

**Licence Sciences et Techniques (LST)**

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### Impact du Taux d'Oxygène et du Taux des Gaz étrangers sur la Qualité de la bière

Présenté par :

◆ BELLOUK HAMZA

Encadré par :

◆ Mr LAOUGI ABEDELLAH (SBM)

◆ Pr HARRACH AHMED (FST)

**Soutenu Le 05 Juin 2018 devant le jury composé de:**

- Pr A. HARRACH
- Pr E. LAMCHARFI
- Pr T.SAFFAJ

**Stage effectué à SBM FES**

**Année Universitaire 2017 / 2018**

# REMERCIEMENTS

## A Mon Enseignant

Mr HARRACH AHMED

*J'ai eu l'honneur d'être parmi vos élèves et de bénéficier de votre riche enseignement.*

*Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour moi un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité mon admiration.*

## A Mon Encadreur

Mr LAOUGI ABDELLAH

*Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité mon profond respect.*

*Je vous remercie pour votre accueil et vos conseils. Veuillez trouver ici, l'expression de mes gratitude et de ma grande estime.*

*Aux membres du jury*

*MR. LAMCHARFI ELHADI*

*MR. SAFFAJ TAOUFIK*

*Messieurs les jurys, vous nous faites un grand  
honneur*

*en acceptant de juger ce travail.*

*Je dois un remerciement à tous les enseignants de la  
faculté fst fes pour leurs*

*qualités scientifiques et pédagogiques*

*Je tiens à remercier chaleureusement, tout mes  
proches et tout ceux qui, de près ou de loin, m'ont  
apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.*

## Liste des Figures

- **Figure 1** : SBM en 1947
- **Figure 2** : Organigramme fonctionnel
- **Figure 3** : Matières premières
- **Figure 4** : structure de deux alphas acides
- **Figure 5** : Produits Fini fabriqués à SBM
- **Figure 6** : Cuve de Matière à SBM Fes
- **Figure 7** : Cuve d'ébullition
- **Figure 8** : Whirpool à SBM Fes
- **Figure 9** : Tanks Cylindro- coniques
- **Figure 10** : Variation de la températures et de la densités lors de la fermentation
- **Figure 11** : Filtre à Kieselghur
- **Figure 12** : Schéma générale de la fabrication
- **Figure 13** : Oxydation de l'acide linoléique Lors du brassage
- **Figure 14** : orbisphère
- **Figure 15** : Taux d'oxygène au niveau de la cuve de garde n° 19
- **Figure 16** : Suivi d oxygène au niveau d'eau de coupage cuve n°35
- **Figure 17** : Taux d'oxygène au niveau de tank bière claire n°3
- **Figure 18** : Taux d'oxygène au niveau d'entrée de la soutireuse
- **Figure 19** : headspace
- **Figure 20** : Variation du taux de gaz étrangers au niveau de produit fini

## Liste des Tableaux

- **Tableau 1** : Histoire de la SBM FES
- **Tableau 2** : Eléments indésirable
- **Tableau 3** : Caractéristiques du produits fabriqués
- **Tableau 4** : Différents Paliers de Température Utilisés Pendant L'empathage
- **Tableau 5** : compositions de trouble au froid
- **Tableau 6** : résultats de suivi du taux de gaz étrangers
- **Tableau 7** : Les résultats de suivi du taux d oxygène dissous et des gaz étrangers
- **Tableau 8** : différents suggestions pour élimination des polyphénols
- **Tableau 9** : différents réducteurs utilisés

## Liste des Abréviations

<u>EBC</u>	European Brewery Convention
<u>SBM</u>	Société Des Brasseries Du Maroc
<u>ISO</u>	Organisation internationale de normalisation
<u>DCI</u>	2,6-dichlorophénol-indophénol
<u>P.V.P</u>	Poly vinyl pyrrolidone
<u>°P</u>	Degré Plateau : Le % en masse d'extrait sec du moût avant fermentation

# SOMMAIRE

## ➤ CHAPITRE I

### I) PRESENTATION DE LA SOCIETE SBM :----- 3

- 1) HISTORIQUE DE LA SOCIETE ----- 3
- 2) FICHE D'IDENTIFICATION :----- 4
- 3) DOMAINE D'ACTIVITE :----- 4
- 4) SURFACE DE CERTIFICATION :----- 4
- 5) ORGANIGRAMME FONCTIONNEL :----- 5

### II) GENERALITES SUR LA BIERE:----- 5

- 1) COMPOSITION DE LA BIERE ET PROPRIETES: ----- 6
- 2) ELEMENTS INDESIRABLES : ----- 7
- 3) PRODUITS FINI : ----- 8

## ➤ CHAPITRE II

### I) INTRODUCTION ----- 10

### II) ETAPES DE PREPARATION DE LA BIERE: ----- 10

- 1) MALTAGE: ----- 10
- 2) LE CONCASSAGE : ----- 10
- 3) BRASSAGE : ----- 10
- 4) FERMENTATION : ----- 13
- 5) FILTRATION : ----- 14
- 6) SOUTIRAGE : ----- 14
- 7) PASTEURISATION : ----- 15
- 8) SCHEMA GENERALE DE LA FABRICATION DE LA BIERE : ----- 15

## ➤ CHAPITRE III

### I) PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE: ----- 17

### II) PARTIE THEORIQUE: ----- 17

- 1) ORIGINE D'O<sub>2</sub> DANS LA BIERE : ----- 17
- 2) LA STABILITE COLLOÏDALE : ----- 19

### III) PARTIE PRATIQUE ----- 20

- 1) MESURE DU TAUX D'O<sub>2</sub> :----- 20
- 2) MESURE DU TAUX DE GAZ ETRANGER : ----- 23
- 3) RESULTAT DE SUIVI DU TAUX DE GAZ ETRANGER : ----- 24
- 4) INTERPRETATION DES RESULTATS :----- 25
- 5) CONCLUSION : ----- 26

### IV) SUGGESTIONS POUR LA REDUCTION DU TAUX D'OXYDATION A LA BIERE ET LE MAINTIEN DE STABILITE : ----- 27

- 1) STABILISANTS AMELIORANT LA STABILITE COLLOÏDALE : ----- 27
- 2) CONTROLE DE L'OXYGENE : ----- 28

### CONCLUSION GENERALE :----- 29





# Introduction

La bière est la boisson fermentée la plus ancienne, et la plus consommée aujourd'hui, sa fabrication a évolué à travers les âges. Ce que l'on considérait comme de la bière il y a 8 000 ans est sans aucun doute très éloigné de ce que nous connaissons aujourd'hui.

La bière est riche en substances chimiques qui proviennent de différentes sources, principalement le malt, le houblon et la levure. Ces composés ont un aspect d'instabilité durant le stockage de la bière en fonction du temps et en présence des gaz étrangers et plus précisément l'oxygène. Cette instabilité touche en particulier la flaveur et la couleur de la bière. Actuellement l'intérêt aux facteurs liés aux changements de l'arôme et le goût de la bière, sont considérés comme les paramètres les plus importants de la qualité du produit. La société des brasseries du Maroc (la S.B.M) bénéficie d'un personnel qualifié en plus des technologies très avancées à savoir des systèmes d'automatisation permettant un contrôle à distance, et d'autres disciplines comme le génie industriel, la microbiologie, la biochimie...

✓ Le but de ce travail est "le suivi des gaz étrangers dans une brasserie" Le plan adopté est le suivant:

- Le 1er chapitre : sera consacré à une présentation de SBM Fès, avec un aperçu général sur la bière, ses ingrédients, et sa composition chimique.
- Le 2ème chapitre: porte sur les différentes étapes du processus de fabrication.
- Le 3ème chapitre : porte 2 parties :
  - Partie théorique : Impact d'oxygène sur la qualité de la bière en particulier sa stabilité colloïdale
  - Partie Pratique : Suivi du taux d'oxygène dissout durant les étapes critiques du procédé de la fabrication de la bière qui a été réalisée puis une détermination de la teneur du gaz étranger au niveau du produit fini.



# CHAPITRE I:

➤ Ce chapitre traitera:

- Présentation de la société SBM
- Généralités sur la bière



## I) Présentation de la société SBM :



**Figure 1: SBM en 1947**

SBM FES est une société anonyme qui a vu le jour en 1947 avec un capital de 50 000 000 DH.

