

## Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

**Passivation de l'inox par l'acide nitrique  
Et essai automatisé de l'ajout de soude au niveau de la laveuse**

### Présenté par :

◆ **Hajar Tallouzt**

### Encadré par :

◆ **Mr ABESSLAM HALKHOMSS**  
(Société)

◆ **Pr KANDRI RODI ADIBA (FST)**

**Soutenu Le 07 Juin 2018 devant le jury composé de:**

- **Pr MOUGHAMIR KHADIJA**
- **Pr SABIR SAFIA**
- **Pr KANDRI RODI ADIBA**

**Stage effectué à la CBGN**

**Année Universitaire 2017 / 2018**

# Remerciement:

Avant de commencer, je tiens à exprimer :

Ma profonde gratitude à Mr A. MOSSADEQ Directeur d'exploitation de la CBGN qui a bien voulu m'ouvrir les portes de la société qu'il dirige.

Mes remerciements les plus distingués à mes encadrant à savoir madame KANDRI RODI ADIBA Professeur au département chimie de la FST de Fès, et Mr HALKHOMS ABDESLAM Responsable des Contrôles des Utilisations Industrielles de la CBGN, je leur suis infiniment reconnaissante de leur remarquable soutien, encadrement, directives et disponibilité à mon égard pour mener à bien mon projet de fin d'études.

J'adresse un merci tout particulier aux membres du jury à savoir madame SAFIA SABIR et madame MOGHAMIR KHADIJA, Professeurs au département chimie, qui ont accepté de juger ce travail.

J'exprime ma gratitude aux différents Professeurs du département de chimie qui ont assuré mes deux années de formation au sein de la FST et qui, par leurs remarquables compétences ont pu nous tracer le chemin de la réussite.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à tout le personnel de la CBGN en particulier à l'équipe chargé de la gestion du quai et du magasin de stockage de produits finis et les employés effectuant les déchargements et chargements de leurs aides précieuses et de leurs conseils tout au long de ce stage.

Je ne saurais oublier de remercier tous ceux qui m'ont apporté soutien, conseil, disponibilité et toute personne qui accordera une attention particulière à ce rapport. Sans toutefois oublier mes parents, ma famille qui ont toujours été présents à mes côtés pour me soutenir, je leur suis infiniment reconnaissante et je leur dit merci.

## Dédicaces

*Je tiens à dédier cet humble travail*

*A mes chers parents avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour assurer mon éducation et mes études dans les meilleures conditions ;*

*A mes chers frères et ma sœur pour leur soutien et solidarité ;*

*A mes professeurs sans exception, pour leurs efforts afin de m'assurer une bonne formation ;*

*A mes amis et à tous ceux que j'aime pour leurs encouragements et leurs soutiens;*

*A tous ceux qui ont veillé à ce que ce travail soit à la hauteur ;*

## TABLE DE MATIERE

<b>Partie I : PRESENTATION de la CBGN et Aperçu général sur les procédés de production</b>	<b>7</b>
A. Histoire de Coca-Cola .....	<b>8</b>
1. Coca-Cola au Maroc .....	<b>9</b>
Des 1947, coca-cola compagnie a pénétre le marché marocain par l'intermédiaire des soldats américains en poste a Tanger, qui avaient importé les premières caisses de coca-cola au Maroc.	
2. Présentation de la CBGN .....	<b>9</b>
a) <b>Historique</b> .....	<b>9</b>
b) <b>Description de l'usine</b> .....	<b>10</b>
c) <b>Fiche technique de la CBGN</b> .....	<b>11</b>
d) <b>La mise en bouteilles</b> .....	<b>11</b>
B. Les procédés de production .....	<b>13</b>
<b>Deuxième partie : Passivation de l'inox par l'acide nitrique</b> .....	<b>19</b>
1-Objectif .....	<b>20</b>
2-Définition de la passivation .....	<b>20</b>
3-les méthodes de la passivation .....	<b>21</b>
4- endommagement et régénération de la couche passive .....	<b>21</b>
5-test de passivation .....	<b>22</b>
6-Calcul du volume de HNO <sub>3</sub> nécessaire pour passiver l'inox : .....	<b>24</b>
7-CONCLUSION.....	<b>25</b>
<b>Troisième partie : L'automatisation de l'ajout de soude au niveau de la laveuse</b> .....	<b>26</b>
1-Introduction.....	<b>27</b>
2-LA Laveuse.....	<b>27</b>
3-les étapes du lavage des bouteilles en verre.....	<b>28</b>
4-Les propriétés chimiques de détergent.....	<b>29</b>
5- Analyse du % soude ajouter pour le nettoyage.....	<b>30</b>
6-SUIVI DE % DU SOUDE .....	<b>32</b>
2. Automatisation de l'ajout de soude .....	<b>37</b>
<b>II. CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>38</b>

### Liste des figures :

Figure 1 : évolution de la bouteille Coca-Cola II. Coca-Cola au Maroc .....	<a href="#">8</a>
Figure 2 : Schéma de traitement d' eau .....	<a href="#">15</a>
Figure 3 : schéma du processus de l'adoucissement de l'eau .....	<a href="#">16</a>
Figure 4 : : la formation de la couche passive (l'oxyde de chrome).....	<a href="#">21</a>
Figure 5 : le cas de l'endommagement et la régénérations de la couche passive	<a href="#">22</a>
Figure 6 : schéma de la laveuse .....	<a href="#">27</a>
Figure 7 : schéma du coté oppose de la laveuse .....	<a href="#">28</a>
Figure 8 : Titrage de la base NaOH par H2SO4 .....	<a href="#">30</a>
Figure 9: Variation du % soude dans le bain 1 .....	<a href="#">33</a>
Figure 10: variation du %soude dans le bain 1 .....	<a href="#">34</a>
Figure 11 : Variation du %soude en fonction du temps .....	<a href="#">35</a>
Figure 12 : Variation du %soude en fonction du temps .....	<a href="#">36</a>
Figure 13 : %NaOH en fonction du temps .....	<a href="#">37</a>

### Liste des tableaux

Tableau 1 : récapitulative de la chaine de production .....	<a href="#">13</a>
Tableau 3 : suivi du %soude dans le bain 1 .....	<a href="#">33</a>
Tableau 4 : suivi du %soude dans le bain 1 .....	<a href="#">33</a>
Tableau 5 : de Suivez de% NaOH dans le bain 1 .....	<a href="#">34</a>
Tableau 6 : suivez du %soude dans le bain 1 .....	<a href="#">35</a>

### Liste d'abréviations et acronymes

**SS** : Sirop Simple.

**SF** : Sirop Fini.

**GOA** : Goût, Odeur, Apparence.

**ABC** : Atlas Bottling Compagnie

**SCBG** : Société centrale des boissons gazeuses

**CBGS** : Compagnie des boissons gazeuses du Sousse

**GOA** : Gout odeur et apparence

# INTRODUCTION

La compagnie des boissons gazeuses du nord (CBGN) est une entreprise de production et d'embouteillage des boissons gazeuses qui vise à présenter des produits de haute qualité pour satisfaire les besoins des consommateurs.

Le processus de fabrication des boissons gazeuses n'est pas une simple dilution est remplissage des bouteilles. C'est un enchainement des étapes, une défaillance dans une étape peut influencer directement la qualité du produit fini.

Mon rapport se présente en trois parties la première c'est une présentation de la CBGN et sur les procédés de production, la deuxième partie ca concerne la passivation de l'inox par l'acide nitrique c'est un entretien des machines. la troisième c'est celle de l'essai de l'automatisation de l'ajout de soude au niveau de la laveuse qui a pour but d'essayer de connaitre le moyen qui nous permet d'ajouter la soude d'une façon automatique dans les deux bains.

**PARTIE I : PRESENTATION DE LA CBGN  
ET APERÇU GENERAL SUR LES  
PROCEDES DE PRODUCTION**

## A. HISTOIRE DE COCA-COLA

Le 8 mai 1886, le docteur John Styth Pemberton, pharmacien à Atlanta (Géorgie, USA), découvre un nouveau sirop et le met en vente au «soda fontaine » de la pharmacie



**FIGURE 1 : EVOLUTION DE LA BOUTEILLE COCA-COLA II. COCA-COLA AU MAROC**

Jacob's. Selon la légende, ce sirop qui allait immédiatement enthousiasmer les clients aurait été mélangé par un heureux hasard à de l'eau gazeuse. Les premiers consommateurs sont tout de suite conquis par cette nouvelle boisson. Le comptable de la pharmacie, Franck Robinson, trouve le nom de Coca-Cola et dessine le premier graphisme d'après l'idée de Pemberton du double C, toujours utilisé. Dès 1896, Coca-Cola avait franchi les frontières et, en 1933, les premières bouteilles font leur apparition au Café de l'Europe, à Paris. Aujourd'hui, Coca-Cola est consommé plus de 683 millions de fois par jour dans plus de 200 pays. Donc, La forme actuelle de la fameuse bouteille est celle d'une silhouette de femme vêtue d'une robe fourreau que l'on peut reconnaître les yeux fermés, la bouteille même brisée. Créée en 1915 par Alexandre Samuel, maître verrier, la "bouteille contour" ou "Dame au fourreau "dite "embossed hobble skirt bottles", est, fait très rare, enregistrée par l'Office américain des brevets comme marque déposée, le 1er janvier 1916. La "bouteille contour" reste aujourd'hui une référence.

