

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS**

**SECONDAIRES ET SUPERIEUR**



**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE  
DE BOBO-DIOULASSO**



**BRASSERIES DU BURKINA FASO**

-----  
**UNITE DE FORMATION ET DE  
RECHERCHE/SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

-----  
**FILIERE GENIE BIOLOGIQUE  
OPTION AGROALIMENTAIRE**

**MEMOIRE DE FIN DE CYLE  
POUR L'OBTENTION DE LA LICENCE  
PROFESSIONNELLE EN AGROALIMENTAIRE**

**THEME**

**SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE  
CHAUDIERES ET DES EAUX DE  
REJET**

**Présenté par : SOME Arnaud PégréwindéYibeviel**

**Maître de stage :**

Mr OUEDRAOGO Sayouba

**Directeur de mémoire**

Dr TRANCHOT Juliette

Août-Février

## DEDICACE

Ils ont toujours été un maillon fort dans mes études. C'est pourquoi je dédie avec honneur ce document à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à ma réussite scolaire et universitaire et plus particulièrement :

- A mon père Feu SOME Denis ;
- A ma mère SOME née HIEN Francisca qui m'a toujours soutenue par ses conseils et ses gestes ;
- A mes frères et sœurs.

**REMERCIEMENTS :**

La réalisation de ce document a été possible avec la collaboration et le soutien de plusieurs personnes auxquelles nous voulons exprimer toute notre profonde gratitude. Nous tenons à remercier plus particulièrement:

- Monsieur Marc POZMENTIER, le Directeur Général de la BRAKINA pour m'avoir acceptée dans son entreprise ;
- Monsieur Souleymane OUATTARA, le Responsable d'Exploitation de la BRAKINA/Bobo pour m'avoir accueillie dans son unité de production ;
- Monsieur Ousmane FOFANA, le Chef des Services Généraux à BRAKINA/Bobo ;
- Monsieur Biyé NEZIEN, chef d'embouteillage de la BRAKINA/BOBO ;
- Monsieur Emmanuel SANDWIDI, chef de fabrication bière de la BRAKINA/BOBO ;
- Monsieur Sayouba OUEDRAOGO, le Responsable du Laboratoire et mon maître de stage pour ses conseils et son soutien ;
- Pr. Georges Anicet OUEDRAOGO, Président de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso ;
- Pr Sado TRAORE, le directeur de l'UFR/ST ;
- Dr Juliette TRANCHOT/DIALLO, notre directrice de mémoire qui n'a ménagé aucun effort pour nous orienter ;
- Au personnel enseignant de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR/ST) et tout particulièrement à son directeur ;
- Tous les laborantins pour leur assistance et leurs conseils ;
- Nos parents qui ne ménagent aucun effort pour notre réussite ;
- Et enfin, tous ceux dont les noms n'ont pu être cités, qu'ils trouvent dans ce document notre profonde gratitude.

**SIGLES ET ABREVIATIONS :**

BRAKINA : Brasserie du BURKINA ;

SODIBO : Société de Distribution des Boissons

C : Chef ;

CIP : Cleaning In Place ou nettoyage mécanique en circuit fermé ;

CONTR. : Contrôleur ;

EDTA : Ethylène Dinitrilotetraacétique ;

FC : facteur de conversion ;

FD : Facteur de dilution ;

MPC : Matières Premières Consommables ;

NET : Noir eriochrome T

PDR : Pièces de rechanges ;

pH : potentiel hydrométrique ;

R : Responsable ;

TA : titre alcalimétrique ;

TAC : titre alcalimétrique complet ;

TC : Teneur cherchée ;

TD : Teneur donnée ;

PET : polyéthylène téréphtalate (matière plastique) ;

TH : titre hydrométrique.

**Table des matières**

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS : .....	II
AVANT-PROPOS : .....	III
SIGLES ET ABREVIATIONS : .....	IV
Liste des tableaux .....	VI
Liste des figures.....	VII
RESUME.....	VIII
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES .....	3
I. PRESENTATION DE LA BRAKINA .....	3
I.1. Généralité sur la BRAKINA et site d’implantation .....	3
I.1.1. Généralité sur la BRAKINA .....	3
I.1.1.1. Site d’implantation.....	3
I.1.1.2. Formes juridiques et sociales .....	4
I.2. Historique.....	5
I.3. Laboratoire de la BRAKINA .....	5
II. GENERALITES SUR LA PRODUCTION DE LA VAPEUR.....	5
II.1. Généralités sur la chaudière.....	5
II.1-1. Définition d’une chaudière .....	5
II.1-2. Composition d’une chaudière.....	6
II.2. La vapeur .....	7
II.2-1. Définition.....	7
II.2-2. Production de la vapeur .....	8
II.2-3. Processus de production de la vapeur.....	8
II.2-4. La distribution de la vapeur .....	10
II.3. Circuit de production de la vapeur.....	13
II.3-1. Le château d’eau.....	13
II.3-2. Les adoucisseurs .....	13
II.3-4. La Pompe doseuse .....	15
II.3-5. La chaudière .....	15
II.3-6. Les retours de condensats.....	15
II.4. Les réactifs utilisés dans la production de la vapeur à la BRAKINA.....	16
II.4-1. Le DIAPROSIM CIP2.....	16

II.4-2. Le DIAPROSIM VN11 .....	17
II.4-3. Le DIA PROSIM TSB.....	18
III.    GENERALITES SUR LES EAUX DE REJET .....	19
III.1. Définition des eaux de rejet.....	19
III.2.Traitement des eaux de rejet à la BRAKINA .....	19
III.2.1 Les différents paramètres d'analyse .....	19
III.2.2.Les traitements effectués sur les eaux de rejet .....	20
MATERIEL ET METHODES .....	20
II. Méthodes.....	21
II.1. Eaux des chaudières. Les analyses physico-chimiques. ....	21
II.1.1. Détermination du pH Principe .....	21
I.2. Les eaux de rejet .....	38
I.3. Les actions menées pour la maîtrise des paramètres de contrôle dans la production de la vapeur, et dans le traitement des eaux de rejet .....	39
I.3.1. Les purges .....	39
I.3.2. L'ajout des réactifs.....	39
I.3.3. L'ajout de l'acide chlorhydrique (HCl) concentré aux eaux de rejet .....	40
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	45
SUGGESTIONS.....	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES .....	47
ANNEXES .....	49

## Liste des tableaux

Tableau I: Les différents types de boissons de la BRAKINA/Bobo.....	3
Tableau II: Dosages et préparations .....	18
Tableau III: Signification du TA et TAC .....	23
Tableau IV: Plage des valeurs du TH.....	24
Tableau V: Caractéristiques des eaux pour les chaudières à tubes de fumées jusqu'à 25bars	25
Tableau VI: Caractéristiques des eaux d'une chaudière à tubes de fumées de timbre 10 bars	26
Tableau VII: Paramètres physico-chimique de l'eau adoucie, bêche alimentaire et chaudière	36

---

Tableau VIII: Paramètres physico-chimiques de l'eau des retours condensats. ....	36
Tableau IX: Résultats du traitement des eaux de rejet «Entrée» et «Sortie».. ....	39
Tableau X: tableau résumant les actions correctives en chaufferie.....	41

### Liste des figures

Figure 1: Diagramme de production de la vapeur.....	9
Figure 2: Distribution de la vapeur.....	10

### Liste des photos

Photo 1: Adoucisseur .....	14
Photo 2: La bâche alimentaire.....	15
Photo 3: la chaudière vue de profil et vue de face.....	16

## RESUME

Elément nécessaire et indispensable dans l'industrie agroalimentaire, la vapeur est utilisée pour le nettoyage, la désinfection des matériels de production et des surfaces de conditionnement. De ce fait, la vapeur doit respecter certaines normes pour assurer sa bonne qualité et son efficacité. Ainsi l'eau utilisée pour sa production doit être une eau adoucie, débarrassée des ions magnésium et calcium en suspension dans l'eau. Mais qu'en est-il du traitement des eaux de rejet.

En effet, ces dernières années, de nombreuses avancées en recherche et développement ont été nécessaires pour faire face à la complexité croissante de la pollution, quelle qu'en soit sa source. C'est pour cela que l'épuration des eaux de rejet ou eaux usées est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau, soit pour la recycler dans le milieu naturel ou leur rejet dans la nature.

Ainsi pour s'assurer du respect de ces normes, des contrôles sur plusieurs paramètres ont été réalisés au sein du laboratoire qualité et s'est déroulé en trois (3) principales phases :

- l'analyse des échantillons prélevés,
- les corrections nécessaires des résultats en cas de non conformités aux normes,
- la vérification de l'efficacité des corrections apportées.

De ce fait, nous avons comme objectif le contrôle quotidien des différents paramètres des eaux de chaudières, et des eaux de rejet. Cela a pour but de s'assurer du respect des normes de ces eaux. Ainsi, nous devons maîtriser les paramètres de contrôles pour améliorer la qualité de la vapeur produite, et le traitement des eaux de rejet. Pour cela, les objectifs spécifiques seront d'analyser la qualité de l'eau entrant dans la production de la vapeur; suivre la qualité de la vapeur à travers les différents contrôles effectués. Enfin d'analyser la qualité des eaux de rejet, avant de les déverser dans les égouts. De ce fait, quand un paramètre de contrôle est hors norme, une action corrective est immédiatement menée pour réparer cette anomalie.

A la suite de notre travail, les résultats obtenus lors de nos différentes analyses nous permettent d'affirmer que la vapeur produite à la BRAKINA est de bonne qualité. Aussi que les eaux rejetées dans le milieu naturel respecte toutes les normes en vigueur.

## INTRODUCTION

Élément nécessaire et indispensable dans l'industrie agroalimentaire, la vapeur est utilisée pour le nettoyage, la désinfection des matériels de production et des surfaces de conditionnement. De ce fait, la vapeur doit respecter certaines normes pour assurer sa bonne qualité et son efficacité. De ce fait, toutes les industries ont pour rôle d'optimiser le rendement et d'assurer une production la plus régulière possible. En effet, une rupture d'alimentation en énergie peut mener à un arrêt de production, donc entraîner de sévères pertes économiques pour une industrie.

Ainsi, les industries comme la BRAKINA, sont réputées grandes consommatrices d'énergie. Mais à part l'électricité, elles consomment de façon importante l'énergie thermique pour le fonctionnement des moteurs. Elle produit de la vapeur pour diverses nécessités dans le cadre de la production. Différents systèmes favorables sont mis en place pour une consommation minimale et efficace d'énergie, et subissent des améliorations au fil des années.

Les eaux de rejet ou eaux usées sont des déchets liquides ou eaux altérées par un usage prolongé ou par une action physique. Ces eaux proviennent des industries de fabrication, des eaux de lavages des ouvrages ou des édifices, des toilettes et douches du personnel.

