

N° d'ordre-----

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-
DIOULASSO

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN
SCIENCES ET TECHNIQUES

GENIE BIOLOGIQUE

BRASSERIES DU BURKINA FASO



RAPPORT DE FIN DE CYCLE

Pour obtenir la

LICENCE PROFESSIONNELLE DE GENIE BIOLOGIQUE

Spécialité: AGROALIMENTAIRE

Présentée par

OUEDRAOGO IDRISSE

**Suivi des paramètres physico-chimiques
des eaux de chaudières à la
BRAKINA/Bobo-Dioulasso**

Sous la direction de :

Maître de stage : M. Soulama KABAKO

Directeur de rapport : Dr. Robert Kossivi OUEDRAOGO

Année universitaire : 2015-2016

Dédicace

*CE PRESENT DOCUMENT EST
DEDIE A MON PERE ET A MA
MERE POUR LEUR SOUTIEN
INFAILLIBLE. JE LEUR SUIS
RECONNAISSANT DE TOUT CŒUR.*

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation du présent mémoire. Nos remerciements s'adressent particulièrement :

Au personnel enseignant de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et techniques (UFR/ST) et tout particulièrement à son Président **Pr. Georges Anicet OUEDRAOGO**, à son Directeur, **Pr. Sado TRAORE**, au Directeur Adjoint. **Dr. Lassina OUATTARA** et au coordonnateur de la filière génie biologie **Dr. Roland MEDA**

Au **Dr Robert kossivi OUEDRAOGO**, notre directeur de mémoire, pour sa rigueur, sa patience et sa compréhension dans le suivi du travail et pour ses conseils nobles

A monsieur **Marc POZMENTIER**, Directeur Général de la BRAKINA pour nous avoir accepté dans son entreprise en qualité de stagiaire;

A monsieur **Souleymane OUATTARA**, responsable de l'exploitation de la BRAKINA/Bobo pour nous avoir accueilli dans son unité de production ;

A monsieur **Kabako SOULAMA**, responsable du laboratoire, et notre maître de stage, pour ses soutiens nobles et multiples ;

A tous les laborantins de la BRAKINA, particulièrement monsieur **Lamine KABORE** et monsieur **Arnaud SOME** pour leur assistance et leurs multiples conseils ;

A tout le personnel de la BRAKINA/Bobo pour leur sympathie ;

A nos parents qui n'ont ménagé aucun effort pour notre assurer éducation et promouvoir notre réussite ;

A tous ceux dont les noms n'ont pu être cités, qu'ils trouvent dans ce document, notre profonde gratitude.

Sigles et abréviations

BRAKINA	:	Brasserie du BURKINA
C	:	Chef
CIP	:	Cleaning In Place ou nettoyage mécanique en circuit fermé
CONTR	:	Contrôleur
EDTA	:	Ethylène Diaminetetraacétique
FC	:	Facteur de Conversion
FD	:	Facteur de Dilution
MPC	:	Matières Premières Consommables
NET	:	Noir Eriochrome T
PDR	:	Pièces de Rechanges
pH	:	potentiel Hydrogène
R	:	Responsable
TA	:	Titre Alcalimétrique
TAC	:	Titre Alcalimétrique Complet
TH	:	Titre Hydrotimétrique.

Table des matières

Dédicace	i
Remerciements.....	ii
Sigles et abréviations	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux :	v
Liste des figures :	vi
Liste des photos :	vi
Résumé	vii
Introduction	1
Première partie : Généralités	3
I- Présentation de la BRAKINA	3
1-Présentation générale de la BRAKINA.....	3
2-Présentation de la BRAKINA à Bobo-Dioulasso (BRAKINA/Bobo).....	3
3- Formes juridiques et sociales	4
4- Historique	5
5 - Laboratoire de la BRAKINA	6
II-Production de la vapeur	6
1- La chaudière	6
1.1-Définition	6
1.4-Les types de chaudières	7
2-La vapeur.....	7
2.1- Définition	7
2.2-Circuit de production de la vapeur.....	7
2.2.1-L'eau chlorée château	7
2.2.2- Les adoucisseurs	8
2.2.3- La bâche alimentaire.....	9
2.2.4- Les pompes doseuses.....	10
2.2.5- La chaudière.....	10
2.2. 6- Les retours de condensat.....	11
2.3-Distribution de la vapeur	13
2.3.1-Le brassage	13
2.3.2- L'embouteillage	13
2.3.3- la siroperie	13
2.3.4- La laveuse	14
2.3.5 Le pasteurisateur	14
2.3.6- Le CIP (cleaning in place ou nettoyage mécanique en circuit fermé).....	14

2.4-Les réactifs utilisés dans la production de la vapeur et les problèmes rencontrés.....	16
2.4.1-DIA-PROSIM CIP2	16
2.4.2- DIA-PROSIM VN11	16
2.4.3-DIA-PROSIM TSB.....	17
2.4.4- Les problèmes liés à la production de la vapeur	17
2.4.4.1- La corrosion	17
2.4.4.2-L'entartrage	18
2.4.4.3- Le primage.....	18
Deuxième partie: Matériels et Méthodes	19
1-Prelevement d'échantillons	19
1.1-Sites d'échantillonnage	19
2- Analyses physico-chimiques des eaux.....	19
2.1- Mesure du potentiel Hydrogène (pH).....	19
2.2- Le dosage du TA (titre alcalimétrique) et du TAC (titre alcalimétrique complet)	20
2.3-Dosage du Titre Hydrotimétrique (TH).....	22
2.4-Le dosage du chlore.....	23
2.5- La salinité	24
2.6- Le dosage du fer	26
2.7- Le dosage des chlorures (Cl ⁻)	27
2.8- le dosage des phosphates	28
2.9- Le dosage des silicates	28
2.10 -Le dosage des sulfites.....	29
2.11 -Détermination de la conductivité.....	30
Troisième partie: Résultats et Discussion	32
1- Résultats.....	32
2- Commentaire et discussion des résultats	34
2.1- Les paramètres pH, TA, TAC, TH.....	34
2.2 Les paramètres minéraux.....	35
3- Actions menées pour la maîtrise des paramètres de contrôle dans la production de la vapeur au vue des résultats des analyses effectuées	36
Conclusion et suggestion	37
Bibliographie.....	38
Annexes:.....	39

Liste des tableaux :

Tableau 1 : les différents types de boissons de la BRAKINA/Bobo	4
Tableau 2 : Plage des valeurs du TH en fonction de l'état de l'eau	23
Tableau 3: Caractéristiques standards des eaux pour les chaudières à tubes de fumées jusqu'à 25 bars (Office international de l'eau, 1991).	26
Tableau : 4Caractéristiques spécifiques standards des eaux d'une chaudière à tubes de fumées de timbre 10 bars (Office international de l'eau, 1991).	27
Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau adoucie.....	32
Tableau 6 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la bêche alimentaire.	33
Tableau 7 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la chaudière.....	33
Tableau 8 : Résultats des analyses sur les eaux des retours de condensats.....	34

Liste des figures :

Figure 1 : Circuit de production de la vapeur	12
Figure 2 : Diagramme de distribution de la vapeur	15

Liste des photos :

Photo 1 : Adoucisseurs.....	9
Photo 2 : Bâche alimentaire.....	10
Photo 3 : Chaudière vue de profil	11

Résumé

L'objectif de cette étude est de mener un suivi sur les paramètres physico-chimiques des eaux entrant dans le processus de production de la vapeur au sein de la BRAKINA. Dans l'usine, le système de production de la vapeur est alimenté par une eau provenant de différents forages. Cette eau est d'abord adoucie grâce à un système externe pour la débarrasser des ions calcium et magnésium responsables de la dureté de l'eau. Ensuite l'eau est soumise à un traitement interne qui nécessite un apport en additifs CIP2+TSB, VN11. Des échantillons sont prélevés aux différents points de la chaîne de production afin de vérifier l'efficacité des traitements. Les échantillons prélevés sont d'abord analysés. Ensuite des corrections sont faites si les paramètres mesurés ne sont pas en conformité avec la plage des valeurs établies. Enfin un contrôle supplémentaire est fait pour vérifier l'efficacité des corrections. Les résultats des analyses ont révélé que la dureté de l'eau d'appoint est stable et nulle. L'alcalinité est satisfaisante dans la chaudière avec un pH moyen de 11,87. Le titre alcalimétrique et le titre alcalimétrique complet sont parfois en baisse mais restent acceptable avec des moyennes respectives de 52,2(°F) et 76,3(°F). On note parfois un excès des phosphates et sulfites qui est parfois souhaitable. Partant de ces résultats obtenus il convient de confirmer que la vapeur produite est de qualité appréciable. Le présent rapport réalisé à la BRAKINA/Bobo nous a permis de comprendre l'importance qu'occupe la vapeur dans les industries agroalimentaires.