## 1. COCA-COLA AU MAROC

Des 1947, coca-cola compagnie a pénétré le marché marocain par l'intermédiaire des soldats américains en poste à Tanger, qui avaient importé les premières caisses de coca-cola au Maroc.

Les premières machines d'embouteillage sont ensuite arrivées sur le sol marocain par le biais des bateaux de la Navy américaine, alors présents dans la mer méditerranée.

Puis des usines se sont peu à peu établies au Maroc : Tanger, Casablanca, Fès, Oujda, Marrakech, Agadir et rabat.

Le Maroc représente pour la Coca-Cola Compagnie une plateforme importante comme le confirme la présence du siège social régional pour l'Afrique du Nord.

Le Coca-Cola Compagnie est représenté au Maroc par des franchises qui sont au nombre de 7.

Le groupe dispose également de 5 sociétés d'embouteillage:

La Société Centrale des Boissons Gazeuses à Casa et Salé (SCBG).

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord à Fès (CBGN).

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud à Marrakech (CBGS).

L'Atlas Bottling Compagnie à Tanger et Oujda (ABC).

La Société des Boissons Gazeuses du Souss à Agadir (SGBS).

Au total, 11 usines d'embouteillage sont présentes sur le sol marocain.

## 2. PRESENTATION DE LA CBGN

### A) Historique

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN) est une société qui a pour activité principale la fabrication et le conditionnement des boissons gazeuses.

- En 1952 : c'est la mise en place de la CBGN : embouteilleur franchisé de la compagnie Coca Cola, elle a été située à la place actuelle d'Hôtel Sofia.
- En 1971 : une nouvelle unité construite au quartier industriel SIDI BRAHIM.

- De 1952 à 1987 : la compagnie des boissons gazeuses du nord « CBGN » ne fabriquait que Coca-Cola et Fanta orange ; mais après et pour augmenter sa part de marché, la compagnie a décidé la diversification de ses produits , elle a commencée de produire Fanta Florida, Fanta Lemond et Sprite ; elle a lancé en 1992 les bouteilles en plastique PET, elle a même mis en marche une nouvelle machine avec une grande capacité (plus de 6000 bouteilles par heure, et qui effectue plusieurs taches en même temps (soufflage rinçage, soutirage, bouchage datage).
- En 1997 : elle a acquis la SIM (société industrielle marocaine) ; principale concurrent ; lui permettent ainsi d'augmenter sa capacité de production et d'élargir sa gamme de produits.
- En 2002 : la CBGN devient filiale de l'ECCBC et par la suite de Coca-Cola Holding. La CBGN reste parmi les anciens embouteilleurs qui existent au Maroc.

### **b) Description de l'usine**

La compagnie dispose d'une usine bien équipée composée de :

- Une station pour le traitement des eaux.
- Une ligne de production (siroperie).
- Les chaudières pour la production de la vapeur.
- Deux lignes d'embouteillages pour les bouteilles en verre.

### C) Fiche technique de la CBGN

**Sigle : CBGN**

**Raison sociale :** Compagnie des boissons gazeuses du nord

**Siège social :** quartier industriel Sidi Brahim

**Téléphone/Fax :** 035641070/035641181

**Boite postale :** 2284

**Superficie :** environ 1 ha

**Forme juridique :** société anonyme

**E-MAIL :** [cbgn@iam.net.ma](mailto:cbgn@iam.net.ma)

### d) La mise en bouteilles

L'usine possède une ligne de production qui est consacrée à la production des boissons dont les bouteilles en verre.

Le remplissage des bouteilles en verre passe par les étapes qui sont décrites sur le tableau suivant:

<b>Dépalettiseur</b>	Cette machine représente un système presque automatisé concernant la mise en caisses sur convoyeurs, ces caissiers sont placés les uns sur les autres sous forme d'un parallélogramme qui est posé sur une planche appelée palette.
<b>Décasseuse</b>	Les harasses sont ensuite acheminées vers une laveuse spéciale grâce à une bande transporteuse.
<b>Laveuses de Bouteilles</b>	La laveuse des bouteilles est composée de deux bains, d'eau adoucie et de soude caustique, montés en série afin de nettoyer et stérilisé les bouteilles avant Ice soutirage
<b>Inspection Visuelle</b>	Pour éliminer les bouteilles male lavées et ébréchées.
<b>Inspection électronique</b>	Dans le but de retirer des bouteilles contenant des matières étrangères, du liquide ou présentant un goulot ou un fond ébréché
<b>Carbonatation et Refroidissement</b>	Cette étape consiste à mélangé le sirop fini, l'eau traitée refroidi à 4.6°C par l'eau glycolée et le CO2 dans un mélangeur pour obtenir la boisson gazeuse
<b>Soutireuse</b>	La Soutireuse remplit automatiquement les bouteilles sans aucune intervention manuelle du machiniste. .
<b>Visseuses</b>	À la sortie de la Soutireuse, les bouteilles se dirigent vers le système visseuse qui consiste à visser les bouchons.
<b>Capsulages des Bouteilles</b>	Lorsqu'il s'agit de grandes taille (bouteilles 1L). C'est l'écapsuleuse qui ferme les bouteilles.
<b>Douane</b>	Chaque bouteille à un code précis qui permet de la vendre à l'étranger.
<b>Codage Bouteilles</b>	On s'intéresse dans ce codage à la date de production ou d'expiration et un code composé du numéro de la ligne de production et de la première lettre de la ville où l'usine est installée. Ce code indique la référence des bouteilles en cas de non-conformité, la durée de vie pour ce type de bouteille est en général de 1an.
<b>Inspection des bouteilles pleines</b>	Après bouchage ou vissage des bouteilles pleines et le codage, les bouteilles sont inspectées par des mireurs pour éliminer celles qui sont males ou non bouchées, ainsi que les autres bouteilles ayant

	le niveau de remplissage inférieure ou supérieure à la norme, ou d'autre contenant des corps étrangers
<b>Etiqueteuse</b>	L'étiquetage est l'habillage de la bouteille par une étiquette à l'aide d'un appareil, elle contient toutes les informations sur le produit.
<b>Encaisseuses</b>	L'encaisseuse qui met les bouteilles en caisse, son fonctionnement est similaire à celui de la décaisseuse.
<b>Palettiseuses</b>	Cette machine consiste à mettre les caissiers sur les palettes d'une façon bien organisée sous forme de parallélogramme à l'aide des barrières motorisé par des vérins pneumatiques.

**TABLEAU 1 : RECAPITULATIVE DE LA CHAINE DE PRODUCTION**

## **B. LES PROCEDES DE PRODUCTION**

### **(1) TRAITEMENT D'EAU**

L'eau constitue l'élément majoritaire dans la production des boissons gazeuses, dans production de la vapeur et dans le lavage des bouteilles, cette eau doit répondre à certaine norme et de là elle va subir différente traitement selon sa destination.

L'eau de ville subit un traitement de plusieurs étapes :

#### **(A) STOCKAGE DANS LE BASSIN 1**

L'eau provenant de la RADEEF est stockée dans le bassin 1 d'une capacité de 200m<sup>3</sup>, cette eau est chlorée par injection d'une quantité de chlore comprise entre 1 et 3 ppm, afin de préserver son état contre toute contamination.

#### **(B) COAGULATION**

Ca Consiste en l'Injection d'un coagulant à base d'aluminium (qui permet la floculation des matières en suspension et les matières colloïdales se trouve dans l'eau afin de faciliter leur élimination).

#### **(C) FILTRATION A FILTRES A SABLES**

La filtration à travers des filtres à sables permet de piéger les floccs résultants de la floculation. Les filtres à sables sont à nombre de 3. Ces filtres à sable seront lavés tous les 3 ou 4 jours par l'injection de l'eau à contre-courant. L'efficacité de ces filtres est

vérifiée par la turbidité, il faut aussi vérifier l'état du sable, cette vérification peut conduire au changement du sable si nécessaire.

#### **(D) FILTRATION A FILTRE DECARBONATEUR**

Le décarbonater sert d'une part à diminuer le potentiel d'hydrogène (pH) (de 7 à peu près (5-4.9)) pour avoir un milieu acide et par conséquent le développement des bactéries sera faible, et d'autre part il consiste à réduire le taux d'alcalinité de l'eau (les bicarbonates de calcium et de magnésium).

L'eau a traité traverse ensuite la résine faiblement acide de type RCO<sub>2</sub>H. Les bicarbonates de calcium et de magnésium échangent leurs cations par l'hydrogène avec formation de CO<sub>2</sub>.