Cette société composée de deux centres ; un centre sur Fès qui a une grande importance par rapport au deuxième centre (celui d'Oujda) au niveau de la distribution, la gestion de la production, la prise de décision et il a des relations directes avec la direction générale du groupe à Casablanca. En effet, le centre de Fès s'est spécialisé dans la fabrication et la production du liquide. En 1948, la SBM de Fès a commencé son activité par le lancement du premier brassin . La SBM est le Leader dans le domaine de production des boissons alcoolisées au MAROC .Elle participe dans un secteur actif, de l'Industrie Agroalimentaire qui représente 32% de la valeur ajoutée de l'ensemble des Industries de transformation .Dans le cadre de son système qualité, SBM s'engage dans une politique de qualité dont l'objectif principal est de satisfaire ses clients, d'être constamment à leur écoute et leur offrir des produits qui répondent le mieux à leur attente.

### 1) Historique de la société

Évènement	Date
Date de création	1947
Licence Heineken accordé à SBM FÈS	1979
Arrêt de production des boissons	1982
Licence Heineken accordé à SBM FÈS	1979
Arrêt de production de la Heineken	1990
Déménagement à la nouvelle usine	Fin 2004

**Tableau 1 : Histoire de la SBM FES**



## 2) Fiche d'identification :

<b>Raison sociale</b>	: Brasserie du Nord Marocain.
<b>Statut juridique</b>	: Société anonyme (S.A).
<b>Adresse</b>	: Rue Ibn El khateb Sidi Brahim Quartier industriel FES
<b>Surface totale</b>	: 30 500 m <sup>2</sup> .
<b>Capital social</b>	: 50 000 000 dh.
<b>Actionnariat</b>	: Société des brasseries du Maroc et autres
<b>Date de mise en service</b>	: 1947.
<b>Effectifs</b>	: 151 personnes.
<b>Capacité de production</b>	: 200 000 hl/an.

## 3) Domaine d'activité :

La SBM Fès renferme la fabrication et le conditionnement de quatre type de bière :

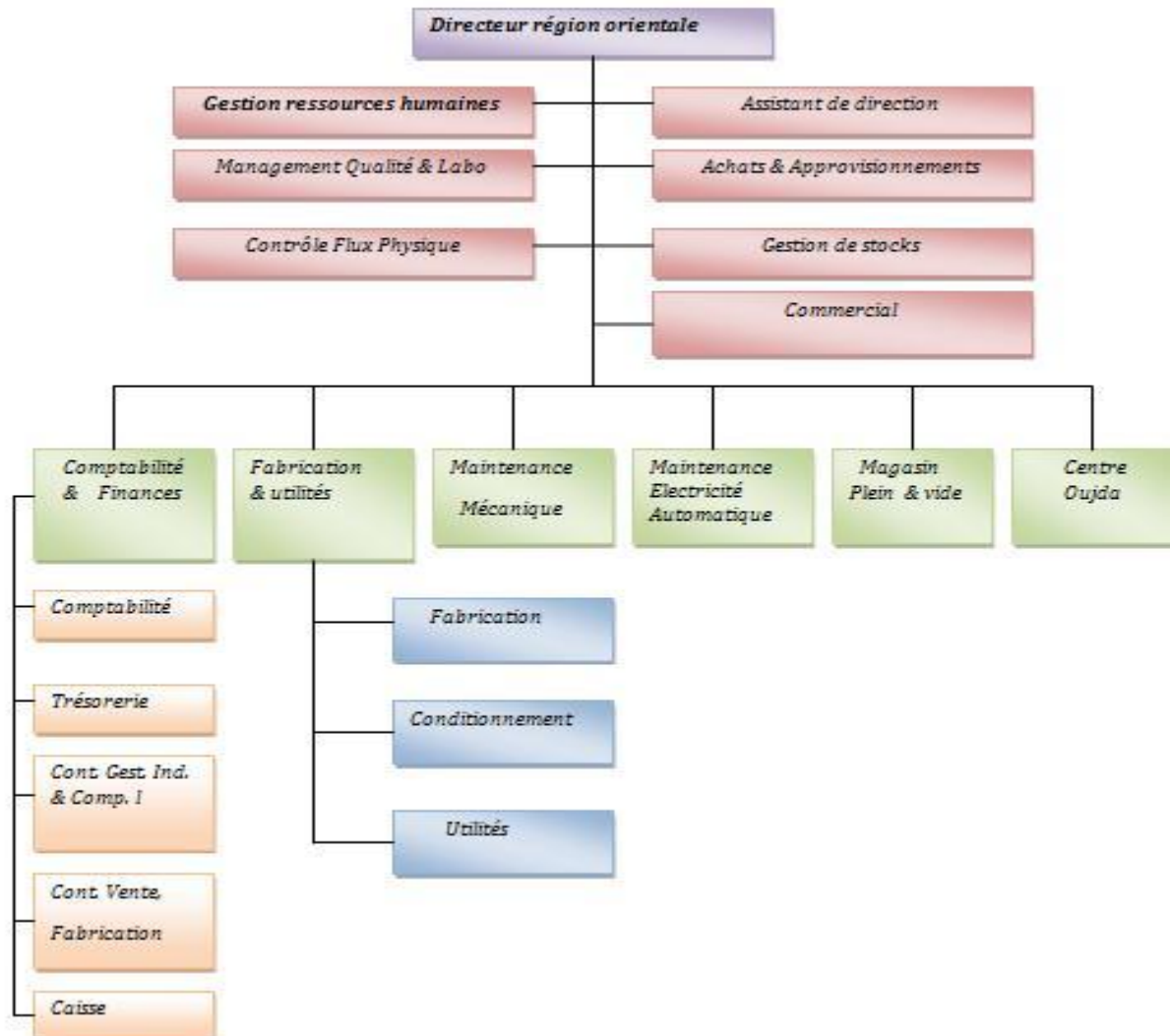
- Spéciale
  - Stork
  - Flag Pils
- La Distribution des produits EAE & SBM

## 4) Surface de certification :

- Comprend les achats, la fabrication, le conditionnement, le stockage et la commercialisation.
- ISO 9001 Version 2015
  - ISO 22000 Version 2005

### 5) Organigramme fonctionnel :

La société s'organise selon l'organigramme suivant :



**Figure 2 : Organigramme fonctionnel**

## II) Généralités sur la bière:

La bière est une Boisson fermentée légèrement alcoolisée, préparée à partir de céréales germées, principalement de l'orge, et parfumée avec du houblon. Elle contient de 2 à 14% d'alcool, du gaz carbonique et des sucres en quantité variable. Elle est préparée dans les brasseries, à partir d'orge qui contient beaucoup d'amidon.

## 1) Composition de la bière Et Propriétés:

La bière contient 2 à 14% d'alcool, du gaz carbonique et des sucres en quantités variables, les constituants de la bière proviennent des matières premières suivantes:



**Figure 3 : Matières premières**

### i) L'orge

C'est une céréale riche en amidon et en sucres fermentables. C'est le principal ingrédient du liquide. Il existe plusieurs variétés d'orge. Un grain d'orge contient les éléments suivants :

- 12 à 17% d'eau
- 44 à 58% d'amidon (sucre).
- 1 à 1.5% de sucres divers.
- 1 à 3% de matière grasse.
- 7 à 13% de matières azotées

### ii) Le houblon

Le houblon grimpant (*Humulus lupulus*), est une plante cultivée en grandes quantités dans l'hémisphère nord de climat tempéré pour la production de ses inflorescences femelles.

La lupuline qui représente près de 1/5ème de poids sec du houblon, elle se transforme en humulone et en lupulone (deux « alphas acides ») lors de la cuisson. Ensuite, le premier se transforme en isohumulones qui procurent à la bière et à la mousse de la stabilité, des propriétés antibactériennes ainsi qu'un goût amer. La lupulone est un antibactérien et un antioxydant.



**Figure 4 : structure de deux alphas acides humulone et lupulone**

### iii) L'eau

La qualité de l'eau est très importante (D'ailleurs les brasseries sont souvent installées à proximité d'une source). Sa pureté, sa dureté, pH et sa composition minérale jouent sur le goût et la qualité de la bière. Les brasseries contrôlent la qualité de l'eau et la rectifient si nécessaire à l'aide des produits ou procédés chimiques.



#### iv) Les levures

La levure est un ferment microscopique unicellulaire qui transforme les sucres en alcool et dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), tout en produisant des composés aromatiques. Les levures cultivées aujourd'hui par les brasseurs sont des souches de levures pures, car la qualité de ces micro-organismes a une grande influence sur le produit fini. Les levures utilisées par les brasseurs sont parmi les secrets les mieux gardés.