Mots clés : vapeur, qualité, additifs, eau d'appoint.

Introduction

La production de vapeur est un processus très complexe et nécessite un équipement lourd et une technologie avancée. En effet la vapeur occupe une place prépondérante dans la majeure partie des activités industrielles, particulièrement dans l'industrie agroalimentaire qui s'occupe de la transformation des matières premières d'origine animale ou végétale destinée à l'alimentation. L'industrie alimentaire doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer une bonne qualité de la vapeur utilisée dans la production et la transformation de ses produits (R.G.JOSSE et al, 2011).

Dans les industries comme la brasserie du Burkina (BRAKINA), la vapeur demeure un élément indispensable sur toute la chaîne de production. Ainsi, une rupture de l'apport en vapeur entraînerait un arrêt de la production ; vu qu'elle est utilisée au brassage et à l'embouteillage.

Par ailleurs, la vapeur est obtenue grâce à un équipement appelé « chaudière », permettant de chauffer l'eau au-delà de son point d'ébullition (100°C). La qualité de la vapeur dépendrait de la qualité de l'eau d'alimentation de la chaudière. L'optimisation de la production impose donc le maintien de la qualité de l'eau alimentant la chaudière. Des analyses physico-chimiques en laboratoire sont menées quotidiennement dans l'enceinte de l'usine en vue de fournir une vapeur aussi bien en quantité qu'en qualité. Ainsi, comment se présentent les paramètres physico-chimiques tels que le pH, le TA, le TAC, le TH, les chlorures, les silices, les sulfites, les phosphates, le fer et la conductivité des eaux de chaudière au sein de l'usine lors de notre passage de stage? C'est la recherche de réponses à cette présente interrogation qui justifie les activités rapportées dans le présent rapport de stage.

Objectif du travail

L'objectif général de notre travail est de contrôler les différents paramètres physico-chimiques précédemment énumérés des eaux de chaudières au sein de l'usine afin de s'assurer de leur conformité pour une production de qualité. Il s'agit spécifiquement de:

- procéder à quelques analyses physico-chimiques des eaux entrant dans la chaîne de production de la vapeur ;
- corriger les paramètres hors normes mesurés dans la production de la vapeur ;
- formuler des suggestions en vue d'améliorer la qualité de la vapeur produite.

Structure du rapport

Le présent rapport est structuré en trois parties. La première partie est consacrée aux généralités et au fonctionnement de la BRAKINA/Bobo. La deuxième partie traite de la méthodologie utilisée pour la réalisation du travail. Quant à la troisième partie, elle présente les résultats et discussion émanant des différentes analyses en plus d'une succincte conclusion suivie de suggestions.

Première partie : Généralités

I- Présentation de la BRAKINA

1-Présentation générale de la BRAKINA

La BRAKINA est une industrie agro-alimentaire spécialisée dans la fabrication des boissons. Elle est aussi une société anonyme constituée de deux unités fonctionnelles. Une est située à Ouagadougou et abrite le siège social et l'autre est implantée à Bobo-Dioulasso. C'est au sein de cette dernière que nous avons effectué notre stage qui fait l'objet du présent rapport.

2-Présentation de la BRAKINA à Bobo-Dioulasso (BRAKINA/Bobo)

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 (4ha). Elle constitue une filiale de la BRAKINA Ouaga et se fixe pour objectif de mettre à la disposition du marché, des boissons de natures variées telles que la bière, la boisson gazeuse et l'eau minérale (liste des produits /Cf. tableau 1). En sus de la fonction de production de boisson, la BRAKINA/Bobo est rattachée à la SODIBO qui est chargée de la distribution des boissons produites à travers tous les villes et villages du Burkina Faso d'où l'appellation BRAKINA/SODIBO.

Tableau 1 : les différents types de boissons de la BRAKINA/Bobo

Nature	Boissons	conditionnement
Boissons gazeuses en bouteilles	Fanta	30 et 50 cl
	Coca cola	30 et 50 cl
	Bullvit	30 cl
Boissons gazeuses en bouteille PET	Youki-tonic, youki-ananas Youki-orange Youki-citron XXL (35cl) Youki-cocktail et moka-café	35 et 50 cl
Bières	Brakina	65 cl
	Sobbra	65 cl
	Guinness	33 et 65 cl
	Beaufort	33 et 65 cl
	Castel, flag	33 et 65 cl
Eau minérale	Lafi	50 et 150 cl
Eau minérale gazeuse	Lafi	50 cl

3- Formes juridiques et sociales

La BRAKINA est une société anonyme au capital de 2 530 020 000. Ce capital est divisé en 253 002 actions de 10 000 f CFA chacune (**SOME**, 2014).

La BRAKINA est une des filiales du groupe BGI. Le capital de l'entreprise se repartit de la manière suivante : 90% pour le groupe BGI et 10% pour l'état et les privés burkinabè.

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

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

- promouvoir l'indépendance du Burkina Faso en matière de boisson en réduisant 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.
- Réduire le niveau de chômage par l'employabilité des différents acteurs au sein de la structure. .
- Au niveau de l'Etat, la production de bière constitue une entrée de devises à travers les taxes et les droits de douanes sur les importations de malt, préformes.
- La BRAKINA peut être conçue comme une entreprise industrialisante au regard de son impact sur certaines autres entreprises. En effet, 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.

4- Historique

L'histoire de BRAKINA remonte depuis les années 1954 pendant lesquelles Il eut besoin de l'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.

Le 04 Juillet 1960, l'usine de Bobo est dénommée Société des Brasseries de la Haute Volta(BRAVOLTA) avec son siège social à Bobo-Dioulasso.

Le 04 Novembre 1962, on assiste à l'inauguration de la BRAVOLTA en présence des membres du gouvernement.

En 1964, la première usine de brassage à Bobo-Dioulasso fut créée.

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, on note la fusion des deux brasseries, celle de Bobo et celle de Ouagadougou et avec pour siège sociale Ouagadougou.

5 - Laboratoire de la BRAKINA

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

Leur mission est d'assurer le contrôle qualité des différents produits à la BRAKINA/Bobo en générale. En d'autres termes, il s'agit de réaliser une analyse physico-chimique et microbiologique tout au long du processus de production.

II-Production de la vapeur

1- La chaudière

1.1-Définition

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 : fuel, gaz, le charbon, le bois et déchets, Soit par de l'énergie électrique.

Scientifiquement, la chaudière est définie comme étant un système qui permet d'augmenter la température d'un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau) afin de transporter de l'énergie thermique d'un lieu de production vers un lieu d'utilisation (**SOME**, 2014).

1.2- Composition d'une chaudière

La chaudière se compose de trois éléments essentiels : le foyer, le chaudron et le brûleur.

a)-Le foyer

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

b)-Le chaudron

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

c)-Le bruleur

Le bruleur est l'élément central de la combustion. Il permet de mettre la flamme au combustible préalablement dilaté par une pression de 32 bars. 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.

1.3-Fonctionnement des chaudières

Les chaudières fonctionnent normalement grâce à l'utilisation des eaux de bonne qualité et du fuel pour la production de la vapeur. La BRAKINA utilise du pétrole lourd comme fuel.

1.4-Les types de chaudières

La BRAKINA-Bobo dispose de trois (3) chaudières dont deux de marque MEURABLOC et une de marque BOSCH. Ce sont des chaudières à tubes de fumées. Elles sont constituées 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. En effet la chaudière est entièrement rempli d'eau et le bruleur pulvérise le combustible qui s'enflamme et chauffe l'eau. La fumée monte en passant par des tubes immergés dans l'eau avant d'être évacuée par la cheminée. Les deux premières chaudières MEURABLOC ont respectivement des pressions de 7 bars, 6 bars et des capacités de production de 4.5T/h et de 7.5T/h. Quant à la nouvelle chaudière BOSCH, elle a une pression de 8.9 bars et sa capacité de production est de 10T/h (Rapport de visite de février 2016).

