

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA - Béjaïa -  
Faculté des Sciences Exactes  
Département de Chimie

### Mémoire de Master

Présenté par :

M<sup>elle</sup> BEN ABDALLAH Saida

M<sup>elle</sup> BOURENANE Assia

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : Analyse*

*Thème*

***Analyses physico-chimiques de l'eau de  
Générale Emballage en vue de son  
utilisation pour l'élaboration d'une colle***

**Soutenu le : 16/06 /2013**

**Devant le jury composé de :**

M <sup>me</sup> MALEK	Nouara	Présidente
M <sup>me</sup> BOUZIDI	Nedjima	Examinatrice
M <sup>me</sup> ISSAADI	Hamida	Examinatrice
M <sup>me</sup> AIT BRAHEM	Leila	Encadreur

**2012-2013**

# *Remerciements*

*Nous remercions ALLAH le tout puissant, pour nous avoir procuré la volonté, le courage et la patience.*

*Nos plus vifs remerciements s'adressent à M<sup>me</sup> L.AIT BRAHEM notre promotrice, pour sa disponibilité et ses encouragements durant la durée de ce travail.*

*Nous remercions également :*

*L'entreprise SPA G.E: tous les responsables à savoir notre maître de stage, M<sup>r</sup> T. BERREKI pour ses orientations et ses conseils tout au long de notre stage.*

*Nous tenons également à remercier M<sup>me</sup> N.MALEK d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions M<sup>me</sup> N.BOUZIDI et M<sup>me</sup> H.ISSAADI d'avoir accepté de faire partie du jury et consacré leurs temps à la lecture et à la correction de ce mémoire.*

*Enfin nous adressons nos remerciements les plus respectueux à tous les enseignants qui nous ont transmis leurs savoirs.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes chers grands parents*

*A mes chers parents*

*A mon frère et sa fiancée*

*A mes chères sœurs*

*A toute mes amies*

*Saïda*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes chers parents*

*A mes chers frères.*

*A mes chères sœurs*

*A ma sœur et son mari et sa fille Bouchra*

*A toute mes amies*

*Et en fin à toute la promotion chimie d'analyse.*

*Assia*

## SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Etude bibliographique</b>	
<b>I.1 Etude bibliographique sur les eaux et les colles.....</b>	<b>2</b>
I.1.1 L'eau naturelle.....	2
I.1.1.a Eau de pluie.....	2
I.1.1.b Eau de mer.....	2
I.1.1.c Eaux de surface.....	2
I.1.1.d Les eaux souterraines.....	2
I.1.2 Les substances présent dans l'eau naturelle.....	2
I.1.2.a Les matières colloïdales.....	2
I.1.2.b Les matières organiques dissoutes.....	3
I.1.2.c Les matières minérales dissoutes.....	3
I.1.2.d Les gazes dissouts.....	3
I.1.3 Les cations et les anions contenants dans l'eau.....	3
I.1.3.1 Les cations.....	3
I.1.3.1.a Le calcium.....	3
I.1.3.1.b Le magnésium.....	4
I.1.3.1.c Le sodium.....	4
I.1.3.1.d Le fer.....	4
I.1.3.1.e Le potassium.....	4
I.1.3.2 Les anions.....	5
I.1.3.2.a Les chlorures.....	5
I.1.3.2.b Les Sulfates.....	5
I.1.3.2.c La silice.....	5
I.1.3.2.d Le phosphate .....	5
I.1.3.2.e Les nitrates.....	5
I.1.4 Les propriétés des eaux naturelles.....	6
I.1.4.1 Les propriétés organoleptiques.....	6
I.1.4.1.a La turbidité.....	6
I.1.4.1.b La couleur.....	6
I.1.4.1.c Le gout et l'odeur.....	6
I.1.4.2 Les propriétés physico-chimiques.....	6

I.1.4.2.a	La dureté.....	6
I.1.4.2.b	L'acidité.....	8
I.1.4.2.c	L'alcalinité.....	8
I.1.4.2.d	La conductivité.....	8
I.1.4.2.e	Le potentiel d'hydrogène pH.....	9
I.1.4.2.f	La température.....	9
I.1.4.3	Les propriétés microbiologiques.....	9
I.1.5	Etude bibliographique sur le traitement des eaux.....	9
I.1.5.1	L'échange ionique.....	9
I.1.5.2	Les type de résines échangeuses d'ions.....	10
I.1.5.2.1	Les échangeurs de cations.....	10
I.1.5.2.2	Les échangeurs d'anions.....	12
I.1.6	Etude bibliographique sur les colles.....	14
I.1.6.1	Le collage.....	14
I.1.6.2	Colles et adhésifs.....	14
I.1.6.3	L'adhésion.....	14
I.1.5.6.a	Le mouillage.....	15
I.1.5.6.b	La pénétration.....	15
I.1.5.6.c	L'adsorption physique.....	15
I.1.5.6.d	Les liaison chimique.....	15
I.1.6.4	Mécanisme de collage .....	15
I.1.6.5	Composition des colles.....	16
I.1.6.6	Les propriétés des colles.....	16
I.1.6.7	Les principaux types de la colle.....	17
I.1.6.7.a	Les colles en solution dans l'eau.....	17
I.1.6.7.b	Les colles en solution dans un solvant organique.....	17
I.1.6.7.c	Les colles en dispersion.....	18
I.1.6.7.d	Les colles thermofusibles.....	18
I.1.6.7.e	Les colles réactives.....	18
I.1.6.7.f	Les colles thermofusibles polyuréthane.....	18
<b>I.2</b>	Etude bibliographique des colles à base d'amidon.....	19
I.2.1	Définition de l'amidon.....	19
I.2.2	La colle à base d'amidon.....	20

I.2.3	Colle à base d'amidon de maïs élaboré par l'unité G.E.....	20
I.2.3.1	Le procédé utilisé par l'unité G.E pour l'élaboration de la colle.....	20
I.2.3.2	Les propriétés physico-chimique de borax et de la soude.....	21

## **Chapitre II : Présentation de l'organisme d'accueil**

<b>II.1</b>	Présentation de l'entreprise générale emballage.....	23
II.1.1	Historique.....	23
II.1.2	Raison social.....	23
II.1.3	Localisation.....	24
II.1.4	Activité principale.....	24
II.1.5	Mission.....	24
II.1.6	Organigramme de l'entreprise.....	25
<b>II.2</b>	Echantillonnage de l'eau de générale emballage.....	26
II.2.1	Origine de l'eau utilisée par G.E.....	26
II.2.2	Les points de prélèvements.....	26
<b>II.3</b>	Autre exploitation des eaux de générale emballage.....	26
II.3.1	La station de chaufferie.....	26
II.3.1.1	Description.....	26
II.3.1.2	Cycle de l'eau dans une chaufferie.....	28
II.3.2	Les phénomènes qui endommagent les chaudières.....	29
II.3.2.1	La corrosion.....	29
II.3.2.2	L'agressivité.....	30
II.3.2.3	L'entartrage.....	30
II.3.1.4	Le primage.....	30
<b>II.4</b>	Traitement des eaux au niveau de l'unité générale emballage.....	31
II.4.1	L'adoucissement.....	31
II.4.1.1	Le principe.....	31
II.4.1.2	La régénération de la résine.....	32
II.4.1.3	Les différentes étapes de régénération.....	33
II.4.2	Le dégazage.....	34
II.4.3	Le conditionnement.....	35

### **Chapitre III : Analyse physico-chimique des eaux utilisée par l'unité G.E.**

<b>III.1</b>	Les techniques d'analyse.....	36
III.1.1	Analyse par spectrophotométrie UV-visible.....	36
III.1.1.a	Dosage du Fer.....	37
III.1.2	Méthode électrochimique.....	39
III.1.2.a	Mesure de potentiel d'hydrogène «pH».....	39
III.1.2.b	Mesure de la conductivité.....	39
III.1.3	Méthode volumétrique.....	40
III.1.3.1	Détermination de l'alcalinité «TA et TAC».....	40
III.1.3.2	Dosage des chlorures par la méthode de mohr «Cl ».....	41
III.1.3.3	Mesure de la dureté totale «TH».....	43

### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

<b>IV.1</b>	Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.....	46
IV.1.1	Le potentiel d'hydrogène (pH).....	47
IV.1.2	La conductivité ( ).....	48
IV.1.3	Le titre alcalimétrique.....	48
IV.1.4	La dureté totale (TH).....	49
IV.1.5	Les chlorures (Cl ).....	50
IV.1.6	Le fer (Fe <sup>2+</sup> ).....	51
<b>Conclusion</b> .....		<b>52</b>

### **Bibliographie**

### **Annexe**

## *Liste des abréviations*

°C : Degré Celsius

E.D.T.A : Ethylène Diamine Tétra Acétique.