Une bière qui ne possède pas une mousse stable est déclassée par le consommateur.

#### v) Autres ingrédients

On peut trouver également des autres ingrédients qui sont utilisés exclusivement dans les bières industrielles par exemple :

- le maïs, ou son dérivé le glucose, utilisé à la place du malt, tout comme le riz, pour des raisons de coût.
- les conservateurs et anti-oxydants.
- les arômes artificiels.
- Acide chlorhydrique ou phosphorique ( $\text{HCl}$  ou  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) (Pour régler le pH)

## 2) Eléments indésirables

La présence de certaines substances indésirables dans la bière peut nuire à sa qualité, parmi ces dernières, on trouve :

Substances	Teneur tolérée (mg/l)	Description
Carbanate	0,01 – 0,02	Ce composé a plusieurs origines mais il est surtout rencontré dans les boissons fortement alcoolisées, sa toxicité réside dans la possibilité de se métaboliser en produits cancérigènes.
Plomb	0,2	Ce composé peut être amené par l'eau, ou par les anciennes conduites en plomb
Nitrates	10	la principale source est l'eau, pour éviter les problèmes liés à leur présence dans la bière, il faut contrôler l'eau de brassage

**Tableau 2 : Eléments indésirable**

### 3) Produits Fini

Les Produits Fabriqués à SBM FÈS sont : Flag Spéciale, , Flag pils et Stork .



**Figure 5 : Produits Fini fabriques a SBM**

➤ leurs caractéristiques sont présentées sur le tableau suivant:

Caractéristiques / Nom Du Produit	Spécial	Stork/ F.pils
Turbidité	<0,8 EBC	<0,8 EBC
Couleur	8+/-2 EBC	8+/-2 EBC
Extrait Primitif	12+/-2°P	10+/-2°P
Amertume	22+/-2 EBC	20+/-2°P
Taux d'alcool	4+/-0,2 g/l	3,6+/- 0,2 g/l
pH	4+/- 0,2	4+/-0,2

**Tableau 3 : Caractéristiques du produits fabriqués**



# ***CHAPITRE II :***

➤ **Ce chapitre traitera :**

- **Etapes de préparation de la bière:**



## I) Introduction

La production de la bière constitue un véritable savoir faire qui nécessite de suivre des étapes indispensables pour obtenir une bière savoureuse et de bonne qualité .

La fabrication de la bière est basée sur les points suivants :

- Désagrégation du grain d'orge
- production d'enzymes par celui-ci au cours du maltage.
- Saccharification du réserve d'amidon du grain obtenu au cours du brassage

## II) Etapes de préparation de la bière

### 1) Maltage

C'est la seule opération qui s'effectue dans les unités de «malterie» à l'extérieur de SBM FES.

Actuellement, l'orge est transformée en malt par une malterie à Casablanca.

Le maltage a pour but de développer dans l'orge toutes les enzymes capables de transformer l'amidon en sucres fermentescibles.

### 2) Concassage

Avant de commencer le brassage, le malt doit être concassé dans un moulin. À BRANOMA on utilise des moulins à 5 cylindres pour donner une mouture à 5 fractions différentes du malt : enveloppes grosgraux, petits graux, farine et fine farine.

Le but de cette opération est de faire éclater les grains, en évitant de faire la farine car celle-ci peut former une couche imperméable pendant la filtration. Les enveloppes des grains doivent rester entières, afin de constituer un lit filtrant pour l'opération de filtration. Ces fractions sont adaptées au filtre presse utilisé lors du brassage, et donne une meilleure filtration

### 3) Brassage

L'objectif du brassage est d'obtenir une meilleure extraction solide-liquide et solubiliser la plus grande quantité de matières hydrolysables du malt et des grains crus appelés extrait, sans oublier la création des conditions favorables pour les enzymes telles que les amylases, maltase, et protéinases ayant la possibilité de rendre le mout fermentescible par la levure.

Plusieurs facteurs influencent la qualité et le rendement de brassage : la qualité du malt, la composition de l'eau de brassage, le pH de la maïsche, le diagramme de la température de la cuve matière et de la chaudière à trempe (cuve ébullition), l'efficacité de l'agitation (effet de cisaillement) etc..



Le brassage comprend les étapes suivantes :

- L'empattage.
- La filtration.
- La cuisson et houblonnage.
- La clarification/traitement du moût:

### i) Empattage

Cette opération a pour but la transformation de l'amidon des grains du malt en sucres fermentescibles. Cette transformation s'effectue en favorisant l'action enzymatique du malt, en procurant à chaque enzyme les meilleures conditions de températures et d'acidité pour son action spécifique

La salle de brassage à SBM Fès est équipée d'une cuve matière où se déroule l'empattage selon plusieurs étapes :



**Figure 6: Cuve de Matière à SBM Fes**

- **La 1ère étape** consiste à mélanger le malt avec 2 à 3 fois son volume d'eau chaude (maïsche). L'empattage se fait avec une maïsche concentrée à 58°C pour tenir compte des enzymes protéolytiques. Avec un ajout d'acide chlorhydrique 33%, un mélange d'enzyme «<filtrasses >> chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) pour enrichir la bière en calcium, et le chlorure de zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ) qui joue un rôle à l'activation de la levure.
- **La 2ème étape** consiste à l'augmentation de la température à 63-65 °C pour avoir une activité optimale des -amylases.
- **La 3ème étape** se déroule à 76 °C ; température d'activité optimale des -amylases pour atteindre la saccharification.

Paliers de température	Transformations
45 °C	Dégradation du manteau protéolytique des grains d'amidon permettant la libération des $\beta$ -amylases
63°C	Action des $\beta$ -amylases qui transforment l'amidon en sucres fermentescibles (en majorité du maltose)
73 à 78°C	Action des $\alpha$ -amylase qui transforment l'amidon en maltose et dextrine

**Tableau 4 : Différents Paliers de Température Utilisés Pendant L'empattage**

## ii) Filtration et Lavage

La salle de brassage à SBM Fès est équipée d'un filtre presse, dans lequel la partie liquide se délie de la partie plus ou moins solide (également appelée la drèche). Cette drèche est ensuite utilisée comme aliment pour les bétails.

Les objectifs attendus par cette opération sont :

- Obtenir un moût composé de premier bouillon et des lavages avec un extrait maximum.
- Avoir un moût avec une faible turbidité.

## iii) Cuisson et houblonnage

Le moût filtré est transvasé dans une cuve appelée cuve d'ébullition où il est porté à l'ébullition (100°C) pendant 90 min. On ajoute le houblon afin de donner à la bière son goût amer .

Les objectifs de l'ébullition sont multiples et toutes les opérations se déroulent simultanément dans la chaudière à houblonner :

- Désactivation des enzymes.
- Stérilisation du moût.
- Concentration du moût
- L'inhibition du développement des bactéries



**Figure 7 : Cuve d'ébullition**

## iv) Clarification / Traitement du moût

Pour obtenir un moût libéré du trouble, du houblon et des substances non dissoutes, le moût sorti de la cuve d'ébullition est pompé dans un bac tourbillonnaire appelé Whirlpool.



**Figure 8 : Whirlpool à SBM Fes**

Ce dernier est fabriqué en acier inoxydable et possède une forme cylindrique .Le moût tourne avec une grande vitesse créant un cyclone permettant la décantation des particules en suspension dans le Whirlpool pour former un cône. Le temps de séjour du moût dans le Whirlpool varie entre 20-30 min avant le début de refroidissement.

#### 4) Fermentation

La fermentation a pour but de transformer les sucres fermentescibles en alcool avec de CO<sub>2</sub> ainsi une petite quantité d'énergie.



