.
- Des ribosomes : sont des petites structures présentes dans le cytoplasme des cellules. Ce sont eux qui assemblent les acides aminés pour former les protéines.

Le terme courant de levure désigne généralement le genre *Saccharomyces* (levure de [bière](#) ou levure de [boulangerie](#)). Il existe beaucoup d'autres genres de levures ; le plus connu est le genre *Candida* qui possède un pouvoir pathogène chez l'homme, il est responsable des [mycoses](#) de type [candidoses](#).

Il existe plus de 500 espèces de levure mais seulement une minorité a une importance commerciale. Parmi elle, la *Saccharomyces cerevisiae*.

2-Mode de reproduction :

Les modes de reproduction varient en fonction des espèces de levures elles peuvent se multiplier par :

- **Scissiparité** : fission d'une cellule de levure en deux cellules filles identiques à la cellule mère.
- **Bourgeonnement** : la plupart des levures se reproduisent par bourgeonnement, une petite hernie apparaît en un point de la surface d'une cellule mère, grossit et s'étrangle. le bourgeon (cellule fille) se détache, grossit et bourgeonne à son tour.



Figure n°2 : cellule de levure en bourgeonnement.

3-Condition optimale de croissance :

- **Matières premières** : Les matières premières utilisées doivent répondre aux exigences nutritionnelles imposées par la croissance et la multiplication des cellules de levure. Si la levure est produite sur un milieu de composition définie, à base de glucose comme substrat carboné et de sels d'ammonium et de phosphate comme source d'azote et de phosphate, le milieu de culture devra être complété par un apport de sels minéraux, de vitamines et d'oligoéléments.
- **La température** : la température optimale de cultures de levures se situe en générale entre 25°C et 30°C, mais comme les autres microorganismes, les levures peuvent être classées en levures psychrophiles, mésophiles et Thermophiles. d'une façon générale, les levures ne sont pas thermorésistantes, la destruction cellulaire commence dès 52°C .
- **Oxygène** : toutes les levures sont capables de se développer en présence d'oxygène (il n'y a pas des levures anaérobies stricte.
- **Activité d'eau** : la plus part des souches ne peuvent se développer pour une activité de l'eau inférieure à 0,90, mais certaines tolèrent des pressions osmotiques plus élevées : ces levures sont dite xérotolérantes.
- **pH** : les levures tolèrent des gammes très larges du pH, théoriquement de 2,4 à 8,6.

III-les levures d'intérêt industriel :

Les levures sont capables de réaliser la fermentation des sucres. Plusieurs transformations très importantes des produits agricoles s'effectuent sous l'action des levures. Ainsi, les saccharomyces provoquent la fermentation alcoolique au cours de la vinification en transformant les sucres des mûts de raisin en alcool et en gaz carbonique.

Tableau n°2 : Principales levures et leurs applications

Espece de levures	Produit obtenus et application
Saccharomyces Sereviciae	Pain(la levure de boulangerie joue un rôle dans l'hydrolyses des polysaccharides et des protéines contenus dans la farine ; la production de CO2 permet de faire lever la pate de pain).
Saccharomyces Sereviciae	bière

Saccharomyces Caslsberfensis	
Saccharomyces Sereviciae Saccharomyces Ellipsoideus Genres Kloechera, Hansenula, Hanseniospora	Vin (les premières étapes de processus de vinification : production d'alcool a partir de moût de raisin)
Kluyveromyces Fragilis Kluyveromyces Lactis	Fromages
Condida Utilis	Levure alimentaire

VI-Métabolisme :

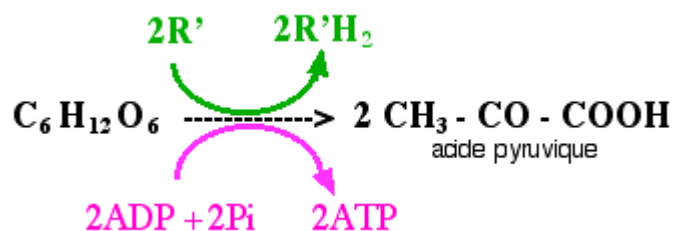
Saccharomyces peut produire l'énergie indispensable à sa survie ainsi qu'à sa reproduction de deux manières différentes, selon le milieu ambiant. Ces deux modes de production d'énergie sont :

1-Respiration :

Lorsque la levure se trouve en présence d'air (en aérobiose) ,elle produit a partir du sucre et de l'oxygène du gaz carbonique CO₂ de l'eau et une grande quantité d'énergie.(2)



- ❖ **PREMIERE ETAPE :** (la glycolyse dans le cytoplasme) C'est une suite complexe de réactions enzymatiques spécifiques qui dégradent une molécule de glucose (à 6 atomes de carbone) en deux molécules d'acide pyruvique (à 3 atomes de carbone):



- ❖ **DEUXIEME ETAPE DANS LA MATRICE DES MITOCHONDRIES :** La dégradation des métabolites amorcée dans le cytoplasme, se poursuit dans les mitochondries: **dans la matrice**, l'acide pyruvique est totalement dégradé sous l'action d'enzymes

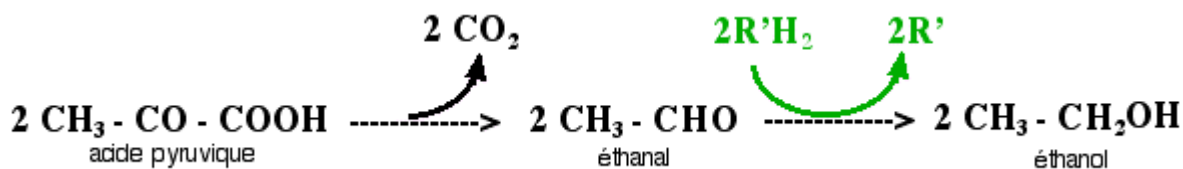


2-Fermentation :

La fermentation débute dans le cytoplasme par la glycolyse:



Dans le cas de la fermentation alcoolique, l'acide pyruvique est d'abord dicarboxylé (perte de CO₂), le métabolite qui en résulte (l'éthanal) est ensuite réduit en éthanol avec régénération du transporteur.



V-les 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'étape où chacune servira pour ensemercer l'étape suivante.

1-Ensemencement :

Chaque mois, la société reçoit de la France deux souches *Saccharomyces cerevisiae*, une pour la levure fraîche, et l'autre pour la levure sèche.

Chacune des deux souches est ensemencée dans 30 tubes contenant de la gélose nutritive spécifique à la croissance de la levure cette étape, très sensible doit être réalisée en condition aseptiques afin d'écartier tout risque de contamination.

Puis le contenu est transvasé dans un petit ballon 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 ballon plus grand appelé « Carlsberg » où les cellules subissent une deuxième multiplication.

2-Fermenteur de 800L :

Le contenu de Carlsberg est versé dans un fermenteur de 800L dans lequel la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif.

3-Pre fermentation :

Le contenu de la 800 L est versé dans un fermenteur alimenté en éléments nutritifs de façon continu avec un débit réglé selon les besoins :

- Eau
- Mélasse stérile
- Sels minéraux (azote sulfate phosphate
- Éléments présent en petit quantité (vitamines et les oligominereux)

4- fermentation :

A la fin de prefermentation , on obtiens un mou qui sera transféré dans un fermenteur plus grand contenant un milieu nutritif bien spécifique et après 14H à 16H de fermentation on obtient la levure mère qui va subir une séparation pour obtenir une crème qui servira à l'ensemencement d'autres fermenteur plus grands pour donner la levure commerciales

Durant cette fermentation il faut contrôler le pH, le taux d'alcool et la température afin d'obtenir une levure de bonne qualité avec un bon rendement.

5-Séparation :

La séparation est réalisée après l'obtention de levure mère et de levure commerciale.

Le mout 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 mout délavure : c'est le milieu nutritif sous forme de liquide léger, il sera rejeter par les égouts.

6-Stockage :

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.

7-Filtration :

La filtration consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver de tout risque de contamination, elle est effectuée sous vide par un filtre rotatif à couteau racleur contenant une couche filtrante d'amidon dont le but est de ne laisser passer que l'eau.

8-Séchage :

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

- **SPH** : nécessite un séchage à 45°C pour environ 4 heures pour une quantité de 400 kg.

- **SPI** : nécessite une durée de séchage réduite, environ 20 min pour une quantité de 1000 Kg.