°F : Degré Français.

G.E : Générale Emballage.

g : Gramme

Kg : kilogramme.

L : Litre.

M : Masse molaire.

Méq : Milliéquivalent.

mg / L : Milligramme par litre.

NET : Noire Eriochrome Toluène.

N : Normalité.

ppm : Partie Par Million.

pH : Potentiel Hydrogène.

TH : Titre Hydrotimétrique.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

V : Volume.

Z : Valence.

μS/cm : Micro Siemens par centimètre.

% : Pourcentage.

## *Liste des figures*

Figure N° 01 : La structure chimique de l'amidon.....	19
Figure N° 02 : Organigramme de l'entreprise générale emballage.....	25
Figure N°03 : Schéma du cycle de l'eau en chaudière.....	28
Figure N°04: Traitement de l'eau brute à l'aide d'une résine cationique forte et leur régénération.....	33
Figure N°05 : La courbe d'étalonnage du Fer.....	38
Figure N°06 : Variation du pH dans les différentes eaux analysées.....	47
Figure N°07: Variation de la conductivité dans les différentes eaux analysées. ....	48
Figure N° 08: Variation du TA dans les différentes eaux analysées.....	48
Figure N°09: Variation du TAC dans les différentes eaux analysées. ....	49
Figure N°10 : Variation du TH dans les différentes eaux analysées.....	49
Figure N°11 : Variation de la teneur en chlorures dans les différentes eaux analysées.....	50
Figure N°12 : Variation de la teneur en Fer dans les différentes eaux analysées.....	51

## *Liste des tableaux*

Tableau N°01: Caractéristiques physico-chimique de l'amidon de maïs.....	20
Tableau N° 02: Les propriétés physico-chimiques de la soude.....	21
Tableau N°03: Les propriétés physico-chimiques de borax.....	21
Tableau N° 04: Les caractéristiques physico-chimiques de différente eau de l'unité G.E.....	46
Tableau N° 05: Les normes des paramètres des eaux industrielles.....	46
Tableau N°06: Qualité de l'eau selon la dureté.....	47

# *INTRODUCTION*

## INTRODUCTION

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement, c'est le seul composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux) à la température ordinaire. Son utilité peut varier avec les différents besoins de l'homme (alimentation, arrosage des terres, processus industriel,...).

L'eau pure n'existe pas dans la nature. Lors de ces différentes circulations, à la surface de la terre, sous terre et dans l'air, elle se charge de différentes matières qui peuvent être solubles ou insolubles (matière en suspension). En effet les eaux brutes, non traitées, contiennent toujours de nombreuses substance d'origine naturelles ou provenant de l'activité humaine.

L'analyse physico-chimique fait connaître les emplois auxquels convient une eau données, besoins ménagers (eau de cuisson ou de lavage...), besoins industriels (eau de réfrigération ou de fabrication...), elle décèle les eaux risquant d'exercer une action chimique sur les canalisations, elle facilite la mise au point des traitements qui supprimeront les inconvénients révélés

L'objectif de notre étude est d'effectuer des analyses physico-chimiques des eaux de forage traitées et non traitée ou niveau de G.E. Cela dans le but de son utilisation d'une part pour l'élaboration d'une colle et d'autre part pour l'alimentation des chaudières qui produisent des vapeurs destinées à la fabrication du carton ondulé.

Notre étude est partagée en quatre chapitres :

- La synthèse bibliographique sur l'eau, les différentes colles et les techniques de traitement de l'eau sont détaillés dans le chapitre I.
- Nous présentons dans le chapitre II l'unité de G.E et le traitement de l'eau au niveau de cette unité.
- Le chapitre III regroupe les méthodes expérimentales utilise et différents paramètres de l'eau analysée.
- Les présentations des résultats et leurs discussions sont détaillés dans le chapitre IV.

Enfin on termine cette étude par une conclusion générale.

*PARTIE*  
*THÉORIQUE*

# *CHAPITRE I*

## **Chapitre I : Etude bibliographique**

### **I.1. Etude bibliographique sur les eaux**

#### **I.1.1. L'eau naturelle**

A l'heure actuelle, dans la nature les eaux pures n'existent pas. Car elles contiennent toujours de nombreuses substances d'origine naturelle au provenant de l'activité humaine.

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes :

##### **I.1.1.a. Eau de pluie**

L'eau atmosphérique est généralement précipite sous forme de pluie, et dans cette dernière on trouve surtout des gaz dissous mais les sels dissous sont presque totalement absents. Donc théoriquement c'est une eau distillé [1].

##### **I.1.1.b. Eau de mer**

Elle constitue la majeure partie des réserves d'eau du globe. Elle est caractérisée par sa forte salinité [1].

##### **I.1.1.c. Eaux de surface**

Ce sont les eaux de surface des lacs et des cours d'eaux qui sont alimentés par les eaux de pluie et souterraines résurgentes. L'origine des impuretés de cette eau, est due à la dissolution des matières minérales et organiques (virus, algue, bactéries) et érosion des roches [2].

##### **I.1.1.d. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont plus stables, souvent de meilleure qualité du moins celle provenant des puits profonds qui sont le plus souvent limpides et à peu près stériles ; certaines sont très riches en sels minéraux, elles renferment fréquemment du fer [1].

### **I.1.2. Les substances présentes dans l'eau naturelle**

#### **I.1.2.a. Les matières colloïdales**

Les matières colloïdes sont des particules de très petites dimensions contenues dans l'eau, dont le diamètre mesure entre 1 et 100 nanomètres.

Elles sont responsables entre autre de la couleur et de la turbidité des eaux de surface. L'importance de l'état colloïdale peut être estimée en première approche par la turbidité si non par la couleur de l'eau [3].

#### **I.1.2.b. Les matières organique dissoutes**

Elles proviennent de la dissolution par l'eau de pluie des végétaux et animaux décomposés. Des rejets urbains, industriels et agricoles (épandages, herbicides...)

Ces matières sont très souvent à l'origine de couleurs, d'odeurs, ou de saveurs désagréables.

Elles peuvent aussi présenter une certaine toxicité [4].

#### **I.1.2.c. Les matières minérales dissoutes**

Les matières minérales dissoutes proviennent généralement de la dissolution des roches par l'eau lors de son cheminement dans la nature.

Toutefois, la présence de certain éléments sous forme ionique (les ions chlorure ou nitrate), peut provenir de l'activité humaine (pollution industrielles ou agricoles) [4].

#### **I.1.2.d. Les gaz dissous**

Lors du contact de l'eau naturelle avec l'air, les gaz de l'atmosphère peuvent se dissoudre.

- **L'oxygène dissous**

Son taux dans l'eau détermine directement la nature de l'écosystème aquatique aérobiose ou anaérobiose, c'est l'un des paramètres les plus importants et les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau.

- **Le gaz carbonique**

Il intervient dans les propriétés organoleptique (gout, odeur ...etc.), c'est aussi un élément majeur de système calco-carbonique. Ainsi il joue un rôle important dans l'équilibre physico-chimique de l'eau [1].