Les réactions d'échange ionique ayant lieu au niveau du décarbonater sont :



#### **(E) STOCKAGE DANS LE BASSIN 2 :**

L'eau sortant du filtre décarbonater est stockée dans le bassin 2 qui est d'une Capacité de 200 m<sup>3</sup>. Comme dans le bassin 1, l'eau est encore une fois injectée par le chlore (concentration entre 1 et 3 ppm).

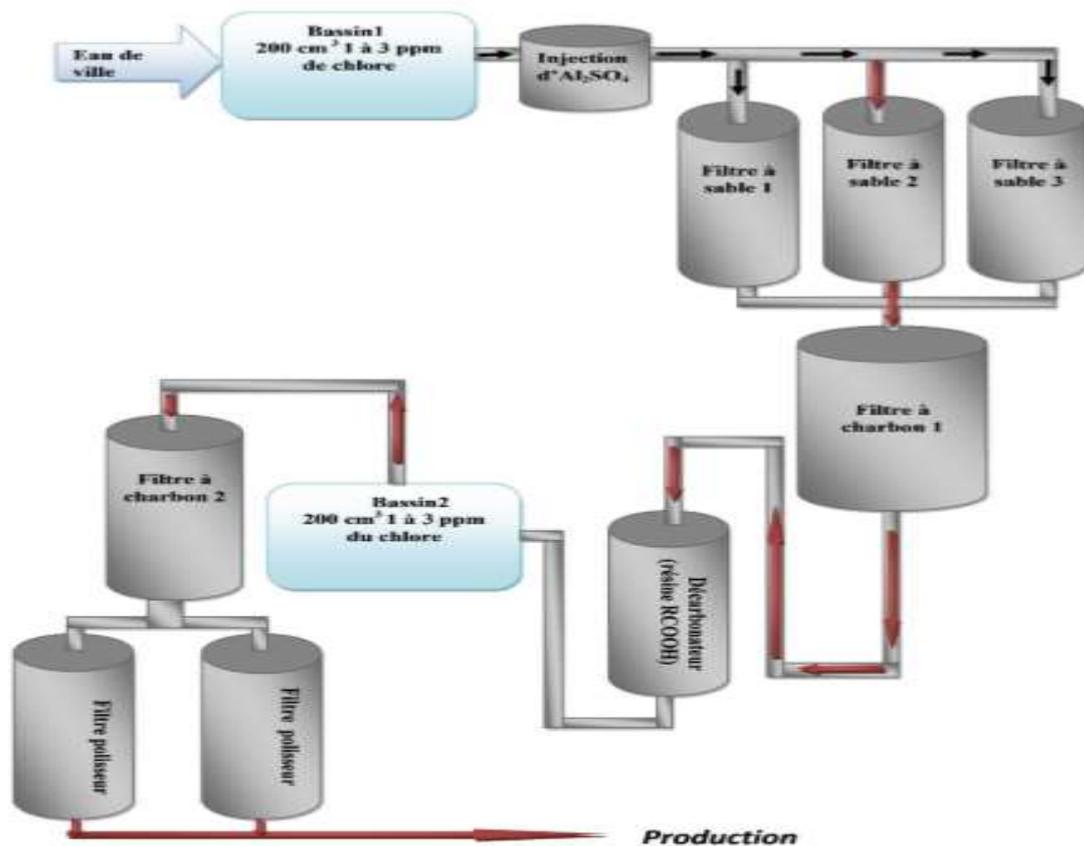
#### **(F) FILTRATION A FILTRE A CHARBON:**

L'eau passe à travers un filtre à charbon afin d'éliminer du chlore qui s'absorbe sur les grains du charbon.

#### **(G) FILTRATION A FILTRES POLISSEURS :**

L'eau ensuite passe par des cartouches en fibres pour éliminer les traces de charbon qui peuvent provenir du filtre à charbon, l'efficacité de l'opération dépend du type et de la qualité des cartouches utilisées.

La propreté du filtre polisseur est assurée par la stérilisation (vapeur) et lavage à contre-courant.



**FIGURE 2: SCHEMA DE TRAITEMENT D'EAU**

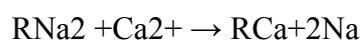
Remarque :

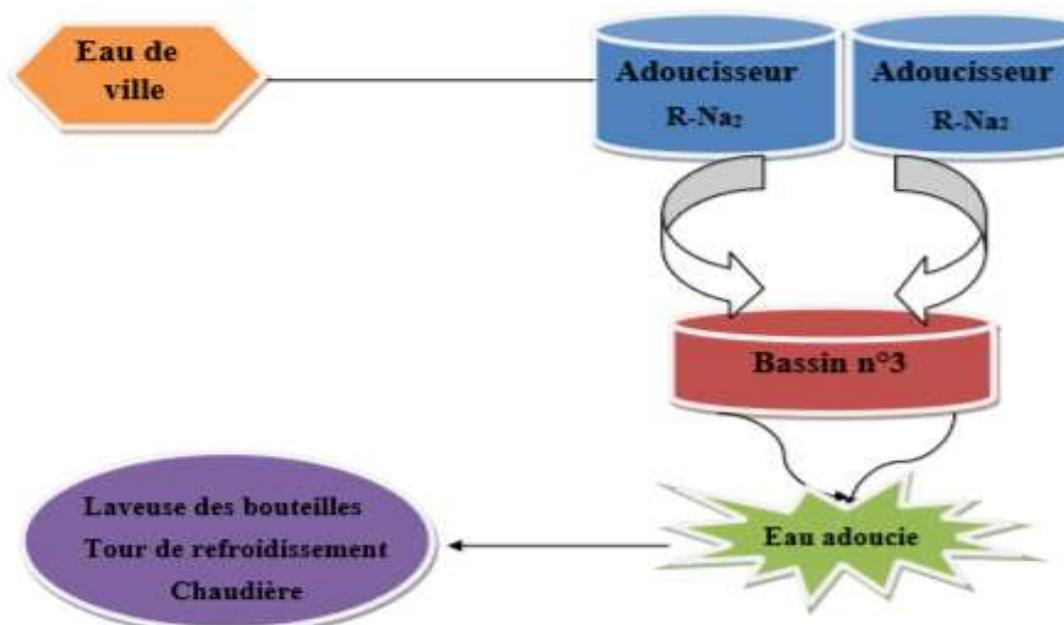
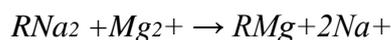
Au traitement d'eau de la CBGN on a un seule filtre à charbon c'est le filtre à charbon 2.

## (2) EAU ADOUCIE

La CBGN préparé de l'eau adoucie pour l'utilisation au niveau des laveuses de bouteilles, la chaudière et la tour de refroidissement pour empêcher le dépôt de tartre. L'opération de l'adoucissement de l'eau de ville se fait à travers des filtres adoucisseurs qui sont des colonnes remplies d'une résine échangeuse d'ions de type R-Na<sub>2</sub> qui a pour fonction de réduire la dureté de l'eau de lavage des bouteilles par élimination des ions Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup> responsable de la formation du tartre.

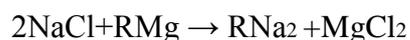
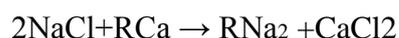
Les réactions d'échange d'ions :





**FIGURE 3 : SCHEMA DU PROCESSUS DE L'ADOUCCISSEMENT DE L'EAU**

Lorsque tous les ions  $Na^+$  de la résine sont consommés, il faut régénérer l'adoucisseur. On lui apporte alors une solution saturée en sel (chlorure de sodium  $NaCl$ ) riche en ions  $Na^+$ . De leur côté, les ions  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  sont évacués à l'égout avec les eaux de rinçage.. La régénération se fait selon les réactions suivantes :



### (3) **SIROPERIE:**

#### **1-SIROP SIMPLE (SS):**

Les matières premières utilisées pour préparer ce sirop sont : le sucre granulé reçu de COSUMAR (contrôlé dans le laboratoire de la CBGN qui veille sur sa qualité et sur le respect des normes prescrites) et l'eau traitée.

Les étapes de cette opération sont classées comme la suite :

##### **Dissolution :**

Après le tamisage et le stockage dans un silo, le sucre est transporté vers une cuve de Dissolution contenant de l'eau traitée à la température de  $60^\circ C$ .

##### **Filtration :**

Passage de la solution du sucre obtenue dans un ensemble de filtres pour agitation et Précipitation des grains non dissoutes.

#### *Pasteurisation :*

Pour éviter tout développement de microorganismes le sirop doit être pasteurisé.

Pour cela la solution de sucre au niveau de l'échangeur, est chauffée à environ 85°C par la vapeur d'eau provenant de l'atelier des chaudières (la température ne doit pas dépasser ce degré. Sinon on risque de caraméliser le sucre.

#### *Ajout du charbon actif*

Au niveau de la cuve de réaction, on ajoute le charbon actif en poudre pour clarifier le mélange et éliminer les mauvaises odeurs du sucre.