9-Emballage :

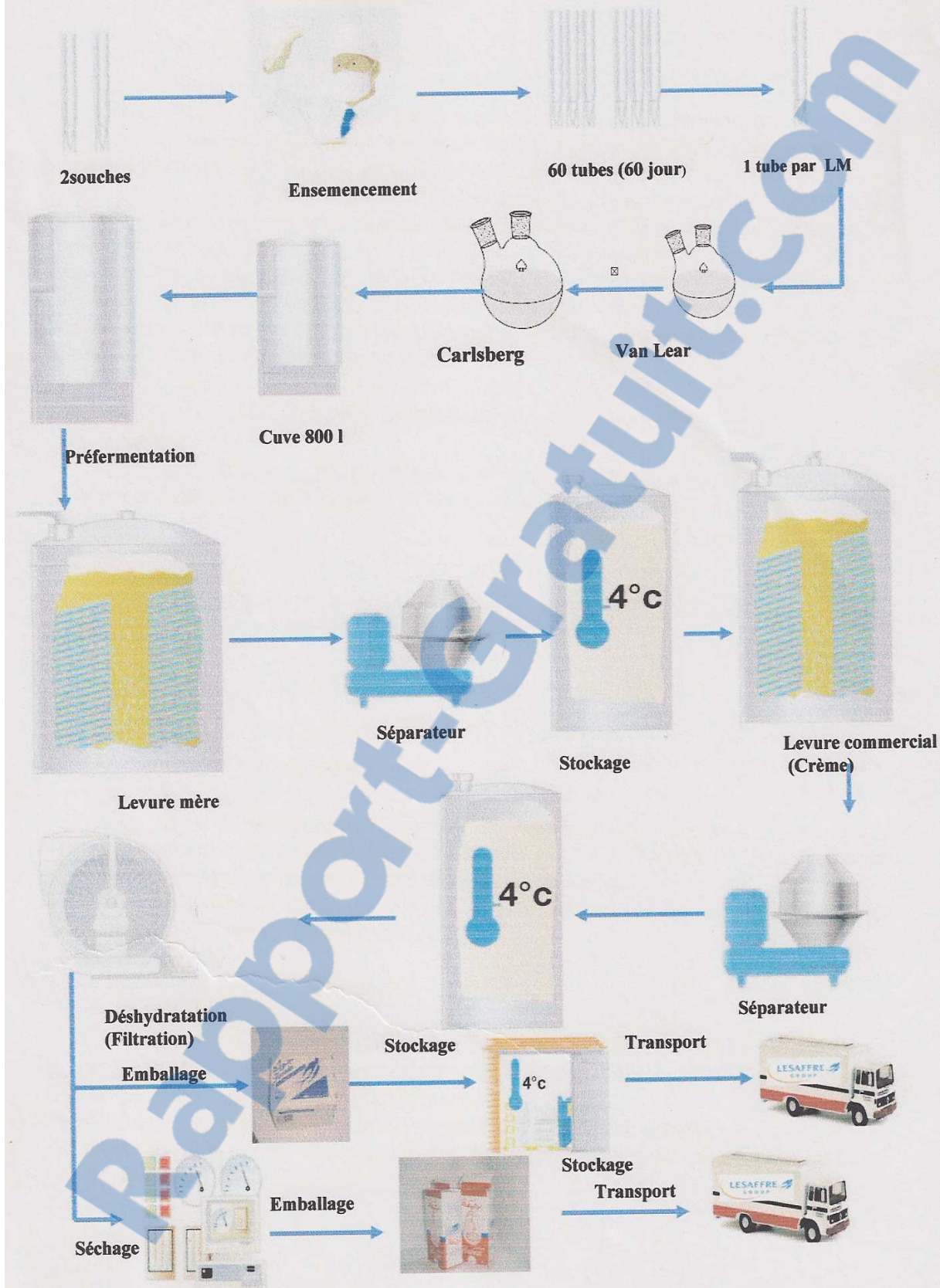
- Pour la levure sèche : après séchage, la levure passe dans un appareil de conditionnement spécifique qui aspire l'air (oxygène) des paquets pour une conservation de longue durée.
- Pour la levure fraîche: l'emballage de la levure pressée s'effectue à l'aide d'une machine spéciale appelée « boudineuse » constituée à la fois, d'un malaxeur, et d'une enveloppeuse. le gâteau obtenu après filtration est envoyé à la boudineuse pour obtenir un produit fini sous forme de boudins de 500 g qui seront mis en cartons, ces derniers seront disposés sur des palettes de manière à garder du vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

10-conservation :

- stockage de la levure sèche a l'air ambiant.
- stockage de la levure dans la chambre froide ($T = 4^{\circ}\text{C}$).

N.B : dans les premières étapes de la fabrication de la levure, la fermentation se déroule en discontinue « batch », mais à partir de la prefermentation, la fermentation devient semi-continue « Fed batch ».

III. Processus de fabrication



les tours de refroidissement

1-aperçue générale sur les tours de refroidissement :

Depuis les temps anciens l'eau est utilisée comme un élément essentiel pour refroidir un produit ou les équipements d'un procédé de fabrication.

Au cours de ces dernières années, l'utilisation de l'eau pour le refroidissement s'est développée en fonction de considération portant sur l'environnement et sur des mesures conservatoires.

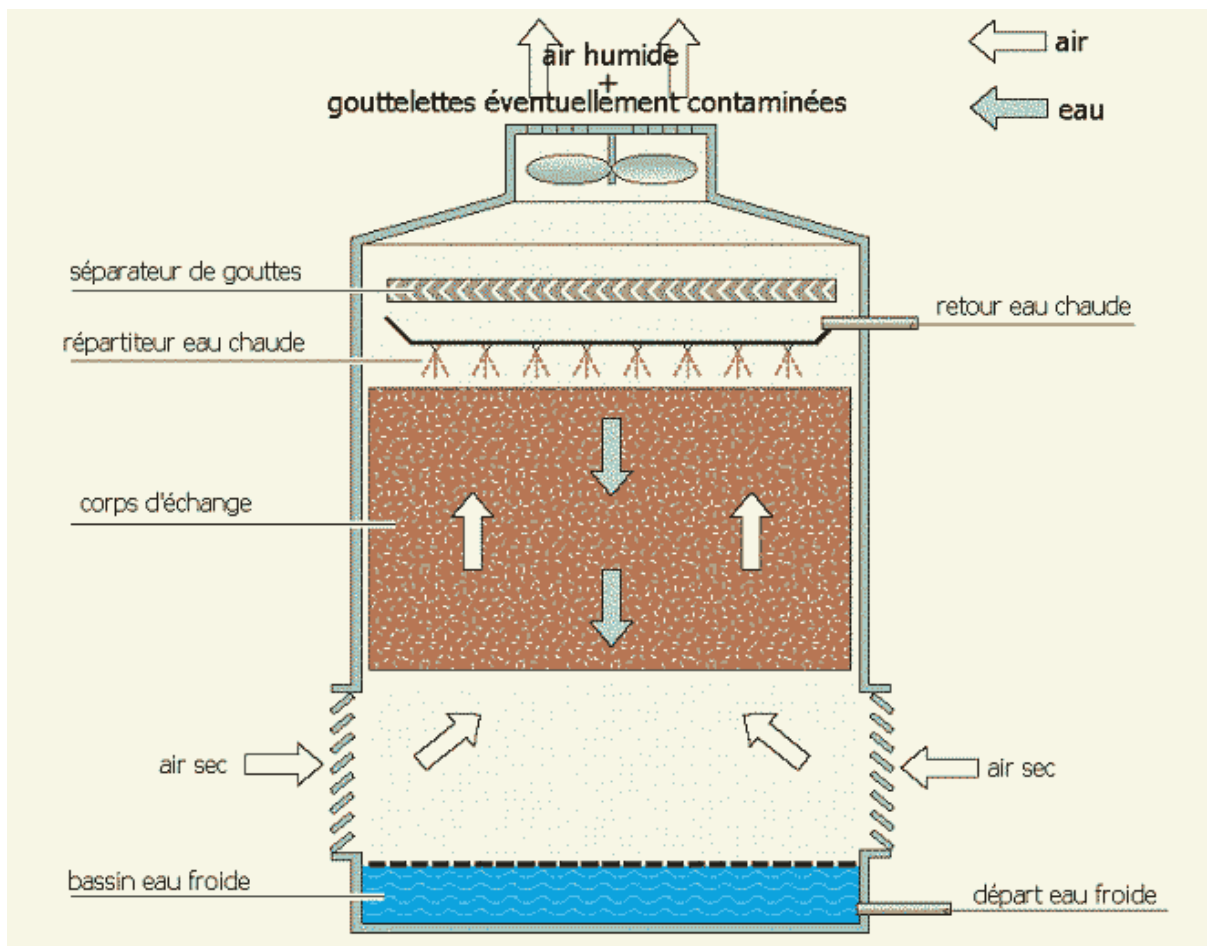
Les tours de refroidissement dépendent au besoin croissant d'économiser l'eau et l'électricité.



Les tours de refroidissement sont des dispositifs qui ont pour fonction d'évacuer vers le milieu extérieur la chaleur issue de systèmes de [refroidissement](#) (climatisation ou [procédé industriel](#)) en pulvérisant de l'eau chaude dans un flux d'air. Cette eau tombe par gravitation à l'intérieur d'un flux d'air frais remontant dans la tour. Cette circulation d'air permet de refroidir l'eau. (2)

Les principaux éléments constitutifs d'une tour de refroidissement classiques : (5)

- un système de distribution dont le rôle est de disperser de manière uniforme l'eau sous forme de gouttelettes
- le corps d'échange ou garnissage encore appelé « packing », dispositif au travers duquel se fait le transfert thermique entre l'air et l'eau.
- Le pare gouttelettes ou séparateur de gouttes installé en sortie d'air de la tour aerorifrigérante, conçu pour retenir l'entraînement vésiculaire.
- Le bassin situé en partie basse de la tour pour récupérer l'eau refroidie.
- La ventilateur qui assure un écoulement continu d'air , il peut être situé en partie haute ou basse de la tour aeroréfrigérante.
- Eventuellement un ou plusieurs échangeurs et une pompe assurant la circulation de l'eau.