➤ SBM Fès possède une fermentation contenant :

- 11 fermenteurs
- 3 levuriers
- Filtre à piques (filtre à kieselguhr)
- 3 Tanks bière clair



Figure 9 : Tanks Cylindro-

➤ Courbe qui représente la variation de la température et la densité au cours du temps

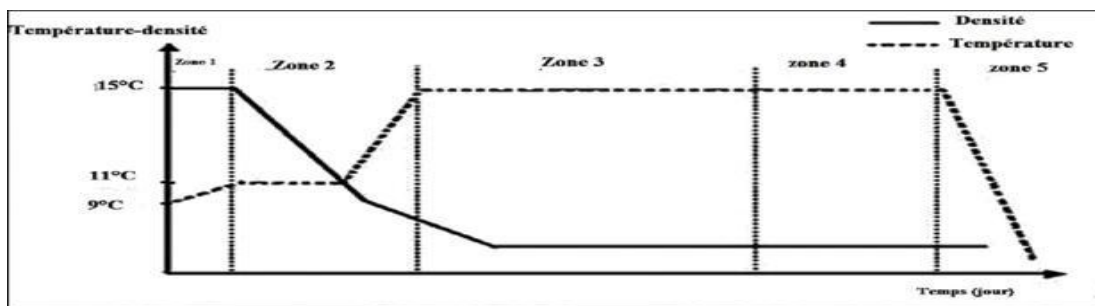


Figure 10 : Variation de la températures et de la densités lors de la fermentation

##### Zone 1 :

- La température d'entrée du moût dans le brassin est de 9-10°C.
- Division Cellulaire des Levures (présence d'O<sub>2</sub>)
- Épuisement d'O<sub>2</sub> du milieu
- Augmentation maintenue de la température

##### Zone 2:

- 11°C (pendant 3 à 5 jours)
- après 24 h de fermeture du fermenteur (favoriser la Fermentation).
- La diminution de la densité reflète la consommation des sucres fermentescibles avec production d'alcool et CO<sub>2</sub>.

### Zone 3 :

- la température passe à 15°C
- la densité continue à diminuer jusqu'à sa stabilité à une valeur limite ce qui traduit la fin de la fermentation et l'épuisement des sucres fermentescibles.

### Zone 4 : Appelée « Garde Ou Maturation »

- A une température de 15°C et à une densité voisine de 3°P (Plateau), la bière subit dans les tanks fermés une seconde fermentation.

### Zone 5 :

- la température baisse jusqu'à 0°C, c'est l'étape de la stabilisation de la bière.
- La bière ne se clarifie pas entièrement par simple dépôt. Pour avoir une bière brillante il faut la filtrer

## 5) Filtration :

Le but de la filtration est de rendre la bière plus brillante et plus stable. La Filtration permet de clarifier, de stériliser et de stabiliser la bière. Cela est réalisé par 2 actions tout à fait différentes:

**Tamisage** : arrêter mécaniquement les particules trop grosses pour traverser les pores du filtre.

**Adsorption** : permet d'éliminer les substances même moléculairement dissoutes

- A SBM Fès la filtration est réalisée par un filtre à Kieselghur.



**Figure 11 : Filtre à Kieselghur**

## 6) Soutirage :

Une fois les bouteilles lavées (soude, eau) et inspectées, celles-ci doivent être remplies sans qu'il y'ait de contact entre la bière et l'air ambiant (l'O<sub>2</sub> et les microorganismes ambiants sont nocifs pour la bière). Ainsi les bouteilles sont remplies avec une contre pression du CO<sub>2</sub>. A la sortie de la soutireuse, le travail consiste à faire mousser la bière (pour que le volume du goulot soit occupé par de la mousse) par l'intermédiaire d'un fin jet d'eau. Ensuite la bouteille est encapsulée.

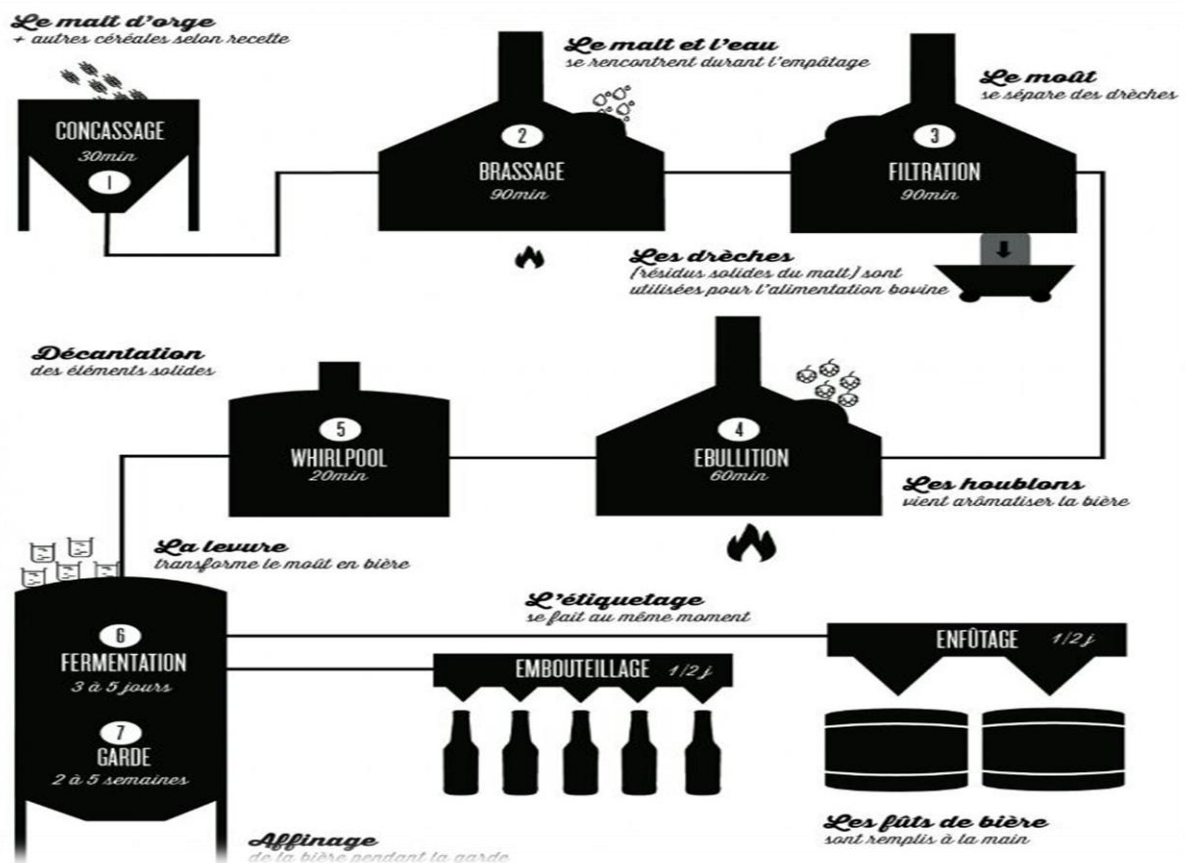
Les dangers imputables au soutirage :

- L'oxydation au soutirage.
- L'infection au soutirage : Le Climat est favorable pour le développement de microorganismes

## 7) Pasteurisation :

La bière contient encore quelques cellules de levure ; elle est donc sujette à une refermentation, avec apparition d'un trouble non dangereux pour la consommation. La pasteurisation va permettre d'éliminer ce phénomène. La bière est chauffée progressivement à 64°C puis refroidit très rapidement. Avec ce choc thermique, on affaiblit fortement les germes nocifs pour la bière (levures et bactéries). Ce traitement permet une longue conservation de la bière. À SBM FÈS, on trouve une ligne d'embouteillage automatisée qui travaille à une cadence de 30 000 bouteilles/h.

## 8) schéma générale de la fabrication de la bière :



**Figure 12 : Schéma générale de la fabrication**



# **CHAPITRE III :**

➤ **Ce chapitre traitera :**

- Impact d'oxygène sur la qualité de la bière en particulier sa stabilité colloïdale
- Suivi du taux d'oxygène dissout durant les étapes critiques du procédé de la fabrication de la bière
- une détermination de la teneur du gaz étranger au niveau du produit fini.



## I)Présentation de La Problématique:

La bière a beaucoup d'amis, comme on le sait, mais il existe aussi plusieurs ennemis à éviter comme l'oxygène. car Un taux d'oxygène résiduel trop élevé est mauvais à la fois pour le goût et la durée de conservation de la bière. donc il est nécessaire d'étudier certains facteurs comme:

- le taux des gaz étrangers dans les bouteilles du produit fini qui contient un volume important d'O<sub>2</sub>.
- l'oxydation.

les questions qui se posent lors de cette problématique :

- Comment déterminer le taux d'O<sub>2</sub> et des Gaz étrangers au cours des étapes de la fabrication de la bière?
- Quels sont les inconvénients dus à l'augmentation des taux des Gaz Étrangers et d'O<sub>2</sub> sur la Qualité de la Bière?
- Comment Réduire le taux d'O<sub>2</sub> et maintenir la stabilité de la bière?