#### *Filtration :*

Ensuite, passage du mélange à travers deux filtres alimentés par une cuve d'adjuvant de filtration (terre diatomée contenant de la cristalline est permet l'élimination de toutes impureté).

#### *Refroidissement :*

Refroidissement du mélange pour obtenir un sirop simple, avec une température convenable (le refroidissement se fait selon trois étapes. La première consiste à ramener la température du sirop simple à 60 °C environ à l'aide de l'eau traitée à la température ambiante, la deuxième serve à ramener la température de 60 °C à 50 °C grâce à l'eau adoucie à la température 15 °C, la troisième et la dernière étape va ramener le sirop simple à une température d'environ 22°C grâce à l'eau glycolée qui est d'une température inférieur à 0°C.

Ainsi on obtient du sirop simple prêt à l'utilisation dans la préparation de sirop fini.

## **2-SIROP FINI (SF):**

Le sirop fini est un mélange de sirop simple et de sirop concentré appelé aussi extrait de base, qui est à son tour un mélange complexe d'arômes, d'acidifiants et de colorants.

Voici les étapes suivies lors de la préparation du sirop fini :

Introduction, après contrôles, des ingrédients du produit dans un récipient où se fait-le Mixage avec l'eau traitée.

Le mélange est ensuite envoyé à la cuve de sirop fini dans lequel s'effectue le mixage avec le sirop simple à l'aide d'une pompe qui maintient l'agitation pendant 30 min.

Repos du sirop fini pendant 15 min afin d'assurer sa désaération.

Le SF doit soumettre à des contrôles réguliers qui sont :

➤ **Mesure du Brix:**

Le brix est la teneur d'une solution en sucre et pour le mesurer on procède de la manière: On prélève un échantillon du sirop fini dans une éprouvette préalablement rincée avec le sirop fini, on y introduit le densimètre à toupie lentement pour lire la valeur du Brix indiquée sur la tige du densimètre. On mesure la température du sirop fini pour déduire finalement la valeur du Brix.

➤ **Contrôle du GOA**

Ce contrôle est nécessaire et il ne faut jamais le négliger, parce que le goût, l'odeur et l'apparence sont des paramètres très importants. Ainsi, on obtient du sirop fini, respectant toutes les normes et bien contrôlé, qui va être envoyé au mixeur pour la dernière étape de préparation de la boisson.

➡ Après chaque préparation du sirop il est nécessaire d'éliminer toutes traces de ce dernier par le nettoyage et la stérilisation des cuves utilisée afin de garantir une préparation conforme de chaque sirop et d'éviter tous problèmes de non-conformité. Les opérations de sanitation des équipements s'imposent pour débarrasser ces derniers des traces de produits restants.

Une fois préparé, le sirop fini est envoyé de la siroperie vers le mixeur (dans la zone de remplissage des bouteilles) pour la réalisation de la dernière phase de la production de la boisson, qui est le mixage.

**(4) MIXAGE:**

Le mixage consiste à mélanger le sirop fini avec l'eau traitée refroidie par l'eau glycolée et du gaz carbonique (CO<sub>2</sub> alimentaire) dans des proportions bien définies.

## **DEUXIEME PARTIE : PASSIVATION DE L'INOX PAR L'ACIDE NITRIQUE**

## 1-OBJECTIF

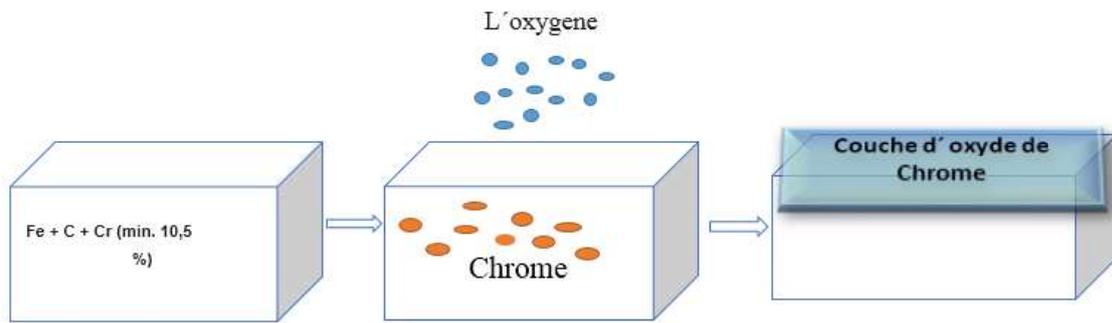
Normalement, les lignes qui ont été soudés où fabriquées sur place nécessitent une passivation avant d'être mises en service. Pour s'assurer que la surface de contact du produit ne réagit pas avec les matériaux corrosifs et les acides alimentaires (acide gras, acide acétique, acide ascorbique, acide phosphorique) ont effectué des procédures de passivation pour l'acier inoxydable par HNO<sub>3</sub>.

## 2-DEFINITION DE LA PASSIVATION

L'acier inoxydable est un alliage contenant du fer et au moins 10,5 % de chrome. D'autres éléments, notamment le nickel et le molybdène, peuvent également faire partie de l'alliage. C'est la présence de chrome dans l'alliage qui donne à l'acier inoxydable. La réaction du chrome avec l'oxygène forme une mince couche d'oxyde de chrome sur la surface de la pièce. Cette couche empêche la réaction du fer avec l'oxygène qui crée l'oxyde de fer : la rouille.

En fait, la couche agit comme une barrière entre un alliage riche en fer et l'oxygène qui fait partie de l'air ambiant.

La passivation de l'acier inoxydable nécessite une surface entièrement exempte de contaminants. Par exemple, la coloration de chaleur provenant d'une soudure représente un type de contaminant important qui doit être enlevé de la surface, non seulement pour des raisons esthétiques, mais surtout pour permettre à l'acier inoxydable de se passiver. Le processus de passivation doit débiter tout de suite après que les contaminants ont été totalement éliminés de la surface. Le chrome contenu dans l'acier inoxydable réagit alors avec l'oxygène de l'air ambiant pour former une couche passive d'oxyde de chrome sur la surface de la pièce. Il faut compter de 24 à 48 heures pour obtenir une couche passive uniforme et stable.



**FIGURE 4: LA FORMATION DE LA COUCHE PASSIVE (L' OXYDE DE CHROME)**

La figure 3 nous montre la formation de la couche passive (oxyde de chrome) :alors on a du chrome a la surface de l'acier ,il va s'oxyder avec l'oxygene de l'air pour former la couche d'oxyde de chrome.

### 3-LES METHODES DE LA PASSIVATION

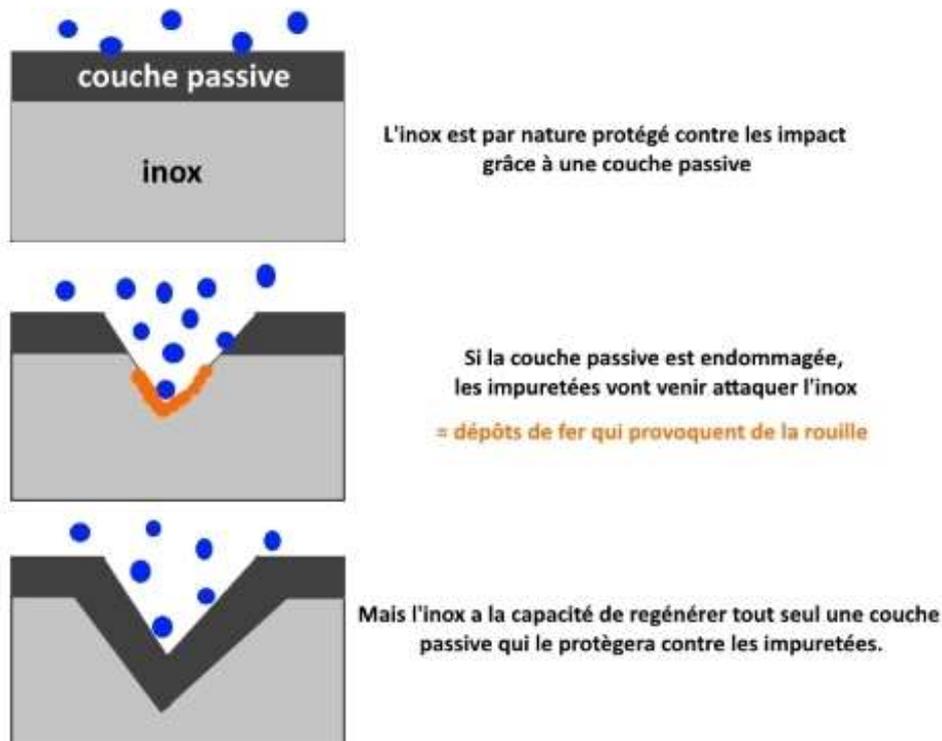
1-Traiter une surface en acier inoxydable avec une solution d'acide nitrique a 20% p/p (HNO<sub>3</sub>) entre 55 et 60 °C pendant au moins 30 min, mais à température ambiante la solution nécessite un minimum de 2 heures.