### **I.1.3. Les cations et les anions contenant dans l'eau**

#### **I.1.3.1. Les cations**

##### **I.1.3.1.a. Le calcium**

Le calcium est un élément alcalino-terreux extrêmement rependu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau. Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables, il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorures,....etc. il est dosé par la méthode complexométrique et sa teneur ne doit pas dépasser 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  dans l'eau potable [5], [1].

#### **I.1.3.1.b. Le magnésium**

Est un des éléments les plus dominant dans l'eau et sa teneur dépend des terrains traversés. Il dépasse rarement 15mg/l dans l'eau naturelle. Le magnésium représente un facteur essentiel dans la dureté de l'eau et il est dosé par la méthode complexométrique [1].

#### **I.1.3.1.c. Le sodium**

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Il provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux, et le deuxième élément le plus abondant dissous dans l'eau de mer.

Les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable [5].

#### **I.1.3.1.d. Le fer**

Le fer contenu dans l'eau provient des roches et des sols ; il se trouve dans les eaux naturelles sous différentes formes:

- Ionique : fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ), et les ferriques ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Généralement, c'est le fer ferreux qui est soluble dans l'eau et se trouve en quantité élevée par rapport au fer ferrique qui est peu soluble.
- Solide : oxyde de fer ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ) et hydroxyde de fer ( $\text{Fe}_x(\text{OH})_y$ ).
- Des formes colloïdales : inclusion dans des complexes organiques ou minéraux (humâtes de fer par exemple) [5].

#### **I.1.3.1.e. Le potassium**

Il est moins abondant que le sodium, il est rarement présent à des teneurs supérieures à 20 mg/l dans les eaux naturelles [5].

**I.1.3.2. Les anions****I.1.3.2.a. Les chlorures**

L'eau contient des chlorures mais en proportion très variable. Ainsi les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage ; d'ailleurs, la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation.

D'après les normes canadiennes pour l'eau potable, la concentration maximale acceptable est de 250 mg/l de chlorure. Si la teneur est supérieure à cette valeur, elle affecte alors le goût de l'eau et la rend corrosive et nocive pour les plantes [1].

**I.1.3.2.b. Les sulfates**

Les eaux naturelles contiennent des sulfates en proportions variables. Elles résultent de légère solubilité de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ), des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures métalliques (fer, cuivre ....) [5].

**I.1.3.2.c. La silice**

La silice est rencontrée dans l'eau soit à l'état dissous, soit à l'état colloïdal. Les eaux des régions granitiques peuvent en contenir plusieurs dizaines de milligrammes par litre. Elle doit être éliminée dans les eaux de chaudière car elle forme des croutes sur les parois [1].

**I.1.3.2.d. Les phosphates**

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agents de traitement des eaux de chaudières. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riches en engrais [1].

**I.1.3.2.e. Les nitrates**

Ils sont rarement présents dans l'eau de consommation. On les trouve dans les eaux naturelles puisque sont le résultat normal de l'oxydation de l'azote organique [1].

## **I.1.4. Les propriétés des eaux naturelles**

### **I.1.4.1. Les propriétés organoleptiques**

#### **I.1.4.1.a. La turbidité**

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières [1].

#### **I.1.4.1.b. La couleur**

Elle dépend de la nature et la concentration des matières colorantes, elle provient de la dégradation des matières végétales, les matières organiques colorantes comme l'acide humique et fulvique [1].

#### **I.1.4.1.c. Le goût et l'odeur**

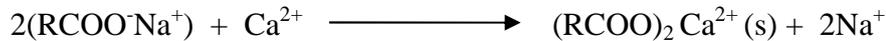
Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréable. Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganique comme (le chlore, les hypochlorites...) ou organiques comme (les esters, les alcools,...) qui provient de la décomposition de matière animales ou végétales [1].

### **I.1.4.2. Les propriétés physico-chimiques**

#### **I.1.4.2.a. La dureté**

Les cations bivalents et trivalents confèrent aux eaux naturelles des caractéristiques particulières résultant de la faible solubilité de certains de leurs sels. Ces caractéristiques sont regroupées sous le concept de dureté.

Ce sont essentiellement les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  qui sont responsables de la dureté. En effet, ils réagissent avec les savons pour donner les sels de calcium et de magnésium insolubles, qui précipitent en grumeaux.



On distingue les duretés suivantes :

**a. La dureté temporaire (carbonatée)**

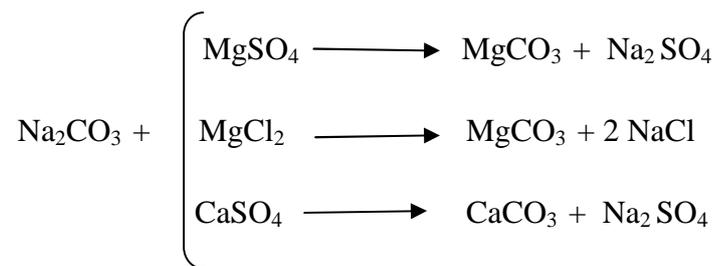
Elle représente la teneur en bicarbonate de calcium et de magnésium. Elle est dite temporaire, car elle est éliminée par ébullition de l'eau, selon les réactions suivantes :



Les bicarbonates étant décomposés sous l'action de la chaleur avec dépôts de tartre, c'est -à-dire d'une croûte calcaire dure et insoluble [1].

**b. La dureté permanente (non carbonatée)**

C'est la différence entre les deux duretés temporaire et totale. Elle est liée aux sulfates et aux chlorures de calcium et de magnésium, elle est éliminée par traitement au carbonate de sodium, les réactions mises en jeu sont [6] :



**c. La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH**

Le titre hydrotimétrique TH traduit la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium tel que : les bicarbonates, les carbonate, les chlorures.

C'est la somme des deux duretés temporaire et permanente. Elle est exprimée en meq/l ou mg /l de  $\text{CaCO}_3$  et parfois en degrés français ( $^\circ\text{F}$ ) [6].

**I.1.4.2.b. L'acidité**

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acide minéraux, de sels d'acide fort et de base faibles.

L'acidité est attribuable à la présence du gaz carbonique provenant de la dissolution de CO<sub>2</sub> atmosphérique et de la respiration des êtres vivant aquatique.

En solution, cet acide faible, se dissocie comme suit [1] :

**I.1.4.2.c. L'alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), des carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et hydroxyde (OH<sup>-</sup>).

On distingue deux types d'alcalinité :

**a. L'alcalinité à la phénolphtaléine ou TA**

Le titre alcalimétrique simple (TA) permet de connaître la teneur complète d'hydrate alcalin (OH) et la moitié des carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) de l'eau.

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

**b. L'alcalinité au méthyle orange ou TAC**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) permet de connaître la teneur complète des carbonates, bicarbonate, et des hydrates alcalins contenus dans l'eau [1].

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

**I.1.4.2.d. La conductivité**

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Elle est peut être considérée comme la somme des conductivités des différents ions présents dans l'eau.

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par centimètre (ms/cm) [7].

#### **I.1.4.2.e. Le potentiel d'hydrogène pH**

Le pH est le paramètre essentiel pour qualifier l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse. Il est en fonction de la quantité d'acide ou de base présent dans la solution et du degré de dissociation de l'acide ou de la base, ce facteurs traduit l'activité des ions  $H_3O^+$  ou  $OH^-$  dans le milieu aqueux. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4.5 à 8.3 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés [8].

#### **I.1.4.2.f. La température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH [5].

#### **I.1.4.3. Les propriétés microbiologiques**

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau sont très variés, leur nature dépend aussi de celle de l'eau à analyser.

Les eaux industrielles qu'elles soient utilisées pour la préparation ou l'entretien (lavage) doivent répondre à des critères bactériologique précis, car elles peuvent véhiculer des germes dangereux pour la santé en provoquant des maladies fatals comme la typhoïde et le choléra considérées comme des maladies à transmission hydrique. Et généralement les microorganismes les plus recherchés sont :

- La flore totale ;
- Les coliformes ;
- Les streptocoques D.