## II)Partie Théorique:

### 1) Origine d'O<sub>2</sub> dans la bière :

L'oxygène est un véritable casse-tête pour les brasseurs car sa présence dans la bière peut nuire à la qualité organoleptique pendant les étapes critiques (Fermentation, Filtration et soutirage). Dans cette partie, on va traiter l'impact de l'oxygène sur la qualité de la bière pendant les 3 étapes critiques (fermentation, filtration et soutirage) de la fabrication de la bière.

#### i) O<sub>2</sub> dans la Fermentation :

Le moût mis en fermentation doit contenir une certaine quantité d'oxygène dissous pour assurer une multiplication satisfaisante de la levure. Dans la plupart des brasseries et principalement à la SBM Fès l'aération du moût est réalisée à l'aide d'une bougie poreuse en acier inox. L'O<sub>2</sub> est injecté dans la ligne de mout à une pression total allant jusqu'à 4 bars. La proportion de mout et d'O<sub>2</sub> est maintenue constante pendant la période de remplissage.

- La majorité des brasseries oxygène le moût à froid car une oxygénation du mout à chaud provoque une oxydation et contribue à des faux-goût dans la bière

## ii) O<sub>2</sub> dans la Filtration

L'oxygène dissous au cours de la filtration dépend de la quantité qui se trouve dans la bière à l'arrivée du filtre, de l'eau et d'autres facteurs.

L'oxygène dissous dans la bière lors de la filtration:

- Altère : le goût, l'arôme et la couleur
- Détruit les vitamines.
- Peut être à l'origine des troubles colloïdaux
- Favorise la croissance de microorganismes éventuellement présents.

L'O<sub>2</sub> réagit lentement dans la bière à fin de se transformer en radicaux libres qui jouent un rôle prédominant dans la détérioration du goût de la bière. Ces radicaux oxydent plusieurs composés organiques tels que les isohumulones, les alcools, les poly phénols, les sucres et les composés carbonyles qui contribuent principalement à la flaveur oxydée de la bière.

- L'absence des Acides Gras dans la composition de la bière est due à leur oxydation durant le brassage :

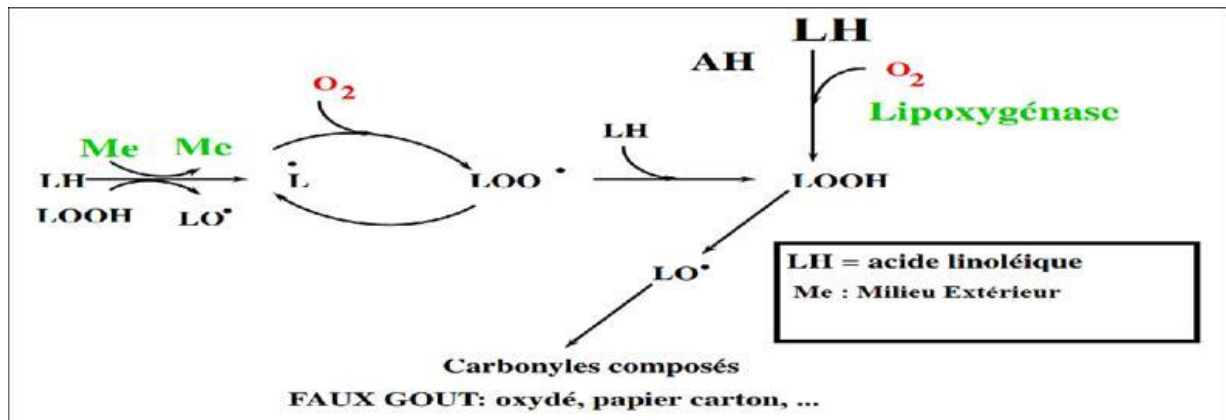


Figure 13 : Oxydation de l'acide linoléique Lors du brassage

## iii) O<sub>2</sub> pendant le Soutirage

Le soutirage est la plus grande source d'oxydation de la bière. Pendant le remplissage, la bière entre en contact avec l'air qui reste dans les bouteilles. Si on laisse de l'air dans le col des bouteilles,





l'oxygène va progressivement s'y dissoudre après le soutirage. Cette oxydation va avoir des conséquences très néfastes sur la qualité à savoir:

- **Le gout et le parfum** vont devenir déplaisants (l'oxydation des matières amères du houblon et des matières volatiles ( $\alpha$ -acétolactate)).
- **La stabilité colloïdale** de la bière va diminuer fortement.

## 2) La Stabilité colloïdale

La bière est fort sujette à l'apparition de troubles principalement provoqués par la précipitation de matières azotées, qui n'apparaissent souvent que lorsqu'on la refroidit. Anciennement on appelait cela le « trouble de glutine », actuellement on les appelle « troubles colloïdaux ».

Une bière normale est brillante immédiatement après la filtration, même si on la refroidit à 0°. Après quelque temps elle donne une voile lorsqu'on plonge la bouteille dans l'eau glacée : c'est le « **trouble au froid** ». Mais ce trouble se redissout à température normale. Après un temps de conservation plus long, il apparaît un trouble à température normale, c'est le « **trouble permanent** ». La vitesse d'apparition de ces troubles normaux de la bière est excessivement différente d'un cas à l'autre c'est ce qui préoccupe le brasseur.

### i) Trouble au froid :

Trouble formé lorsque la bière est refroidie à 0°C et qui se redissout lorsque la bière est réchauffée à plus de 20°C. La taille des particules de ce trouble se situe entre 0.1 et 1 µm

Matières azotées	Tanins	Polyphénols	Cendres	Humidité	Hydrates de carbone
40 à 76 %	17 à 55 %	10 à 30 %	2 à 3 %	70 à 80 %	3 à 13 %

Tableau 5 : compositions de trouble au froid

### ii) Trouble Permanent:

Trouble présent dans la bière, vers 20°C ou plus la taille des particules du trouble permanent s'élève à 1-10 µm

Les facteurs qui influencent sur la vitesse de formation du trouble, par **ordre d'importance**, sont :

- Augmentation de La température de conservation de la bière
- L'oxydation et surtout par la Lumière
- L'agitation.

➤ Les composés du trouble qui interviennent de façon décisive sont :

- Les polyphénols, en particulier le dimère pro anthocyanidine B3, le trimère pro anthocyanidine C2 et bien d'autres polymères.
- Les métaux tels que le cuivre, le fer, l'aluminium, et zinc, le manganèse, le nickel, l'étain.

### III)Partie pratique

Le produit fini connaît un problème persistant exprimé par une défaillance au cours de sa production présentée par un taux élevé des gaz étrangers qui dépasse 2ml/l (Norme de tolérance).

Face à ce souci on applique une étude expérimentale pour pouvoir contrôler le niveau d'oxygène aux différents stades de la fabrication. et suivre ainsi son évolution lors du processus de production de la bière jusqu'au produit fini.

cette étude a été l'objet de mon travail qui comprend 2 essais essentiels :

- **Le 1<sup>er</sup> Essai** : Mesure des Concentrations en O<sub>2</sub> à l'aide d'un orbisphère dans les cuves de fermentations, Tanks bière claire et l'entrée de la soutireuse.
- **Le 2<sup>ème</sup> Essai** : Étude de l'évolution du taux de gaz étranger dans le **Head Space** au niveau du produit fini à l'aide d'une burette à gaz remplie de lessive de potasse

#### 1) Mesure du taux d'O<sub>2</sub>

##### i)Appareillage :

L'orbisphère est un système de mesure d'oxygène et destiné à une large gamme d'application. Il est configuré pour effectuer des analyses en phase liquide. Son microprocesseur est capable de stocker dans sa mémoire jusqu'à 500 valeurs de taux d'oxygène, puis de renvoyer ces données sur un ordinateur en vue de leur traitement futur.



Figure 14 : orbisphère

La chambre à circulation est utilisée pour mettre en contact l'échantillon à partir d'un point d'échantillonnage. Au niveau de ce point un tuyau est raccordé à l'entrée de la chambre au moyen d'un raccord et l'autre extrémité du tuyau est équipée d'un raccord de contre pression. La sortie d'échantillon est équipée d'une vanne de réglage du débit. L'étalonnage de l'appareil s'effectue à l'aide d'un dispositif incorporé qui produit par électrolyse une concentration connue d'oxygène dans l'échantillon.