II-les types des tours de refroidissement :

Tours a circuit ouvert :

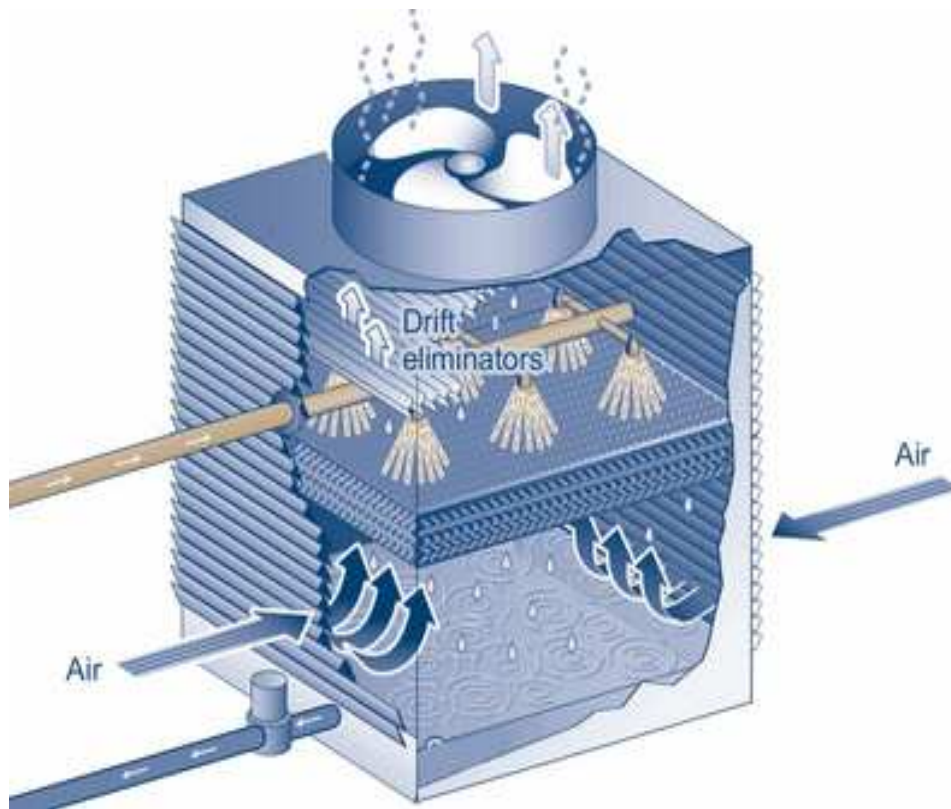


Schéma d'une tour de refroidissement a circuit ouvert

- Le refroidissement est basé sur un principe naturel simple. l'[eau](#) à refroidir est pulvérisée en fines gouttelettes au niveau des rampes de distribution. L'eau s'écoule sur une surface d'échange, le "packing", qui, de par sa structure, augmente les surfaces de contact entre l'[air](#) et l'[eau](#) et donc l'échange thermique. L'eau refroidie est collectée dans un bassin de rétention en bas de la tour avant de retourner vers l'échangeur ou le procédé à refroidir.(4)

Tours a circuit fermé :

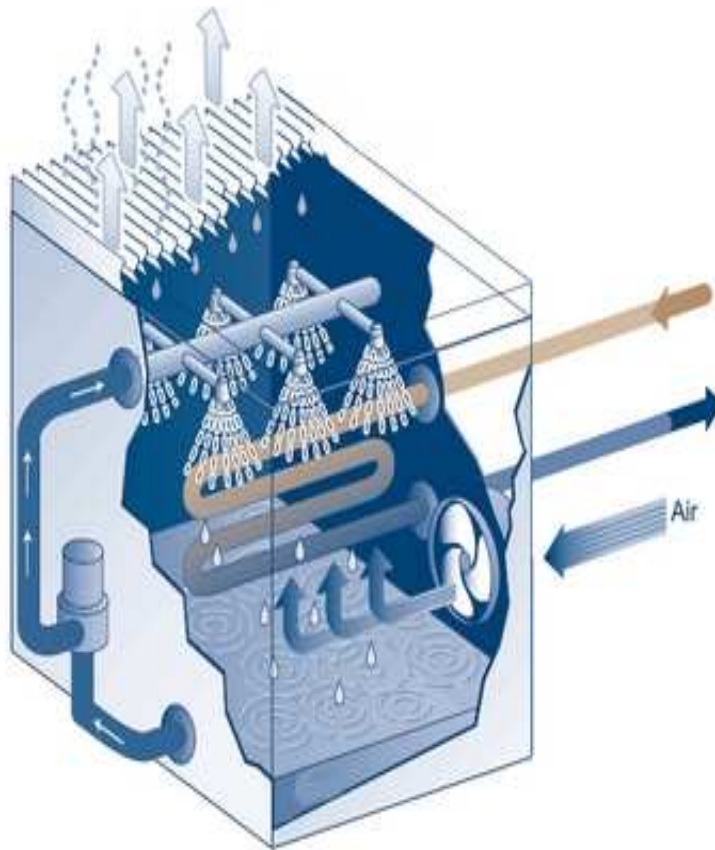


Schéma d'une tour de refroidissement a circuit fermé

- Une tour de refroidissement à circuit fermé se compose pratiquement des mêmes éléments qu'une tour de refroidissement à circuit ouvert à l'exception d'une pompe qui puise l'eau dans le bac de rétention et la pulvérise sur un échangeur intérieur à la tour. Le refroidissement est assuré comme dans un tour ouverte, par évaporation d'une partie de l'eau de pulvérisation.(4)
- En matière de gestion du risque, la tour fermée avec échangeur arrosé offre donc de nombreux avantages. Ce principe permet ainsi de confiner l'eau de pulvérisation à la seule tour de refroidissement. Le circuit primaire est fermé et totalement confiné, sans entrer en contact avec l'air.).

III-Traitement de l'eau :

Comme l'eau s'évapore dans l'appareil. La concentration des solides dissous augmente rapidement. En outre, les impuretés en suspension dans l'air et les polluants biologiques peuvent entrer dans l'eau de circulation.(3)

Afin de contrôler tous les polluants potentiels, il faut mettre en œuvre un programme de traitement d'eau. Une simple purge de déconcentration peut parfois suffire à contrôler l'entartrage et la corrosion. Cependant, le contrôle des polluants biologiques et des bactéries ne peut se faire que par la mise en œuvre d'un traitement biocide.

Quelle que soit la méthode de traitement utilisée, elle doit répondre aux critères suivants:

- être efficace contre tous les micro-organismes
- travailler vite
- avoir un effet résiduel
- être rentable
- être facile à utiliser
- avoir un impact minimal sur l'environnement

1- Les germes trouvés dans les eaux des tours de refroidissement:

➤ Bactéries totales (B.T) :

Les bactéries totales correspondent à l'ensemble des bactéries capable de se multiplier à l'air aux Température moyenne. Elles sont un indicateur microbiologique qui permet d'évaluer la charge bactérienne globale présente dans l'eau.

➤ Levures sauvages (L.S):

les levure sauvages sont l'ensembles des champignon autre que la souche *saccharomyces cerevisiae* , mais sont plus souvent une espèce de *saccharomyces* ou l'un de plusieurs autre genre de levure (par exemple *candida*, moisissures,...). Elles sont trouvées naturellement dans l'air ou sur la végétation.

➤ Les coliformes totaux (C.T) :

Les coliformes totaux sont des bactéries qui se trouvent dans l'environnement et dans l'intestin des humains et des animaux, ainsi que le sol et l'eau. La présence des bactéries coliformes totaux sont un bon indicateur de la contamination qui peut entraîner des maladies graves.

2- Les différents types des désinfectants :

La désinfection peut être réalisée par des désinfectants physique ou chimique.

1.1-Désinfectants chimique :

Il existe plusieurs types de désinfectants chimiques, mais les plus importants sont les suivants :

➤ Chlore :

Le chlore permet de perturber la formation d'un biofilm, mais pas de l'empêcher. De nombreux sous-produits chlorés sont générés lors de la chloration, en particulier dans les eaux à charge organique .

Avantages

- Stockage simple du désinfectant
- Technique de dosage éprouvée
- Possibilité de mesure en ligne

Inconvénients

- L'efficacité dépend de la valeur pH
- Une résistance des bactéries au chlore peut se créer
- Formation de sous-produits chlorés

➤ **dioxyde de chlore :**

Le dioxyde de chlore est un désinfectant qui remplace de plus en plus fréquemment le chlore dans les circuits de refroidissement en raison de ses nombreux avantages par rapport à ce dernier. Son action est plus forte et, surtout, ne dépend pas de la valeur pH de l'eau.

Avantages

- Action de désinfection efficace indépendamment de la valeur pH ; par conséquent, moins de corrosion
- Aucun sous-produit chloré.

➤ **L'ozone :**

L'ozone est parfaitement adapté au traitement des eaux présentes dans les circuits de refroidissement fermés et ouverts, en tant qu'agent de désinfection le plus puissant utilisé dans le traitement de l'eau.

Avantages

- efficacité élevée malgré des concentrations réduites pour chaque pH, et donc moins de corrosion
- pas de formation de souche résistante
- coûts de fonctionnement réduits
- très écologique, pas de produits secondaires indésirables

Inconvénients

- durée de vie courte
- mauvaise solubilité dans l'eau

➤ **l'hypochlorite de sodium :**

La désinfection à l'hypochlorite de sodium correspond à une chloration. Etant donné que de nombreux microorganismes développent une résistance contre le chlore, le désinfectant n'est pas ajouté en continu mais par séquence, en concentration inférieure ou égale à 10 ppm. Pour éviter le phénomène de résistance, un traitement périodique avec un deuxième biocide est généralement appliqué. Pour une désinfection efficace au chlore, une valeur pH de 7,5 au maximum est requise, bien que des valeurs supérieures soient souvent souhaitables pour des raisons de protection anti-corrosion.