De ce fait, toutes les industries avant de rejeter dans le milieu naturel les eaux usées, doivent s'assurer du respect des normes de ces eaux pour éviter des risques sanitaires, écologiques et pour une réutilisation éventuelle.

Ainsi, pour l'amélioration de la qualité de la vapeur produite et, la maîtrise des différents paramètres, aussi pour la gestion des eaux de rejet, différentes analyses sont menées quotidiennement à la BRAKINA. C'est dans ce cadre que s'insère la présente étude intitulée « SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE CHAUDIERES ET DES EAUX DE REJET ».

L'objectif global de notre étude est de suivre la qualité des eaux des chaudières et celles de rejet ou usées.

Pour atteindre cet objectif global, des objectifs spécifiques ont été fixés qui sont :

- analyser les eaux entrants dans la production de la vapeur ;
- Maîtriser les paramètres de contrôles pour améliorer la qualité de la vapeur produite, et le traitement des eaux de rejet.
- Analyser la qualité de l'eau entrant dans la production de la vapeur;
- Suivre la qualité de la vapeur à travers les différents contrôles effectués;

- Analyser la qualité des eaux de rejet, avant de les déverser dans les égouts.

Le document s'articule sur trois (03) parties. La première traite des généralités. La deuxième consacrée sur le matériel et les méthodes d'analyses. Enfin la troisième partie présente les résultats obtenus puis la discussion suivie de la conclusion et des perspectives.

1<sup>ère</sup> PARTIE :  
**GENERALITES**

## PREMIERE PARTIE : GENERALITES

### I. PRESENTATION DE LA BRAKINA

#### I.1. Généralité sur la BRAKINA et site d'implantation

##### I.1.1. Généralité sur la BRAKINA

Les Brasseries du Burkina (BRAKINA) est une industrie Agro-alimentaire spécialisée dans la fabrication des boissons. Elle est aussi une société anonyme constituée de deux(2) unités fonctionnelles. L'une, située à Ouagadougou qui abrite le siège social et, l'autre située à Bobo-Dioulasso.

##### I.1.1.1. Site d'implantation

La BRAKINA/Bobo est située dans la zone industrielle du secteur N°1, rue 380 de l'arrondissement de Konsa, commune de Bobo-Dioulasso. Elle couvre une superficie de plus de quatre hectares (4 ha). La BRAKINA Bobo est une entreprise de production de bière, de boissons gazeuses et d'eau minérale (Tableau I). Une autre de ses principales activités est la distribution des boissons d'où l'appellation BRAKINA/SODIBO.

**Tableau I:** Les différents types de boissons de la BRAKINA/Bobo

Nature	Boissons	Conditionnement
Boissons gazeuses en verre	Fanta	30 et 50 cl
	Coca cola	30 et 50 cl
	Bullvit	30 cl
Boissons gazeuses en PET	Youki tonic, cocktail et moka-café	35 et 50 cl
Bières	Brakina	65 cl
	Sobbra	65 cl
	Guinness	33 et 65 cl
	Pelforth	33 et 65 cl
	Castel, Flag	33 et 65 cl
Eau minérale	Lafi	50 et 150 cl
Eau minérale gazeuse	Lafi	50 cl

### **I.1.1.2. Formes juridiques et sociales**

La BRAKINA est une société anonyme au capital de 2 530 020 000 F CFA. Ce capital est divisé en 253 002 actions de 10 000f CFA chacune. La BRAKINA est une des filiales du groupe français CASTEL. Le capital de l'entreprise se répartit de la manière suivante : 90% pour le groupe CASTEL et 10% pour l'état et les privés burkinabè.

L'organigramme (Annexe 2) nous montre la structuration interne générale de la BRAKINA/Bobo.

La BRAKINA participe énormément aux activités socio-économiques du BURKINA Faso. Sa création répond aux objectifs suivants :

- réduire les importations de bière, de boissons gazeuses et d'eau minérale ;
- réaliser une économie de devise par la mise en valeur d'une matière locale : le maïs ;
- fournir une activité rémunératrice à une fraction de population ;
- au niveau de l'État, la production de bière constitue une entrée de devises à travers les taxes et les droits de douanes sur les importations de malt ;
- la fabrication de bière contribue à l'augmentation du chiffre d'affaire d'autres entreprises à travers la consommation d'eau pour l'ONEA et l'énergie pour la SONABEL ;
- enfin les drèches de la BRAKINA sont utilisés pour l'alimentation du bétail.

## **I.2. Historique**

En 1954, implantation d'une usine d'embouteillage à Bobo pour desservir la Haute-Volta et le Mali. L'usine était un dépôt des brasseries de la Cote d'Ivoire (BRACODI). Cependant les boissons gazeuses étaient fabriquées sur place : Limonade gazelle, youki soda, youki café, youki pamplemousse, youki citron et judor.

4/07/1960, l'usine de Bobo est dénommée Société des Brasseries de la Haute Volta (BRAVOLTA) avec son siège social à Bobo-Dioulasso.

4/11/1962, inauguration de la BRAVOLTA en présence des membres du gouvernement.

En 1964, Création de la première usine de brassage à Bobo-Dioulasso

En 1984, avec le changement du nom du pays, la BRAVOLTA devient BRAKINA.

En 1987, mise en place d'une unité de production d'eau minérale (Lafi) au sein de la BRAKINA

En 1990, fusion des deux brasseries bobo et Ouagadougou et avec pour siège sociale Ouagadougou.

## **I.3. Laboratoire de la BRAKINA**

Pour la bonne marche de l'usine et l'obtention des produits de bonnes qualités, la BRAKINA/Bobo s'est dotée de deux laboratoires, qui sont le laboratoire central et le laboratoire de boissons gazeuses.

Leur mission est le control qualité des différents produits à la BRAKINA/Bobo en général. En d'autre terme, c'est l'analyse physico-chimique et microbiologique de la matière première au produit fini.

## **II. GENERALITES SUR LA PRODUCTION DE LA VAPEUR**

### **II.1. Généralités sur la chaudière**

#### **II.1-1. Définition d'une chaudière**

Une chaudière est un appareil qui permet de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide. Cet appareil produit de la vapeur à partir de l'eau chauffée :

- soit par un combustible primaire : le fuel, le gaz, le charbon, le bois et déchets.
- soit par de l'énergie électrique.

Scientifiquement, la chaudière est définie comme un système qui permet d'augmenter la température d'un fluide caloporteur afin de transporter de l'énergie thermique.

La BRAKINA/Bobo dispose de deux chaudières de marque Meurabloc pour la production de la vapeur au sein de l'usine. La production est de 7,5T/h pour la grande chaudière, et de 4,5T/h pour la petite chaudière.

Ces chaudières sont des tubes horizontaux fumés et à double retour de flamme qui forment un bloc avec les accessoires à marche automatique. Le fuel est utilisé comme combustible pour chacune des chaudières.

## **II.1-2. Composition d'une chaudière**

La chaudière est composée de trois éléments essentiels qui sont: le foyer, le chaudron et le brûleur.

### **II.1-2-1. Le foyer**

Le foyer est une chambre cylindrique où se passe la combustion du fuel. La fumée de la combustion est ensuite évacuée par la cheminée vers l'extérieur de la chaudière.

### **II.1-2-2. Le chaudron**

C'est dans ce compartiment de la chaudière que se situe l'eau à évaporer et, dans laquelle se trouvent les tubes à fumées.

### **II. 1-2-3. Le brûleur**

Le brûleur est l'élément central de la combustion. Il permet de mettre la flamme au combustible préalablement dilaté par un réchauffeur à une pression de 32bars. La pulvérisation de la flamme est assurée par un moteur électrique qui produit un arc électrique et qui ventile la flamme à l'intérieur des tubes dans le foyer.

#### **II.1.2.4. Fonctionnement de la chaudière**

La chaudière fonctionne grâce à l'utilisation d'eau de bonne qualité (eau adoucie + retour condensat) et du fuel permettant la production d'énergie pour la vaporisation de l'eau. Le fuel utilisé par la BRAKINA est du pétrole lourd.

#### **II.1.2.5. Les types de chaudières utilisées par la BRAKINA/Bobo**

Les chaudières utilisées par la BRAKINA sont des tubes de fumées. Ces types de chaudières sont constitués d'un grand réservoir d'eau traversé par des tubes dans lesquels circulent les fumées. Le premier tube a le plus grand diamètre et constitue le foyer. Ce type de

construction est aujourd'hui utilisé presque exclusivement pour les combustibles gazeux et liquide.

La chaudière est entièrement remplie d'eau. Le brûleur pulvérise le combustible qui s'enflamme et chauffe l'eau. La fumée monte en passant par une série de tubes immergés dans l'eau. La fumée est évacuée par la cheminée.

#### **II.1.2.6. Entretien de la chaudière**

La chaudière Meurabloc, constituée par un ensemble de tubes de fumées, et présentant un taux de vaporisation très élevé comme tous les chaudières de ce type doivent subir des entretiens pour maintenir les surfaces de chauffe très propre tant du côté eau que du côté feu.

Côté eau : L'eau utilisée pour la chaudière doit être bien traitée pour éviter des incrustations et des corrosions :

- Epurée à 0°C si possible et, au minimum à 5°C de dureté
- Limpide
- Débarrassée du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) agressif.

Coté feu : Les suies sont des isolants qui se déposent assez rapidement sur la paroi interne des tubes surtout si les combustibles utilisés sont des huiles lourdes ou extra-lourdes. Leur présence diminue l'échange thermique et, par la suite la température de sortie des gaz de fumées augmente, entraînant la diminution du rendement.

L'état de propriété des tubes doit être fréquemment vérifié, et être plus grande lorsqu'il s'agit d'huiles lourdes utilisées comme combustible quelque temps après un réglage du brûleur.

Le brûleur doit être bien entretenu et bien réglé de façon à en obtenir un maximum de rendement.

## **II.2. La vapeur**

De nos jours c'est encore la vapeur d'eau qui permet la production de l'énergie mécanique pour faire tourner les alternateurs des centrales énergétiques dans les industries.

Sa température est supérieure à la température d'ébullition de l'eau qui est de 100°C.

### **II.2-1. Définition**

La vapeur d'eau est un fluide très utilisé dans l'industrie. Elle est définie comme étant l'état gazeux de l'eau au-dessus de son point d'ébullition. Elle a été l'un des vecteurs de la révolution industrielle des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles.

## II.2-2. Production de la vapeur

La vapeur est produite de plusieurs manières :

Un récipient contenant de l'eau est placé sur un réchaud. Elle commence à bouillir, sa température atteint  $t_s=100^\circ\text{C}$  (température de saturation), quelle que soit l'intensité du feu sur le réchaud, sa température reste constante entraînant une production de la vapeur.