2-La vapeur

2.1- Définition

La vapeur, très sollicitée dans de différentes industries, est définie comme étant l'état gazeux de l'eau au-dessus de son point d'ébullition (100°C).

2.2-Circuit de production de la vapeur

2.2.1-L'eau chlorée château

Pour la production de la vapeur, la BRAKINA/Bobo utilise deux sources d'eau : l'eau fournie par l'Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) et l'eau

provenant de ses différents forages. L'eau avant son arrivée au château subit des traitements physiques à savoir une désaération consistant à éliminer les gaz dissous qu'elle contient, un passage sous filtre à sable pour l'élimination des matières en suspension. Elle subit également un traitement chimique au moyen du chlore actif pour sa désinfection. Ensuite l'eau ainsi chlorée est stockée au château avant d'être adoucie pour la suite des opérations.

2.2.2- Les adoucisseurs

Pour l'adoucissement de l'eau, la BRAKINA/Bobo dispose de deux adoucisseurs (A et B). L'eau arrivant au niveau des adoucisseurs provient du château (eau décolorée, désodorisée, déchlorée suite à un passage à travers un filtre à charbon actif). L'adoucissement consiste à retenir les sels de calcium et de magnésium contenus dans l'eau de manière 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 est à l'origine d'une perte de rendement ainsi qu'une augmentation de la consommation en combustible. Les adoucisseurs contiennent des résines échangeuses d'ions qui sont des produits insolubles dans l'eau et ont la propriété d'échanger leur ions (Na^{++}) contre les ions des sels dissouts contenus dans l'eau. Une solution de chlorure de sodium (NaCl) régénère la résine après épuisement. Les adoucisseurs ont des pouvoirs d'échange qui s'expriment en degrés/m³ 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 suivante : cycle (m³)= pouvoir d'échange (°F.m³/L).volume de résines (L)/TH de l'eau (°F) La photo 1 ci-dessous montre l'image des deux adoucisseurs.



Photo1 : Adoucisseurs

2.2.3- La bache alimentaire

La bache alimentaire est le bac d'alimentation de la chaudière en eau avec une capacité de 15 m³. Elle est alimentée par deux sources d'eau :

L'eau des retours de condensats qui fournissent 35% à 45% du volume d'eau de la bache en premier lieu et l'eau du réseau ayant subi un adoucissement. Ces deux eaux sont alors mélangées dans la bache alimentaire et chauffées entre 80°C et 95°C. La photo 2 suivante représente une bache alimentaire.



Photo2 : Bâche alimentaire

2.2.4- Les pompes doseuses

Elles assurent l'ajout des additifs de traitement nécessaires à la bonne marche de la chaudière. Chaque pompe doseuse est connectée à un bac contenant la solution des réactifs. L'addition des produits se fait en ligne grâce à une armoire électrique. Pour le dosage, le réglage se fait sur le débit de la pompe ou une modification de la concentration des additifs lors de la préparation des solutions. Le débit maximal des pompes doseuses pour le traitement des eaux de chaudières est de 17L/H (Manuel techniques, pompes doseuses). Ce sont des pompes de marque Grundfosalldos. Le débit est réglé en fonction des résultats des analyses au laboratoire.

2.2.5- La chaudière

Conformément à la définition précédente, la chaudière est l'appareil dans lequel l'eau de la bâche alimentaire est transformée en vapeur utilisée pour les besoins énergétiques de l'entreprise. Nous présentons deux photos d'une chaudière, l'une vue de face et l'autre vue de profil.



Photo3 : Chaudière vue de profil

2.2. 6- Les retours de condensat

Ce sont des condensations de vapeur provenant de la chaudière après utilisation en circuit fermé. Nous disposons de deux bacs de retour de condensats. Le bac du retour condensat brassage contenant le condensat de la vapeur utilisée au brassage et celui du retour condensat embouteillage, condensat de la vapeur utilisée à l'embouteillage. La vapeur récupérée après utilisation est condensée et renvoyée au niveau de la bache alimentaire. Le circuit de production peut être schématisé comme ci-dessous :

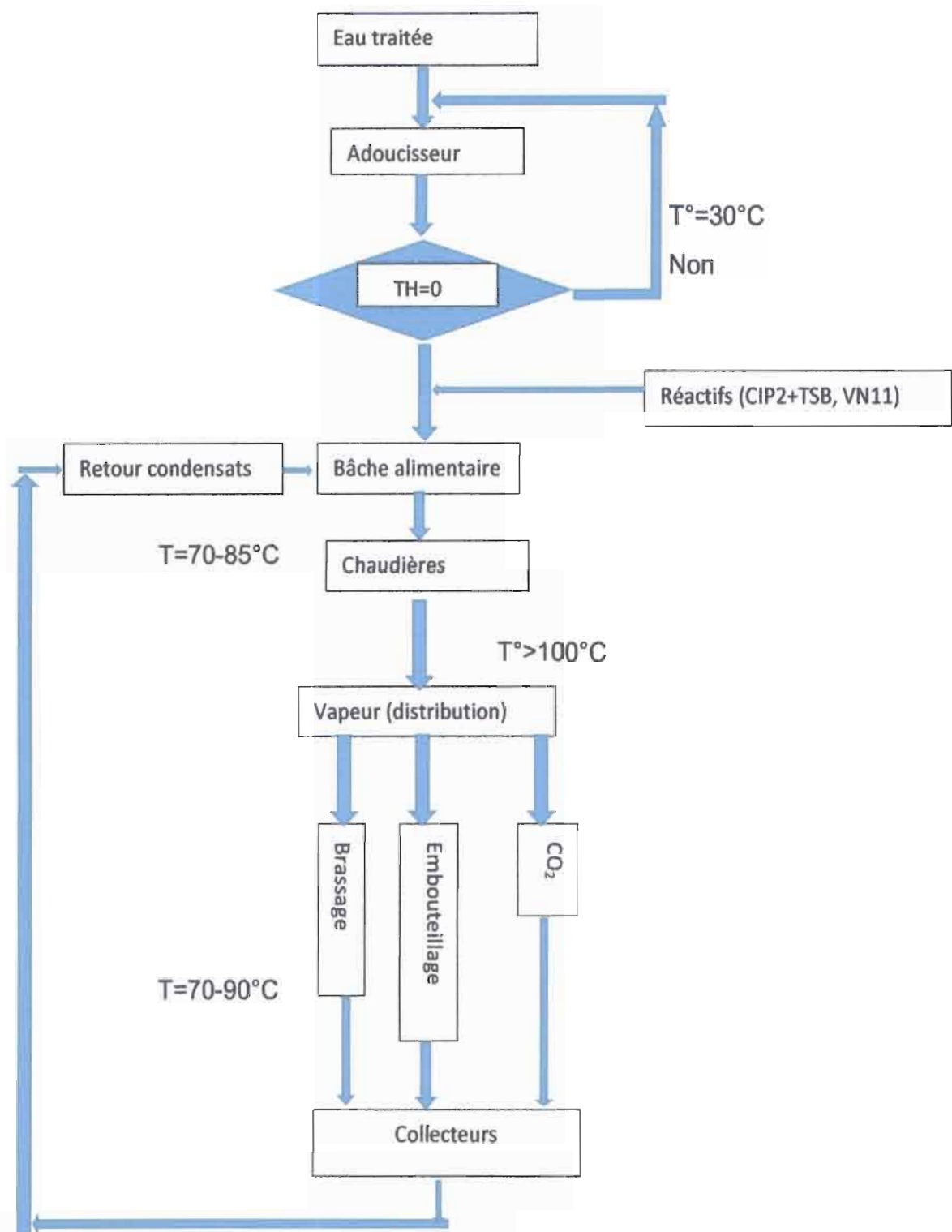


Figure 1 : Circuit de production de la vapeur

2.3-Distribution de la vapeur

La vapeur est un élément indispensable dans le processus de la production à la BRAKINA-Bobo. De ce fait elle est distribuée sur plusieurs lignes selon un diagramme de distribution bien défini.