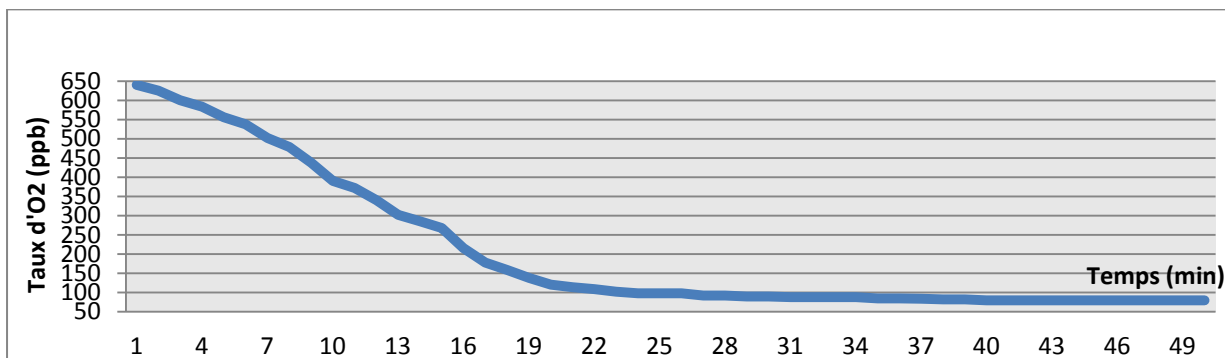
## ii) Mode Opératoire :

- On doit tout d'abord ajuster le débit d'échantillon, à travers la chambre à circulation, à une valeur de 100 ml/min.
- La sonde, après mis en contact avec l'échantillon, générera un signal qui diminue rapidement en premier lieu puis lentement au fur et à mesure qu'il se rapproche du niveau de la concentration en oxygène de l'échantillon. Le temps de réponse du système varie suivant la vitesse de diffusion de l'oxygène
- L'écran nous indique par une marque horizontale située sur sa droite l'unité de mesure dans laquelle la valeur est exprimée. Cette marque est placée automatiquement par le système, soit ppm mg/l (d'oxygène dissous) ou ppb ( $\mu\text{g/l}$  d'oxygène dissous) et en °C (température de l'échantillon).

## iii) Résultats du Suivi du taux d'O<sub>2</sub>

Le suivi a été fait pour différent cuve afin d'avoir une idée claire et globale sur l'évolution du taux d'oxygène dissous dans la bière, et de déterminer les principaux facteurs qui influent cette évolution. Ces mesures sont prises au cours de 50 à 60 min, durant lesquelles les valeurs des concentrations en oxygène sont prises à chaque minute. Les résultats enregistrés sont mises sous forme de graphes pour chaque étape étudiée.

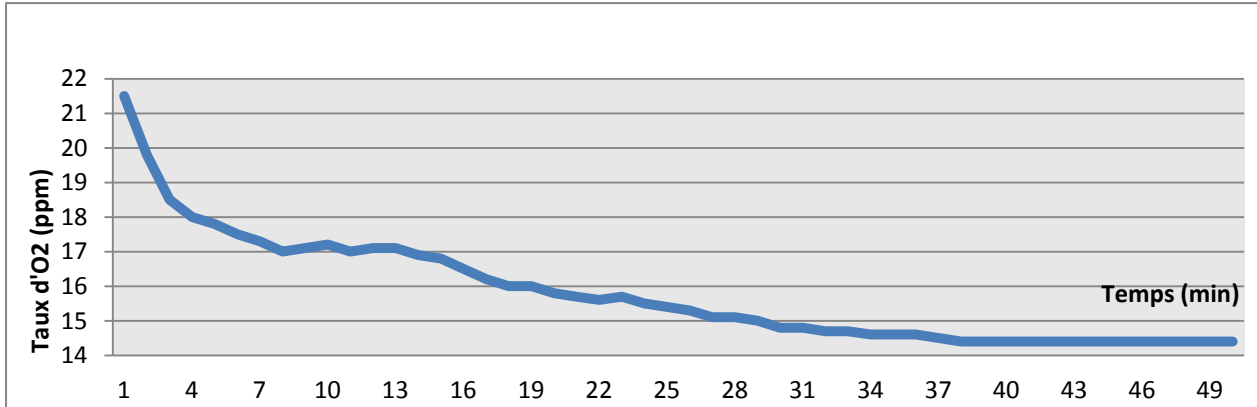
- **La figure 15** représente la variation d'oxygène au niveau de la cuve de garde n°19 en fonction du temps



**Figure 15 : Taux d'oxygène au niveau de la cuve de garde n° 19**

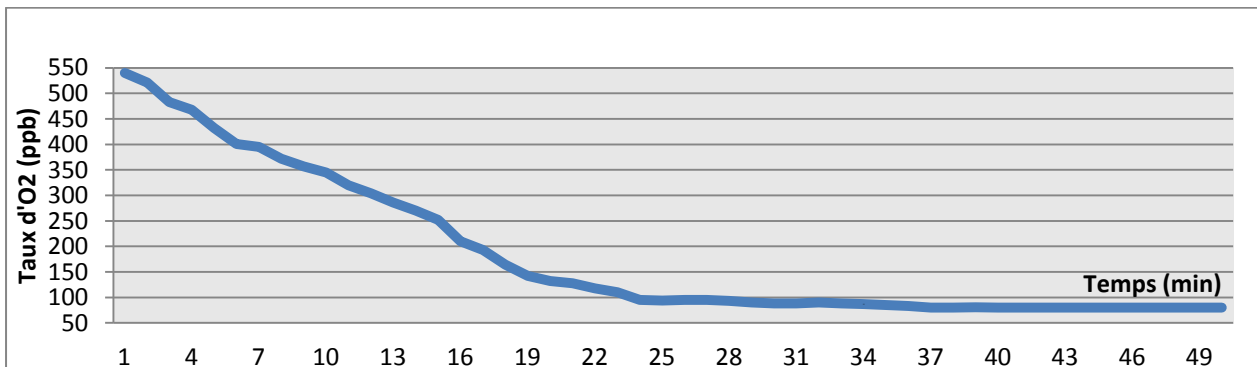
- Dans la cuve de garde le taux d'oxygène diminue car il est consommé par la levure au début de la fermentation et plus précisément pendant sa phase de respiration et de multiplication.

- La figure 16 représente la variation d'oxygène au niveau d'eau de coupage cuve n°35 au cours du temps



**Figure 16 : Suivi d'oxygène au niveau d'eau de coupage cuve n°35**

- Le taux d'O<sub>2</sub> dans l'eau de coupage diminue avec le temps. Il varie de la valeur 21.5 ppm à 14.5 ppm. On constate que le taux d'O<sub>2</sub> au niveau d'eau de coupage est supérieur à celui de la garde ceci peut être expliqué par l'absence de levure qui consomme l'oxygène.
- On présente sur la figure 17 la variation d'oxygène au niveau de tank bière claire n°3 en fonction du temps



**Figure 17 : Taux d'oxygène au niveau de tank bière claire n°3**

- Dans les tanks de bière claire (après filtration), la concentration de l'oxygène diminue au cours du temps, cela est dû à l'élimination des bulles d'air formé au début de la filtration
- Cette concentration en oxygène est supérieure à celle mesurée dans la cuve de garde, cela est dû à l'addition de la suspension du filtre Kieselguhr qui contient une quantité non négligeable d'oxygène.