**2-Traiter une surface en acier inoxydable avec une solution d'acide phosphorique a 20% p/p (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)** dans ce cas la solution nécessite un minimum de 6 heures mais a température entre 60-70 °C la solution nécessite 10 heures.

3- Des produit commerciaux sont disponibles (par exemple Oakite 31) pour la passivation de l'acier inoxydable, ceux –ci peuvent être préférable dans certains endro

### 4- ENDOMMAGEMENT ET REGENERATION DE LA COUCHE PASSIVE

la figure 5 nous montre le cas d'endommagement de la couche passive par la chaleur ou par des substances chimiques en cas d'humidite élevée, les impuretés vont venir attaquer l'inox donc le fer vas s'oxyder et donner des traces de rouilles.mais l'inox a une capacite de se régénérer tout seule une autre couche passive qui lui protège contre la corrosion.



**FIGURE 5: LE CAS DE L'ENDOMMAGEMENT ET LA REGENERATIONS DE LA COUCHE PASSIVE**

### 5-TEST DE PASSIVATION

Les tests suivants peuvent détecter le fer en liberté sur les pièces; ils fournissent des résultats de réussite ou d'échec de la passivation :

#### **Test d'immersion à l'eau**

Ce test peut paraître séduisant à première vue puisque l'eau est généralement facilement accessible. Toutefois, les résultats peuvent se faire attendre pendant plusieurs heures. En outre, si la pièce n'est pas passivée adéquatement, elle aura tendance à rouiller. Il faut en outre s'assurer que l'eau soit propre; l'eau utilisée pour le test ne doit pas contenir de fer (provenant de la plomberie par exemple) ou de produits chimiques, sinon les résultats du test peuvent faussement indiquer la présence de fer sur la surface de la pièce.

#### **Test d'humidité**

Le test en chambre d'humidité nécessite un équipement spécial et un investissement en capital. À moins que le fabricant soit équipé adéquatement, les pièces d'acier inoxydable devront être envoyées à un laboratoire externe. Confier à un tiers les tests d'humidité pour de petites pièces peut représenter une solution facile, mais cette méthode peut être problématique pour les pièces de grande taille. L'obtention des résultats prendra en outre plus de temps et les pièces défectueuses devront être résinées.

### **Test de vapeur saline**

Les inconvénients provenant des tests de vapeur saline sont similaires aux tests faits en chambre d'humidité.

### **Test au sulfate de cuivre**

Ce test est rarement accepté dans l'industrie alimentaire en raison de sa nature toxique. En outre, il laisse des traces indésirables sur les pièces en acier inoxydable.

### **Ferricyanure de potassium – Test de l'acide nitrique**

Il s'agit d'un test très sensible. La solution de ferricyanure de potassium doit être préparée quotidiennement. La réaction est très visible – elle vire au bleu en présence de fer libre – , mais elle donne souvent des résultats de faux positifs.

### **Appareil de test « potentiel électrique en circuit ouvert » :**

Ce test permet d'obtenir des lectures pour des zones à la fois très petites et distinctes. Plusieurs lectures peuvent être prises afin de maximiser la fiabilité et la reproductibilité des tests. Une valeur négative indique que la partie testée n'est pas passivée; une valeur positive indique que la pièce est passivée. Plus la valeur est élevée, plus la couche passive est épaisse et résistante.



## 6-CALCUL DU VOLUME DE HNO<sub>3</sub> NECESSAIRE POUR PASSIVER

### L'INOX :

On va calculer le volume d'acide nitrique nécessaire pour passiver la ligne passant de la siroperie vers la nouvelle ligne (mixeur et soutireuse) à l'aller et au retour pour une échelle de 1/1000.

#### a- Pour l'aller

Le diamètre des lignes :  $d= 50 \text{ mm}$

La distance entre la siroperie et la soutireuse  $L=9,7 \text{ cm}$ .

La distance entre la soutireuse et le mixeur  $L=0,8 \text{ cm}$ .

Pour l'aller on a deux parties :

➤ entre la siroperie et la soutireuse

$$V1 = (d/2)^2 \times \pi \times L$$

$$V1 = ((50 \times 10^{-3})/2)^2 \times \pi \times 97 = 0,19 \text{ m}^3 = 190 \text{ l}$$

➤ entre la soutireuse et le mixeur

$$V2 = \pi \times (d/2)^2 \times L = 0,00157 \text{ m}^3 = 1,57 \text{ l}$$

**Donc le volume de l'Aller =  $V1 + V2 = 191,57 \text{ l} = V$**

$$C \times V = C' \times V'$$

$$V' = (C \times V) / C' = (20/100 \times 191,57) / (63/100) = 60,81 \text{ l}$$

Donc le volume de l'eau =  $V - V' = 130,76 \text{ l}$

#### b- Pour le retour:

➤ Du mixeur vers la siroperie

La distance entre le mixeur et la siroperie  $L'=9,4 \text{ cm}$

$$V3 = \pi \times (d/2)^2 \times L$$

$$V3 = 94 \times ((50 \times 10^{-3})/2)^2 \times \pi = 0,184 \text{ m}^3 = 184,5 \text{ l}$$

$$C3 \times V3 = C4 \times V4$$

$$V4 = C3 \times V3 / C4 = ((20/100) \times 184,51) / (63/100) = 58,57 \text{ l}$$

Donc le volume de l'eau :

$$V_{\text{eau}} = V_3 - V_4 = 184,51 - 58,57 = 125,94 \text{ l}$$

NB :

Donc le volume de HNO<sub>3</sub> utiliser pour passiver de la siroperie vert la nouvelle ligne est supérieure à celui du retour

## 7-CONCLUSION

La passivation des pièces et des structures en acier inoxydable est sans l'ombre d'un doute un sujet de préoccupation pour les soudeurs et les fabricants œuvrant dans différents secteurs industriels. Pour des raisons économiques, les fabricants veulent minimiser les coûts de réusinage des pièces rouillées et des structures qui sont en place. Heureusement, de nouvelles techniques sont développées pour aider les fabricants à s'assurer de la qualité de leurs pièces. La méthode « potentiel en circuit ouvert » permet de mesurer la passivation de manière fiable, efficace et précise tout en minimisant les coûts de réusinage.

## TROISIEME PARTIE : L'AUTOMATISATION DE L'AJOUT DE SOUDE AU NIVEAU DE LA LAVEUSE

## 1-INTRODUCTION

Actuellement la CBGN ajoute la soude d'une façon manuel quand le %soude atteint une valeur de 1,5%. Nous en cherchons d'ajouter la soude automatiquement lorsqu'elle atteint 1,8%et aussi d'ajouter une petite quantité de NaOH dans les deux bains c'est à dire économiser la consommation de la soude. L'ajout de soude se fait au niveau de la laveuse et plus précisément dans les deux bains.

## 2-LA LAVEUSE

### Processus de lavage



**FIGURE 6: SCHEMA DE LA LAVEUSE**

La laveuse utilisée chez de la société **CBGN** est une laveuse de type CROWN « double END ». Son principe de fonctionnement est le suivant :

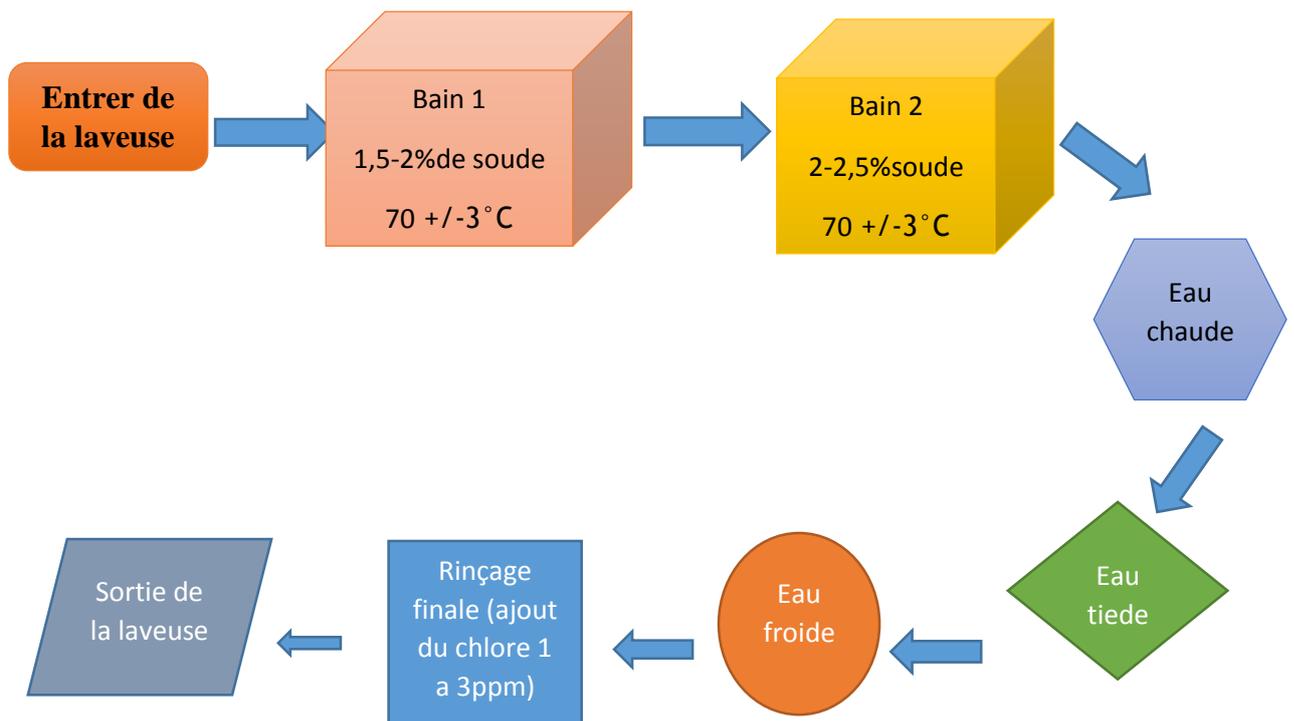
- Les bouteilles sont introduites d'un côté de la machine (table de chargement automatique).
- Les bouteilles sont successivement nettoyées par les arrosages et les injections du pré-rinçage, puis elles quittent la machine de côté opposé (table de déchargement automatique)