2.3.1-Le brassage

Pour la production de la bière qui est l'une des boissons les plus consommées, les matières premières utilisées sont : l'eau, le malt, le houblon, les succédanées et les levures. Le but du brassage est d'extraire tout le principe utile du malt, du houblon et également des succédanées pour la préparation du moût. Pendant le brassage l'amidon du malt est hydrolysé en sucre fermentescible. En effet au brassage la vapeur intervient pour le chauffage des eaux de cuisson. En général les étapes de la fabrication de la bière sont comme suit :

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

2.3.2- L'embouteillage

La vapeur arrive à l'embouteillage avec une pression supérieure ou égale à 8 bars. Des détendeurs placés à chaque niveau de l'embouteillage permettent de régler la pression à celle dont ils ont besoin à ses différents points.

2.3.3- la siroperie

La BRAKINA ne se limite pas uniquement à la production de la bière, elle produit également des boissons gazeuses à partir d'eau, du sucre et des extraits. Ainsi, c'est dans la siroperie que se fait la préparation de ces boissons gazeuses grâce à la vapeur utilisée pour la préparation du sirop. On enregistre trois(3) étapes dans la production des boissons gazeuses :

-Première étape : préparation du sirop simple

Le sirop simple se fait dans un fondoir où a 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.

La vapeur intervient à ce niveau pour porter la température du mélange à 85°C pendant 20 minutes.

-Deuxième étape : « le sirop fini »

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

-Troisième étape : le mélange

L'eau désaérée est carbonatée par mélange avec le CO₂. L'eau ainsi carbonatée est mélangée avec le « sirop fini » grâce à un mixeur automatique et on obtient la boisson gazeuse qui est mise en bouteille.

2.3.4- La laveuse

La BRAKINA dispose d'une laveuse de bouteille constituée de sept (7) baignoires dont les trois (3) premières contiennent des solutions de soude à différentes concentrations et températures et les quatre (4) autres de l'eau traitée. En effet la température varie en fonction de la position du bain dans la laveuse. La vapeur est utilisée pour chauffer les solutions de soude utilisées pour le lavage des bouteilles. Après avoir été lavé à la soude, les bouteilles sont rincées à l'eau traitée avant d'être envoyées vers la soutireuse.

2.3.5 Le pasteurisateur

La bière est pasteurisée après sa mise en bouteille. La pasteurisation se passe dans un appareil à deux entrées appelé pasteurisateur. A l'entrée la température est de 10 °C, cette température est élevée constamment jusqu'à un maximum de 62°C avant d'être rabaisser par la suite afin de désactiver les levures issus de la fermentation de la bière et d'éventuelles microorganismes. Le pasteurisateur est constitué de neuf (9) baignoires qui consomment de la vapeur.

2.3.6- Le CIP (cleaning in place ou nettoyage mécanique en circuit fermé)

C'est un système de nettoyage et de désinfection des appareils de production comme la soutireuse et des conduites par lesquelles proviennent les boissons jusqu'à la

soutireuse. La vapeur est utilisée à ce niveau pour chauffer l'eau ou une solution de soude utilisée pour la désinfection et le nettoyage.

2.3.7- 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 utilisé soit pour la saturation des boissons gazeuses, soit pour assurer la contre pression au niveau de la soutireuse, soit sous forme gazeuse à la filtration de la bière. La gazéification du dioxyde de carbone 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 serpentin, canal par où passe la vapeur pour le rendre gazeux. De façon schématique, le processus peut être présenté de la façon suivante :

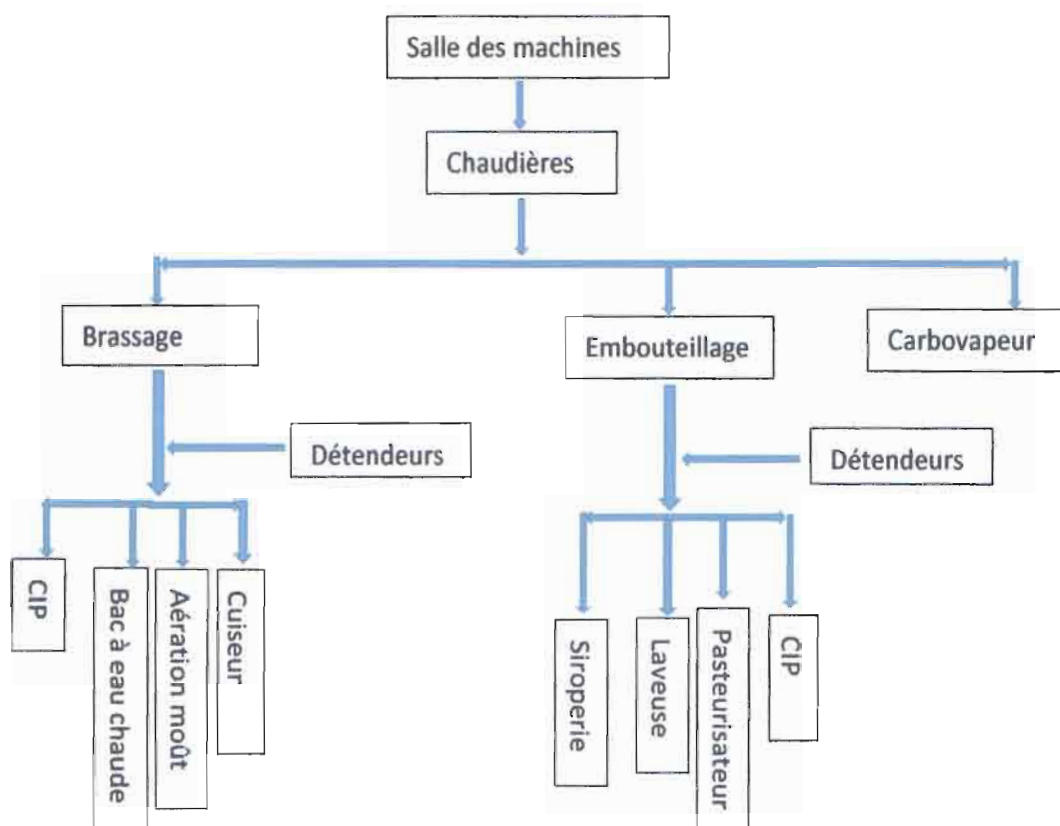


Figure 2 : Diagramme de distribution de la vapeur

2.4-Les réactifs utilisés dans la production de la vapeur et les problèmes rencontrés

Afin de protéger la chaudière et les différentes conduites de circulation de la vapeur produite contre les risques de corrosion, d'entartrage et de primage, l'eau

donne des tartres carbonatés plus ou moins friables, adhérent et thermiquement isolant.

2.4.4.3- Le primage

C'est l'entraînement de gouttes d'eau par la vapeur. Ces gouttes d'eau contiennent des substances dissoutes, notamment des sels minéraux qui occasionnent de nombreux inconvénients (dépôts sur les ailettes de turbines, dans les surchauffeurs etc.) et diminuent ainsi la qualité de la vapeur produite.

Au vue de tous ces potentiels problèmes associés à la production de vapeur, il s'avère nécessaire de procéder au suivi régulier des paramètres assurant le maintien de la qualité de la production. Ceci justifie l'objectif de suivi régulier défini par la BRAKINA et dans lequel s'inscrit l'objectif général des investigations du présent rapport, mentionné plus haut en introduction. Ainsi pour atteindre cet objectif, nous avons procédé à de différents prélèvements et analyses d'échantillons constituant notre méthodologie globale de travail.

Deuxième partie: Matériels et Méthodes

1-Prelevement d'échantillons

1.1-Sites d'échantillonnage

Notre travail s'est déroulé dans la ville de Bobo Dioulasso au sein de l'usine BRAKINA entre le 14 février et le 15 mai 2016. Les échantillons d'eau sont prélevés chaque matin à 7h aux différents points critiques de la chaîne de production de vapeur pour des analyses physico-chimiques. Ces points de prélèvements sont constitués de 2 adoucisseurs, 1 bache alimentaire, 1 chaudière et 2 retours de condensats. Un robinet placé à chacun de ces points a permis d'effectuer les prélèvements.

1.2-Prélèvement d'échantillons

Avant de passer au prélèvement, nous procédons à des purges au niveau des robinets pour évacuer l'eau de la veille pouvant rester dans les conduites. Les eaux des retours de condensats, de la bache alimentaire ainsi que de la chaudière sont prélevées dans des flacons en verre du fait que ces eaux sont chaudes. Par contre l'eau adoucie est prise dans un flacon en plastique. Après prélèvement les échantillons sont ramenés immédiatement au laboratoire pour analyse. Les eaux chaudes sont d'abord refroidies à 20°C avant d'être analysées.