La BRAKINA/Bobo, pour produire la vapeur utilise deux chaudières. Cette vapeur est produite à une pression de 10bars correspondant à une température de  $180^\circ\text{C}$ . Cette pression est maintenue constante et change suivant sa distribution dans les différentes chaînes où elle est utilisée.

## II.2-3. Processus de production de la vapeur

La figure 3 présente le circuit de production de la vapeur depuis l'eau utilisée jusqu'à la distribution. L'eau traitée est adoucie, et l'on ajoute les réactifs. Le non signifie que si le TH de l'eau est  $>0$ , on le radoucie jusqu'à avoir un  $\text{TH}=0$ . Cette eau adoucie et l'eau des retours condensats sont ensuite introduites dans la bêche alimentaire. La production de la vapeur a lieu dans la chaudière. Cette vapeur est enfin distribuée suivant les différentes chaînes de production.

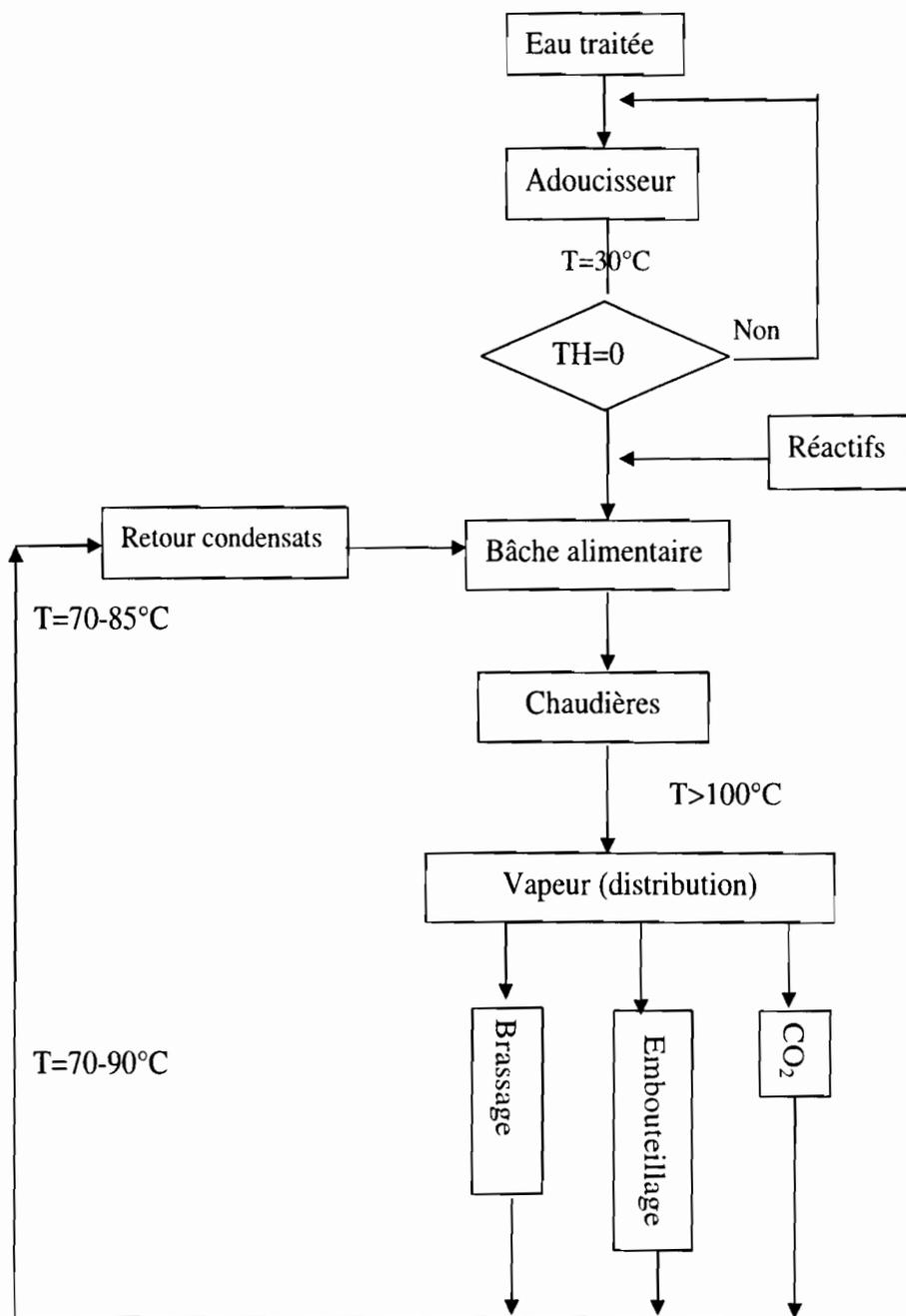


Figure 1: Diagramme de production de la vapeur

## II.2-4. La distribution de la vapeur

La vapeur produit dans l'usine de la BRAKINA/Bobo est répartie sur plusieurs lignes suivant un diagramme de distribution (Figure 4).

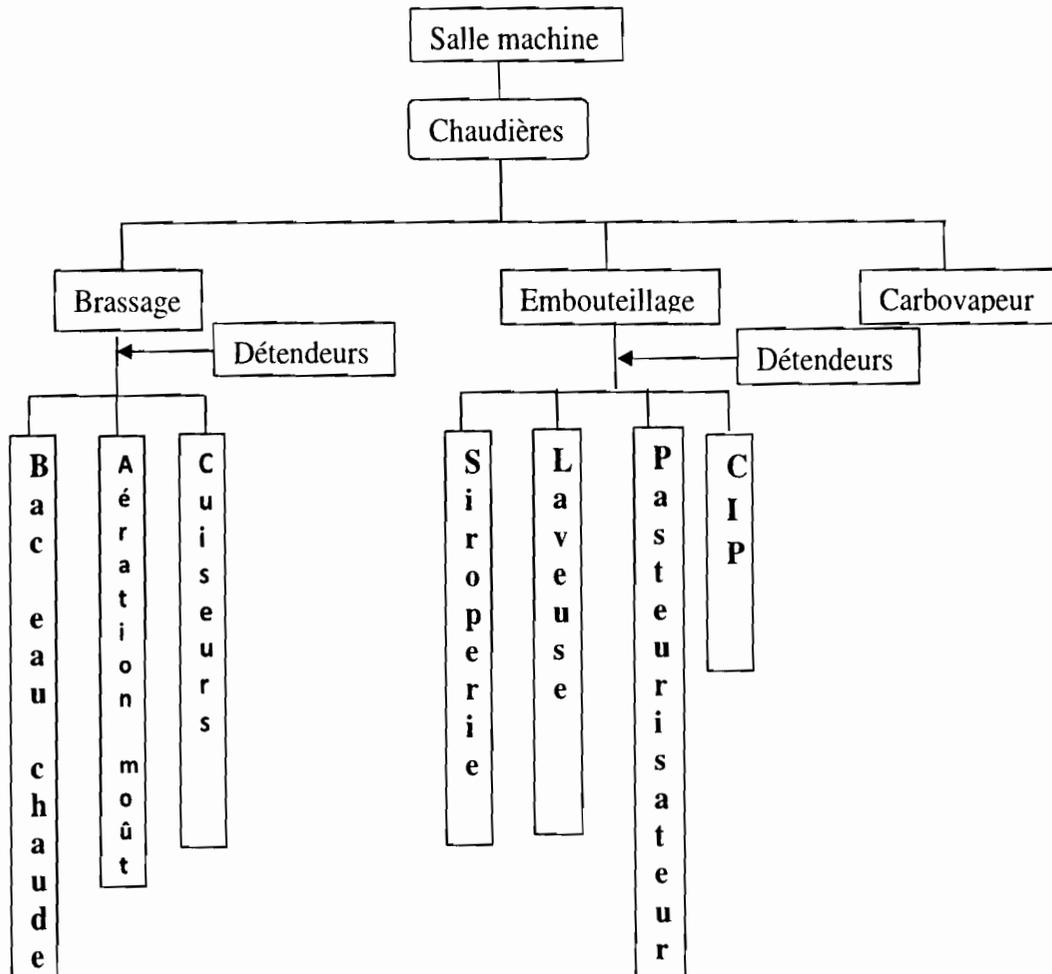


Figure 2: Distribution de la vapeur

### II.2-4-1. Le brassage

Il a pour but d'extraire tous le principe utile du malt, du houblon et éventuellement des succédanées pour la préparation du moût. Pendant le brassage, l'amidon du malt est hydrolysé en sucres fermentescibles par les enzymes du grain.

La bière, une des boissons les plus consommées, est la principale fabriquée par la BRAKINA avec des variantes. On distingue les bières ordinaires et les bières de luxes. Le processus de fabrication varie d'un type à un autre et, la vapeur y est utilisée pour le chauffage des eaux de cuisson. De façon générale, les étapes sont presque les mêmes:

- la préparation des grains crus dans la cuve matière,
- l'empattage dans le cuiseur,
- la filtration,
- le cuisson du jus dans la chaudière à houblonner,
- le refroidissement du moût,
- la fermentation,
- la filtration,
- l'embouteillage,
- la pasteurisation.

#### **II.2-4-2. L'embouteillage**

La vapeur arrive à l'embouteillage à une pression de 8 bars et, les détendeurs placés à chaque niveau permettent de régler les pressions à celles dont les appareils ont besoin pour leur fonctionnement.

#### **II.2-4-2-1. La siroperie**

La BRAKINA produit également des boissons gazeuses à partir d'eau, du sucre et des extraits. La vapeur est utilisée pour la préparation du sirop. La préparation des boissons gazeuses se fait en trois étapes :

##### Etape 1 : Préparation du sirop simple.

Le sirop simple se fait dans un fondoir ou à lieu la dissolution du sucre dans l'eau auquel on ajoute du charbon actif désodorisant et du kieselguhr (terre diatomée) pour faciliter la filtration du sirop. Le tout est porté à vapeur avec une température de 80°C pendant 20mn

##### Etape 2 : Le sirop fini.

Au sirop simple est ajouté des extraits qui sont des mélanges complexes d'arôme, d'acidulant et de colorant constituant le sirop fini.

##### Etape 3 : Le mélange.

L'eau désaérée est carbonatée par mélange avec le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). L'aspiration de l'eau carbonatée et du sirop fini sont introduit dans une cuve qui les mélange et, on obtient la boisson gazeuse qui se termine par la mise en bouteille.