1.2-Désinfectants physiques :

les désinfectants suivants peuvent être utilisés:

- [Lumière ultraviolette](#) (UV)

- Radiation électronique
- Ultrasons

3- Le mécanisme de désinfection:

La désinfection a généralement lieu grâce à une altération de la paroi des cellules des microorganismes, ou change la perméabilité des cellules, l'activité enzymatique ou protoplasmique (à cause d'un changement de structural en enzymes). Ces perturbations dans l'activité des cellules empêchent les microorganismes de se développer de nouveau.. Les désinfectants oxydants démolissent aussi la matière organique de l'eau, entraînant un manque en aliments.

La société lesaffre Maroc utilise deux types des procédés de désinfection des eaux des tours de refroidissement :

- ❖ **Le procédé de désinfection préventive** : vise à empêcher tout développement d'algues, de bactéries et de champignons, l'injection de produits doit être hebdomadaire et il est conseillé une injection alternative de 2 produits afin d'éviter une éventuelle résistance des microorganismes. De plus, si la température extérieure est supérieure à 25°C pour laquelle le risque de développement des microorganismes est élevé, l'injection doit être plus fréquente, c'est-à-dire 2 fois par semaine. Le dénombrement des bactéries est conseillé avant et après le traitement.
- ❖ **Pour la désinfection choc ou curative** : c'est-à-dire le traitement de désinfection contre les algues, les bactéries et les champignons, un produit est injecté directement dans le bassin. La purge peut être éventuellement fermée. Ces réactifs sont des désinfectants organiques ou un composé minéral avec des propriétés algicide, bactéricide et fongicide. Le temps de traitement est fonction de la contamination et ne dure que 72 heures au plus.

L'efficacité des mesure de nettoyage et désinfections dépend des nombreux paramètres ; la technique et le choix des produits doivent être adaptés aux cas par cas (état général et conception du réseau, matériaux utilisés et compatibilités avec les désinfectants, température de l'eau...)

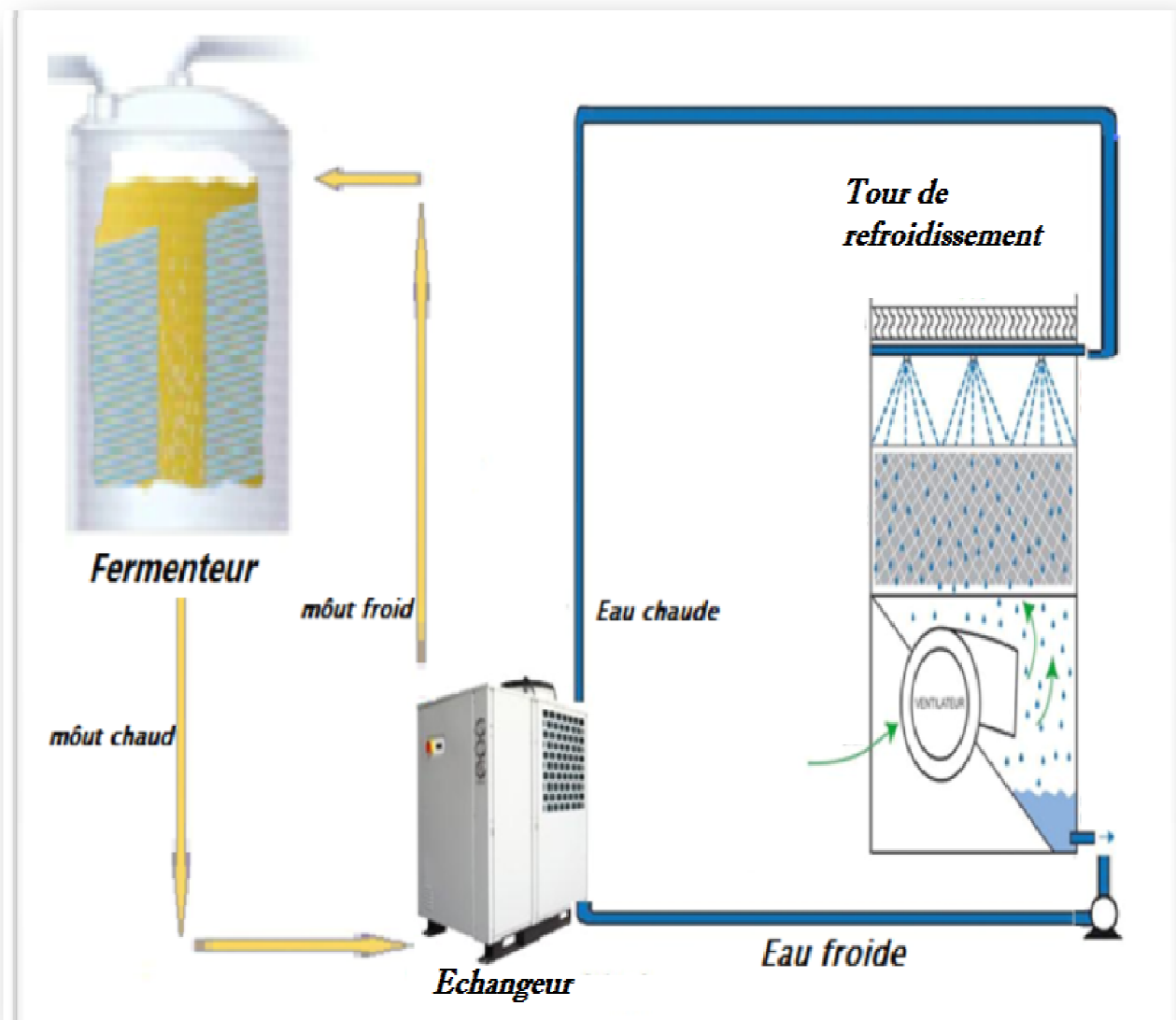


Schéma d'une tour de refroidissement et un échangeur et une tour de refroidissement

Partie pratique

Materiel et Methode

1-Matériels :

Les matériels utilisés sont :

Les échantillons :

- ✓ Eau de tour de refroidissement ALPHALAVAL.
- ✓ Eau de tour de refroidissement BALTIMOR.

Les milieux de culture : les milieux de culture utilisés sont (voir tableau 1)

- ✓ GNG.
- ✓ YM.
- ✓ Lysine.
- ✓ Desoxycholate .

Tableau I : Tableau représente les milieux de cultures utilisées et leurs compositions.

Milieu de culture	composition		pH	Usage
YM (YEAST Modes) gélose	-peptone de gélatine -Extrait de levure -Extrait de malt -Glucose -Gélose	5g 3g 3g 10g 20g	6,2 +/- 0,2	Dénombrement des levure de culture (Saccharomyces Sereviciae)

désoxycholate	- peptone - citrate de sodium - lactose - rouge neutre - désoxycholate de sodium - chlorure de sodium - hydrogénophosphate de potassium - agar	10g 1g 10 g 0,03 g 1g 5g 2g 13g	7,3 +/- 0,2	Dénombrement des coliformes en microbiologie alimentaire
Lysine	Lysine			Dénombrement des levures sauvages (les moisissures, candida,...)
GNG (gélose nutritive glucosé)	-peptone -extrait de levure -glucose -agar -vert de bromocresol	5,0 g 2,5 g 20,0 g 15,0 g 0,1 g	7 +/- 0,2	Dénombrement des bactéries totales

2-Methode :

2.1-Les germes à analyser :

➤ **Les bactéries totales (B.T) :**

Pour dénombrer les bactéries totales on utilise le milieu de culture GNG, c'est un milieu sélectif contenant le vert de bromocresole (antifongique) qui inhibe la croissance des champignons (levures et moisissure). il sera incubé à 30°C pendant 72 h.

➤ **Les levures sauvages (L.S):**

Pour dénombrer les levures sauvages nous avons utilisé la lysine (seules les levures sauvages dégradant la lysine peuvent se développer sur ce milieu). Il sera incubé à 30°C pendant 72 h. Couleur des colonies : blanches ou crème.

➤ **Les coliformes totaux (C.T) :**

Pour la recherche des coliformes totaux on utilise le milieu desoxycholate, ce milieu contient 2 inhibiteurs des bactéries Gram+ à faible concentration : le désoxycholate (sels biliaires) et le citrate de sodium. Il sera

incuber à 30°C pendant 48 h.
Couleur des colonies : rose violacé.

➤ Les levures de culture (L.C) :

Pour la recherche des levures culture nous avons utilisé le milieu de culture YM en ajoutant 1 ml d'oxytetracycline afin d'empêcher la croissance des bactéries. Incubation à 30°C pendant 72 h.

2.2-La prise d'échantillon:

Il n'y a pas de règles définies pour l'échantillonnage. Le critère prévu est que : Il est nécessaire que les échantillons soient représentatifs, on doit faire les prélèvements en flacon préalablement stérile pour éviter des contaminations extérieures.