2- Analyses physico-chimiques des eaux

Plusieurs indicateurs sont utilisés pour évaluer la qualité de la vapeur produite. Il s'agit entre autres du potentiel hydrogène (pH), du titre alcalimétrique (TA), du titre alcalimétrique complet (TAC), du titre hydrotimétrique (TH), du chlore, de la salinité, du fer, des chlorures, des phosphates, des silicates, des sulfites et de la conductivité.

2.1- Mesure du potentiel Hydrogène (pH)

2.1.1 Principe :

La détermination du pH, à l'aide d'une électrode de verre repose sur la mesure du potentiel de membrane par rapport à un potentiel de référence. Le potentiel de 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.

2.1.2 Matériel

- Un pH-mètre (compensateur de température), de marque HANNA ;
- Un bécher de 250 ml.

2.1.3 Mode opératoire

Le pH de chaque échantillon est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA et de modèle HI3221 à affichage numérique dans un bécher contenant l'échantillon.

- Allumer et étalonner le pH-mètre,
- Rincer l'électrode de verre avec de l'eau distillée, puis égoutter sans essuyer,
- Plonger l'électrode de verre dans l'échantillon, attendre que le pH se stabilise, puis lire la valeur affichée,
- Retirer l'électrode, bien rincer à l'eau distillée et le conserver dans une solution de chlorure de potassium (KCL, 3M).

2.2- Le dosage du TA (titre alcalimétrique) et du TAC (titre alcalimétrique complet)

2.2.1-Définitions:

-Le 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 pH=8,3 ; d'où :

$$TA= [OH^-] + 1/2[CO_3^{2-}].$$

-Le TAC, correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, en carbonates et en hydrogénocarbonates. Il représente la quantité d'acide nécessaire pour amener un litre d'eau à un pH = 4,3 ; il s'obtient par la formule:

$$TAC= [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

2.2.2-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 méthyle orange).

d'alimentation de la chaudière doit avoir une certaine caractéristique bien définie. C'est ainsi que des réactifs appropriés pour son traitement sont utilisés, toute chose qui permet de conditionner d'une part l'eau utilisée et d'autre part d'éviter les différents risques y affèrent.

2.4.1-DIA-PROSIM CIP2

Le DIA-PROSIM CIP2 est un produit adapté pour le traitement des chaudières alimentées en eau peu alcaline et riche en silice. C'est un produit anticorrosif et anti entartrage.

2.4.1.1- Rôle du DIA-PROSIM CIP2

Le DIA-PROSIM CIP2 joue un rôle très important dans le processus de traitement des chaudières. On peut citer entre autres :

- le maintien sous une forme dispersée, non adhérente des éléments précipités
- la réduction de l'oxygène
- la neutralisation du gaz carbonique, apport de l'alcalinité nécessaire
- passivation du métal
- le réglage du pH

2.4.1.2- Composition du DIA-PROSIM CIP2

Le DIA-PROSIM CIP2 est un produit chimique composé de plusieurs produits que sont :

- dérivés alcalinisants
- phosphatants
- dispersants
- réducteurs

2.4.2- DIA-PROSIM VN11

C'est un produit de conditionnement des circuits d'alimentation de la chaudière et des retours des condensats.

2.4.2.1- Rôle du DIA-PROSIM VN11

Le VN11 protège le réseau des condensats au moyen d'amines volatiles qui neutralisent l'action du gaz carbonique.

- il passive les conduites adductant la vapeur vers les zones de consommation.

2.2.3-Matériels

Les principaux matériels utilisés sont :

- Une burette automatique titrex 2000,
- Un bécher de 250 ml,
- Une éprouvette de 100 ml.

2.2.4-Réactifs

- Une solution alcoolique de phénolphtaléine à 1%,
- Une solution de méthyle orange à 0,1%,
- Une solution d'acide chlorhydrique N/50.

2.2.5-Mode opératoire

-Détermination du TA

- 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 TA=0, ce qui se produit en général pour les eaux dont le pH<8,3.
- Titrer ensuite la solution colorée avec l'acide chlorhydrique à l'aide de la burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH=8,3). On note V le volume de la chute de la burette. Soit V le volume en ml d'acide versé pour obtenir le virage.

-Détermination du TAC

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

2.2.6-Expression des résultats

- TA : V exprime le Titre Alcalimétrique en degré français (°F)
 $1^{\circ}\text{F}=10\text{mg de CaCO}_3=0,2\text{mEq/l}$ (mEq=milliéquivalent)
- TAC : V' exprime le Titre Alcalimétrique Complet en degré français (°F)

2.3-Dosage du Titre Hydrotimétrique (TH)

2.3.1-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 ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calciums et magnésiums.

2.3.2-Matériels

Les principaux matériels utilisés sont :

- Une éprouvette de 100ml,
- Un bécher de 250ml,
- Une burette automatique titrex 2000.

2.3.3-Réactifs

- Une solution de Noir Eriochrome T(NET),
- Une solution d'EDTA N/50,
- Une solution d'ammoniaque à 25%.

2.3.4-Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser dans un bécher de 250ml,
- Ajouter 1ml d'ammoniaque à 25%,
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NET,

- Titrer la solution colorée à 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'EDTA N/50 versé pour obtenir le virage.

2.3.5-Expression des résultats

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

N=Normalité et V_e = volume d'échantillon.

Note : comme $N=1/50$ et $V_e=100$, alors : $TH=V$; d'où la valeur lue en ml sur la burette correspond à la valeur du TH en degré français ($^{\circ}F$).

Le tableau ci-dessous permet d'associer différentes qualités d'eau selon les valeurs de TH

Tableau 2 : Plage des valeurs du TH en fonction de l'état de l'eau

TH en $^{\circ}F$	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	Supérieur à 42
Eau	Très douce	douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

2.4-Le dosage du chlore

2.4.1-Objet

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

2.4.2-Principe

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

2.4.3-Matériels

Les principaux matériels utilisés sont:

- Un kit test en tube chlore MerckSpectroquant 1.00597.0001
- Un photomètre WTW Photolab S12

2.4.4-Mode opératoire

-Dosage du chlore libre

- Pipeter dans un tube à essai 5ml d'échantillon (5-40°C),
- Ajouter une micro-cuillerée du réactif Cl₂-1 dans le tube, et agiter vigoureusement jusqu'à la dissolution totale du réactif,
- 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 Cl₂-2 à la solution mesurée précédemment, boucher le tube et l'agiter vigoureusement jusqu'à la dissolution totale du réactif,
- Laisser reposer 3 minutes, introduire l'échantillon dans le photomètre et mesurer.

Ce résultat correspond à la teneur en chlore total.

Chlore combiné (mg/l)= Résultat B - Résultat A

2.5- 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. Les tableaux suivants traduisent les caractéristiques standards des eaux pour les chaudières.

Tableau 3 : Caractéristiques standards des eaux pour les chaudières à tubes de fumées jusqu'à 25 bars (Office international de l'eau, 1991).

Pression de service	<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 ₂	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=0,7TA C	TA=0,7TA C	TA=0,7TA C
SiO ₂ en mg/l	<200	<200	<200
SiO ₂ /TAC	<2,5	<2,5	<2
Salinité total en mg/l	<5000	<4000	<3000
Cl ⁻	<1000	<800	<600
Phosphates PO ₄ ²⁻	30-100	30-100	30-100
pH	10,5-12	10,5-12	10,5-12

Tableau 4: Caractéristiques spécifiques standards des eaux d'une chaudière à tubes de fumées de timbre 10 bars (Office international de l'eau, 1991).

Timbre	10bars (pression maximale de fonctionnement tolérée par une chaudière)
paramètres	
Eau d'alimentation	
pH	8< pH<9,5
Dureté totale TH (°F)	0<TH<0,5
Teneur en huile	Néant
Teneur en silice	Le plus faible possible
O ₂	<0,10mg/l
Eau de chaudière	
Dureté totale TH (°F)	0
TAC (°F)	80<TAC<120
TA (°F)	TA>0,7TAC
SiO ₂ en mg/l	<200
Salinité totale en mg/l	<3500
Cl ⁻	<700
Phosphate PO ₄ ²⁻	Entre 15 et 30
pH	10,5-12

2.6- Le dosage du fer

2.6.1-Objet

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

2.6.2-Principe

Il s'agit de la méthode photométrique (test fer spectroquant 1.14549.0001, Merck). Tous les ions fer sont 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.