#### **II.2-4-2-2. La laveuse**

La BRAKINA dispose d'une laveuse constituée de 7 bains. La vapeur est utilisée pour chauffer la solution de soude. Les bouteilles subissent un pré-lavage. Trois bains contiennent des solutions de soutes à différentes concentrations et, la température varie suivant la position du bain dans la laveuse. La soude est utilisée pour la désinfection des bouteilles. Les bouteilles sont ensuite rincées à l'eau traitée avant d'être glissée vers la soutirés.

#### **II.2-4-2-3. Le pasteurisateur**

Le processus consiste à élever graduellement la température de la bière jusqu'à au maximum 62°C. Ensuite, à la rabaisée afin de désactiver les levures issues de la fermentation de la bière et d'éventuelles microorganismes. La bière est pasteurisée après sa mise en bouteilles. La pasteurisation se fait dans un appareil appelé pasteurisateur à deux entrés par lesquelles entre les bières à 10°C. Le pasteurisateur est constitué de 9 bains.

#### **II.2-4-2-4. En CIP (Cleaning In Place)**

La vapeur joue un rôle de nettoyage et de désinfection dans les entreprises agro-alimentaires pour s'adapter au mieux aux normes. Elle détruit les microorganismes et les bactéries. La CIP est un matériel utilisé pour le nettoyage et la désinfection de la soutireuse et des conduites par lesquelles proviennent les boissons, la pression à ce niveau est de 4bar.

#### **II.2-4-3. Le carbovapeur**

La vapeur est utilisée pour la gazéification du gaz carbonique. Le dioxyde de carbone provenant de la fermentation du moût pour la fabrication de la bière, est lavé, séché, liquéfié et stocké. En fonction des besoins, il est gazéifié pour être utilise dans soit pour la saturation des boissons gazeuses, soit pour assurer la contre-pression au niveau de la soutireuse. Il est aussi utilisé sous forme gazeuse à la filtration de la bière. Sa gazéification se fait grâce à la vapeur qui chauffe le dioxyde liquide pour le rendre gazeux à travers un dispositif comprenant un tube dans lequel circule le gaz carbonique liquide muni d'un serpentín, par ou passe la vapeur pour le rendre gazeuse.

## II.3. Circuit de production de la vapeur

### II.3-1. Le château d'eau

La vapeur par définition est de l'eau sous son état gazeux. Pour la production de la vapeur, la BRAKINA/Bobo utilise une eau de bonne qualité. Cette eau est traitée physiquement (avec du sable) qui est un filtre pour éliminer les impuretés. L'eau utilisée provient de différentes sources à savoir des forages de la BRAKINA et, l'eau de ville. Elle subit également un traitement chimique qui (à l'aide du chlore et du charbon actif) pour la désinfection la désodorisation. Ensuite, elle est stockée dans un château d'eau, filtrée et adoucie par un adoucisseur avant d'être utilisée pour la production de la vapeur. Le circuit de l'eau depuis les sources jusque dans les chaudières et présenté à l'annexe I.

### II.3-2. Les adoucisseurs

Un adoucisseur (Photo 1) est un appareil qui réduit la dureté de l'eau en réduisant la quantité de calcaire (carbonates principalement de calcium et de magnésium) en suspension dans l'eau.

L'adoucissement consiste à retirer de l'eau les sels de calcium et de magnésium de façon à réduire les phénomènes d'incrustation qui sont responsables de l'obstruction des tuyauteries, ou dans le cas des chaudières de l'isolement des surfaces de transmission de la chaleur. Ceci engendre une perte de rendement et également une augmentation de la consommation de combustible.

Les adoucisseurs contiennent des résines échangeuses d'ions qui sont des produits insolubles dans l'eau et ont la propriété d'échanger certains de leurs ions contre des ions des sels dissouts dans l'eau et ce selon un processus réversible utilisé. Pendant la régénération les résines utilisés dans les adoucisseurs d'eau sont sous formes Na (sodium) et sont régénérés au chlorure sodium (NaCl). Les adoucisseurs ont des pouvoirs d'échanges qui s'expriment en degrés/m<sup>3</sup> et qui permettent de déterminer le cycle de l'adoucisseur c'est à dire le volume d'eau pouvant être traité entre deux régénérations. Le suivi d'exploitation de la phase d'échange d'un adoucisseur s'effectue de la façon suivant :

$$\text{Cycle (m}^3\text{)} = \text{pouvoir d'échange (}^\circ\text{F.m}^3\text{/l)} \cdot \text{volume de résines(l)/TH de l'eau (}^\circ\text{F)}$$



Photo 1: Adoucisseur (KONATE N.2011)

### II.3-3. La bêche alimentaire

La bêche alimentaire (Photo 2) est le bac d'alimentation en eau de la chaudière (l'appoint de la chaudière), elle a une capacité en eau de  $15\text{m}^3$  et est alimenté elle-même par deux sources :

- la première est constituée par les retours de condensats des différents équipements, celles-ci fournissent environ 75 à 80% soit  $11,25\text{m}^3$  à  $12\text{m}^3$  du volume d'eau de la bêche.
- La seconde est constituée par l'apport d'eau du réseau. Cette eau passe par un adoucisseur qui débarrasse l'eau de sa dureté.

Le mélange de ces deux eaux se fait dans la bêche alimentaire et à une température d'environ 70 à 80 °C.



Photo 2: La bache alimentaire (KONATE N.2011)

#### II.3-4. La Pompe doseuse

Elle assure l'ajout des additifs nécessaire à la chaudière. Elle est connectée à un bac contenant la solution de réactif. L'addition se fait en ligne. Elle est commandée par une armoire électrique. Le réglage de la dose se fait sur le débit de la pompe ou une modification de la concentration des additifs lors de leur préparation. Le débit de la pompe doseuse utilisé par la BRAKINA/Bobo est de maximum 05 l/h, il change en fonction des résultats donnés par les analyses effectuées au sein du laboratoire.

#### II.3-5. La chaudière

C'est l'équipement dans lequel les eaux d'appoints de la bache alimentaire sont transformées en vapeur d'eau utilisée pour les besoins énergétiques de l'entreprise (Photo 3).

#### II.3-6. Les retours de condensats

Les retours condensats sont des condensations de vapeur provenant de la chaudière en circuit fermé après utilisation. Les vapeurs condensées provient des différents circuits sur lesquels ils ont été utilisés. Ils suivent le circuit, bac de retours condensats dans lequel ils subissent souvent des traitements à la soude. Ensuite la bache alimentaire ou est introduit les additifs et enfin dans la chaudière.



Photo 3: la chaudière vue de profil et vue de face (KONATE N.2011)

## II.4. Les réactifs utilisés dans la production de la vapeur à la BRAKINA

Pour le maintien des normes de qualités de l'eau d'alimentation et d'éviter dans la chaudière les risques de corrosion, d'incrustation et d'entraînement (de corps minéraux volatiles, tels que chlorure et silice) ; la BRAKINA/Bobo utilise des réactifs appropriés pour un traitement permettant d'adapter l'eau aux caractéristiques de la chaudière.

### II.4.1. Le DIAPROSIM CIP2

#### II.4-1-1. Rôle

C'est un produit destiné à la protection complète des chaudières et des réseaux d'alimentation contre la corrosion et l'entartrage :

- Neutralisation du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) apport d'alcalinité
- Réduction chimique de l'oxygène ( $\text{O}_2$ )
- Passivation du métal
- Maintien sous forme disperse, non adhérente, des éléments précipités
- Pureté autorisant un emploi en industrie alimentaire

✓ La corrosion

Action et effet des substances corrosives ou d'un milieu corrosif. La corrosion altère le matériel par transformation chimique ou physico-chimique. Par exemple l'eau à un rôle très corrosif sur les aciers non inoxydables. Ce rôle est activé par certains sels minéraux et autres produits éventuellement contenu dans l'eau (l'eau de mer est plus corrosive que l'eau douce), mais aussi par la température, la présence d'oxygène.

✓ L'entartrage

C'est un dépôt de certains éléments qui étaient contenu, dissous, dans l'eau et qui, dans certaines circonstances, apparaissent sous forme solide en fines particules qui grossissent, décantent, se fixent aux parois. Ces dépôts peuvent durcir, cristalliser et former des incrustations ou tartres (croûte de calcaire, dure et insoluble qui se dépose sur les parois des chaudières) des canalisations d'eau ou de la vapeur. Un des plus connus est le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ , qui donne des tartres carbonatés plus ou moins friables et adhérent et thermiquement isolant.

#### II.4-1-2. Composition

Le DIAPROSIM CIP2 est composé de :

- Sulfite carbonate de soude
- Phosphate

#### II.4-2. Le DIAPROSIM VN11

##### II.4-2-1. Rôle

Le VN11 protège contre la corrosion au moyen d'amines volatiles qui neutralisent l'action du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), grâce à un mélange d'amine et de protéger uniformément le réseau des condensats, il passive les parois.

##### II.4-2-2. Composition

Il est composé de :

- Cyclohexylamine
- 2-diétylaminoéthanol
- La morphine

### II.4-3. Le DIA PROSIM TSB

#### II.4- 3-1. Rôle

Le DIA PROSIM TSB modifie la tension superficielle ou inter faciale et évite donc la formation de mousses ou de bulles.

Les augmentations de tension superficielles suppriment les échanges phase liquide-phase vapeur. De plus, le DIA PROSIM augmente la coalescence.

Ces différentes modifications ont pour conséquences :

- Une suppression radicale des entrainement d'eau dans la vapeur ;
- Une réduction du taux de purges ;
- Une amélioration du bilan thermique ;
- Une absence de dépôt dans les surchauffeurs, dans les boites à vapeur te sur les ailettes de turbine ;
- Une production de vapeur propre, non contaminée te non polluante.

#### II.4-3-2. Composition du réactif pour la bâche alimentaire

Ce réactif est composé d'un mélange du DIA-PROSIM CIP 2, DIA-PROSIM VN11 et du DIA-PROSIM TSB selon les proportions suivantes :

**Tableau II:** Dosages et préparations

Réactifs	Préparations	Dosage
DIA-PROSIM CIP2	25Kg	05l/h
DIA-PROSIM VN11	6 litres	
DIA-PROSIM TSB	6 litres	

### III. GENERALITES SUR LES EAUX DE REJET

#### III.1. Définition des eaux de rejet

Les eaux de rejet sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, soit industrielle, d'où l'usage du terme « d'eau de rejet ou eau usée ». De ce fait, ce sont des eaux altérées et, considérées comme polluées et doivent être traitées, avant de les déversées dans la nature.

#### III.2. Traitement des eaux de rejet à la BRAKINA

##### III.2.1 Les différents paramètres d'analyse

Le traitement des eaux de rejet à la BRAKINA se fait par le suivi régulier, et la détermination des différents paramètres tels que: le pH, la température, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), et la demande biochimique en oxygène (DBO) dont la lecture se fait en cinq jours, d'où son nom DBO<sub>5</sub>.