### 3-LES ETAPES DU LAVAGE DES BOUTEILLES EN VERRE



**FIGURE 7 : SCHEMA DU COTE OPPOSE DE LA LAVEUSE**

L'unité du lavage comporte deux bains de soude principaux du lavage dans lesquelles on introduit les bouteilles sales. Le lavage se déroule suivant les étapes ce dessous:



#### ✓ LA PRE-INSPECTION :

Cette opération se fait par un opérateur. Ce dernier veille à sélectionner les bouteilles non conformes et les bouteilles étrangères.

#### ✓ LE PRÉLAVAGE:

Le pré-lavage se fait par de l'eau recyclée tiède qui réchauffe légèrement les bouteilles, permettant par la suite l'élimination des matières adhérentes aux pavois.

#### ✓ LE LAVAGE A LA SOUDE :

Les bouteilles passent dans les baignoires 1 et 2 contenant de la soude. Cette dernière permet d'éliminer la saleté.

#### ✓ LE PRÉ-RINÇAGE:

Il s'effectue dans trois baignoires successives d'eau chaude, tiède puis froide. Cette opération a pour but d'éviter le choc thermique qui peut se produire lors du remplissage des bouteilles. Le pré-rinçage permet aussi d'éliminer les traces de détergents.

#### ✓ LE RINÇAGE FINAL:

Il est réalisé par l'eau adoucie froide et chlorée (de 1 à 3 p.p.m). Le chlore est un désinfectant qui permet de débarrasser des micro-organismes qui sont encore présents dans le milieu. L'eau de rinçage final refroidit les bouteilles jusqu'à la température ambiante.

Lors du rinçage final, on assiste à une étape fondamentale du processus de lavage seulement pour les bouteilles de Coca Cola qui est l'injection du DIVO. On a deux sortes de DIVO :

**DIVO LE** : est un additif hautement concentré pour le pré rinçage des bouteilles et améliore l'efficacité du rinçage des bouteilles en éliminant les traces de Souillures, de détergent et autres composés résiduels.

**DIVO AI** : est un additif régulateur de pH pour les zones tièdes de lavage des bouteilles. Il a une utilisation combinée avec Divo le.

### 4-LES PROPRIETES CHIMIQUES DE DETERGENT

- **Elimination d'un composé acide**

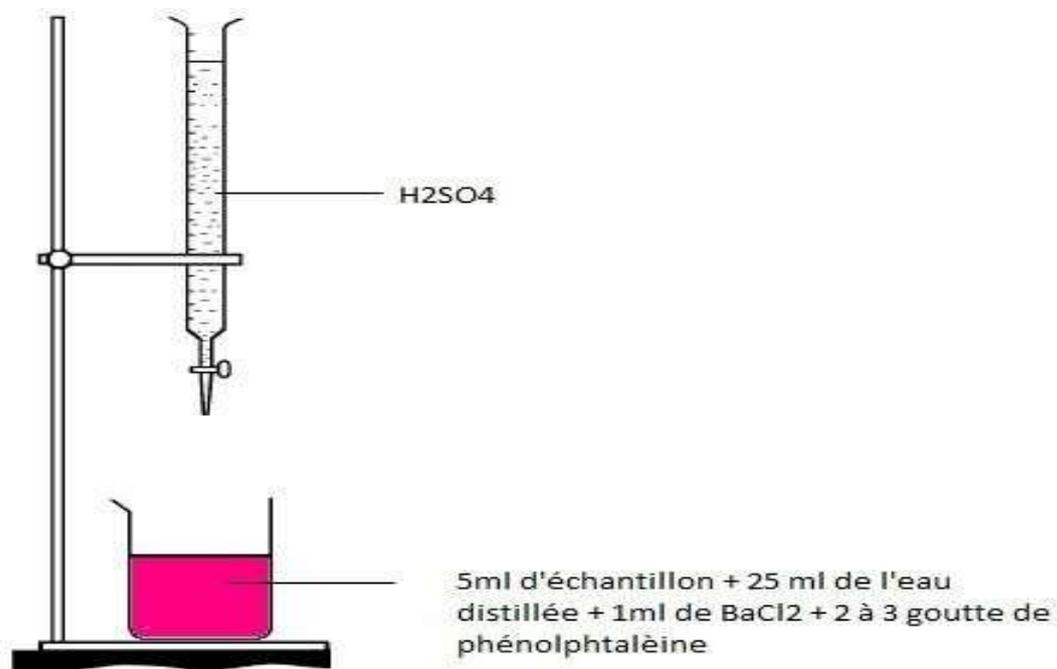
- **Agent déboucheur de canalisation**
- **Détergent**
- **Formule : NaOH**
- **Masse molaire : 39.99 g/mol**
- **H 2.54%, Na 57.8%, O 40%**
- **Base fort**

### 5- ANALYSE DU % SOUDE AJOUTER POUR LE NETTOYAGE

Cette analyse permet la détermination du pourcentage en soude dans les bains de lavage. Ce test est important car si on dépasse la limite supérieure du pourcentage en soude (**bain I** : 2% ; **bain II**:2,5%), les bouteilles seront contaminées par la soude. Si la dose en soude dans les bains est au-dessous de la norme (**bain I** : 1,5% ; **bain II** : 2%), le lavage ne sera pas efficace.

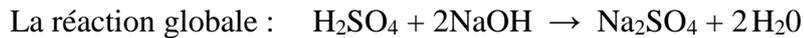
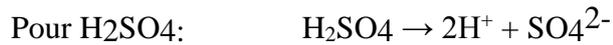
Pour cela on effectue des dosages.

On a prélevé de chaque bain des échantillons durant une période de 7 jours.



**FIGURE 8 : TITRAGE DE LA BASE NaOH PAR  $H_2SO_4$**

Les réactions mises en jeu sont :



### ➤ **MODE OPÉRATOIRE:**

- ❖ Mettre 5ml d'échantillon à l'aide d'une pro pipette dans un bécher et on y ajoute 25ml de l'eau distillée.
- ❖ Ajouter 1ml de chlorure de baryum qui complexe les cations dans la solution.
- ❖ Ajouter 3 gouttes d'indicateur (la phénolphtaléine) et bien agiter la solution. La solution devient rose.
- ❖ Doser la solution par l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la coloration rose.

On fait ce dosage pour s'avoir est ce que le % de la soude dans les normes.

Si elle est supérieur à la limite maximale on dilue le bain avec de l'eau et ont vérifié la nouvelle concentration, et si la concentration est inférieure à la limite minimale on envoie un bon de communication ajoute de la soude grâce à une vanne qui provient du réservoir de soude.