### **I.1.5. Etude bibliographique sur le traitement des eaux**

#### **I.1.5.1. L'échange ionique**

- **Définition des échangeurs d'ion**

Les échangeurs d'ions sont des substances granulaires insolubles comportent dans leur structure moléculaire des radicaux acides ou basiques susceptible de permuter, sans modification apparente de leur aspect physique, et sans altération ou solubilisation, les ions positifs ou négatifs fixés sur ces radicaux, contre des ions de même signe se trouvant en solution dans le liquide à leur contact. Cette permutation appelée échange d'ions permet de modifier la composition ionique du liquide, objet du traitement, sans modification du nombre total d'ions existant dans ce liquide au début de l'échange.

Les échangeurs d'ions les plus employés actuellement sont des composés synthétique, organique et sont généralement tout désignés sous l'appellation de résines [9].

Un échange d'ion est un procédé par lequel les ions contenus dans une solution sont éliminés pour être remplacés pour une quantité équivalente d'autres ions de même charge électrique.

La réaction d'échange peut s'écrire comme suit :



R : résine ;

X : ion préalablement fixé sur la résine ;

$Y_{-sol}$  : ion indésirable présent dans la solution à traiter ;

Y : ion fixé par la résine ;

$X_{-sol}$  : ion rejeté dans la solution.

### I.1.5.2. Les type de résines échangeuses d'ions

Il existe deux grands groupes d'échangeurs d'ions :

#### I.1.5.2.1. Les échangeurs de cations

Ils sont caractérisés par la présence dans la molécule, des radicaux à fonction acide sulfurique, ou carboxylique du type  $HSO_3$ ,  $HCO_2$  susceptible de fixer des cations minéraux ou organiques et de les échanger, soit entre eux, soit avec l'ion hydrogène  $H^+$  lié en groupement actif.

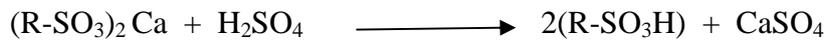
Ils peuvent être classés suivant leur degré d'acidité en deux familles principales :

- **Les échangeurs de cations forcément acides**

Ils sont caractérisés par la présence de radicaux sulfonique  $HSO_3$  dont les acidités sont voisines de celles de l'acide sulfonique. Ces résines peuvent briser les liaisons des sels neutres et en libérer les acides associés.



Lorsque la résine est saturée d'ion calcium, on doit la régénérer à l'aide d'une solution de HCl ou de solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, on a alors la réaction de régénération suivante :



L'efficacité de la régénération de ces résines est d'environ 30 à 50 %. Rappelons que le CaSO<sub>4</sub> est relativement insoluble et qu'il risque de précipiter dans l'échangeur. Il est donc courant d'effectuer d'abord une première régénération avec du NaCl.

On peut également surmonter cette difficulté en utilisant du HCl ou bien recourir à une résine qui réagit au cycle de sodium ; on a alors la réaction suivante :



Lorsque cette résine est saturée, on doit la régénérer à l'aide d'une solution concentrée de NaCl selon la réaction suivante :

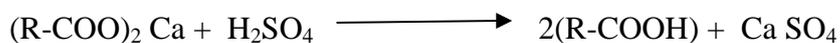


- **Les échangeurs de cations faiblement acides**

Sont caractérisés par la présence de radicaux carboxylique COOH. Ces résines peuvent attirer les cations associés à l'alcalinité de l'eau et libérer de l'acide carbonique.



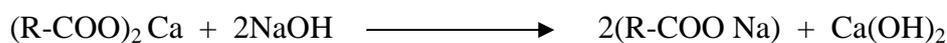
Lorsque cette résine est saturée, on peut la régénérer à l'aide d'une solution concentrée de HCl ou de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :



On peut également utiliser une résine qui réagit au cycle du sodium ; dans ce cas on a :



On peut alors régénérer cette résine à l'aide de NaOH, selon la réaction suivante :



L'efficacité de la régénération d'une résine faiblement acide est d'environ 100%. Son utilisation est cependant limitée aux eaux dont le pH est supérieur à 7 et dont l'alcalinité est élevée [2].

#### I.1.5.2.2. Les échangeurs d'anions

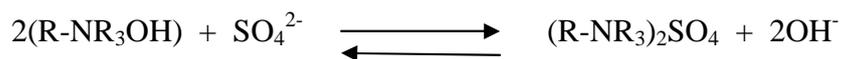
Les échangeurs d'anions renferment des radicaux à fonctions basique, par exemple des fonctions amines tertiaires ou ammonium quaternaire, susceptible de fixer des anions minéraux ou organiques et de les échanger, soit entre eux, soit avec l'ion hydroxyde OH<sup>-</sup>.

On peut subdiviser les résines échangeuses d'anions en deux groupes : les échangeurs fortement basiques et les échangeurs faiblement basiques [10].

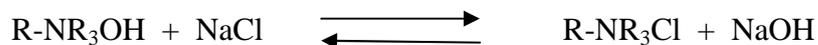
- **Les échangeurs d'anions fortement basiques**

Les échangeurs fortement basiques fixent les acides faibles comme l'acide carbonique ou la silice. Ils peuvent également libérer les bases de leurs sels.

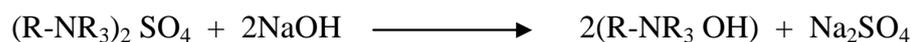
Le fait que ces résines puissent libérer les bases de leurs sels constitue la seule façon d'éliminer la silice des eaux. On retrouve des résines qui réagissent au cycle de l'ion hydroxyle ; les réactions sont alors suivantes :



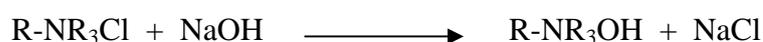
Ou



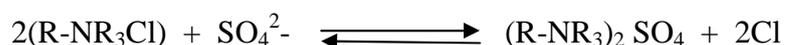
On peut régénérer ces résines à l'aide d'une solution de NaOH ; on a alors :



Ou



D'autre résine réagissent au cycle de l'ion chlorure ; ainsi



On peut régénérer ces résines à l'aide d'une solution concentrée de NaCl ou de HCl ; on a alors :

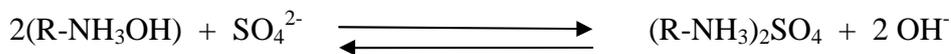


L'efficacité de la régénération de ces résines est de 30 à 50%.

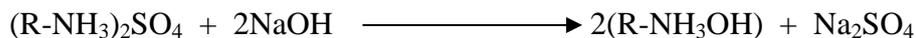
- **Les échangeurs d'anions faiblement basiques**

Ces résines ne fixent pas les acides faibles comme le  $H_2CO_3$  ou  $H_2SiO_3$  ; elles sont donc surtout efficaces pour l'élimination des acides forts.

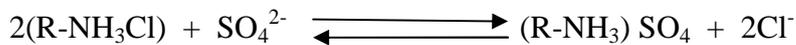
Certaines résines faiblement basique réagissent au cycle de l'ion hydroxyde ; ainsi



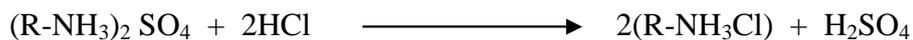
On peut régénérer ces résines à l'aide d'une solution concentrée de NaOH, de  $NH_4OH$  ou de  $Na_2CO_3$  ; on a alors



D'autres résines réagissent au cycle de l'ion chlorure ; dans ce cas, on a :



On peut régénérer ces résines à l'aide de HCl ; ainsi [2] :



### **I.1.5. Etude bibliographique sur les colles**

#### **I.1.5.1. Le collage**

Le collage est une technique d'assemblage au même titre qu'agrafer ou clouer. Néanmoins, le collage présente au moins deux avantages fondamentaux par rapport aux autres techniques : les matériaux collés ne sont pas endommagés et la liaison peut être effective sur toute la surface. De plus, des matériaux de plus en plus divers et variés sont assemblés grâce au développement continu de nouveaux systèmes de collage.