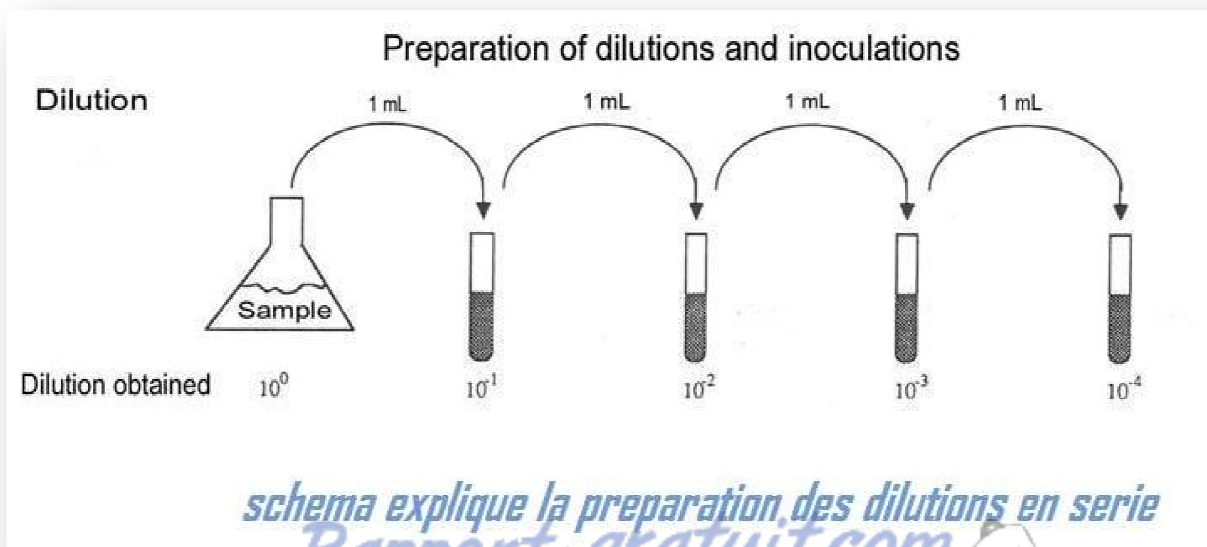
Les analyses doivent être faites le plus rapidement possible après leur prélèvements ou doivent être placés au frais (5 à 4°C) afin de stabiliser la flore microbienne.

Sur le site, Le prélèvement se fait quotidiennement par immersion d'un flacon stérile, sous la surface du bassin des tours de refroidissement.

2.3-Préparation des dilutions :

Il faut réaliser des dilutions successives, décimales et croissantes de telle façon qu'on puisse obtenir le nombre le plus favorable (entre 30 et 300 colonies) pour le dénombrement et la différenciation des colonies puisque l'on ne connaît pas à l'avance la concentration microbienne :

On réalise des dilutions à partir de la solution mère, 4 tubes contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile, avec une pipette stérile on ajoute 1 ml à partir de flacon qui contient la solution mère et on met dans le premier tube « c'est le tube de dilution 10^{-1} ». On continue de la même façon les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} .



schema explique la preparation des dilutions en serie
Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.4- Ensemencement en profondeur :

Cette technique a pour but d'effectuer le dénombrement des microorganismes pour évaluer le niveau de contamination de l'échantillon.

- Nous avons inoculé 1 ml d'échantillon ou 1 ml de chaque dilution préparées, en utilisant des pipettes stérilisées.
- On verse 15 ml de milieu de culture gélosé approprié à la température de 42°C à 48°C préalablement liquéfié dans un bain marie ; en évitant un chauffage prolongé.
- Puis on homogénéise immédiatement et doucement en effectuant plusieurs mouvements circulaires en forme de ∞ dans les deux sens pour bien mélanger l'inoculum; en évitant la formation de bulle d'air.
- On laisse refroidir jusqu'à solidification sur une surface plate à température ambiante.
- Puis on incube à l'étuve les boîtes renversées à 30°C.



Etuve

NB : pour ensemencement on profondeur double couche (cas des coliformes totaux), on procède de la même manière mais après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose.

- Après incubation, on dénombre les colonies (a l'aide d'un compteur colonie) afin de calculer le nombre des germes présent par ml d'échantillon. il faut compter les colonies spécifiques de chaque espèce ; cependant on ne garde que les boîtes représentant un nombre des colonies entre 30 et 300.



Compteur des colonies

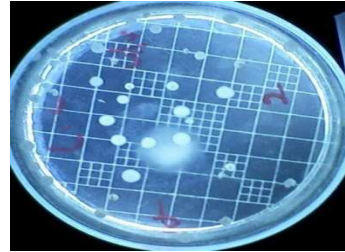
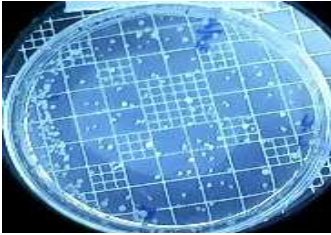
Les résultats sont exprimés en unité formant colonie par ml puisque chaque colonie peut résulter d'un microorganisme ou d'un amas. On peut calculer le nombre des germes :

$$\text{Nombre des germes} = \frac{\text{nombre des colonies}}{\text{volume ensemencé}} * Fd$$

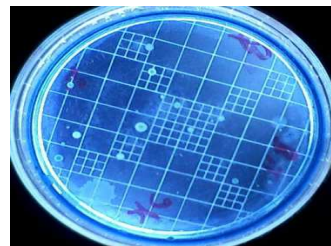
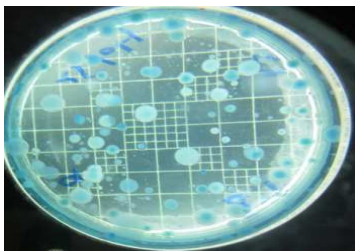
Fd : le facteur de dilution

Aspect des boîtes :

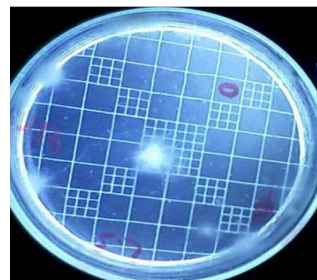
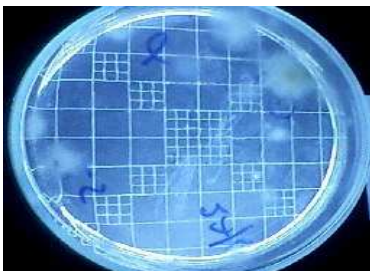
Levure cultures



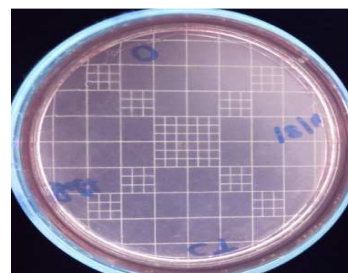
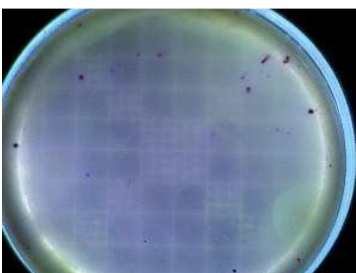
Bactéries total



Levures sauvages



Coliformes totaux



Résultats et interprétations

I-Evolution de la charge microbiologique des eaux avant traitement :

On a fait le dénombrement des bactéries totales (B.T), coliformes totaux (C.T), levures de culture (L.C) et levures sauvages (L.S) dans les eaux d'ALPHALAVAL et celle de BALTIMOR Au cours de la période du 18 Avril au 04 Mai afin de savoir si la charge est répond à la norme.

Tableau n°1 : dénombrement des germes des eaux des tours BALTIMOR avant traitement

Le tableau n°1 présente la charge des différents germes dans les eaux des tours BALTIMORE avant

Echantillons	GERMES (UFC/ml) / DATE DE PRELEVEMENT	C.T	B.T	L.C	L.S
1	18/04	0	0	51	-
2	20/04	0	$4 \cdot 10^2$	121	-
3	22/04	0	$28 \cdot 10^2$	34	28
4	23/04	0	$42 \cdot 10^2$	17	18
5	25/04	0	$56 \cdot 10^2$	$28 \cdot 10^2$	9
6	26/04	0	$94 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10^2$	18
7	27/04	0	$77 \cdot 10^2$	$300 \cdot 10^2$	4
8	28/04	0	59	62	2
9	30/04	0	$17 \cdot 10^2$	19	12
10	02/05	0	$93 \cdot 10^2$	20	70
11	04/05	0	$100 \cdot 10^2$	62	14

traitement. On constate que l'eau est chargée en bactérie total et levure culture. Elle est aussi contaminée par les levures sauvages .On remarque une absence des coliformes totaux.

Echantillon	GERMES (UFC/ml) / DATE DE PRELEVEMENT	C.T	B.T	L.C	L.S

1	18/04	0	200.10^2	100.10^2	
2	20/04	0	100.10^3	100.10^2	
3	22/04	0	100.10^2	50.10^3	36
4	23/04	0	250.10^2	200.10^3	13
5	25/04	0	300.10^2	100.10^2	12
6	26/04	0	80.10^3	33.10^2	9
7	27/04	24	80.10^3	64.10^2	15
8	28/04	0	24.10^2	60.10^2	27
9	30/04	3	100.10^2	200.10^2	14
10	02/05	10	300.10^2	23	26
11	04/05	0	61.10^2	39.10^2	33

Tableau n °2 : dénombrement des germes des eaux des tours ALPHALAVAL avant traitement

Les résultats du tableau n°2 montrent que les eaux d'ALPHALAVAL sont chargées en levures cultures et levures sauvages, ainsi les bactéries totales et coliformes totaux.