2.6.3-Matériels

Les principaux matériels utilisés sont :

- Un photomètre photolab S12 ;
- Un kit spectroquant 1.14549.0001, Merck.

2.6.4-Mode opératoire

- Pipeter 5 ml 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 3 minutes, puis mesurer l'échantillon dans le photomètre à l'aide d'une cuvette de 10mm et lire le résultat sur l'écran de l'appareil.

2.7- Le dosage des chlorures (Cl⁻)

2.7.1-Objet

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

2.7.2-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 diphenyl-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 utilisé.

2.7.3-Matériels

Le matériel utilisé est un kit test de chlorures Aquamerck 1.11106.0001, Merck.

2.7.4-Mode opératoire

- On rince le récipient avec l'eau à analyser et le remplir jusqu'à 5 ml ;
- Ajouter 2 gouttes de réactifs Cl-1(diphényl-1,5-carbazone) et on agite jusqu'à obtention d'une coloration bleue.
- Ajouter goutte après goutte le réactif Cl-2 (acide nitrique) tout en agitant jusqu'au virage au jaune

Titrer avec le réactif Cl-3 (nitrate de mercure), tout en s'assurant que la pipette de titrage est bien remplie jusqu'à la graduation 0 mg/l. En ajoutant Goutte par goutte le réactif et en agitant constamment le récipient, l'échantillon d'eau préparé vire jusqu'au violet ; on note la valeur indiquée sur la pipette de titrage.

Cette valeur correspond au volume des chlorures.

2.8- le dosage des phosphates

2.8.1- Objet :

Déterminer la teneur en ions phosphates dans l'eau afin de s'assurer de la conformité aux spécifications.

2.8.2- Principe :

Dans une solution phosphorique les ions phosphates forment avec l'eau une solution bleue qui est dosée par photométrie.

2.8.3-matériel et méthode

Le matériel utilisé est un kit de dosage des phosphates spectroquant.

2.8.4- Mode opératoire :

- Pipeter 5 ml de l'échantillon dans un tube ;
- Ajouter 5 gouttes du réactif PO_4^{2-1} et mélanger ;
- Ajouter une micro-cuillère du réactif PO_4^{2-2} et mélanger ;
- Laisser reposer 5 minutes et faire la lecture au photomètre à l'aide d'une cuve de 10mm.

2.9- Le dosage des silicates

2.9.1-Objet

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

2.9.2-Principe

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

2.9.3-Matériels

Le matériel utilisé est un kit de dosage des silicates spectroquant.

2.9.4-Mode opératoire

- Pipeter dans une éprouvette 5ml d'eau distillée dans lequel on ajoute 0,5 ml de l'échantillon,
- Ajouter 4ml du réactif Si-1, mélangé et ajouter 2ml du réactif Si-2, fermer et agiter ;
- Laisser reposer 2 minutes et ajouter 4 gouttes du réactif Si-3.
- Après 2 minutes de repos, lire au photomètre dans une cuve de 10mm.

2.10 -Le dosage des sulfites

2.10.1-Objet

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

2.10.2-Principe

Dans une solution sulfurique, les ions iodures sont oxydés en iode par titrage avec une solution d'iodate de potassium contre 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).

2.10.3-Matériels

Le matériel utilisé est un kit de dosage des sulfites spectroquant.

2.10.4-Mode opératoire

- Prélever 5 ml d'échantillon dans une cuvette (si possible à chaud pour éviter que les sulfites ne se volatilisent) ;
- Diluer avec de l'eau distillée si elle est très concentrée.
- Ajouter 2 gouttes de SO_3^{-1} et agiter légèrement;
- Ajouter 2 gouttes de SO_3^{-2} et homogénéiser, la solution devient jaune.
- Doser par la suite avec une solution de SO_3^{-3} contenue dans un flacon muni d'une pipette 0,5-50mg/l de titration volume-volume jusqu'à l'obtention d'un virage au bleu foncé. Les résultats sont obtenus en multipliant la valeur par le facteur de dilution.

2.11 -Détermination de la conductivité

2.11.1-objet

Réaliser une estimation de la salinité totale de l'eau par une méthode rapide.

2.11.2-Principe

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

2.11.3 -Matériels

Les matériels utilisés

- Un conductimètre Eutech Instrument Cyber scan con 11,
- Un bécher de 250ml.

2.11.4-Mode opératoire

- Prélever environ 150ml d'échantillon à mesurer, amener la température à $\pm 20^\circ\text{C}$ si nécessaire ;

- Rincer l'électrode du conductimètre à l'eau distillée, puis avec une petite quantité 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 ;
- Attendre jusqu'à stabilisation et lire la valeur.

Troisième partie: Résultats et Discussion

1- Résultats

Les analyses effectuées au cours de notre étude nous ont permis d'aboutir aux résultats consignés dans les tableaux suivants en fonction des différents points de prélèvement.

Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau adoucie

Eau adoucie							
Essais Paramètres	pH	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)	SILICES (mg/l)	CHLORURES (mg/l)	COND (µs/cm)
Normes	>4,9	0	<12	0,00	<200	<250	—
1	5,93	0,00	1,80	0,00	4,28	18,00	57,30
2	5,67	0,00	1,00	0,00	4,49	18,00	29,80
3	6,34	0,00	1,30	0,00	3,21	14,00	38,60
4	6,15	0,00	1,50	0,00	22,04	16,00	31,80
5	5,65	0,00	1,50	0,00	19,90	16,00	35,90
6	5,75	0,00	1,50	0,00	4,28	16,00	20,50
7	6,15	0,00	1,90	0,00	5,35	10,00	55,80
8	5,71	0,00	1,80	0,00	6,42	14,00	45,10
9	5,86	0,00	1,80	0,00	5,35	18,00	50,70
10	5,65	0,00	1,40	0,00	6,42	18,00	36,40
maximum	6,34	0,00	1,90	0,00	22,04	18,00	57,30
minimum	5,65	0,00	1,00	0,00	3,21	10,00	20,50
Moyenne	5,89	0,00	1,55	0,00	8,17	15,80	40,19
Ecart-type	0,25	0,00	0,28	0,00	6,83	2,57	11,89

Tableau 6 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la bache alimentaire.

Bache alimentaire									
paramètres Essais	pH	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)	SILICES (mg/l)	SULFITES (mg/l)	CHLORURES (mg/l)	COND (µs/cm)	T (°C)
normes	8-9,5	—	—	0,00	<200	>1	<300	<3500	>60°
1	8,43	1,30	8,00	0,00	12,19	9,52	12,00	170,10	91,00
2	8,48	1,00	6,00	0,00	17,54	3,17	10,00	121,20	92,00
3	8,96	1,00	6,00	0,00	19,90	12,70	14,00	214,00	93,00
4	9,20	1,80	8,50	0,00	21,40	9,52	10,00	43,30	92,00
5	9,39	2,00	5,60	0,00	19,22	5,08	10,00	102,50	95,00
6	8,22	0,00	4,30	0,00	12,54	8,89	14,00	101,60	94,00
7	7,67	0,00	4,90	0,00	19,52	3,63	12,00	91,20	75,00
8	8,77	1,40	5,50	0,00	18,19	6,35	12,00	106,40	90,00
9	9,75	2,70	10,60	0,00	32,20	4,49	12,00	273,00	93,00
10	8,60	0,50	7,00	0,00	19,68	6,98	12,00	128,80	94,00
maximum	9,75	2,70	10,60	0,00	32,20	12,70	14,00	273,00	95,00
minimum	7,67	0,00	4,30	0,00	12,19	3,17	10,00	43,30	75,00
Moyenne	8,75	1,17	6,64	0,00	19,24	7,03	11,80	135,21	90,90
Ecart-type	0,61	0,87	1,91	0,00	5,50	3,08	1,48	66,72	5,78