Pour toutes ces raisons et bien d'autres encore, le collage est devenu très populaire et très répandu dans des domaines aussi variés que la construction, la décoration intérieure (papier peint, carrelage et recouvrement de sol), les travaux de bureau et de l'écolier ou les arts plastiques).

Mais le collage est aussi une technique très efficace et souvent irremplaçable dans le domaine des réparations. Le collage est donc un instrument fondamental dans une politique de promotion de la réutilisation en vue de la réduction du volume des déchets et de leur impact sur l'environnement.

#### **I.1.5.2. Les colles et les adhésifs**

Une colle est un produit chimique destiné à l'assemblage de deux matériaux. Liquide ou solide, on l'applique à l'état fluide sur le ou les matériaux à assembler sur lesquels elle doit donc d'abord accrocher par divers phénomènes physico-chimiques que nous allons examiner: c'est le phénomène d'adhérence. Puis on assemble les matériaux et la colle durcit ou sèche, par divers phénomènes physiques ou chimiques ; c'est ce que l'on appelle le durcissement ou le séchage ou la prise de la colle.

Les colles et adhésifs se caractérisent donc par deux éléments essentiels : l'adhésion et la cohésion finale.

#### **I.1.5.3. L'adhésion**

L'adhésion est une liaison interfaciale pour laquelle agissent des forces soit physiques, soit chimiques. Le phénomène d'adhérence fait intervenir plusieurs facteurs.

**I.1.5.3.a. Le mouillage**

Le mouillage se définit par le contact très intime entre la colle et les matériaux à assembler. Pour que les liaisons puissent se faire, il faut d'abord un contact très rapproché entre la colle et les matériaux.

**I.1.5.3.b. La pénétration**

Dans le cas de matériaux fibreux et très poreux comme le papier et le carton, les colles, si elles sont fluides, peuvent pénétrer de quelques centièmes de millimètre de profondeur entre les fibres et rester ainsi accrochées mécaniquement lors du séchage ultérieur, ce qui augmente sensiblement l'adhérence.

**I.1.5.3.c. L'adsorption physique**

Dans le cas de l'adsorption physique, ce sont des forces intermoléculaires, qui n'agissent qu'à très faible distance, de l'ordre du nanomètre, qui sont la cause de l'adhésion. Ces forces dites de Vander Waals jouent surtout pour le collage des métaux.

**I.1.5.3.d. Les liaisons chimiques****• Liaisons hydrogène**

Les liaisons hydrogène se développent entre un atome d'hydrogène électropositif et un atome électronégatif tel que l'oxygène, le chlore. Ce type de liaisons intervient dans l'adhérence des adhésifs polyuréthanes, sur certains films plastiques tels que le PVC (polychlorure de vinyle), les polyamides

**I.1.5.4. Mécanisme de collage**

Les deux éléments fondamentaux nécessaires à l'obtention d'un bon collage :

- L'introduction d'un adhésif liquide qui va mouiller les surfaces à assembler (forces d'adhésion)
- La solidification de l'adhésif ou formation du joint (forces de cohésion).

### I.1.5.5. Composition des colles

Les colles sont constituées de composants appartenant aux trois catégories suivantes :

- Liants ;
- Liquide (eau ou solvant organique) ;
- Additifs.

Les liants sont les composants de base indispensables au collage. Il en existe une grande variété, mais la majorité est des substances synthétiques. Néanmoins, l'usage de substances naturelles, telles que le caoutchouc, la caséine et l'amidon, est également répandu. Etant donné qu'à température ambiante les liants sont pratiquement toujours à l'état solide, un liquide leur est généralement ajouté pour les dissoudre ou pour former une dispersion fine. Le liquide disparaîtra lors du collage par évaporation ou par absorption dans le support.

Parmi les additifs, il y a des agents conservateurs, des agents épaississants ou des agents de remplissage. Contrairement au dernier type d'agent, les deux premiers ne sont généralement présents qu'en petites quantités [11].

### I.1.5.6. Les propriétés des colles

Parmi les facteurs principaux qui caractérisent une colle, on peut citer :

- **La viscosité**

C'est la résistance d'un fluide à l'écoulement ou la vitesse d'écoulement d'un fluide. Quand la colle est épaisse, la viscosité augmente alors que la fluidité devient faible.

- **La couleur**

Généralement, les colles prennent les couleurs des produits principaux de leur composition :

- Colles de résine sont rouge ou marrons clairs.
- Colles en émulsion tendent à être blanches.

- **Odeur**

Les colles possèdent l'odeur des solvants participants à leur fabrication.

- **Résistance à l'eau**

Si une eau pénètre à l'intérieur des films des colles, elle rampe son adhésion.

- **Résistance à la chaleur**

La majorité des liants organiques ramollissent progressivement sous l'effet de la chaleur.

- **Résistance au vieillissement**

Les colles sont attaquées sous l'action des différents facteurs agressifs tels que :

L'oxygène de l'air, les agents chimiques et les rayonnements.

- **Point d'éclair**

C'est la température minimale à partir de laquelle, les vapeurs des solvants constituant la colle seront susceptibles de s'enflammer [12].

### **I.1.5.7. Les principaux types de colles**

#### **I.1.5.7.a. Les colles en solution dans l'eau**

La plupart de ces colles présentent une adhésion spécifique limitée. Leur usage en est donc également limité.

- La plupart des colles à base de substances naturelles se retrouvent parmi les colles hydrosolubles. Leur usage est souvent limité au collage du papier/carton sur lui-même ou sur du verre. Il existe des colles à base d'amidon (colles dites végétales), des colles à base de dextrine (plus concentrées et moins résistantes à l'eau que les précédentes) et des colles à base de caséine (particulièrement utiles pour le collage à froid). Le papier peint, par exemple, peut être collé avec de la colle à base d'amidon. La colle dont sont imprégnés les timbres-poste à humecter fait également partie de cette catégorie.
- Par ailleurs, il existe aussi des colles à base de résines synthétiques qui permettent, par exemple, l'adhésion du papier/carton sur des bouteilles en PVC ou PET ou le collage du bois (colle à bois blanche).
- Il existe aussi maintenant des systèmes à base d'eau utilisés dans le collage de mousse et de textile sur du mobilier.

#### **I.1.5.7.b. Les colles en solution dans un solvant organique**

Le caoutchouc, qu'il soit synthétique ou naturel, peut être dissous dans divers solvants organiques. Les colles dites de contact, utilisées dans le domaine de la décoration ou pour le bricolage, font typiquement partie de cette catégorie.

**I.1.5.7.c. Les colles en dispersion**

Dans cette catégorie, on retrouve des colles dont l'agent de liaison, un polymère, forme une émulsion stable avec l'eau, solvant par excellence pour les colles en dispersion. Le choix du polymère est fonction de la nature du support (papier, carton, films plastiques...). Ces colles sont couramment utilisées sur des machines de conditionnement rapides et pour la fabrication d'emballages. C'est aussi ce type de colles qui est utilisé pour les recouvrements de mur ou de sol.

**I.1.5.7.d. Les colles thermofusibles**

Ces colles sont appliquées à l'état fondu à des températures de l'ordre de 180°C et réalisent leur prise par refroidissement. Leur temps de prise est très court (quelques secondes) et elles peuvent être utilisées sur des matériaux non poreux. Comme pour les colles en émulsion, elles permettent, suivant leur composition, le collage des matériaux les plus divers.

**I.1.5.7.e. Les colles réactives**

Ces colles se présentent :

- soit sous la forme de deux composants (la résine et l'agent durcissant) que l'on mélange juste avant l'utilisation. Il s'agit alors de colles polyuréthane ou époxy, qui sont couramment utilisées pour de petites réparations à la maison (porcelaine, plastique...).
- soit sous la forme d'un seul composant qui réagira avec l'humidité de l'air ou qui sera débloqué par un rayonnement UV ou de la chaleur. Il s'agit dans ce cas des très puissantes colles cyanoacrylates, appelées également 'colles-seconde'. Elles permettent entre autres l'assemblage de films souples destinés à la réalisation de matériaux d'emballage souples complexes.