**NB:** le volume d'acide versé est égal au pourcentage de la soude.

## DEMONSTRATION

On effectue un dosage acido-basique. A la neutralisation on a :

$$N_a V_a = N_b V_b$$

$$N_a (\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,25$$

$$V_b (\text{NaOH}) = 5\text{ml}$$

$$1,25 \cdot V_a = N_b \cdot 5$$

$$N_b = 1,25 \cdot V_a / 5$$

$$N_b = 0,25 V_a$$

Pour la base NaOH

$M(\text{Na})=23 \text{ g/l}$

$M(\text{O})=16 \text{ g/l}$

$M(\text{H})=1 \text{ g/l}$

Donc  $M(\text{NaOH})=40\text{g/l}$

Alors :  $C_m=40C$

ET puisque  $C=N$

$$C_m=40.V_a.0,25$$

$C_m=10 \text{ Va}$  (le volume d'acide verse est en ml on doit le transformer en l)

$$C_m=10.0,0001.V_a$$

$$C_m=0.001V_a$$

**Donc  $\%C_m=V_a$**

## 6-SUIVI DE % DU SOUDE

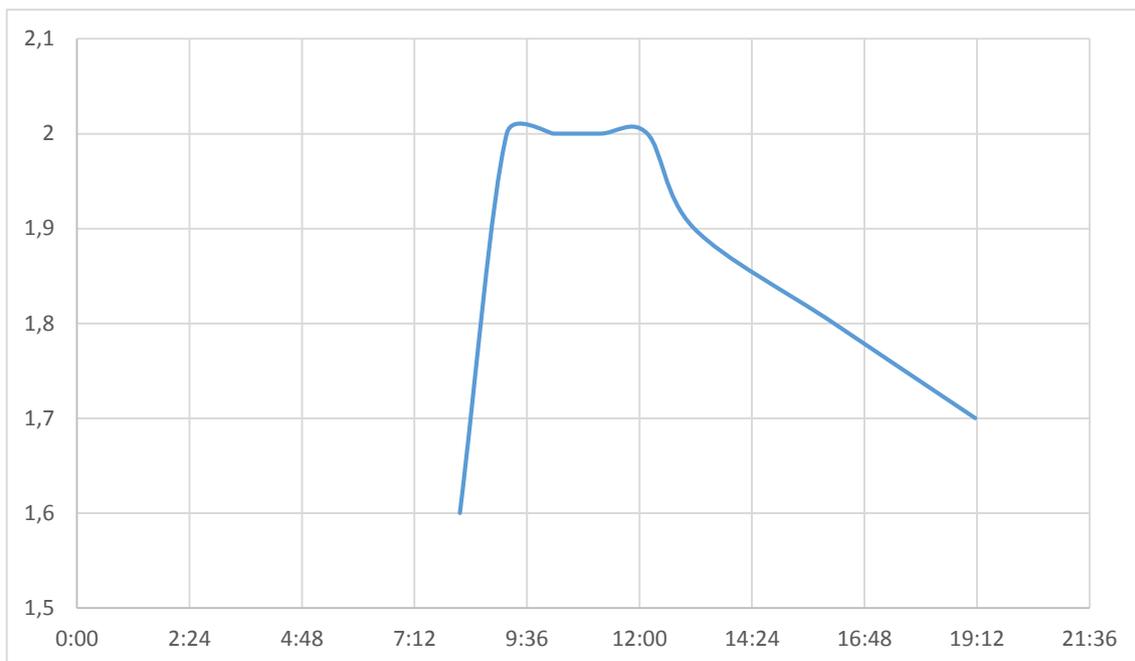
On fait ce suivi pour connaître quand la soude s'ajoute manuellement et combien il faut ajouter dans les deux bain2. Ce suivi concerne le bain 1 mais en générale c'est la même chose que le bain 2 sauf que le bain 2 a un pourcentage de NaOH entre 2 et 2,5 et le bain 1 entre 1,5 et 2.

Le %soude dans le bain 1 durant 7jours

Le 03/04/18

<u>Temps</u>	<u>%soude B1</u>	<u>Produit</u>
08 :10	<u>1,6</u>	<u>CC</u>
9 :10	<u>2</u>	<u>CC</u>
10 :10	<u>2</u>	<u>CC</u>
<u>11 :10</u>	<u>2</u>	<u>CC</u>
12 :10	<u>2</u>	<u>CC</u>
13 :10	<u>1,9</u>	<u>CC</u>
17 :10	<u>1,8</u>	<u>CC</u>
19 :09	<u>1,7</u>	<u>CC</u>

**TABLEAU 2 : SUIVI DU %SOUDE DANS LE BAIN 1**



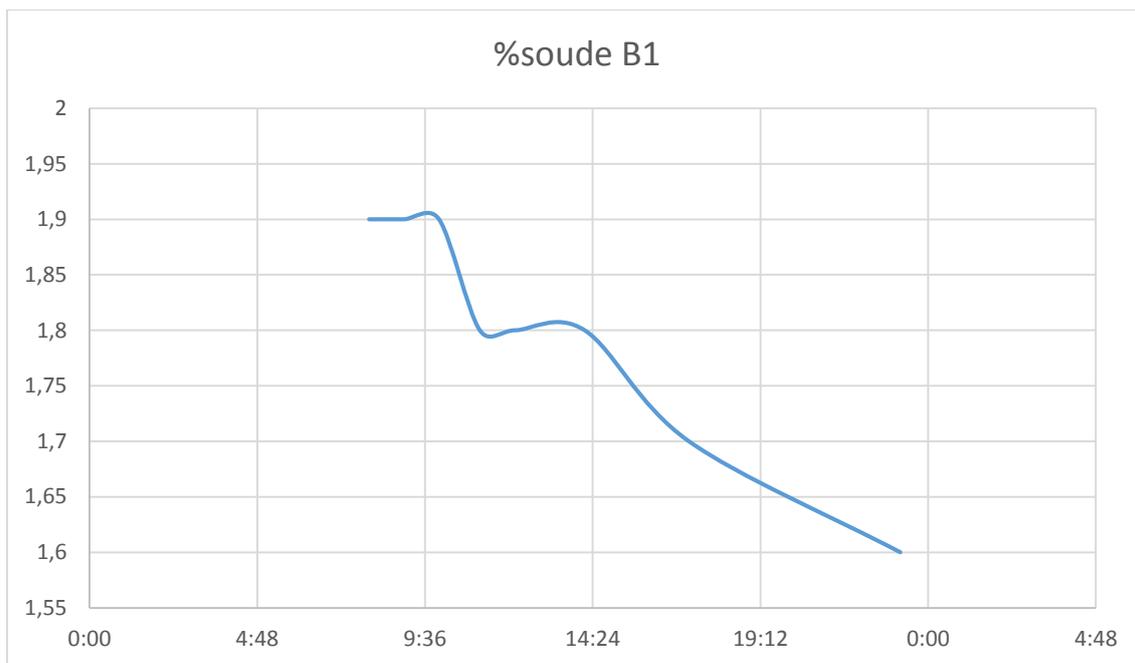
**FIGURE 9: VARIATION DU % SOUDE DANS LE BAIN 1**

Le 03/04/18 : à 8h on a trouvé que le %NaOH =1,6% et après on observe une élévation de ce pourcentage à 2% donc on a un ajout de soude et après 3h on a une diminution de %NaOH

Le 04/04/18

<u>Temps</u>	<u>%soude B1</u>	<u>Produit</u>
<u>08 :10</u>	<u>1,85</u>	<u>Sprite</u>
<u>09 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>Sprite</u>
<u>10 :10</u>	<u>1,75</u>	<u>Sprite</u>
<u>11 :10</u>	<u>1,8</u>	<u>Sprite</u>
<u>12 :10</u>	<u>1,8</u>	<u>Sprite</u>
<u>14 :10</u>	<u>1,8</u>	<u>Sprite</u>
<u>17 :08</u>	<u>1,7</u>	<u>Sprite</u>
<u>23 :07</u>	<u>1,6</u>	<u>Sprite</u>

**TABLEAU 3 : SUIVI DU %SOUDE DANS LE BAIN 1**



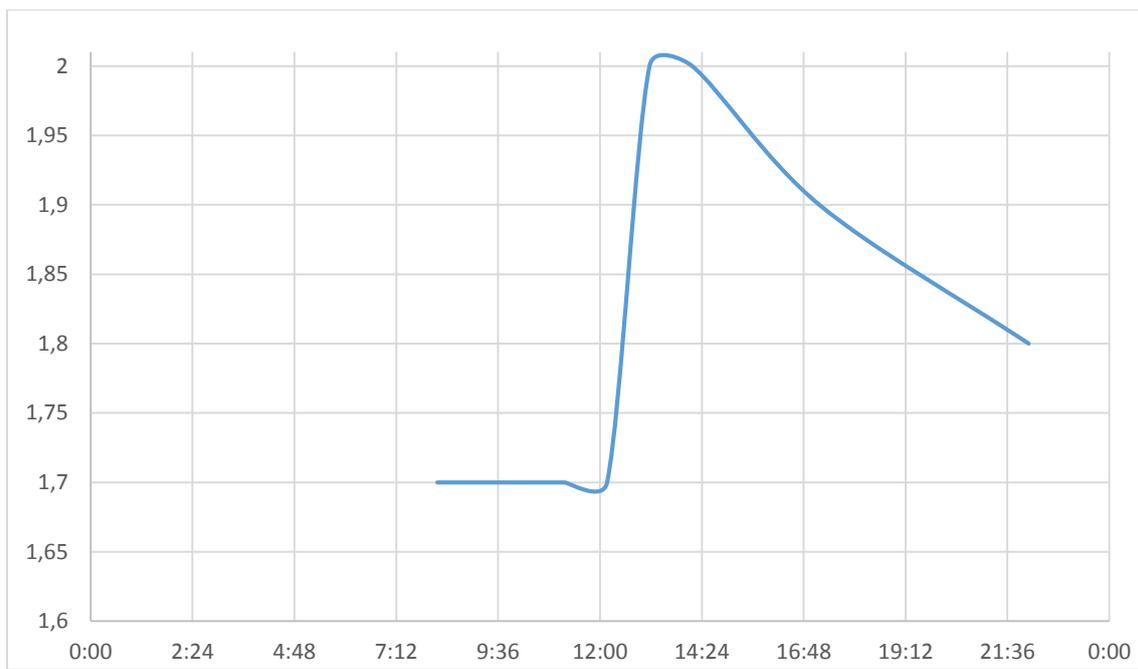
**FIGURE10: VARIATION DU %SOUDE DANS LE BAIN 1**