- La figure 18 représente la variation d'oxygène à l'entrée de la soutireuse cours du temps

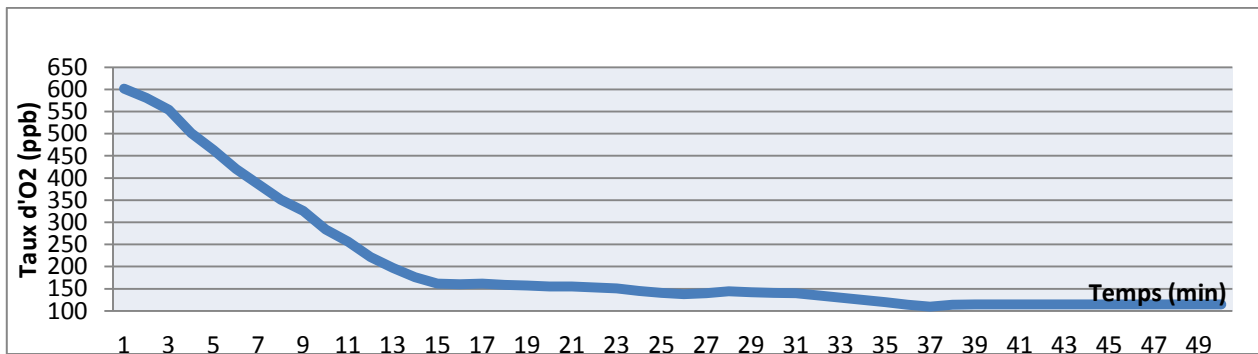


Figure 18 : Taux d'oxygène au niveau d'entrée de la soutireuse

- À l'entrée de la soutireuse, le taux d'oxygène diminue progressivement jusqu'à la valeur 120 ppb. mais le taux d'O<sub>2</sub> ici reste supérieur à celui de la garde et ceci peut être expliquer aussi par l'absence du levure et par la présence d'O<sub>2</sub> dissous dans le tank de la bière claire ( après filtration)

## 2) Mesure du taux de Gaz étranger :

### i) Appareillage :



Figure 19 : headspace

### ii) Principe :

Le suivi du taux d'oxygène dissous dans la bière reste incomplet, et il faut le compléter par la mesure du taux des gaz étrangers au niveau du produit fini, pour qu'on puisse déterminer le degré d'influence d'oxygène sur la qualité de la bière. La valeur des gaz étrangers ne doit pas dépasser le 1ml/l. Par agitation, on établit un équilibre entre la phase gazeuse et la phase liquide dans la bouteille. On fait passer le « Headspace » tout entier dans une burette à gaz remplie de lessive de potasse, le gaz carbonique du « Headspace » est lié par la lessive de potasse



### iii) Mode opératoire :

Avant de commencer une série de détermination, il faut mettre les bouteilles à analyser dans un bain marie de  $20 \pm 1$  °C

- On place les bouteilles dans un appareil agitateur afin de les agiter pendant 5min à une vitesse d'environ 70 tr/min .
- On Perce la bouteille et on ouvre le robinet de la burette à gaz en frappant sur la bouteille.
- On ferme le robinet de la burette a gaz et on note le volume du gaz.
  - le Stork/Flag Pils : lecture \*3.9 = Volume (ml/l)
  - "33" Export/Flag Spéciale :lecture \*4.5=Volume (ml/l)

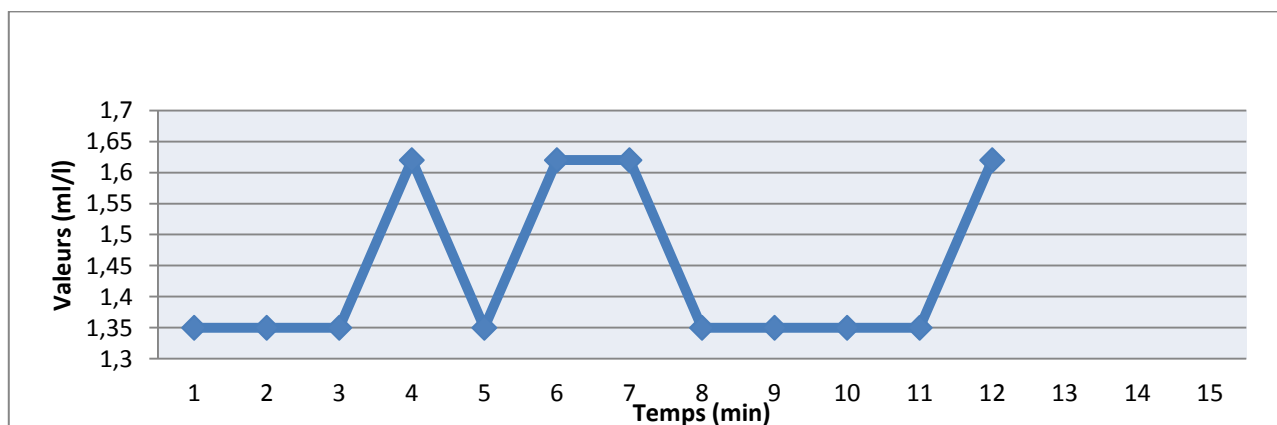
### 3) Résultat de Suivi du Taux de Gaz étranger :

Les valeurs de la mesure du gaz étranger obtenu a l'aide de « HEADSPACE» , réalisées sur 12 bouteilles sont rassemblées dans le tableau suivant

**Tableau 6 : résultats de suivi du taux de gaz étrangers**

Bouteille N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Taux de gaz étranger (ml/l)	1.35	1.35	1.35	1.62	1.35	1.62	1.62	1.35	1.35	1.35	1.35	1.62

**La figure 18** représente la variation du taux du gaz étranger au niveau de produit fini



**Figure 20 : Variation du taux de gaz étrangers au niveau de produit fini**

Le graphe représente la variation du taux du gaz étranger au niveau de produit fini, montre que le volume d'oxygène piégé dans le col varie entre 1,35ml /l et 1.62 ml /l. Il est donc presque le même dans toutes les bouteilles analysées. Ceci est en accord avec des travaux antérieurs qui respecte la norme exigé par la société 2 ml d'oxygène au niveau du produit fini et bien souvent on en trouve un peu plus.

- Pour avoir une idée claire et précise sur les principaux facteurs qui influent la variation du taux d'oxygène dissous au cours de la chaîne de fabrication de la bière et de connaître les étapes critiques qui facilitent l'injection de l'oxygène dans la bière. On a effectué une série de mesure pour différentes cuves. Les résultats obtenus est représentés dans le tableau suivant :

N° de la cuve	Le taux d'oxygène dissous					Gaz étranges dans le produit fini (ml/l)	Taux d'oxygène dans le produit fini (ml/l)
	Le moût (ppm)	La garde (ppb)	L'eau de coupage (ppm)	Bière claire (ppb)	Entrée de la soutireuse (ppb)		
12	-	32	15	107	130	2,03	0,42
13	84	28	15,1	58	85	1,53	0,32
16	-	28	16,3	90	115	1,47	0,30

**Tableau 7: Les résultats de suivi du taux d oxygène dissous et des gaz étrangers**

#### 4) Interprétation des Résultats :

Le taux d'O<sub>2</sub> dissous dans le moût est très important, car le moût a été aérer pour assurer une bonne multiplication de la levure.

Pendant la période de garde le taux d'oxygène diminue jusqu'à des valeurs minimales, ce qui est expliqué par la consommation d'oxygène par la levure au début de fermentation et précisément pendant la phase de respiration qui permet sa croissance et son développement.

Au niveau de la bière claire, il y a une augmentation importante du taux d'O<sub>2</sub> due essentiellement à la méthode de coupage et de filtration, mais il reste toujours dans les normes.



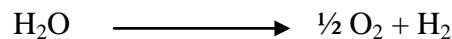
Ainsi on distingue une large différence entre le taux d'oxygène dissous mesuré à l'entrée de la soutireuse et le taux d'oxygène dans le produit fini. ce qui nous informe qu'il y'a une défaillance au niveau de la soutireuse. Parmi les différents facteurs qui sont à l'origine de la variation du taux d'O<sub>2</sub> dissous lors de la fabrication de la bière, on cite :

### La souche et l'âge de la levure

Les résultats obtenus montrent que l'oxygène dissous du moût est réduit rapidement par la levure, c'est-à-dire les valeurs initiales disparaissent complètement après la fermentation. La réduction de l'oxygène dissous du moût en fermentation est favorisée par une dose de levure et une température plus élevées, ainsi que par une levure jeune. Cette réduction dépend également de la souche de levure, des besoins en oxygène de la levure et de la composition du moût.

### Méthode de coupage (dilution)

La méthode de coupage ou dilution est une méthode qui permet de passer d'une bière de haute densité (14° plateau) à une bière de 12° plateau pour le type « spéciale », l'eau de coupage utilisée est déjà traitée et désaérée, mais malgré ça il contient un taux d'oxygène dissous entre 14 et 19 ppm, qui peut être expliqué par la décomposition d'eau selon la réaction suivante :



### Filtration de la bière claire à l'aide de la suspension aqueuse de Kieselguhr :

Une suspension de kieselguhr, même préparée avec de l'eau ayant une faible quantité d'oxygène dissous présente un taux élevé d'oxygène. Cet accroissement d'oxygène est dû principalement à l'oxygène introduit par le kieselguhr (Oxygène emprisonné dans les pores). La température, et le mode de remplissage de l'alluvionneur, ainsi que l'agitation ont une influence sur l'absorption de l'oxygène par l'eau et la suspension de kieselguhr. Lors de la filtration de la bière, il y'a intérêt de garder un volume constant de suspension, afin d'éviter une reprise importante d'oxygène par la bière car si par hasard la vidange de l'alluvionneur est totale, la pompe doseuse peut aspirer l'air et l'injecter dans la bière.