Les colles réactives ne sont pas seulement fort utiles à la maison ou dans le jardin, elles sont également utilisées dans des applications à plus gros volumes, tels que le collage de panneaux en construction.

**I.1.5.7.f. Les colles thermofusibles polyuréthane**

Ces colles résultent de la combinaison de colles thermofusibles et de colles réactives. Leurs caractéristiques sont : rapidité de prise, utilisation possible dans une large gamme de

températures (basse et haute) et résistance à l'eau. Les applications principales concernent : lamination (textile, cartonnage, etc...), la reliure, le plan de travail dans les cuisines... [11].

## I.2. Etude bibliographique des colles à base d'amidon

La majorité des applications de l'amidon comporte un traitement préalable de dispersion du contenu granulaire. Lors d'une transformation thermique classique, les grains d'amidon natif gonflent en présence de chaleur et d'eau. Ce gonflement s'accompagne de la fusion des cristallites et d'une libération progressive de molécules de petites masses moléculaires et solubles dans l'eau, venant de l'amylose et de l'amylopectine, jusqu'à l'éclatement de la structure granulaire et la libération totale des macromolécules d'amidon.

### I.2.1. Définition de l'amidon

Les granules d'amidon sont des particules blanches semi-cristallines, insolubles dans l'eau à température ambiante et dont la taille varie entre 2 et 100  $\mu\text{m}$ . La taille et la forme des granules sont spécifiques de chaque espèce végétale. Les constituants de l'amidon sont essentiellement représentés par des polyholosides (98 à 99 %), la fraction non glucidique (1 à 2 %) étant donc minoritaire.

L'amidon de maïs est un hydrate de carbone que les plantes synthétisent par polymérisation du glucose. Il contient environ 27% d'amylose et 73% d'amylopectine.

Les granules d'amidon sont insolubles dans l'eau mais peuvent y être maintenus en suspension par agitation mécanique. Par augmentation de la température ou alcalinisation du milieu, ces granules absorbent l'eau, gonflent et forment un empois.

Lorsque la concentration est suffisamment élevée, ce dernier s'épaissit après refroidissement et forme un gel irréversible.

Ces ainsi qu'à partir de l'amidon natif extrait des céréales ou des tubercules, pas moins de 600 produits différents ont été mis au point pour répondre aux besoins spécifiques des industries utilisatrices [13].

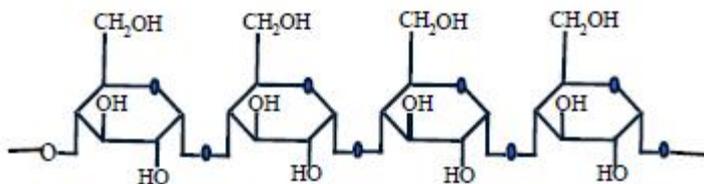


Figure 01 : La structure chimique de l'amidon.

**Tableau 01 : Caractéristique physico-chimique de l'amidon de maïs [14].**

<b>Aspect</b>	<b>Poudre blanche</b>
Gout et odeur	Neutre
Protéines brutes	1 % au maximum
Protéine solubles	0,1 % au maximum
Humidité	10 à 13 %
Matière grasses	0,3 % au maximum
SO <sub>2</sub>	50 ppm au maximum
pH	4,5 à 6
Composition	27% amylose et 73% amylopectine.

### **I.2.2. La colle à base d'amidon**

Elle est formée à partir de l'amidon, principale réserve en glucides du monde végétal. Ses qualités (excellente conservation de la colle une fois sèche, parfaite réversibilité à l'eau, très bon pouvoir collant même très diluée) ont pu être vérifiées au cours du temps. Toutes ces qualités ont fait qu'elle a été adoptée dans la plupart des ateliers de restauration en France et à l'étranger. Colle prête à l'emploi ou en poudre à préparer. Leur application sont : le doublage, le collage des contretemps et des renforts papier et montage de charnières [13].

Il y a plusieurs types de la colle à base d'amidon parmi les quelles on cite: la colle d'amidon de riz la colle d'amidon de blé, la colle d'amidon de maïs,...

### **I.2.3. Colle à base d'amidon de maïs élaboré par l'unité G.E**

C'est le type de la colle utilisée par l'entreprise général emballage, elle est caractérisée par une viscosité élevée, blancheur, facilité d'utilisation et neutralité chimique et qui est utilisé pour l'assemblage du carton ondulé.

#### **I.2.3.1. Le procédé utilisé par l'unité G.E pour l'élaboration de la colle**

Le procédé est contienne deux étapes :

**a. Préparation primaire :**

Pour la préparation de 2560 l de la colle ; on verse 700 l d'eau chauffée 40°C dans une citerne de 3000l ; on ajoute 85 Kg d'amidon puis 50 l d'eau pour bien mixer le mélange, on ajoute au mélange 50 l de la soude liquide et on attend 20 min pendant que l'agitateur automatique mélange.

**b. Préparation secondaire :**

Une fois que l'agitation est terminée, on ajoute au mélange précédent 1150 l d'eau et 500 Kg d'amidon, on laisse agiter pendant 10 min pour ajouter du Borax, on laisse encore agiter, et à la fin en vérifier la viscosité.

**I.2.3.2. Les propriétés physico-chimiques du Borax et de la soude****➤ La soude**

Dont le rôle est abaisser la température de gélatinisation et de permettre ainsi un collage à plus grande vitesse.

**➤ Le borax**

Le borax est une espèce minérale de formule  $(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ . C'est un minerai de bore appelé aussi tétra-borate de sodium décahydraté ou borate de sodium.

Son rôle est de monter la viscosité de la colle et détermine sa texture (filante...).

**Tableau 02 : Les propriétés physico-chimiques de la soude**

La formule	NaOH
Masse Molaire	40 g/mol
Point de fusion	318.4°C
Point d'ébullition	1390°C à pression atmosphérique
Densité	2.31

**Tableau 03: Les propriétés physico-chimiques de borax**

Formule brute	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Masse molaire	381.372 g/mol
Température de fusion	75°C
Température d'ébullition	320°C
Solubilité dans l'eau	5.1 g/100ml
Densité	1.7

# *CHAPITRE II*

## **II.1. Présentation de l'entreprise générale emballage**

### **II.1.1. Historique**

Suite à la nouvelle politique économique adoptée par l'Algérie qui encourage les investissements dans l'industrie, plusieurs entreprises privées sont nées, Général Emballage est l'une d'elle.

Cette société de nature juridique SARL a été créée le 01 aout 2000 par décision APSI N° 13051 du 06 juin 1998 à la Zone d'activités Taharacht, Akbou, Bejaia par Monsieur Mohand et Ramdane BATOUCHE un capital social de départ de 32 millions de dinars algériens. Les travaux de construction de bâtiment ont débuté en aout de la même année et sont réalisés par des entreprises algériennes. En 2002, les équipements de fabrication importés d'Espagne furent installés, la société qui a commencé à fabriquer ses premiers produits en juin de la même année 2002.

Le capital de l'entreprise à été porté à 70 millions de dinar algérien en 2005, puis à 150 millions de dinars en 2006 et ensuite 1 023 200 000,00 DA en 2007.

L'assemblée générale des actionnaires de la société tenue en date du 03 juin 2009 a décidé de modifier le société en société par action SPA et à augmenter le capital par l'intégration de deux nouveaux associés (MAGHREB PRIVATE EQUITY FUND II «Cyprus II» LP et MAGHREBE PRIVATE EQUITY II «Mauritius» PCC) pour le porter à 1 823 200 000, 00 DA, comme elle a décidé d'autoriser Monsieur Ramdane BATOUCHE à céder trois parts sociales lui appartenant à mes dames Samia, Ourida et Lynda BATOUCHE.