A- Les bactéries totales :

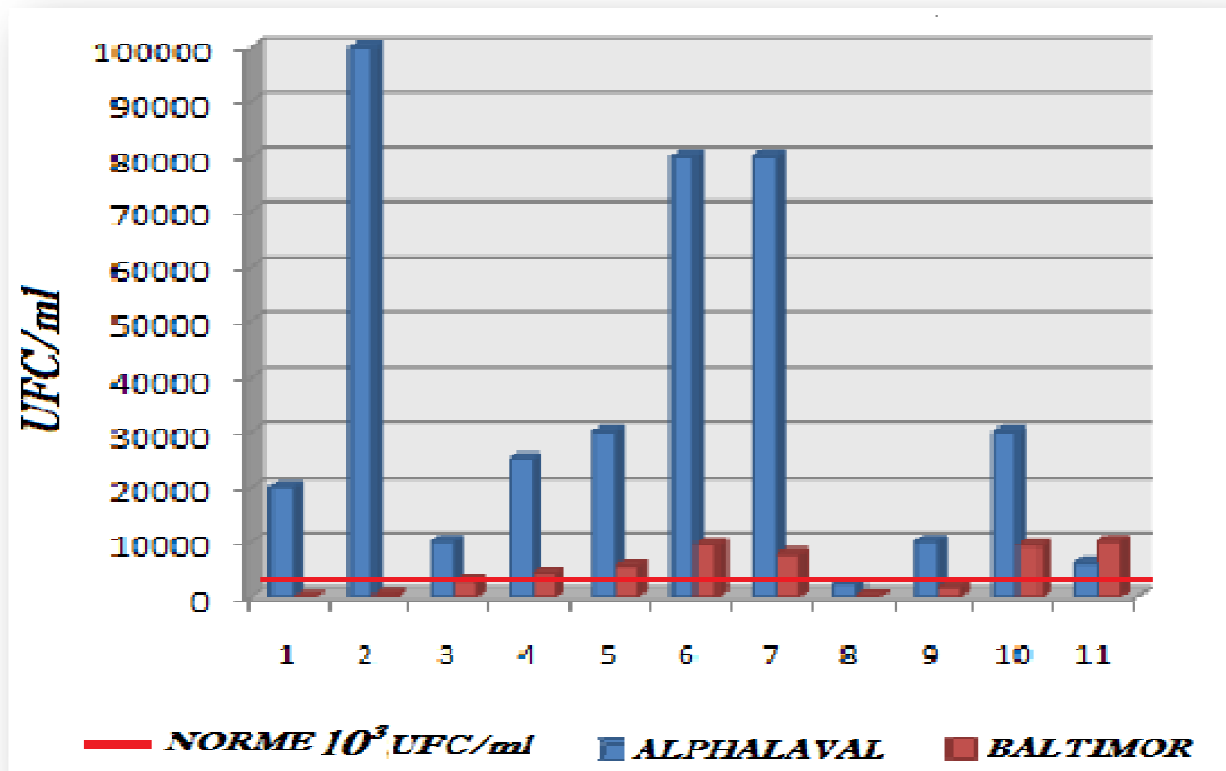


Figure n°1 : Evaluation de la charge en bactéries totales dans les eaux des tours ALPHALAVAL et dans celle de BALTIMOR

La figure n°1 montre que la charge en bactéries totales des eaux ALPHALAVAL est souvent largement plus élevée que la valeur de la norme exigée : Par exemple dans les échantillons 2, 6, 7 la charge en bactérie totales est presque cent fois plus élevée que la norme.

Par contre les charges des eaux des BALTIMOR ne dépassent pas toujours la norme.

B-Les coliformes totaux :

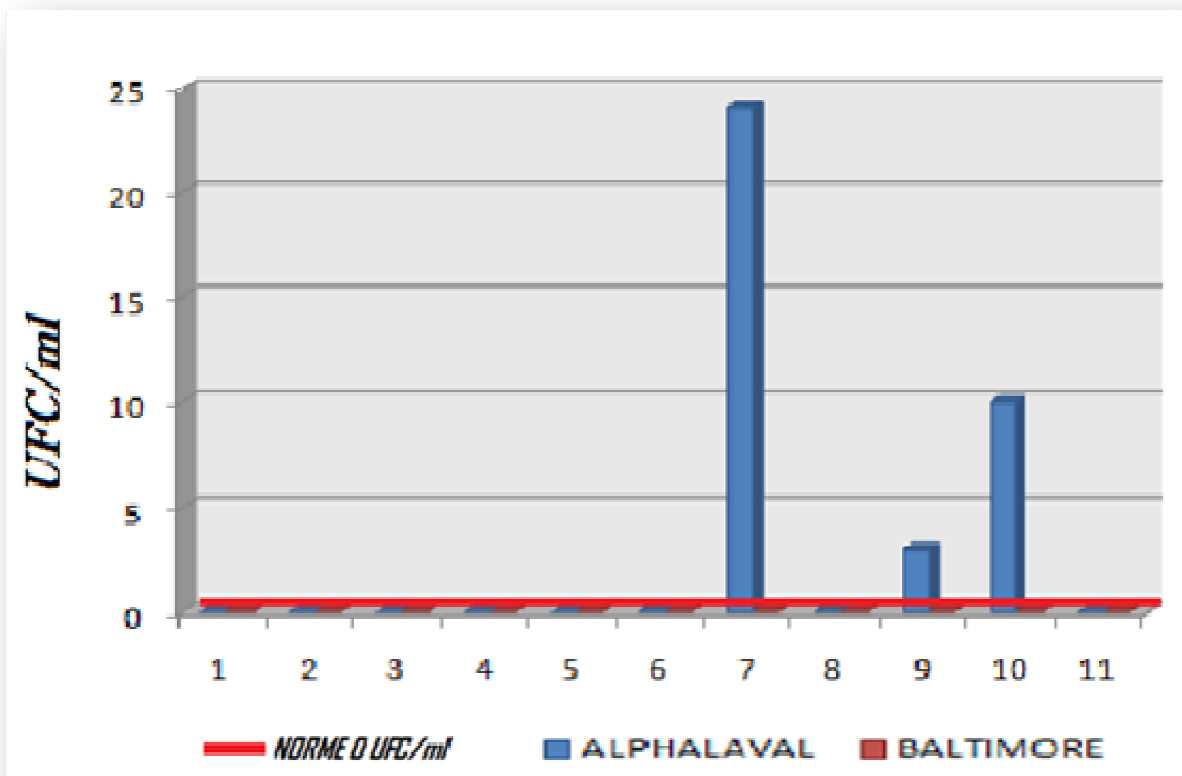


Figure n°2: Evolution de la charge des coliformes totaux dans les eaux d'ALPHALAVAL et BALTIMOR

La figure n°2 montre qu'il y a quelque fois, échantillons 7, 9 et 10, des contaminations des eaux d'alphalaval en coliformes dont les charges dépassent la norme.

C-Les levures de culture.

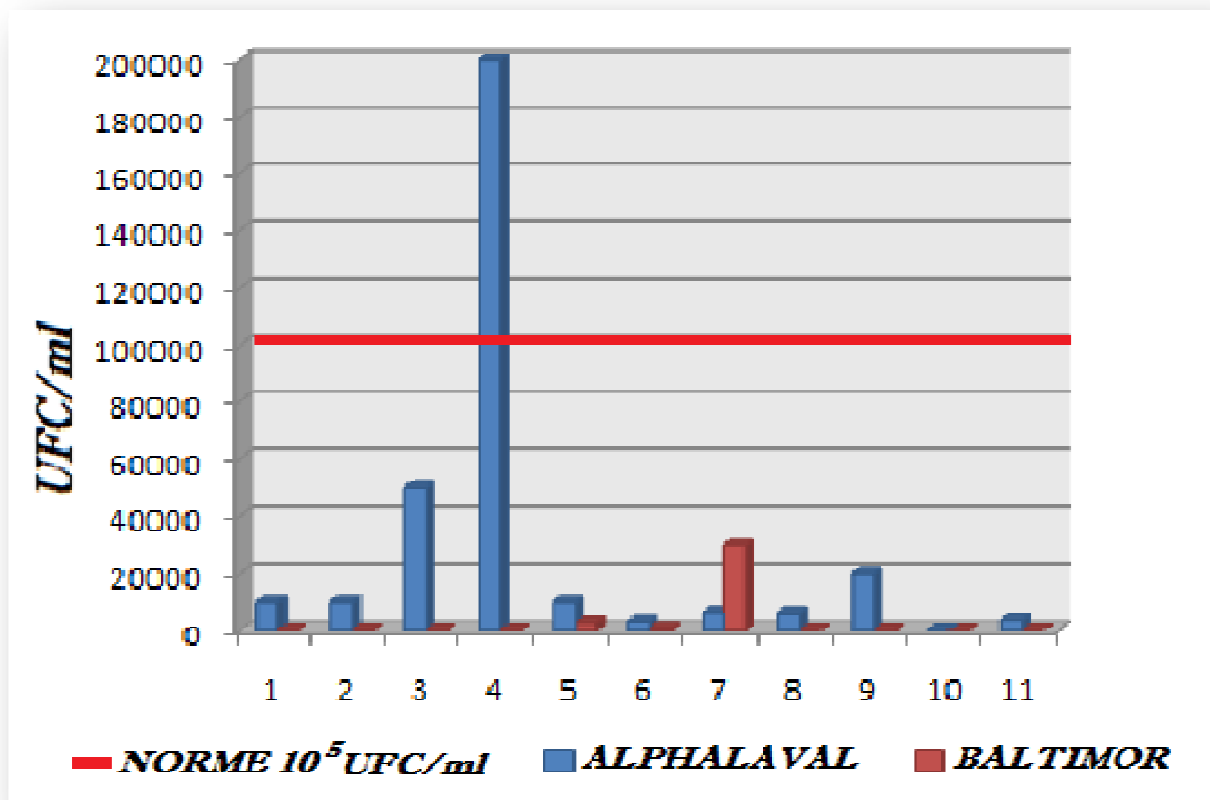


Figure n°3 : Evolution de la charge des levures culture dans les eaux ALPHALAVAL et dans celle de BALTIMOR

La figure n°3 montre que la charge de levure culture, évaluée dans les eaux de BALTIMOR est toujours très faible par rapport à la norme. Dans les eaux d'ALPHALAVAL la charge répond souvent aux normes sauf dans l'échantillon 4 où la charge est deux fois plus grande que la valeur de la norme.