La détermination du pH et de la température se fait quotidiennement, et à chaque heure durant la journée.

La détermination des MES, de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> se fait deux fois par semaine selon le protocole du laboratoire. Ainsi :

- La MES désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes dans un liquide. Elle est étudiée en tant que «matrice» capable d'adsorber divers polluants. Ce terme, surtout utilisé dans le secteur industriel du traitement des eaux, inclut toutes les formes de minéraux, de boue, de sable, de particule de matières organiques ou autres, dont la taille est comprise entre 1 micromètre et 1 centimètre.
- La DCO est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts, pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

La DBO<sub>5</sub> correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. La DBO<sub>5</sub> est mesurée au bout de 5 jours, à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène), et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

### III.2.2. Les traitements effectués sur les eaux de rejet

Le principal traitement effectué sur les eaux de rejet à la BRAKINA, est le traitement par lagunage. De ce fait, le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées, où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies impliquant un large éventail de microorganismes (essentiellement des bactéries). Les mécanismes épuratoires et les microorganismes qui y participent sont fondamentalement les mêmes que ceux responsables du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières.

Le lagunage consiste en une succession de bassins (minimum 2) peu profonds et généralement rectangulaires. L'eau s'écoule progressivement de bassin en bassin. Dans un système de lagunage, la surface et la profondeur des bassins influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chaque bassin. L'action naturelle du soleil, qui fournit chaleur et lumière, favorise une croissance rapide des microorganismes aérobies et anaérobies qui consomment la DBO. Le processus épuratoire qui s'établit dans une lagune est particulièrement intéressant car c'est un phénomène vivant, un cycle naturel qui se déroule continuellement (Pr OUATTARA A.S 2012-2013).

A cela, il faut ajouter le traitement par l'acide chlorhydrique concentré à 36-37%. Cet acide a pour rôle de maintenir le pH de ces eaux dans les normes (6,4-10,5). Le suivi du dosage doit être régulier, et à faible dose pour éviter d'avoir un pH inférieur à 6,4.

2<sup>ème</sup> PARTIE :

**MATERIEL ET METHODES**

## **I. Matériels de laboratoire**

### **I.1. L'échantillonnage**

L'échantillonnage a consisté au prélèvement des différentes eaux pour réaliser les analyses physico-chimiques au laboratoire. Les échantillons d'analyses sont prélevés dans des contenants en polyéthylène. L'eau à analyser est purgée correctement. Le flacon de 500ml est rincé plusieurs fois et, est ensuite rempli avec l'échantillon. Les analyses sont effectuées immédiatement après le prélèvement au laboratoire.

En ce qui concerne les échantillons des eaux de rejet, ils sont prélevés dans des flacons en verre de 500ml au niveau des bassins «Entrée» et «Sortie». Les heures de prélèvements et les températures sont notées in-situ, avant d'envoyer les échantillons au laboratoire pour les différentes analyses.

## **II. Méthodes**

### **II.1. Eaux des chaudières. Les analyses physico-chimiques.**

#### **II.1.1. Détermination du pH Principe**

##### ✓ Principe

La détermination du pH se fait à l'aide d'une électrode de verre qui repose sur un potentiel membrane par rapport à un potentiel de référence. Le potentiel membrane est le résultat d'une différence d'activité (concentration en ion  $H^+$ ), à l'extérieur de la membrane (variable, et dépend de la solution), et l'activité des ions  $H^+$  sur la surface intérieure de la membrane.

##### ✓ Mode opératoire

Le pH de chaque échantillon est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA et de modèle HI 221 à affichage. Pour cela ; il suffit :

D'allumer le pH-mètre et le laisser le temps de réchauffer. Ensuite ; rincer l'électrode de verre avec de l'eau distillée, puis égoutter sans essuyer. Plonger l'électrode de verre dans l'échantillon, et attendre que le pH se stabilise, puis lire la valeur affichée.

#### **II.1.2 Le dosage du TAC (titre alcalimétrique complet) et du TA (titre alcalimétrique)**

##### ✓ Définitions et abréviations :

-Le Titre Alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres, et en carbonates alcalins caustiques. Il représente la quantité d'acide nécessaire pour amener un litre d'eau à  $\text{pH}=8,3$  ; d'où:

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}].$$

-Le Titre Alcalimétrique Complet ou TAC, correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres carbonates et hydrogénocarbonates. Il représente la quantité d'acide nécessaire pour amener un litre d'eau à  $\text{pH}=4,3$  ; d'où:

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

✓ Principe :

Les déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume par un acide fort minéral dilué, en présence d'indicateur coloré (phénolphtaléine et méthylorange).

✓ Mode opératoire :

Pour la détermination du TA ; nous devons :

Prélever 100ml d'eau à analyser dans un bêcher de 250ml. Ajouter 2 à 3 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine. Une coloration rose doit se développer. Dans le cas contraire, le  $\text{TA}=0$ , ce qui se produit en général pour les eaux dont le  $\text{pH}<8,3$ . Ensuite ; titrer la solution colorée avec l'acide à l'aide de la burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à la décoloration complète de la solution ( $\text{pH}=8,3$ ).

Soit  $V$  le volume en ml d'acide versé pour obtenir le virage.

Pour la détermination du TAC :

On utilise l'échantillon traité précédemment où il n'y a pas eu absence, ou de décoloration, ensuite 2 à 3 gouttes de solution de méthylorange sont ajoutées, et enfin on titre de nouveau (sans mise à 0 de la burette), avec la même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé ( $\text{pH}=4,3$ ). S'assurer qu'une goutte en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé ( $\text{pH}=4$ ). On note  $V'$  le volume en ml d'acide versé depuis le début du dosage.

✓ Expression des résultats :

- TA :  $V$  exprime le Titre Alcalimétrique en degré français ( $^\circ\text{F}$ )  
 $1^\circ\text{F}=20\text{mg de CaCO}_3=0,2\text{mEq/l}$  (mEq=milliéquivalent)
- TAC :  $V'$  exprime le Titre Alcalimétrique Complet en degré français ( $^\circ\text{F}$ ).

**Tableau III:** Signification du TA et TAC

Si	TA=0	TA<TAC/2	TA=TAC/2	TA>TAC/2	TA=TAC
OH <sup>-</sup>	0	0	0	2TA-TAC	TAC
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	2TAC	TAC	2(TA-TAC)	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TAC	0	0	0	0

### II.1.3 Le dosage du titre hydrotimétrique (TH)

✓ Principe :

Les alcalins terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel de l'EDTA à un pH=10. La disparition des traces d'éléments libres à doser est décelée par virage d'un indicateur spécifique, le noir d'ériochrome T. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calciums et magnésiums.

✓ Mode opératoire :

Pour la déterminer, nous devons :

Prélever 100ml d'eau à analyser dans un bêcher de 250ml. Ensuite ajouter 1ml d'ammoniaque à 25% plus 2 à 3gouttes de NET. Enfin titrer la solution colorée avec l'aide d'EDTA N/50 sous agitation constante. Le virage du rose-violet au bleu-vert indique la fin de la réaction.

Soit V, le volume en ml d'acide versé pour obtenir le virage.

✓ Expression des résultats :

$$TH(^{\circ}F) = (V \times N \times 5000) / V_e$$

N=Normalité et, V<sub>e</sub>=Volume échantillon.

Note : Comme N=1/50 et V<sub>e</sub>=100, alors :

$$TH = V$$

D'où la valeur lue en ml sur la burette correspond à la valeur du TH en degré français (°f).

**Tableau IV:** Plage des valeurs du TH

TH en °F	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	Supérieur à 42
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	dure	Très dure

#### II.1.4. Le dosage du chlore

✓ **Objet :**

Déterminer la teneur en chlore des eaux en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

✓ **Principe :**

Dans une solution faiblement acide, le chlore réagit avec le dipropyl-p-phenylène (DPD) pour donner un colorant rouge-violet qui est dosé par photométrie. En présence d'iodure de potassium, le chlore combiné est aussi mis en évidence au cours de cette réaction.

✓ **Mode opératoire :**

Dosage du chlore libre :

Nous devons pipeter dans un tube à essai 5ml d'échantillon (5-40°C). Ajouter 1 microcuillère du réactif  $\text{Cl}_2^{-1}$  dans le tube, et agiter vigoureusement jusqu'à la dissolution totale du réactif. Ensuite, laisser reposer 3 minutes, introduire l'échantillon dans le photomètre et, mesurer.

Ce résultat A correspond à la teneur en chlore libre.

Dosage du chlore total :

Ajouter 2 gouttes du réactif  $\text{Cl}_2^{-2}$  à la solution mesurée précédemment, boucher le tube et, l'agiter vigoureusement jusqu'à la dissolution totale du réactif. Laisser reposer 3 minutes. Enfin, introduire l'échantillon dans le photomètre et, mesurer.

Ce résultat B correspond à la teneur en chlore total.

Calcul de la teneur en chlore combiné :

$$\text{Chlore combiné (mg/l)} = \text{Résultat B} - \text{Résultat A}$$

### II.1.5. La salinité

C'est la quantité d'ions et de sels minéraux contenus dans l'eau de chaudière. Le contrôle de la salinité peut se faire avec une bonne approche, en mesurant la résistivité de l'eau. Ce contrôle peut d'ailleurs permettre une automatisation des purges.

✓ Mode opératoire

Pour la mesure de la salinité, il faut :

Prélever 100ml d'eau à analyser dans un bêcher en verre de 250ml et, grâce au pH-mètre, sélectionner le mode salinité. Ensuite, introduire l'électrode dans le bêcher. Attendre que la valeur se stabilise et, enfin lire la valeur affichée.