Le capital de SPA Général Emballage a été porté à deux milliards de dinars algérien par conversion du compte courant associés suite à la résolution N°02 de l'Assemblée Générale extraordinaire tenue le 30 juin 2009.

### **II.1.2. Raison social**

Général emballage est une société par action au capital de deux (02) milliards de Dinars Algériens. son activité principales est la fabrication et la transformation du carton ondulé. L'entreprise dispose actuellement d'un siège social et de deux unités de production implantées à Akbou, Oran et Sétif.

### **II.1.3. Localisation**

La Spa général emballage est implantée au niveau de la Zone d'Activité de Taharacht, située à 2.5 Kms au Nord-est du chef lieu de la commune D'Akbou. D'une superficie de 24 Ha, elle est un véritable carrefour économique vue le nombre d'unités industrielles qui exercent dans différents domaines.

Les installations de la société occupent une assiette foncière d'une superficie de 25 175,00 m<sup>2</sup> les limites de la société sont les suivantes :

Au Nord : lot inoccupé.

Au Sud : projet d'une unité industrielle.

A l'Ouest : chemin de servitude interne de la Zone.

A l'Est : Oued Tifrit.

Le site est accessible à partir de la R.N 26 (pont d'Oued Tifrit) sur une longueur de 1,5 Km, en empruntant le C.W.141, menant vers Sedouk.

### **II.1.4. Activité principale**

Fabrication et Transformation du Carton Ondulé.

### **II.1.5. Mission**

La mission de Général Emballage est de satisfaire sa clientèle de plus en plus exigeante en matière d'Emballage et de plaques en carton ondulé.

Parmi ces produits fabriqués on trouve :

Plaques de carton ondulé ;

Caisse à fond automatique ;

Caisse télescopique ;

Barquette à découpe spéciale.

### II.1.6. Organigramme de l'entreprise

L'organigramme de l'unité Générale Emballage est présenté dans la figure 02 :



Figure 02: Organigramme de l'unité générale emballage.

## II.2. Echantillonnage de l'eau de générale emballage

Afin d'évaluer l'efficacité du traitement des eaux utilisées à l'unité GENERAL EMBALLAGE, il est nécessaire de suivre l'évolution des caractéristique physico-chimique de l'eau durant le traitement.

### II.2.1. Origine de l'eau utilisée par G.E

L'eau utilisée par G.E provient d'un forage situé à 20 m de l'unité industrielle.

Cette eau est relevée par des pompes immergées d'un débit de 100 m<sup>3</sup>/h chacune à démarrage et arrêt automatique à distance.

L'eau est reçue dans un bassin de stockage de capacité 1000m<sup>3</sup>, de là elle est reprise par des pompes pour alimenter différents compartiment récepteurs [14].

### II.2.2. Les points de prélèvements

- Eau brute ;
- Eau adoucie ;
- Eau de la bâche ;
- Eau de chaudière ;
- Eau de condensat.

## II.3. Autre exploitation des eaux de générale emballage

L'eau de l'unité *générale emballage* n'est pas seulement utilisée dans l'élaboration de la colle, mais aussi dans l'emballage du carton ondulée.

La chaudière représente une source d'alimentation pour l'onduleuse, donc son entretien est indispensable pour le bon fonctionnement de l'entreprise.

### II.3.1. La station de chaufferie

#### II.3.1.1. Description

##### a. Adoucisseur

Appareil permettant de diminuer la dureté d'une eau calcaire grâce à une résine échangeuse d'ions. Les ions calcium sont retenus par la résine et les ions sodium sont libérés dans l'eau. Il faut régulièrement régénérer la résine en ions sodium [16].

- **Régénération**

La régénération est le processus inverse de l'épuisement ; elle a pour but de rendre aux résines leurs capacités d'échanges. Ceci en faisant traverser de haut en bas une solution d'acide fort (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et sel de chlorure de sodium (NaCl) [16].

- **Bâche alimentaire**

Elle sert à l'approvisionnement en eau pour alimentation des chaudières. Elle est équipée d'une protection contre le vide. En cas de refroidissement de l'eau ou le vide complet. On outre, elle est enroulée avec un calorifuge, qui garde la chaleur de la vapeur dans la bâche, et il la protège de la diminution de température.

L'eau qui entre dans la bâche, subit un préchauffage à 105 °C pour éviter un choc thermique à l'entrée de la chaudière. Elle est reliée à deux pompes doseuses l'une de soude (NaOH à 50 %) pour élever le pH et l'autre contient le phosphate tri-sodique (Na<sub>3</sub> PO<sub>4</sub>) pour éviter les dépôts des particules solides et des sels [16].

- **La chaudière**

Le terme chaudière désigne usuellement dans l'industrie des générateurs destinés à produire de la vapeur dans des conditions de pressions déterminées.

Les eaux alimentant ces chaudières proviennent de la bâche alimentaire [16].

- **La vapeur**

La vapeur, ou eau sous forme gazeuse, sert de fluide moteur, caloporteur ou de matière première, utilisée dans la production de chaleur. Elle permet ainsi d'apporter aux différents points d'utilisation de l'usine toute chaleur nécessaire pour leur fonctionnement [16].

- **Condensat**

Il arrive des quantités de vapeur en excès soient récupérées sous forme de condensat (liquide), qui est traité mais qui peut être polluée au cours de recyclage [16].

- **Les purges de déconcentration**

Le but de ces purges, est de maintenir en chaudière un taux d'alcalinité et salinité demandé par le constructeur, et suivant la puissance des chaudières.

Si on admet que la salinité entraînée dans la vapeur est négligeable, l'eau reste sous forme liquide à la partie inférieure de la chaudière, se charge de toutes les substances que

contenait l'eau qui a été vaporisée, d'où l'augmentation de la concentration des sels solubles, et saturation sous formes de précipités d'un ou de plusieurs de ces sels peu solubles.

Les purges de déconcentration permettent la diminution de la concentration des sels, pour éviter les précipitations qui endommagent la chaudière [16].

### II.3.1.2. cycle de l'eau dans une chaufferie

La chaudière reçoit de l'eau d'alimentation qui est constituée par une proportion variable d'eau condensée, dite eau de retour ou retour condensat et d'eau neuve dite eau d'appoint.

Cette eau se transforme en vapeur qui s'échappe de la zone de vaporisation. Cette vapeur est constituée par des molécules d'eau pure, elle contient des vésicules liquides (primage), des gaz en particulier le gaz carbonique du à la décomposition des carbonates et en pression élevées.

Elle véhicule des sels volatilisés par un véritable entraînement à la vapeur tels que les chlorures et les silices. L'eau reste sous forme liquide à la partie inférieure de la chaudière.

Les impuretés se concentrent donc de plus en plus dans la phase liquide si on ne faisait pas intervenir une déconcentration systématique dite purge ou extraction par envoi à l'égoût d'une fraction de l'eau de la chaudière [10].