Tableau 7: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la chaudière

chaudière										
ESSAIS Paramètres	pH	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)	SILICES (mg/l)	PHOSPHATES (mg/l)	SULFITES (mg/l)	CHLORURES (mg/l)	FER (mg/l)	COND (µs/cm)
normes	10,5-12	49-84	70-120	<0,2	<250	25-50	20-60	<800	≤1	<5000
1	11,95	51,00	75,00	0,00	62,06	63,00	57,15	180,00	0,18	4520,00
2	11,82	51,00	74,00	0,00	53,50	50,00	57,15	180,00	0,20	3580,00
3	12,00	50,00	74,00	0,00	64,20	72,00	60,00	160,00	0,18	3950,00
4	11,66	57,00	76,00	0,00	192,60	48,90	50,80	140,00	0,19	4020,00
5	11,83	54,00	77,00	0,00	241,82	40,10	63,50	160,00	0,23	2950,00
6	11,92	30,00	55,00	0,00	107,00	50,30	57,15	140,00	0,26	3500,00
7	12,00	44,00	60,00	0,00	74,90	40,10	50,80	150,00	0,18	4040,00
8	11,89	79,00	114,00	0,00	214,00	50,00	57,15	160,00	0,61	3920,00
9	11,70	52,00	74,00	0,00	128,40	28,90	31,75	160,00	0,25	1590,00
10	11,89	54,00	84,00	0,00	134,82	40,40	31,75	160,00	0,30	2380,00
maximum	12,00	79,00	114,00	0,00	241,82	72,00	63,50	180,00	0,61	4520,00
minimum	11,66	30,00	55,00	0,00	53,50	28,90	31,75	140,00	0,18	1590,00
moyenne	11,87	52,20	76,30	0,00	127,33	48,37	51,72	159,00	0,26	3445,00
écart-type	0,12	12,09	15,70	0,00	68,15	12,30	11,18	13,70	0,13	892,09

Tableau 8 : Résultats des analyses sur les eaux des retours de condensats.

Eaux Essais Paramètres	retour condensat embouteillage			retour condensat brassage		
	pH	COND ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	CHLORURES (mg/l)	pH	COND ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	CHLORURES (mg/l)
Normes	8,5-9,5	<100	>1	8,5-9,5	<100	>1
1	8,81	28,90	10,00	8,54	24,60	10,00
2	9,14	32,90	12,00	9,03	40,00	16,00
3	8,06	24,80	12,00	8,53	31,40	10,00
4	8,57	34,40	10,00	8,32	32,90	10,00
5	8,69	62,40	10,00	9,10	71,10	10,00
6	7,10	43,50	10,00	9,39	57,80	10,00
7	9,41	29,40	10,00	9,50	30,90	10,00
8	8,58	30,50	10,00	8,52	26,80	10,00
9	8,54	28,50	10,00	8,60	30,20	10,00
10	9,81	230,00	12,00	10,50	460,00	14,00
maximum	9,81	230,00	12,00	10,50	460,00	16,00
minimum	7,10	24,80	10,00	8,32	24,60	10,00
Moyenne	8,67	54,53	10,60	9,00	80,57	11,00
Ecart-type	0,74	62,60	0,97	0,66	134,14	2,16

2- Commentaire et discussion des résultats

2.1- Les paramètres pH, TA, TAC, TH

Les valeurs de pH sont sensiblement égales avec un maximum de 12 et un minimum de 11,66 inclus dans la fourchette des valeurs recommandées. Des observations portées sur le tableau 1 montrent des faibles valeurs de TA et de TAC au sixième et septième essai. Nous avons respectivement 55(°F) et 60(°F) pour le TAC et pour le TA des valeurs de 30(°F) et 44(°F). En effet ces faibles valeurs qui ne sont pas dans les normes préconisées par le constructeur seraient dus à un apport insuffisant de réactifs (CIP2+TSB). Les valeurs nulles de TH (tableau 7) traduisent la neutralisation des ions responsables de la dureté de l'eau (ions calcium et magnésium) d'où une alimentation de la chaudière en eau adoucie. Les résultats consignés dans le tableau 6 indiquent des valeurs moyennes de pH normal pour l'eau de la bêche alimentaire. Notons qu'il y'a quelquefois des imperfections (valeurs élevées ou faibles) à ce point dues à un apport excessif ou insuffisant de réactifs (CIP2+TSB). En effet nous enregistrons un maximum de 9,75 et un minimum de 7,67. En plus de cela un passage de produits étrangers (de l'acide ou de la soude par exemple) dans les retours de condensats qui fait baisser ou monter le pH de ces eaux, influence également le pH

de la bâche alimentaire. La source essentielle est les retours de condensats. Les valeurs de TA, TAC et de TH de la bâche alimentaire sont concrètement réjouissants; d'où un apport d'eau douce bien traitée dans la chaudière. Le tableau 5 nous permet de constater en ce qui concerne l'eau adoucie, que tous les paramètres (pH, TA, TAC et TH) sont dans la plage des valeurs établies. Les valeurs nulles de TH (TH=0) traduisent le bon fonctionnement des adoucisseurs qui grâce à leurs résines échangent les ions calciums et magnésiums par des ions sodiums ; l'eau ainsi obtenue est de l'eau adoucie qui est conduite dans la bâche alimentaire.

Dans le tableau 8, les valeurs de pH dans les retours de condensats sont moyennement normales. Néanmoins des valeurs hors normes sont souvent obtenues. Les fortes valeurs seraient dues à un passage de soude dans les retours de condensats causer par les sanitations faites au brassage ou à l'embouteillage. Par contre un faible dosage de réactif de VN11 entrainerait la chute des valeurs de pH.

2.2 Les paramètres minéraux

Les sulfites utilisés pour réduire l'oxygène dans l'eau des chaudières ont souvent des valeurs qui sont au dessus des exigences avec une valeur maximale de 63,5 mg/l au cinquième essai (tableau 7). Ceci serait dû à un excédent des réactifs CIP2+TSB. Pour la bâche alimentaire ces valeurs sont satisfaisantes (tableau 6).

La présence des silices en excès dans les eaux entraîne l'apparition de tartres, la corrosion du matériel, ainsi que la baisse des échanges thermiques. Dans la chaudière, la bâche alimentaire et dans l'eau adoucie, les valeurs de silices sont en conformité avec les normes préconisées. Les tableaux 7,6 et 5 respectivement nous permettent de faire le constat. Avant tout les silices sont parfois concentrées dans la chaudière avec une valeur maximale de 241.82 observée au cinquième essai (tableau 7). Nous procédons ainsi à des purges de déconcentration pour diminuer leur teneur.

Quant aux phosphates, ils sont indispensables pour la production d'une vapeur de bonne qualité. En effet, ils jouent un rôle anticorrosif, bloquant la formation de dépôts sulfatés. Ses valeurs le plus souvent élevées dans la chaudière avec un maximum de 72 mg/l au troisième essai (tableau 7) s'expliqueraient par un dosage important de réactifs. Pour remédier à cela, nous procédons à un réglage manuel du débit de la pompe doseuse (diminution du débit).

Pour ce qui est des chlorures, leur taux est toujours convenable (tableau 7, 6, 5 et 8). Cela s'explique par le bon traitement subit par l'eau depuis la source jusque dans la chaudière. La conductivité est liée à la présence des sels dissous (anions et cations) dans l'eau. Elle est normale dans l'eau de la bêche alimentaire ainsi que dans l'eau adoucie. Par contre la conductivité est souvent élevée dans la chaudière et peut prendre également des valeurs hors norme au niveau des retours de condensats. Ce qui n'est pas sans conséquence, surtout dans la chaudière. En effet, cette forte conductivité dans la chaudière favorise l'entraînement des sels avec la vapeur qui sera ainsi polluée et perdra son pouvoir calorifique (capacité de véhiculer la chaleur), augmentant de ce fait la consommation énergétique de l'usine.

Par ailleurs, les résultats sur le fer (tableau 7) qui a une valeur maximale normale (0,61mg/l) nous laisse constater que les conduites sont bien protégées.

3- Actions menées pour la maîtrise des paramètres de contrôle dans la production de la vapeur au vue des résultats des analyses effectuées

Les purges : Elles s'effectuent lorsque nous observons une élévation de la conductivité ou une teneur très importante en silice dans la chaudière. Les purges permettent de ramener la conductivité et le taux de silice à une valeur normale. La purge s'effectue par l'ouverture d'une vanne de purge graduée en pourcentage et réglée selon le taux de purge souhaité. Lorsque les résultats d'analyses donnent de bonnes valeurs cela traduit un bon taux de purge.