**Tableau V:** Caractéristiques des eaux pour les chaudières à tubes de fumées jusqu'à 25bars

Pression enservice	<10	10-15	15-25
Paramètres			
Eau d'alimentation conditionnée (eau d'appoint+retours)			
Ph	>8	>8	>8
TH	<0,5	<0,5	<0,2
O <sub>2</sub>	Elimination de l'oxygène dissous par dégazage thermique et/ou utilisation de réactifs réducteurs ou inhibiteurs de corrosion		
Matières huileuses	Absence		
Eau de chaudières			
TAC	<120	<100	<80
TA	TA=0,7 TAC	TA=0,7 TAC	TA=0,7 TAC
SiO <sub>2</sub> en mg/l	<200	<200	<200
SiO <sub>2</sub> /TAC	<2,5	<2,5	<2
Salinité total en mg/l	<5000	<4000	<3000
Cl <sup>-</sup>	<1000	<800	<600
Phosphates PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30-100	30-100	30-100
Ph	10,5-12	10,5-12	10,5-12

**Tableau VI:** Caractéristiques des eaux d'une chaudière à tubes de fumées de timbre 10 bars

Timbre	10 bars (pression maximale de fonctionnement tolérée par une chaudière)
Paramètres	
Eau d'alimentation	
pH	8<pH<9,5
Dureté total TH (°F)	0<TH<0,5
Teneur en huile	Néant
Teneur en silice	Le plus faible possible
O <sub>2</sub>	<0,10mg/l
Eau de chaudière	
Dureté total TH (°F)	0
TAC (°F)	80<TAC<120
TA (°F)	TA>0,7TAC
SiO <sub>2</sub> en mg/l	<200
Salinité totale en mg/l	<3500
Cl <sup>-</sup>	<700
Phosphate PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Entre 15et30
pH	10,5-12

### II.1.6. Le dosage du fer.

✓ **Objet :**

Mesurer la concentration en fer sous forme dissoute de l'eau, en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

✓ **Principe :**

Il s'agit de la méthode photométrique (test fer spectroquant 1.14549.0001, Merck). Tous les ions fer réduits par l'acide ascorbique en ions fer (II). Dans un milieu tamponné au thioglycolate, ceux-ci forment avec un dérivé de triazine, un complexe rouge-violet qui est dosé par photométrie.

✓ Mode opératoire :

Nous devons :

Pipeter 5ml d'échantillon (10-40°C) dans un tube à essai. Ajouter 1 micro-cuillère du réactif Fe-1K, boucher le tube hermétiquement et, l'agiter jusqu'à dissolution totale du réactif. Laisser reposer 3minutes, puis mesurer l'échantillon dans le photomètre.

### II.1.7. Le dosage des chlorures (Cl<sup>-</sup>)

✓ Objet :

Déterminer la teneur en chlorure des eaux, en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

✓ Principe :

Il s'agit d'un dosage mercurimétrique avec une pipette de titrage. Dans une solution nitrique, les ions chlorures sont titrés avec une solution de nitrate de mercure (II) contre la diphényl-1,5-carbazone comme indicateur, en formant le chlorure de mercure (II) peu dissocié. A la fin du titrage, les ions mercure (II) excédentaires forment avec l'indicateur, un complexe bleu-violet. La concentration en chlorure résulte de la quantité de titrage utilisée.

✓ Mode opératoire :

Pour le dosage des chlorures, nous devons :

Nous devons rincer le récipient avec l'eau à analyser et le remplir jusqu'à 5 ml. Ensuite, ajouter deux gouttes de réactifs Cl<sup>-</sup>1 (diphényl-1,5-carbazone) et on agite jusqu'à obtention d'une coloration bleue. Ajouter goutte par goutte le réactif Cl<sup>-</sup>2 (acide nitrique) tout en agitant jusqu'au virage jaune. Enfin, titrer avec le réactif Cl<sup>-</sup>3 (nitrate de mercure), tout en s'assurant que la pipette de titrage est bien remplie jusqu'à la graduation 0 mg/l, goutte par goutte l'échantillon d'eau préparé en agitant constamment le récipient à essai jusqu'au virage violet. On note la valeur indiquée sur la pipette de titrage.

### II.1.8. Le dosage des silicates

✓ Principe :

Dans une solution sulfurique les ions silicates forment avec les ions molybdates un hétéro polyacide jaune qui est dosé par photométrie.

✓ Mode opératoire :

Nous devons :

Pipeter dans une éprouvette 5ml d'eau distillée dans lequel on ajoute 0,5ml de l'échantillon. Ensuite, ajouter 4 gouttes du réactif Si-1, mélanger, ajouter 2ml du réactif Si-2, fermer et agiter. Laisser reposer deux (2) minutes et ajouter 4 gouttes du réactif Si-3. Enfin, après deux (2) minutes de repos, lire au photomètre dans une cuve de 10mm.

### II.1.9. Le dosage des sulfites

✓ Objet :

Déterminer la teneur en ions sulfite des eaux en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

✓ Principe :

Dans une solution sulfurique, les ions iodures sont oxydés en iode par titrage avec une solution de iodate de potassium, contre de l'amidon comme indicateur. Cet iode lui-même oxyde les ions sulfites en ions sulfates. A la fin du titrage, l'iode excédentaire forme avec l'indicateur un complexe bleu. La concentration en sulfites résulte de la consommation de la solution de titrage (dosage iodométrique).

✓ Mode opératoire :

Prélever 5ml dans une cuvette l'échantillon (si possible à chaud pour éviter que les sulfites ne se volatilisent). Diluer avec de l'eau distillée si elle est très concentrée. Ensuite, ajouter 2 gouttes de SO<sub>3</sub>-1 et agiter légèrement. Ajouter 2 gouttes de SO<sub>3</sub>-2 et homogénéiser. La solution devient jaune. Doser par la suite à l'aide d'une solution de SO<sub>3</sub>-3 contenu dans un flacon muni d'une pipette 0,5-50mg/l de titration volume-volume jusqu'à virage au bleu foncé. Les résultats sont obtenus en multipliant la valeur obtenue par le facteur de dilution.

### II.2.10. Détermination de la conductivité

✓ Principe :

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

✓ Mode opératoire :

Prélever environ 150ml d'échantillon à mesurer, amener la température à  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  si nécessaire. Rincer l'électrode à l'eau distillée, puis avec un petit volume de l'échantillon. Allumer le conductimètre et immerger l'électrode dans l'échantillon. S'assurer que l'électrode est immergé jusqu'au niveau de la seconde bande de l'électrode. Mélanger soigneusement l'échantillon avec l'électrode afin d'homogénéiser l'échantillon. Sélectionner le mode conductimètre. Enfin, attendre jusqu'à stabilisation de la lecture.

## II.2. Les eaux de rejet.

### II.2.2. Détermination des matières en suspension (MES)

✓ Objet :

Déterminer par centrifugation la quantité des matières colloïdales des eaux résiduelles, en vue de vérifier la conformité aux spécifications.

✓ Principe :

L'eau est centrifugée à 4500 tours par minute (4500tr/mn), pendant 15 minutes. Le culot est recueilli, séché à  $105^{\circ}\text{C}$  et pesé.

✓ Mode opératoire :

Pour les préliminaires, nous devons :

Eviter de remplir à ras les flacons afin de permettre un mélange efficace, lors de l'agitation du flacon de prélèvement. Analyser l'échantillon dans les plus brefs délais, si possibles dans les 4 heures suivant le prélèvement.

Pour la manipulation, nous devons :

Homogénéiser le contenu du flacon en agitant. Ensuite, centrifuger à 4500tr/mn pendant 15 minutes, un volume de flacon à recueillir au moins 30mg de matière. Séparer le liquide surnageant par siphonage sans perturber le dépôt, et jusqu'à une hauteur de 10mm de liquide au-dessus du dépôt. Puis, les culots de matières sont transvasés dans une capsule tarée. Rincer les tubes à centrifuger par trois fois avec une petite quantité d'eau distillée. Introduire les eaux de lavage avec les culots dans la capsule séchée à  $105^{\circ}\text{C}$ . Sécher la capsule et son contenu à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à une masse constante. Enfin, laisser refroidir au dessiccateur pendant 30 minutes, et peser à 0,5mg près.

- ✓ Expression des résultats :

La MES s'exprime en ml/l et s'obtient par le calcul suivant :

$$\text{MES} : (\text{Poids après étuvage} - \text{Poids avant étuvage}) / 0,1 \times 100$$

### II.2.3. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

- ✓ Objet :

Déterminer la quantité de matière oxydable présente dans l'eau, en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

- ✓ Principe :

L'échantillon d'eau est oxydé par une solution sulfurique chaude de dichromate de potassium avec du sulfate d'argent comme catalyseur. Les chlorures sont masqués par le sulfate de mercure. La concentration des ions  $\text{Cr}^{3+}$  verts est ensuite dosée par photométrie

- ✓ Mode opératoire :

Pour la DCO, nous devons :

Couler avec précaution le long de la paroi interne 1ml de l'échantillon, sur le réactif dans le tube à essai incliné (attention, le tube devient chaud). Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon et, mélanger le contenu du tube. Ensuite, chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur préchauffé. Retirer le tube du thermo réacteur et, laisser refroidir dans le support à la température ambiante pendant au moins 30 minutes. Enfin, mesurer l'échantillon dans le photomètre.

### II.2.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

- ✓ Objet :

Elle permet d'apprécier la charge du milieu en substance putrescibles, le pouvoir d'autoépuration en vue de s'assurer de la conformité aux spécifications.

- ✓ Principe :

La mesure de la DBO avec le système de mesure oxiTop est basée sur l'enregistrement de la quantité d'oxygène fournie pour rétablir au fur et à mesure des besoins, la pression initiale d'oxygène : c'est le système respirométrique. La détermination est faite par la mesure de pression par sonde de pressions électroniques piezo résistantes. L'échantillon d'eau

introduit dans une enceinte thermostable est mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique formé est piégé par de l'hydroxyde de sodium.

✓ Mode opératoire :

Pour la DBO, nous devons :

Prélever exactement 43,5ml d'échantillon. Rincer le flacon avec l'échantillon. Puis verser avec précaution l'échantillon prélevé dans le flacon. Mettre le barreau magnétique dans le flacon et insérer le godet dans le goulot du flacon. Ensuite, mettre 2 pastilles d'hydroxyde de sodium dans le goulot en caoutchouc à l'aide d'une pince. Visser l'oxyTop sur le flacon/échantillon. Lancer la mesure : appuyer sur les touches S et M simultanément pendant 2 secondes jusqu'à ce que l'afficheur indique 0. Maintenir le flacon de mesure avec l'oxyTop à 20°C pendant 5 jours sous agitations. Enfin, lire la valeur au bout de 5 jours en appuyant sur la touche M.