Le 04/04/18 il n'y a pas d'ajout de soude car le %NaOH n'augmente plus

Le 05/04/18

<u>Temps</u>	<u>%soude B1</u>	<u>Hawai</u>
<u>8 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>Hawai</u>
<u>9 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>Hawai</u>
<u>10 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>Hawai</u>
<u>11 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>Hawai</u>
<u>12 ; 08</u>	<u>1,7</u>	<u>Hawai</u>
<u>13 :04</u>	<u>2</u>	<u>Hawai</u>
<u>14 :15</u>	<u>2</u>	<u>Hawai</u>
<u>17 :10</u>	<u>1,9</u>	<u>Hawai</u>
<u>22 :00</u>	<u>1,8</u>	<u>Hawai</u>

**TABLEAU 4 : DE SUIVEZ DE% NAOH DANS LE BAIN 1**



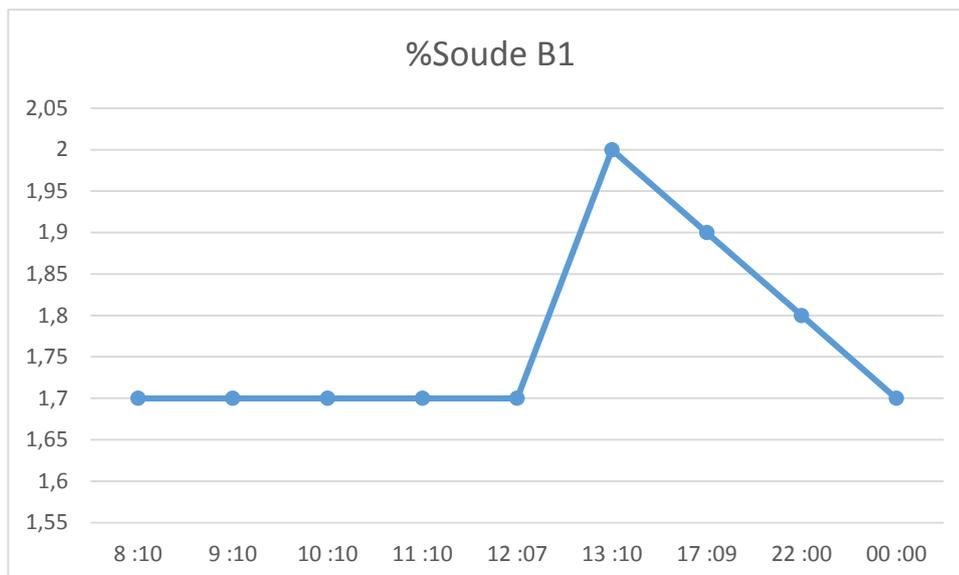
**FIGURE 11 : VARIATION DU %SOUDE EN FONCTION DU TEMPS**

Le 05/04/18 a 12 :00 on a une augmentation de % NaOH donc à ce moment on à l'ajout de soude

Le 06/04/18

<u>Temps</u>	<u>%Soude</u>	<u>CC</u>
<u>8 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>
<u>9 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>
<u>10 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>
<u>11 :10</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>
<u>12 :07</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>
<u>13 :10</u>	<u>2</u>	<u>CC</u>
<u>17 :09</u>	<u>1,9</u>	<u>CC</u>
<u>22 :00</u>	<u>1,8</u>	<u>CC</u>
<u>00 :00</u>	<u>1,7</u>	<u>CC</u>

Tableau 6:suivi de NaOH dans le bain 1



**FIGURE 12 : VARIATION DU %SOUDE EN FONCTION DU TEMPS**

**Le 06/04/18** : au premier temps la concentration reste constante a peu près 4 h mais a 12 :07 on à une élévation de la concentration de NaOH donc l'ajout de soude.

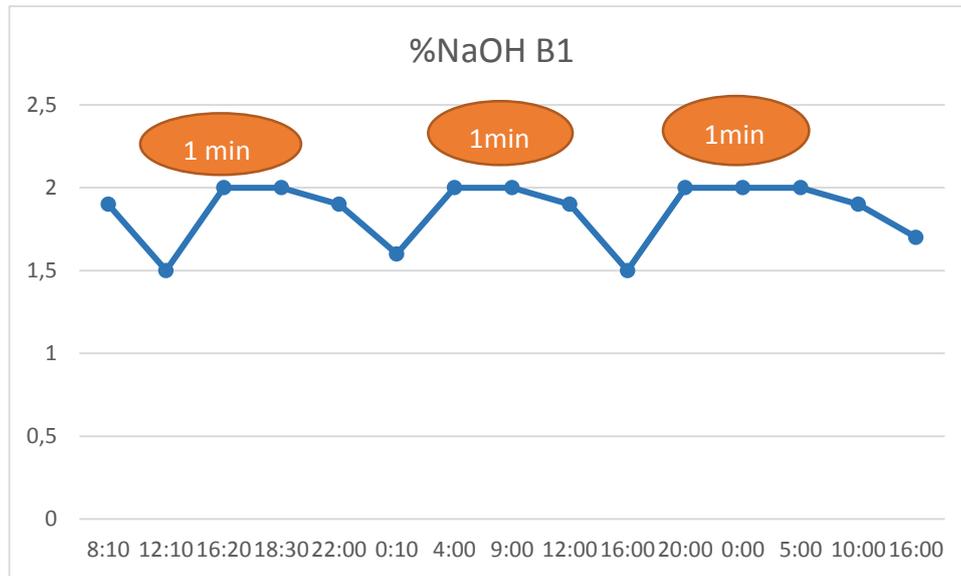
D'après ces suivis j'ai remarqué que la soude s'ajoute entre (1,5 et 1,6) et à chaque bain on ajoute une 100 l de NaOH chaque minute.

### REMARQUE

Lorsqu'on a une panne dans des bains, à ce moment il faut vidanger plus que la moitié de bain et éliminer toutes les bouteilles qui sont à l'intérieur de la laveuse (Température basse) et après on ajoute l'eau adoucie. Dans ce cas il peut que le %soude atteinte une valeur de 0,5% pour les deux bains.

## 2. AUTOMATISATION DE L'AJOUT DE SOUDE

### Suivie de NaOH pendant presque 50 heures de production



**FIGURE 13 : %NaOH EN FONCTION DU TEMPS**

D'après la figure13 le %soude chute vers 1,5 tous les 12 heures donc c'est le temps auquel il faut ajoute 100 l de NaOH de façon manuel.

Le but recherché comme perspective est d'installé une pompe pour ajouter la soude de façon automatique afin d'économiser sa consommation, delà il faut le rajouter par petite quantité et quand le %soude est comprise entre 1,8 et 2 pour

#### **REMARQUE**

Il faut que la pompe s'arrête si la laveuse ne fonctionne plus pour qu'il n'y à pas de gaspillage de la soude.

## II. CONCLUSION GENERALE

Ce stage d'initiation d'une durée d'un mois que j'ai effectué au sein de la société (CBGN) au terme de ma formation, m'a permis d'atteindre une expérience professionnelle bien enrichie et d'acquérir une bonne connaissance sur le milieu professionnel et de valoriser les compétences acquises en théories en les mettant en pratique.

Ce stage reste un événement important pour moi. Non seulement il constitue la transition d'une vie académique vers une vie professionnelle, mais aussi un moment de développement de mes savoirs faire et mes savoir être.

De plus de tout ça j'ai pu savoir le procédé de production des boissons gazeuses que nous buvons presque chaque jour et le procédé de passivation de l'inox par l'acide nitrique enfin on a déterminé la quantité de soude qu'on pourra rajouter automatiquement par l'installation d'une pompe.

# Références

- L. KLEIN SA • Chemin du Long-Champ 110 : Passivation
- Roger crookes, Sheffield (GB) base sur (beitsen en passiveren van roestvast staal) de Drs.e.j.D uittenbroek, Bred (NL) : le décapage et la passivation de l'acier inoxydable.
- **Mr E.FAHMI (CBGN): Evaluation de l'Efficacité du Lavage des Bouteilles en Verre.**
- Mr.jalil abouchita : Conception et analyse mécanique
- Mr Abdeslam Hal-khoms : procédures de passivation