L'ajout des réactifs : L'ajout des réactifs (produits chimiques formulés) permet d'augmenter par voie chimique la qualité de l'eau afin qu'elle soit propre à la consommation industrielle (non corrosive, non entartrante). Les réactifs servent donc à améliorer la qualité de la vapeur produite et à diminuer les dépenses énergétiques de l'usine. Pour se faire il faut un bon réglage des dosages en ces réactifs, notamment,

- ✓ Le dosage en Dia-prosim CIP2 permettant la réduction de l'oxygène, la passivation des conduites et des appareils contre les corrosions, ainsi que la protection contre les risques d'entartrage.
- ✓ Le Dia-prosim VN11 permettant d'élever le pH des retours de condensats.
- ✓ Le Dia-prosim TSB luttant contre les risques de primage.

Conclusion et suggestion

De tout ce qui précède, il ressort que le système de production de la vapeur alimentaire de la BRAKINA utilise un traitement externe et un traitement interne avec de objectifs bien définis. En effet, contrairement au traitement externe dont le but est d'éliminer la dureté de l'eau d'appoint grâce aux adoucisseurs, le traitement interne se base sur l'utilisation des réactifs afin de protéger la chaudière et les différentes conduites. Les analyses physico-chimiques effectuées dans le laboratoire de contrôle qualité sur les paramètres mesurés nous ont données des valeurs moyennes qui répondent tous aux normes mis en place. En effet nous avons obtenu au niveau de l'eau de la chaudière, une moyenne de 11,87 pour le pH, de 52,20 pour le TA, de 76,30 pour le TAC, de 00,00 pour le TH, de 127,33 pour les silices, de 48,37 pour les phosphates, de 51,72 pour les sulfites, de 159,00 pour les chlorures, de 0,26 pour le fer et de 3445,00 pour la conductivité. Ces résultats nous permettent de confirmer la qualité de la vapeur produite à la BRAKINA et également le bon dosage des additifs.

Néanmoins, les analyses font ressortir parfois des non conformités qui conduisent à des actions correctives pour permettre une maîtrise des paramètres afin de favoriser une bonne gestion des ressources énergétiques. Toutefois, il serait judicieux de signifier la forte corrélation qui existe entre, d'une part la bonne qualité de la vapeur produite au sein de la BRAKINA et d'autre part l'efficacité des traitements externe et interne et les résultats d'analyses.

Par ailleurs, l'entretien des chaudières doit être de rigueur pour minimiser la consommation du fuel afin de rendre moins couteuse la consommation en combustible primaire d'une part et diminuer la consommation en eau d'autre part. Les analyses ont révélé également que le pH au niveau de la bêche alimentaire et des retours de condensats est parfois hors des plages de valeurs. Par exemple au niveau de la bêche alimentaire nous avons un minimum de 7,67 et un maximum de 10,50 pour le retour condensat brassage. Ces non conformités peuvent jouer négativement sur la qualité de la vapeur. Le stage que nous avons effectué à la BRAKINA nous a permis de mieux comprendre la place importante occupée par la vapeur dans l'industrie agroalimentaire.

Suggestions

Afin de s'assurer en permanence d'une meilleure qualité de la vapeur produite ; un contrôle des conduites qui mènent aux bacs de récupération des retours de condensats doit s'effectuer pour éviter la pénétration d'éléments étrangers dans ces eaux qui sont reconduites dans la bêche alimentaire. Ce qui permettra d'éviter ou de neutraliser les substances étrangères (soude par exemple) pouvant provenir des sanitations et entrainer ainsi, la modification de la qualité physico-chimique de ces eaux.

Bibliographie

1. 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

Traitement des eaux : quelques principes de conditionnement des installations industriels : document BRAKINA

2. Manuel d'installation et d'entretien des adoucisseurs HIDRAMATIC 2x300I(AMBITERMO) : BRAKINA

3. Manuel techniques, pompes doseuses : BRAKINA

4. Office international de l'eau 1991, degremont : BRAKINA

5..**Arnaud Pégréwindé Yibeviel SOME**« *suivi de la qualité des eaux de chaudières et des eaux de rejet* », mémoire de fin de cycle 2014

6. R.G.JOSSE et al./Int.J.Biol.chem.Sci 5(2) 461 470, 2011

Rapport de visite de février 2016, ALM INTERNATIONAL S.A. 3bis quai aux fleurs 75004 PARIS ; Tel : +33(0)1 44 32 16 16 Fax : +33(0)1 46 34 62 12 E-mail : diaprosim@alm-inter.com: document BRAKINA

WEBOGRAPHIE

1.Site[http:// bernard.pinorin.pagesperso-orange.fr/aquatech/qual_vapeur.htm](http://bernard.pinorin.pagesperso-orange.fr/aquatech/qual_vapeur.htm) consulté le 25/03/2016

2.Traitement des eaux de chaudière:
www.lenntech.fr/applications/process/chaudiere/traitement-eau-chaudiere.htm consulté le 13/06/2016

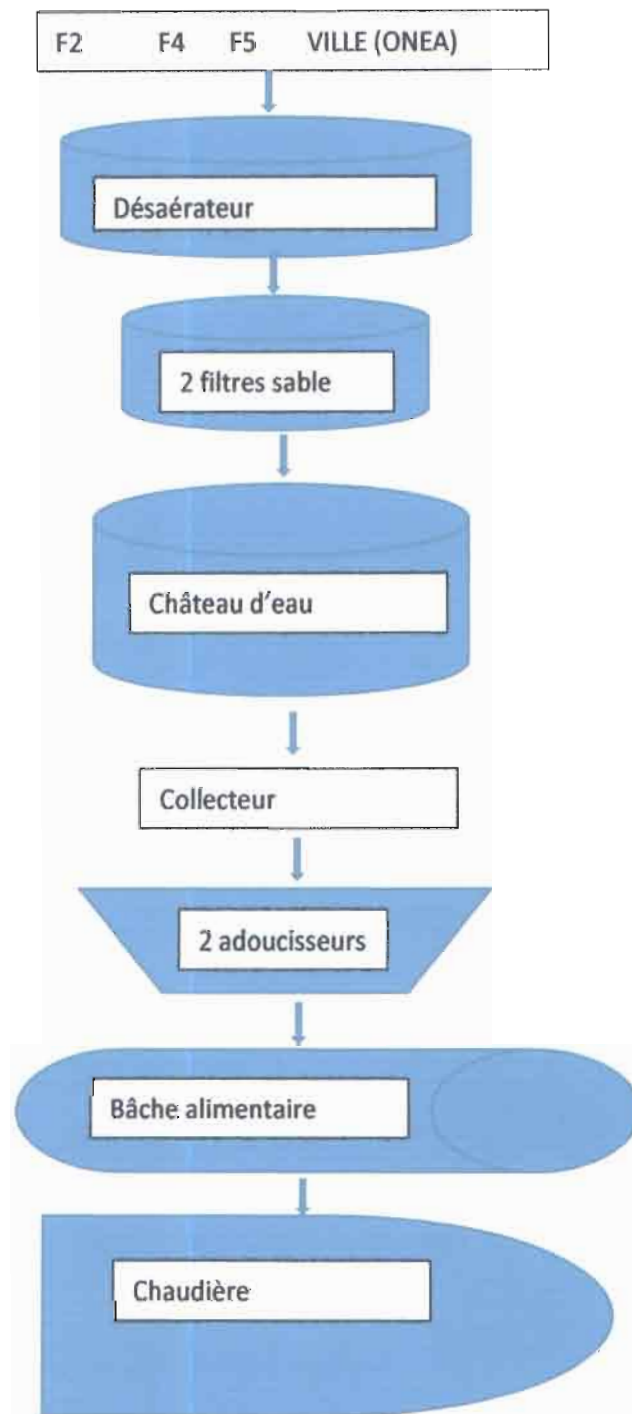
<http://www.thermidaire.on.ca/boiler-feed.html> consulté le 14/06/2016

3. www.ms-protech.com/fr/cms/programme consulté le 11/06/2016

4. www.generateurvapeur.com/index.php%3FO consulté le 11/06/2016

Annexes:

Annexe 1 : le circuit de l'eau de la source jusqu'à la chaudière



Annexe 2 : Organigramme de la BRAKINA/Bobo