✓ Expression des résultats :

La  $DBO_5$  s'exprime en mg/l et s'obtient par la conversion de la valeur mesurée affichée (Digits) en valeur DBO selon la formule suivante :

$$DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{digits} \times \text{facteur}$$

$$\text{Facteur} = 50$$

3<sup>ème</sup> PARTIE :

**RESULTATS ET DISCUSSION**

## I. RESULTATS ET DISCUSSION

### I.1. Les eaux du circuit.

**Tableau VII:** Paramètres physico-chimiques de l'eau adoucie, de la bêche alimentaire et de la chaudière.

Paramètres	Aspect	pH	TH	TA	TAC	Silices: SiO2 (mg/l)	Sulfates: Na2SO3 (mg/l)	Fer: Fe (mg/l)	Phosphates : P2O5 en mg/l	SiO2/ TAC	Chlorures : Cl- (mg/l)	Conductivité (µs/cm)
Eau adoucie	Normal	6.14	0	0	3.23	ND	ND	ND	ND	ND	21.25	65.26
Normes eau adoucie	Normal	>4,9	0	0	<12	ND	ND	ND	ND	ND	<250	<1000
bêche alimentaire	Normal	8,99	0	0	11,36	24	20	0,01	ND	2	22	469
Normes bêche alimentaire	Normal	8,5-9,5	0	0	<12	<200	10-30	<1	ND	<2	<300	<1000
Chaudière	Normal	11,16	0	71	112,5	292	45	0,01	54	2,29	115	4920
Normes chaudière	Normal	10,5-12	0	50-80	70-120	<200	10-30	<1	25-50	<2	<800	<5000

ND : Non Déterminé.

**Tableau VIII:** Paramètres physico-chimiques de l'eau des retours condensats.

Paramètres	Retour condensat embouteillage	Retour condensat brassage	Normes
Aspect	Normal	Normal	Normal
pH	8,62	10,16	8-10,5
TH (°F)	0	0	0
TA (°F)	0	0	0
TAC (°F)	1.53	1,11	<8,5
Chlorures : Cl(mg/l)	16	16	<250
Conductivité (µs/cm)	18,11	23.06	<1000

A partir des résultats obtenus, nous pouvons affirmer l'efficacité de la nature des vapeurs produites au sein de la BRAKINA/Bobo tant au plan qualité que quantité, car elle couvre tous les besoins énergétiques de l'entreprise. Aussi, les différents paramètres analysés au niveau des eaux de rejet sont bien traités avant d'être déversés dans le réseau des égouts. Néanmoins, nous avons remarqué des imperfections dans chaque niveau d'étude des différents paramètres. Par conséquent, quelles ont été les mesures pour la maîtrise de celles-ci et apporter de plus amples améliorations ?

➤ Les paramètres : aspect, PH, TH, TA, TAC

L'aspect de toutes les eaux sont normales, sauf celles des chaudières. Cela s'explique par la présence des minéraux, des produits entrant dans la composition de la vapeur et surtout au mauvais nettoyage des chaudières.

Les pH des eaux ne respectent pas toujours les normes, l'eau de la bûche alimentaire et des retours condensats ne respectent pas souvent les normes. Cela peut être dû souvent au passage de produits étrangers (acide par exemple) dans les retours de condensats qui font baisser le pH et cela joue sur le pH de la bûche alimentaire dont la source primordiale est les retours de condensats. Aussi il y a le mauvais fonctionnement de l'étanchéité de la vanne du circuit de l'eau adoucie.

Pour les TH, cela s'explique par la saturation de la résine qui est régénérée. De ce fait, les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) de l'eau dure sont échangés lors de leur passage sur la résine par des ions  $\text{Na}^+$ . Ainsi, lorsque tous les ions  $\text{Na}^+$  sont consommés, il faut régénérer l'adoucisseur. On lui apporte alors une solution saturée en sel (chlorure de sodium  $\text{NaCl}$ ) riche en ions  $\text{Na}^+$ . De leur côté, les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) sont évacués à l'égout avec les eaux de rinçage.

Le pH de l'eau des chaudières le plus souvent respecte la norme, mais il y a des imperfections de temps en temps dues, soit à un mauvais dosage de la pompe doseuse qui pompe le réactif qui entre dans le traitement des eaux de la bûche alimentaire et des chaudières ; soit à des vannes non étanches ou à des perforations de conduite entraînant le passage de substances étrangères

La valeur de TA et de TAC sont variable suivant le pH. Le TA et le TAC déterminent l'alcalinité (quantité d'ions hydroxydes, carbonate et bicarbonates) de l'eau surtout celle de la chaudière. La valeur du pH de l'eau de chaudière est quelque fois en baisse. Cela peut s'expliquer par la qualité des eaux d'appoints, du mauvais dosage du réactif, de l'évaporation

du réactif dans la bâche alimentaire et, à la présence de chlorures qui peuvent entraîner des baisses de pH.

➤ Les paramètres minéraux

Les sulfites utilisés pour réduire l'oxygène dans l'eau des chaudières sont souvent hors normes, l'apport lié aux emplois de réactif est dû à un faible dosage.

La présence de silice indésirable dans l'eau surtout à un certain taux, entraînant les tartres, la corrosion, ainsi que la baisse des échanges thermiques peuvent être dû à un mauvais lavage de l'intérieur des chaudières. Elle est le plus souvent corrigée par des actions de purge continue.

Les phosphates jouent beaucoup de rôles dans la production de la vapeur tel un rôle anti corrosif, bloque la formation des dépôts sulfatés. Sa présence hors norme dans l'eau de chaudière s'explique par un faible débit de dosage de la pompe doseuse, qui peut être régler manuellement.

Aussi, nous remarquons que le taux de chlorure est toujours dans la norme, cela s'explique par le traitement subit par l'eau depuis la source jusque dans la chaudière. Aussi, nous remarquons quelques hors normes au niveau de la conductivité des chaudières. La conductivité étant liée à la présence des sels dissous (anion et cation) de l'eau sont souvent élevé, cela favorise l'entraînement des sels avec la vapeur plutôt que de rester dans la chaudière. La vapeur va ainsi se trouver polluée et perdre son pouvoir calorifique (sa capacité de véhiculer la chaleur). ceci aura une répercussion sur la consommation énergétique de l'usine et donc une perte d'argent.

## **I.2. Les eaux de rejet**

Les résultats ci-dessous donnent les valeurs du traitement des eaux de rejet ou eaux usées. Ils sont répartis dans un tableau en fonctions des paramètres.

**Tableau IX:** Résultats du traitement des eaux de rejet «Entrée» et «Sortie».

<b>Paramètres</b>	<b>Entrée</b>	<b>Sortie</b>	<b>Normes</b>
<b>pH</b>	10,52	10,12	<b>6,4-10,5</b>
<b>T en °C</b>	30,4	30,7	<b>18-40°C</b>
<b>MES en mg/l</b>	178	90	<b>&lt;100</b>
<b>DCO en mg/l</b>	1984	1000	<b>&lt;2000</b>
<b>DBO<sub>5</sub> en mg/l</b>	700	500	<b>&lt;800</b>

Nous remarquons quelques irrégularités en ce qui concerne les pH. Cela s'explique par l'utilisation des produits chimiques tels que la soude pour la sanitation, et le rejet direct des eaux de toilettes dans les bassins de traitement des eaux usées.

Pour les MES, la DCO et la DBO<sub>5</sub> les anomalies s'expliquent par les résidus solides provenant de l'embouteillage et du brassage se retrouvant dans les bassins. En plus de cela, nous avons le flux journalier qui passe dans les bassins des usées.

### **I.3. Les actions menées pour la maîtrise des paramètres de contrôle dans la production de la vapeur, et dans le traitement des eaux de rejet**

#### **I.3.1. Les purges**

Les purges permettent d'éliminer certains minéraux quand la conductivité est élevée et ainsi que la teneur en silice. Elle s'effectue par l'ouverture d'une vanne de purge graduée en pourcentage et réglée selon le taux de purge que l'on souhaite. Lorsque les analyses donnent de bonnes valeurs cela est signe d'un bon taux de purge.

#### **I.3.2. L'ajout des réactifs**

Le conditionnement se fait par l'ajout des réactifs (produits chimiques formulés) appropriés capables de corriger chimiquement la qualité de l'eau par modification de ses propriétés et la rendre propre à la consommation industrielle (non corrosive, non entartrant)

Les réactifs servent donc à améliorer la qualité de la vapeur produite et réduire les dépenses énergétiques de l'entreprise. Le conditionnement se fait par un bon réglage des dosages en ces réactifs :

- Le dosage en Dia-prosim CIP2 s'il est bien fait permet la réduction de l'oxygène, la passivation contre les corrosions, ainsi que la protection contre les risque d'entartrage.

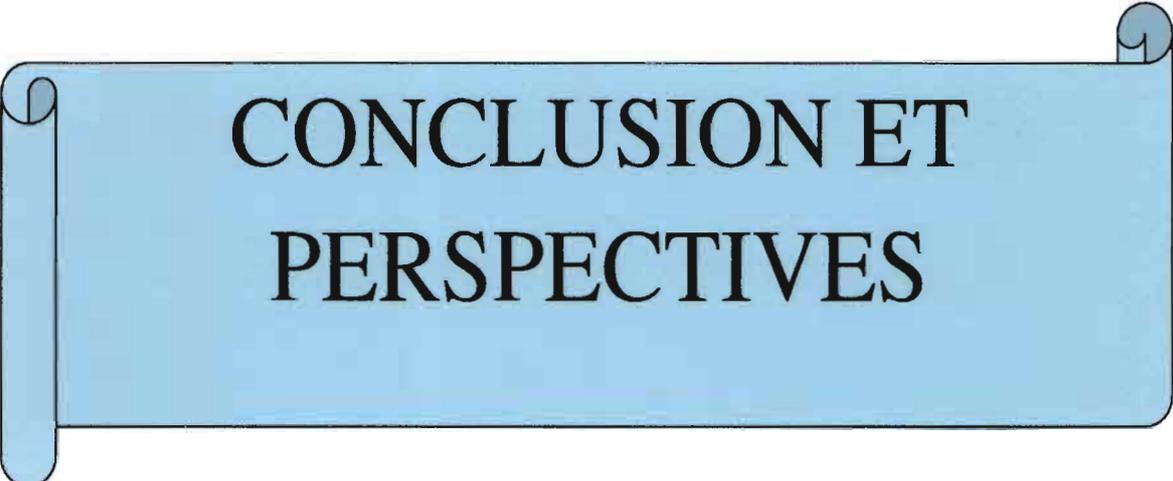
- Le Dia-prosimVN11 permet d'élever le pH des retours de condensats
- Le Dia-prosim TSB bien dosé permet de lutter contre les risques de primage.

### **I.3.3. L'ajout de l'acide chlorhydrique (HCl) concentré aux eaux de rejet**

Le traitement des eaux de rejet ou eaux usées se fait par l'ajout du HCl concentré à 36-37%. Bien dosé, cet acide a pour rôle de maintenir le pH de ces eaux dans les normes (6,4-10,5).