D-Les levures sauvages :

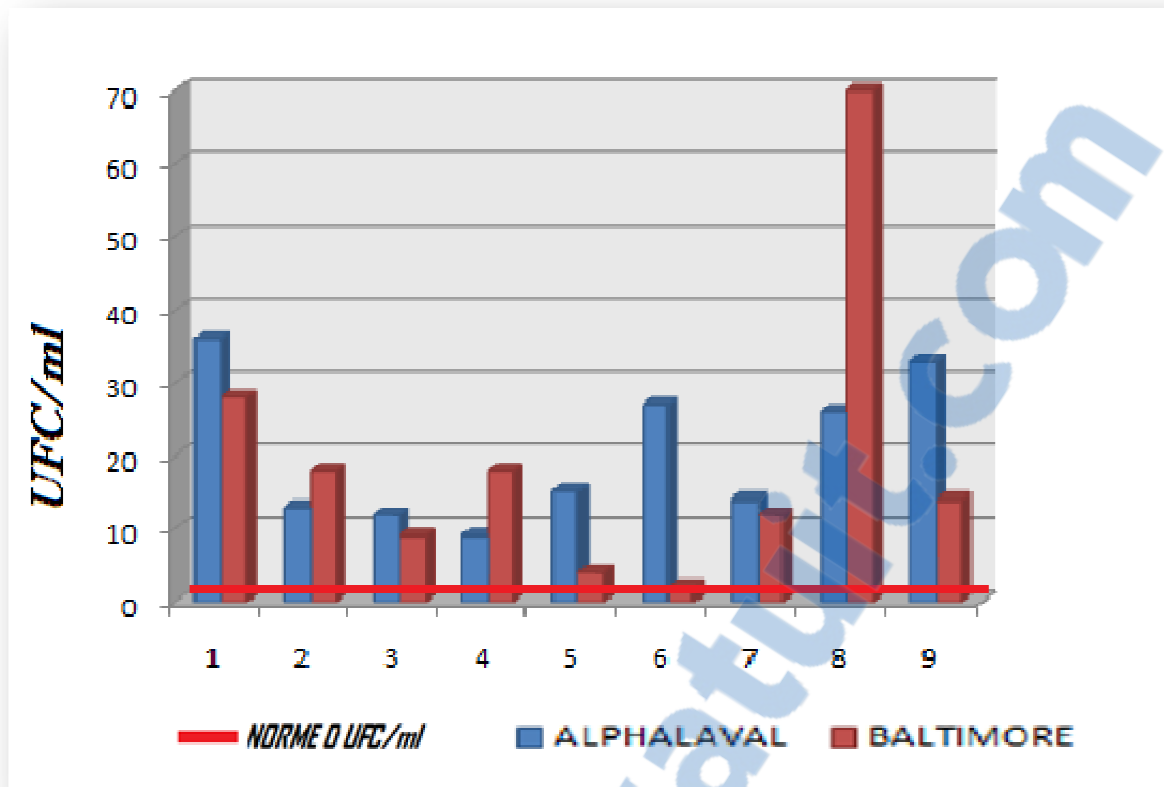


Figure n°4 : Evolution des levures sauvages dans les eaux d'ALPHALAVAL et celle de BALTIMOR

La figure n°4 montre que dans les tours la charge des eaux en levures sauvage est toujours plus élevée que les normes exigées.

Interprétation :

- ❖ A partir de ces résultats, nous avons pu constater que la charge microbienne des eaux d'Alpha Laval est assez importante par rapport à celle des eaux de Baltimore, cette différence de la charge est due au fait que les tours BALTIMOR se déversent dans la tour ALPHALAVAL.

II-Evaluation de la charge microbiologique des eaux après traitement :

Afin de minimiser le risque de contamination des fermenteurs et satisfaire ainsi les consommateurs, la société effectue un traitement des eaux des deux tours. Après traitement nous avons fait évoluer la charge en bactéries totales (B.T), coliformes totaux (C.T), levures de culture (L.C) et levures sauvages (L.S) dans les eaux d'ALPHALAVAL et celle de BALTIMOR. Au cours de la période du 05 mai au 16 mai, afin de savoir si le traitement est efficace pour tous les germes.

Tableau n°3: la charge microbienne des eaux du BALTIMORE après traitement

GERME(UFC/ml)/ DATE PRELEVEMENT	C.T	B.T	L.C	L.S
05/05	0	71.10^2	43.10^2	27
06/05	0	5.10^2	6.10^2	15
09/05	0	5.10^2	$1,23.10^2$	35
10/05	0	200.10^2	3.10^2	20
16/05	0	4.10^2	56.10^2	34

Tableau n°4: la charge microbienne d'ALPHALAVALE après traitement

A-L'effet du traitement des eaux sur la charge en levures sauvages :

GERME(UFC/ml)/ DATE PRELEVEMENT	C.T	B.T	L.C	L.S
05/05	0	22.10^2	3.10^2	6
06/05	0	31.10^2	276	15
09/05	0	75.10^2	2.10^2	14
10/05	0	0	0	0
16/05	0	70.10^3	148	13

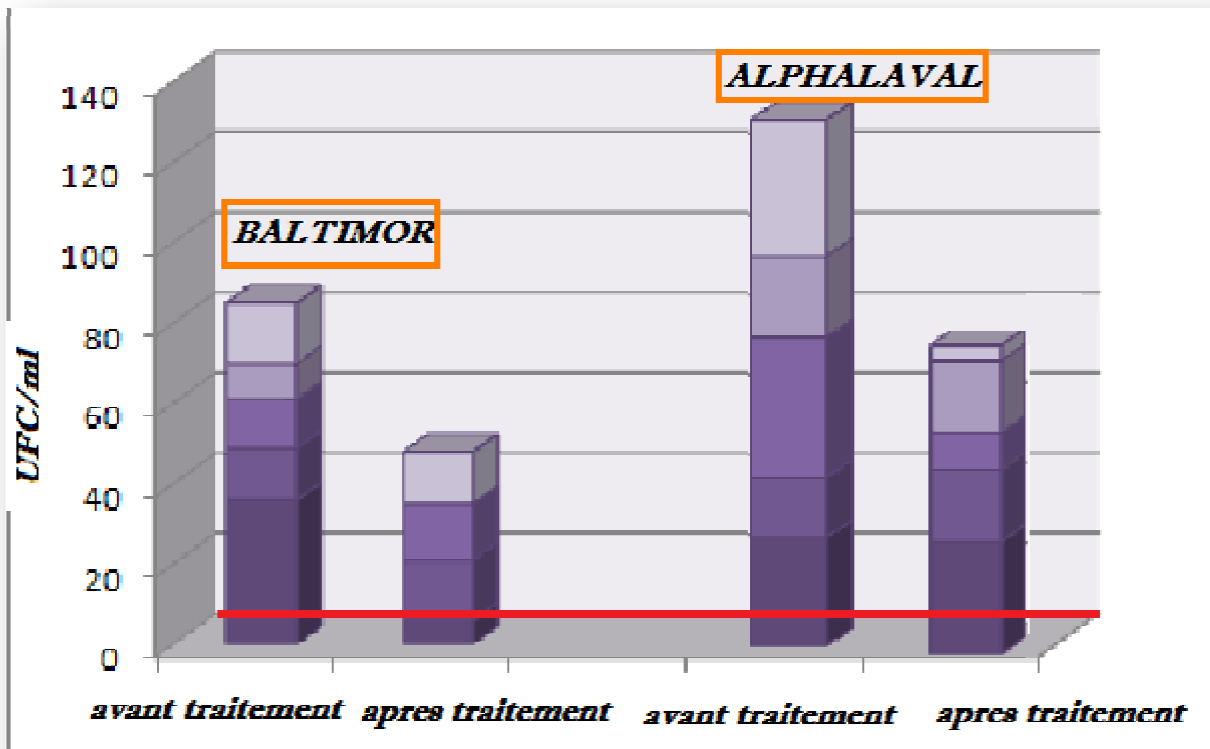


Figure n°5 : l'effet du traitement sur les levures sauvage

La figure présente la comparaison de la charge des levures sauvages avant et après traitement. On constate que la charge est réduite de 46% dans alphalaval et baltimore mais reste toujours hors-norme. Donc le traitement n'est pas efficace pour l'élimination des levures sauvages.