### 5) Conclusion :

D'après le suivi du taux d'oxygène dissous au cours de la chaîne de fabrication de la bière et le taux des gaz étrangers dans le produit fini, on a constaté que le soutirage est l'étape critique qui permet l'enrichissement de la bière par les gaz étrangers et surtout l'oxygène. Donc c'est à ce niveau qu'il faut intervenir pour déterminer les différents facteurs de soutirage afin de les contrôler et de les optimiser pour avoir un produit de bonne qualité qui peut être stocker pendant une longue durée.





## IV) Suggestions pour la réduction du taux d'oxydation à la bière et le maintien de stabilité :

### 1) Stabilisants améliorant la stabilité colloïdale :

#### i) Par élimination des Polyphénols

<b>Charbon actif</b>	utilisé pour adsorber les Polyphénols et les composés protéiques et pour éliminer les faux-goûts de la bière.
<b>Kératine</b>	20-150g/hl. Ce composé adsorbe les Polyphénols.
<b>Traitement par E.D.T.A</b>	L'éthylène-diamine-tétraacétate est utilisé dans l'industrie pour empêcher l'action nocive des métaux lourds qui provoquent des troubles colloïdaux
<b>Traitement au P.V.P</b>	il stabilise la bière contre le trouble au froid.

Tableau 8 : différents suggestions pour élimination des polyphénols

#### ii) Traitement aux réducteurs :

Ce traitement a pour but de fixer l'oxygène dissout dans la bière. Les réducteurs d'après une méthode spectro-photométrique au 2,6-dichlorophénol-indophénol (DCI) peuvent être classés en 3 groupes :

<b><u>Les réducteurs immédiats</u></b>	qui réduisent le DCI en moins de 15 secondes à 20°C : acide ascorbique, les fonctions –SH en grande partie et une partie des fonctions réductrices des réductones et melanoïdines.
<b><u>Les réducteurs rapides</u></b>	qui agissent en moins de 5 minutes : ce sont les fonctions réductrices moins actives que les précédentes des réductones et melanoïdines et éventuellement le SO <sub>2</sub>
<b><u>Les réducteurs lents</u></b>	qui réagissent jusqu'à 150 minutes : ce sont les tanins, résines et fonctions secondaires de melanoïdines.



## 2) Contrôle de L'Oxygène

Contrôler O<sub>2</sub> par :

- Utilisation de l'eau désaérée et sans métaux lourds.
  - Agitation faible.
  - Entrée du mout par le bas.
  - Pompage doux.
  - Utilisation des cuves inoxydables
- Pendant procédé de brassage il faut travailler à des températures d'empattage élevées (62°C) et pH de la maische bas.



## CONCLUSION GENERALE

Ce stage m'était de plus grande utilité, c'était un stage dont j'ai acquis plusieurs connaissances sur le procédé de fabrication de la bière. Il m'a permis de mettre mes connaissances théoriques à l'épreuve pratique afin de faire une comparaison entre les deux et particulièrement savoir à quel point l'oxygène est néfaste pour toute bière filtrée et embouteillée

Ce stage à SBM Fès m'a permis aussi de connaître que l'O<sub>2</sub> est une pièce à 2 faces :

1. La 1<sup>ère</sup> face représente les 2 effets néfastes pour toute bière filtrée et embouteillée :
  - Oxydation de la bière
  - Formation des troubles Colloïdaux
2. La 2<sup>ème</sup> face réside dans son importance pour initier la fermentation (la multiplication des levures).



## BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE

---

- 1- Documents internes de la société des Brasseries du Maroc
- 2- Procédé de la fabrication de la bière, 'IFBM' INSTITUT FRANÇAIS DES - BOISSONS, DE LA BRASSERIE ET DE MALTERIE 2000
- 3- <http://la-cave-de-gambrinus.com/category/la-biere/>
- 4- <http://www.citepa.org/fr/air-et-climat/polluants/metaux-lourds/arsenic>
- 5- [http://fr.mt.com/fr/fr/home/supportive\\_content/specials/enews\\_co2.html](http://fr.mt.com/fr/fr/home/supportive_content/specials/enews_co2.html)
- 6- IMPACT ET MAITRISE DE L'OXYGÈNE EN BIÈRE, 'IFBM' INSTITUT FRANÇAIS DES BOISSONS, DE LA BRASSERIE ET DE MALTERIE
- 7- WWW.UNIVERS-BIERE.NET
- 8- Manfred. MOLL, « Bières & Coolers : Définition – Fabrication- Composition ».

## ANNEXE

### ✓ Constitutions chimiques de la bière

Eau	91 %
Alcool	5 %
Résidus d'hydrates de carbone	4 %
Substances protéiques	6 g
Anhydride carbonique	5 g
Potassium	350 mg
Phosphore	250 mg
Magnésium	80 mg
Acide citrique	110 mg
Poly phénols	100 mg
Alcools supérieurs	100 mg
Acides aminés essentiels	80 mg
Calcium	40 mg
Sodium	30 mg
Esters	25 mg
Acide pyruvique	80 mg
Cuivre	0,05 mg
Fer	0,03 mg
Vitamine B3 ou PP (niacine)	7700 µg
Vitamine B5 (acide pantothénique)	1500 µg
Vitamine B6 (pyridoxine)	600 µg
Vitamine B2 (riboflavine)	300 µg



✓ Avantages et inconvénients des divers systèmes à gaz sur la qualité de la bière :

SYSTÈME À GAZ	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Air comprimé	Faible coût par fût	Effet négatif sur l'arôme; bière éventée; donne aux bactéries aérobies, si elles sont présentes, de l'oxygène.
Air comprimé avec mélange de CO <sub>2</sub>	La carbonatation de la bière sera supérieure en soi à celle provenant d'un système à air comprimé.	Effet négatif sur l'arôme; bière éventée; donne aux bactéries aérobies, si elles sont présentes, de l'oxygène.
CO <sub>2</sub>	Le CO <sub>2</sub> est présent naturellement dans la bière. Ce système aidera à maintenir le bon niveau de carbonatation; de plus, il n'y a pas d'oxygène pour détériorer la bière.	Les coûts d'exploitation initiaux sont plus élevés que dans le cas de l'air comprimé. Cependant, ce coût sera probablement récupéré grâce à une plus grande satisfaction des clients et à une diminution des pertes de bière pression.
Mélanges N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> i) Gaz pour la bière : 70 % N <sub>2</sub> / 30 % CO <sub>2</sub> ii) Mélange 50/50 : 50 % N <sub>2</sub> / 50 % CO <sub>2</sub>	Pour les conduites de 9 mètres et plus, le mélange 50/50 permet une pression suffisante dans le système pour maintenir le débit sans influencer négativement sur l'équilibre du CO <sub>2</sub> . En général, le mélange N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> aide à maintenir la carbonatation d'autres bières; l'oxygène ne peut requises – il permet une pression plus élevée pour distribuer la bière sans l'intervention de pompes. Les mélangeurs de gaz et les générateurs d'azote peuvent réduire les coûts globaux en gaz.	Les mélanges N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> représentent un coût plus élevé que les systèmes fonctionnant uniquement au CO <sub>2</sub> . Le gaz pour la bière assure la nitrogénéation et fait en sorte que les bières sans azote s'éventent et sont moins rafraîchissantes. On ne peut obtenir partout un mélange 50/50 déjà prêt.
Mélangeurs de N <sub>2</sub> / CO <sub>2</sub> Et générateurs d'azote avec mélangeurs	Mélangeurs simples et doubles disponibles pour différents types de bière. Si l'on utilise un générateur d'azote, il n'est pas nécessaire de commander des bouteilles de N <sub>2</sub> . Les inquiétudes en matière de sécurité avec les bouteilles sont éliminées. Le générateur d'azote présente aussi un coût moindre que les gaz mélangés au préalable.	Les générateurs d'azote doivent être achetés ou loués, ce qui donne des coûts d'installation plus élevés.