**Tableau XII:** tableau résumant les actions correctives en chaufferie

Désignations	Paramètres	Causes possibles	Action correctives
Bâche alimentaire	PH>10	Apport important de l'alcalinité par le bac de traitement	Réglage de la pompe après vérification de doses préconisées
	PH<7	Apport insuffisant d'alcalinité	Vérification et réglage de la pompe
	TH>0,1°f	Fuite de dureté Adoucisseur encrassé	Vérification de la nature de l'eau d'appoint et du TH qui doit être 0°f
Chaudière	Coloration trouble	Présence de traces de dureté dans l'eau d'alimentation	Augmentation de la dose de Dia-prosim CIP2, vérifier que TH=0, augmenter le taux de purge
	PH<10,5	Traitement alcalin insuffisant	Diminution du taux de purge Augmentation des doses de Dia-prosim CIP2
	PH>12,5	Forte concentration saline dans la chaudière	-vérifier que les extractions sont régulièrement faites -vérifier le réglage des pompes, diminué si le réglage est correct -vérifier si les conduites de purge ne sont pas bouchées -augmenter le taux de purge
	TA<70	Faible alcalinité	Augmentation du dosage de Dia-prosim CIP2
	TA>70°f	Forte alcalinité	Diminution du débit de la pompe doseuse
	TAC<100°f	Traitement alcalin insuffisant	Augmentation de la dose de CIP2
	TAC>140°f	Traitement alcalin important	Augmentation du taux de purge
	PO <sub>4</sub> <30mg/l et SO <sub>3</sub> <30mg/l	Dosage insuffisant	Augmentation de la dose de CIP2 Vérification du système d'épuration de l'eau
	PO <sub>4</sub> >100mg/l et SO <sub>3</sub> >50mg/l	Dosage excessif de réactif de traitement	-Diminution de la dose de Dia-prosim CIP2
	SiO <sub>2</sub> >200mg/l		-Augmentation du taux de purge
Condensats	PH<8	Faible dosage en VN11	Augmentation du dosage en Dia-prosim VN11
	PH>9,5	Dosage excessif de VN11	-Diminution du dosage en Dia-prosim VN11



**CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES**

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La BRAKINA, est une industrie dont l'élément le plus important est la rigueur dans la gestion. La production d'énergie et le traitement des eaux de rejet entrent également dans cette gestion.

La présente étude basée sur les paramètres de l'énergie utilisée à divers niveaux, et du suivi du traitement des eaux de rejet, a révélé une bonne qualité de vapeur produit au sein de l'entreprise, et du respect des normes des eaux de rejet, avant leur évacuation dans le réseau des égouts.

A travers les analyses effectuées dans le laboratoire de contrôle qualité, chaque jour sur les différents paramètres dans la production de la vapeur, et du traitement des eaux de rejet, nous avons obtenu des résultats plus ou moins satisfaisants. Ces analyses permettent de mieux maîtriser la qualité de la vapeur, les dosages des additifs entrant dans celle-ci, et la maîtrise des paramètres du traitement des eaux de rejet.

Les analyses révèlent souvent quelques imperfections qui conduisent à des corrections pour la maîtrise de ces paramètres afin d'une bonne gestion des ressources énergétiques.

Par ailleurs la vapeur occupe une place très importante dans l'entreprise car elle intervient à chaque niveau de la production des produits BRAKINA.

Cependant, avec le développement industriel et la place indispensable occupée par l'eau dans la production de la vapeur, et le traitement des eaux de rejet, des mesures idoines doivent être prises par les responsables afin d'une plus meilleure amélioration du traitement de l'eau.

Aussi, l'entretien des chaudières doit être de rigueur pour éviter une consommation excessive du fuel. Ce qui rendrait d'une part moins coûteuse la consommation en combustible primaire et d'autre part, diminuer la consommation en eau. En plus, un suivi régulier des bassins de traitement des eaux de rejet rendrait encore meilleur les paramètres d'analyse de ces eaux de rejet.

En somme, le présent stage effectué à la BRAKINA nous a permis d'appréhender l'importance de la vapeur dans les industries agro-alimentaire d'où l'efficacité des analyses et la mise en place de nouveau système pour plus d'amélioration des systèmes et des matériels de production de la vapeur. En plus de cela, ce stage nous a permis de comprendre l'importance du traitement des eaux de rejet.

## SUGGESTIONS

Les contrôles effectués sur les différents paramètres dans la production de la vapeur, et la maîtrise du respect des normes des eaux de rejet, on montrés une certaines limites.

En effet, nous avons remarqué souvent que le pH de l'eau de la bache alimentaire et des chaudières ne respecte pas toujours les normes préconisées (pH<8,5 pour la bache et pH<10,5 ou pH>12 pour la chaudière). Cette baisse de pH à des conséquences sur la qualité de la vapeur produit.

Des mesures sont prises pour des corrections mais les méthodes ne sont pas toujours les meilleurs.

Il sera souhaitable d'augmenter le débit de la pompe doseuse afin de corriger le pH de l'eau de la bache alimentaire, et en même temps de la chaudière et d'injecter directement le VN11 dans les eaux de la chaudière.

Aussi pour la maîtrise du pH des eaux de rejet, il sera bénéfique d'installer une pompe doseuse, qui sera connecté au pH-mètre, qui dosera automatiquement les bassins, dès que le pH sera supérieur à 10,5.

---

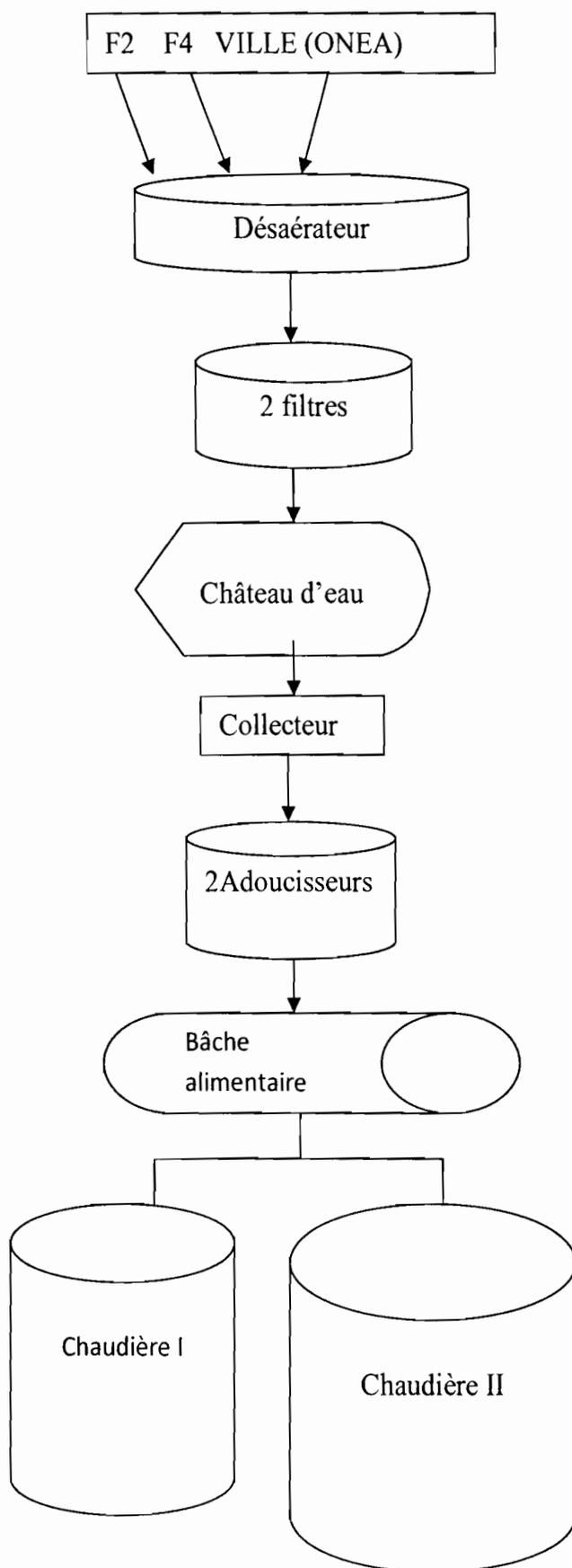
**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- **Traitement des eaux** : quelques principes de conditionnement des installations industriels : documents BRAKINA
- **L'eau d'alimentation des générateurs de vapeur** : traitement et conditionnement : Ministère de l'environnement, cahiers techniques de la direction de l'eau et de la prévention des pollutions et des risques: document BRAKINA
- **Chimie de l'eau** : Document BRAKINA, Formation ALM INTERNATIONAL du 07/09/2010(ALM INTERNATIONAL S.A.- département Dia-Prosim<sup>TM</sup>).Recherche, site [http://bernard.pinonin.pagesperso-orange.fr/aquatech/qual\\_vapeur](http://bernard.pinonin.pagesperso-orange.fr/aquatech/qual_vapeur) du 05/10/2010
- **Bado G.2008**. Suivi des paramètres physico-chimiques de la station de traitement d'eau à la BRAKINA. Rapport de stage DUT-CQUIA, Université de Ouagadougou.
- **JEAN B. et al.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition DUNOD, 2009.
- **Pr OUATTARA A.S** :Gestion de l'environnement, 2012-2013 du 10/03/2013.
- **Matière en suspension**-Wikipédia : Fournier-Bidoz V, Garnier6Laplace J (1994),étude bibliographique sur les échanges entre l'eau, les matières en suspension et les sédiments des principaux radionucléides rejetés, rapport IPSN, SERE 94/073, Cadarache.
- **Dureté de l'eau**-Wikipédia : Fondation France Liberté : [http : //www.france-libertes.org/Une-purification-ecologique-et-.html](http://www.france-libertes.org/Une-purification-ecologique-et-.html)
- **Epuration des eaux**- Wikipédia : Dominique CHAMPIART et al, Biologie des eaux : Méthodes et techniques, Masson, Mars 1994, 374p.
- **Demande biochimique en oxygène-Demande chimique en oxygène**- Wikipédia :
  - Dominique CHAMPIAT et al, biologie des eaux : Méthodes et techniques, Masson, mars 1994, 374p.
  - CABRIT-LECLERG Sandrine ; Fosse septique, roseaux, bambous, traiter écologiquement les eaux usées, Editions Terre Vivante, 2008.
  - Dupavillon, C, Paris Côté Seine, Paris : Editions du Seuil, 2001.
  - Guide technique de l'assainissement. Moniteur référence technique. Le moniteur, 1983, 680p.
  - Goubert, J-P, la conquête de l'eau, Paris : Robert LAFFONT, 1988.

- Bourgeois-Gavardin, J, les boues de Paris sous l'ancien régime. Contribution à l'histoire du nettoyage urbain au XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, 2 volumes. Paris : ECHES, 1985.
- **KONATE N.2011** «Maitrise des paramètres de contrôle dans la production de la vapeur», Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

ANNEXES

Annexe 1:Circuit de l'eau



**Annexe 2 : Organigramme de BRAKINA/Bobo**