B-L'effet du traitement des eaux sur la charge en levures de culture :

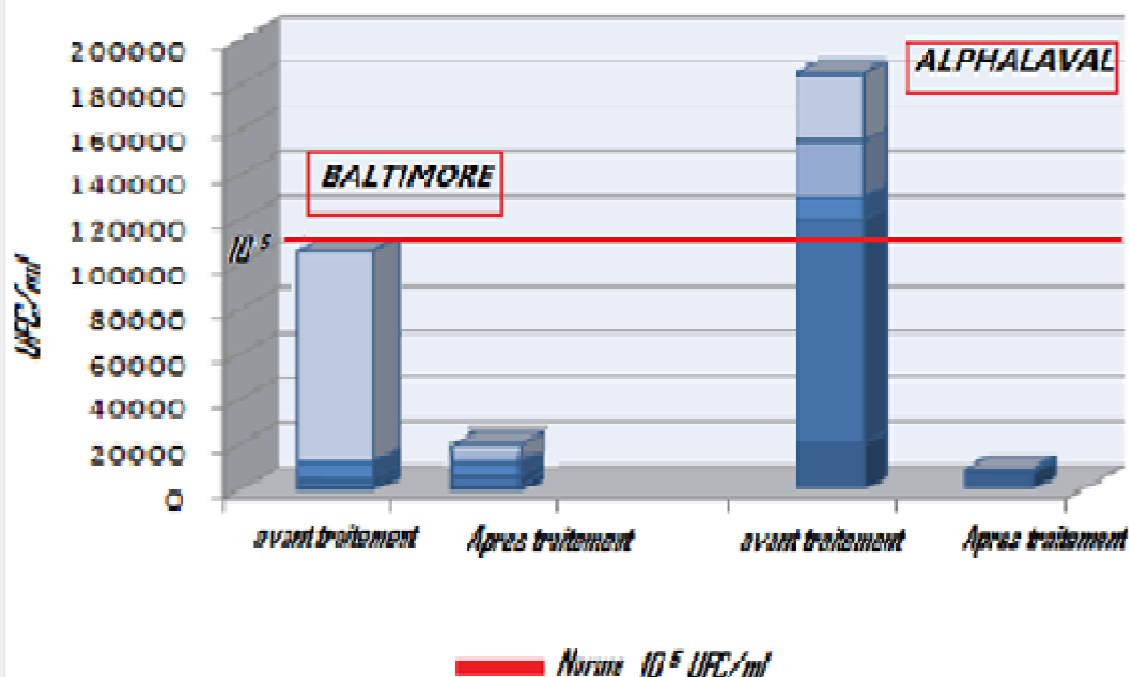


Figure n°6 : L'effet du traitement sur les levures de culture

D'après la figure n°6, on remarque que le traitement élimine 97,2% des levures de culture présentes dans les eaux d'ALPHALAVAL, et élimine 81% dans les eaux de baltimor. Donc le traitement est très efficace pour l'élimination des levures de culture.

C- l'effet du traitement des eaux sur la charge en bactéries totales :

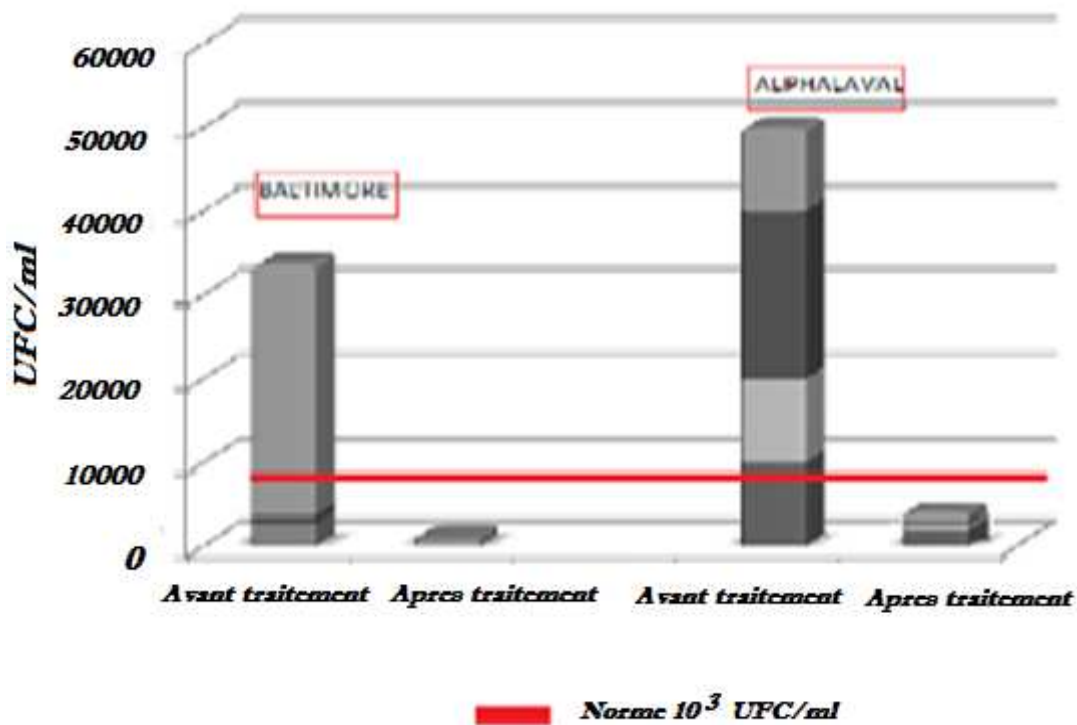


Figure n°7 : L'effet du traitement sur les bactéries totales

La figure n°7 montre que le traitement est plus efficace pour diminuer les bactéries totales. Le taux d'élimination des bactéries totales est 80%.

D – l'effet du traitement des eaux sur la charge en coliformes totaux :

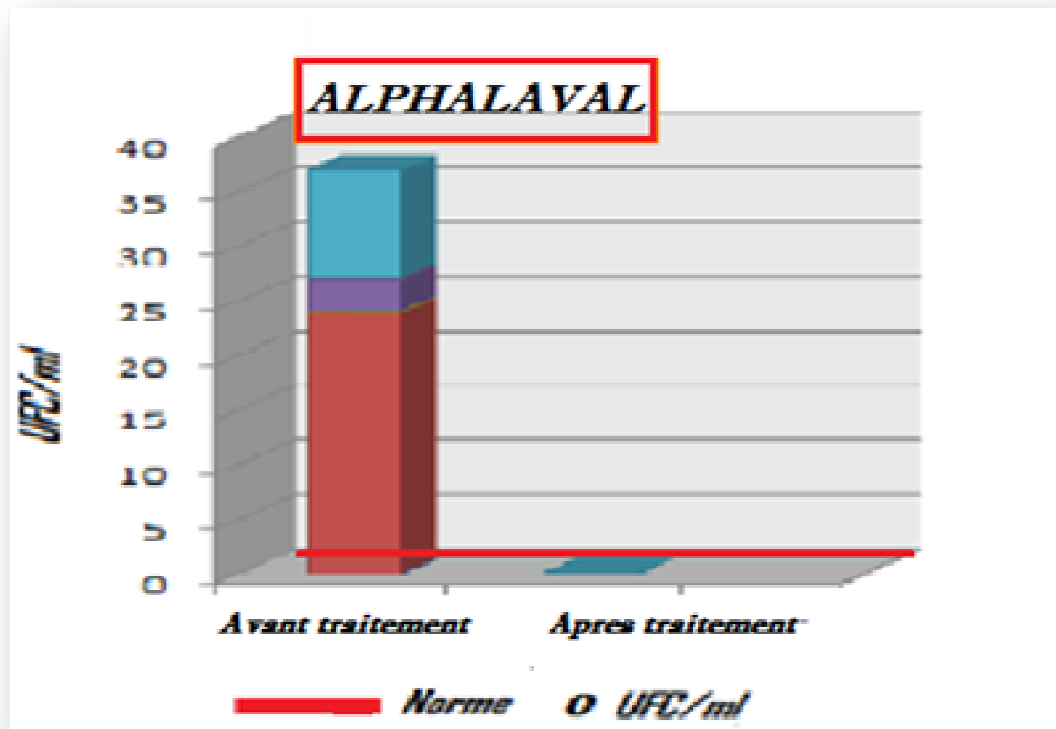


Figure n°8 : L'effet du traitement sur les coliformes totaux

La figure n°8 montre une élimination totale des coliformes par le traitement des eaux des tours alphasaval.

Conclusion générale :

A partir des résultats on peut conclure que le traitement est efficace pour l'élimination des Bactéries totales, les coliformes totaux et des levures de culture, par contre il n'est pas efficace pour les levures sauvages.

La contamination des eaux des tours de refroidissement peut provenir :

- Des fuites au niveau des échangeurs à plaque des refroidisseurs.

- De l'eau du nettoyage des fermenteurs.
- De l'eau des autres tours de refroidissement.
- De Contamination directe de la tour par ruissellement de l'eau de nettoyage ou de pluie qui se déverse directement dans la tour.

La société a effectué un traitement pour mettre fin au problème de contamination des eaux.

Malheureusement malgré ces efforts, le traitement n'a pas éliminé tous les germes. il ya toujours un risque de contamination des fermenteurs, et d'un autre coté un nettoyage fréquent et rigoureux conduit à une perte à plusieurs niveaux : produit de désinfection + la main d'œuvre.

Pour résoudre ce problème on suggère l'utilisation de deux méthodes de traitement simultanément : UV en combinaison avec un biocide, ceci répond à tous les critères. UV fonctionne instantanément et est efficace contre tous les micro-organismes d'origine hydrique, y compris celles qui résistent au traitement chimique.

Les Références :

Site internet :

- 1- www.lesaffre.com
- 2- www.wikipedia.com
- 3- www.lenntech.fr
- 4- www.xpair.com
- 5- www.toutsurlalevure.com

Les livres et article :

- 6- Guide de bonne pratique :legionella et tours aeroréfrigerant ,SectionII système de refroidissement d'eau pour les application tairtaire.
- 7- Auteur : Larpent,J.P :La biotechnologie des levures.

Abréviation :

- **L.C : levures de culture.**
- **L.S : Levures sauvages.**
- **B.T : Bactérie totales.**
- **C.T : Coliformes totaux.**
- **GNG : gélose nutritif glucosé.**
- **YM : gélose YEAST Modes.**
- **UFC : unité formant colonie.**