On peut schématiser très simplement le cycle de l'eau dans la chaudière de la manière suivante

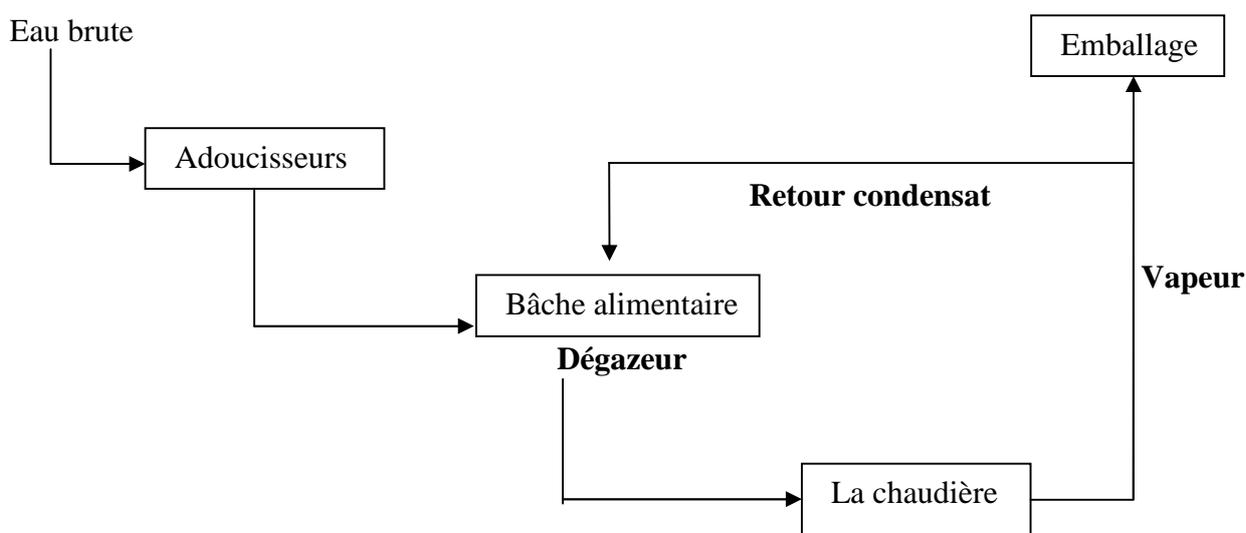


Figure 03 : Schéma du cycle de l'eau en chaudière

### II.3.2. Les phénomènes qui endommagent les chaudières

Les chaudières peuvent être menacées par plusieurs phénomènes dus aux qualités de l'eau.

#### II.3.2.1. La corrosion :

- **Définition**

La corrosivité d'une eau est son aptitude à dissoudre les éléments métalliques.

Elle dépend de nombreux facteurs : conductivité électrique, teneur en oxygène et en CO<sub>2</sub> dissout et teneur en sels d'acides (chlorures, nitrates) [17].

- **Type de corrosion**

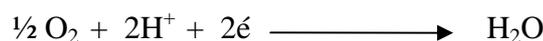
#### a. Corrosion par l'oxygène dissout

La présence de l'oxygène augmente généralement la corrosivité d'une eau ; la réaction de réduction de l'oxygène dissout :

- LA réaction en milieu neutre ou basique :

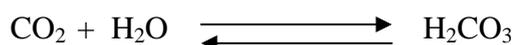


- La réaction en milieu acide s'écrit :

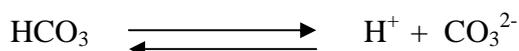


#### b. Corrosion par le gaz carbonique

La présence de gaz carbonique dans un milieu contenant de l'eau constitue une réserve d'agent corrosif, le gaz carbonique s'hydrate partiellement en acide carbonique suivant la réaction :



L'acide carbonique se dissocie en libérant les ions H<sup>+</sup> selon la réaction suivante :



#### c. Corrosion par l'acide ou l'hydrogène

Ce type de corrosion est souvent lié au caractère agressif d'une eau dû à sa teneur en CO<sub>2</sub> libre et à sa sous-saturation en CaCO<sub>3</sub>.

#### d. Corrosion par les sels dissous

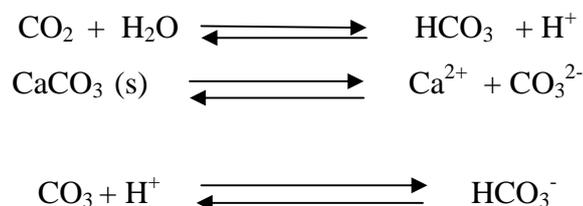
Les sels corrosifs les plus répandus sont les chlorures, les eaux saumâtres en contiennent des proportions variables.

La corrosion par les chlorures se manifeste toujours par piqûres [18].

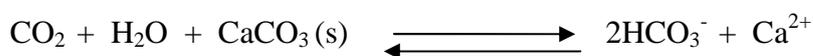
### II.3.2.2. L'agressivité

L'eau agressive si elle attaque et solubilise les roches calcaires. Ce sont les eaux acides qui attaquent les calcaires et autre minéraux ou roches carbonatés ainsi que les sulfures.

Dans les eaux naturelles, l'acidité est due essentiellement au  $\text{CO}_2$  libre. Donc les eaux agressive sont des eaux riches en  $\text{CO}_2$  et où les équilibre suivants sont, de ce fait, déplacés vers la droite :



#### L'équation globale



Le caractère agressif d'une eau est donc lié à sa dureté calcique, à son alcalinité, à sa teneur en  $\text{CO}_2$  libre (l'acidité) [1].

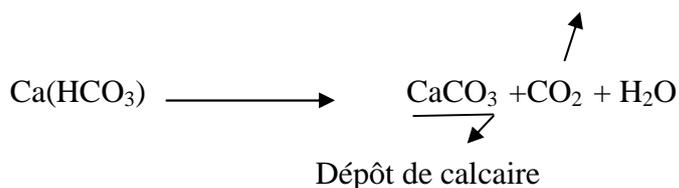
### II.3.2.3. L'entartrage

- **Définition**

Sous l'action de la chaleur, il y a une libération du gaz carbonique  $\text{CO}_2$ , qui s'accompagne de la précipitation du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ , ce qui pose un problème dans le cas des chaudières industrielles à haute pression [1].

- **Mécanisme**

L'eau peut devenir entartrant par la rupture de l'équilibre suivante :



### II.3.2.3. Le primage

Au cours de la vaporisation, la formation des bulles de vapeur s'accompagne de la formation de petites gouttes d'eau (vésicules) qui sont entraînées dans les circuits de vapeur, ces entrainements des vésicules sont gênants [10].

Les conséquences sont la production de condensat pollué et aussi une baisse de rendement énergétique de la vapeur.

## II.4. Traitement des eaux au niveau de l'unité de générale emballage

L'eau qui circule dans le sol ou à la surface de la terre contient toujours des impuretés de différentes natures, ce qui impose un traitement pour la rendre utilisable aux applications envisagées.

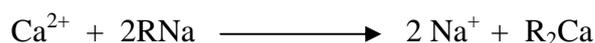
Pour cela l'entreprise Général emballage procède à traiter l'eau avant son utilisation.

### II.4.1. L'adoucissement

#### II.4.1.1. Le principe

L'adoucisseur vise à éliminer la dureté totale de l'eau brute constituée par le sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) et de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ), chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) et de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) ainsi que les bicarbonates ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ).

L'eau brute passe à travers un lit de résine cationique R-Na préalablement chargée de sodium ( $\text{Na}^+$ ), qui échange les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), responsable de la dureté de l'eau. La réaction de base est comme suit [19] :



Tous les sels de l'eau traitée sont transformés en sels de sodium.

- Dans le cas des bicarbonates :



Les bicarbonates de Ca et de Mg produisent des bicarbonates de Na. La résine opère les échanges tant qu'elle dispose d'ions  $\text{Na}^+$  dont le nombre diminue au fur à mesure que le volume d'eau traitée augmente. Il arrive donc un moment où la résine ne peut pas fixer tout le calcium et le magnésium qui lui est fournis par l'eau brute et elle laisse subsister une dureté de plus en plus grande dans l'eau traitée lorsque cette dureté dépasse la valeur qu'on lui a fixée d'admettre, on dit que la résine est épuisée c'est-à-dire que sa formule est devenue  $\text{R-Ca}^{2+}$  ou  $\text{R-Mg}^{2+}$ , et à ce moment il faut procéder à la régénération de la résine [19].

Le titre hydrotimétrique de l'eau traitée est nul ( $\text{TH}=0$ ), mais son pH et son alcalinité restent inchangés.

### II.4.1.2. La régénération de la résine

Au passage d'une certaine quantité d'eau, les résines sont saturées en cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , c'est-à-dire qu'elles n'ont plus d'ions  $\text{Na}^+$ , alors il faut faire une régénération de résine.

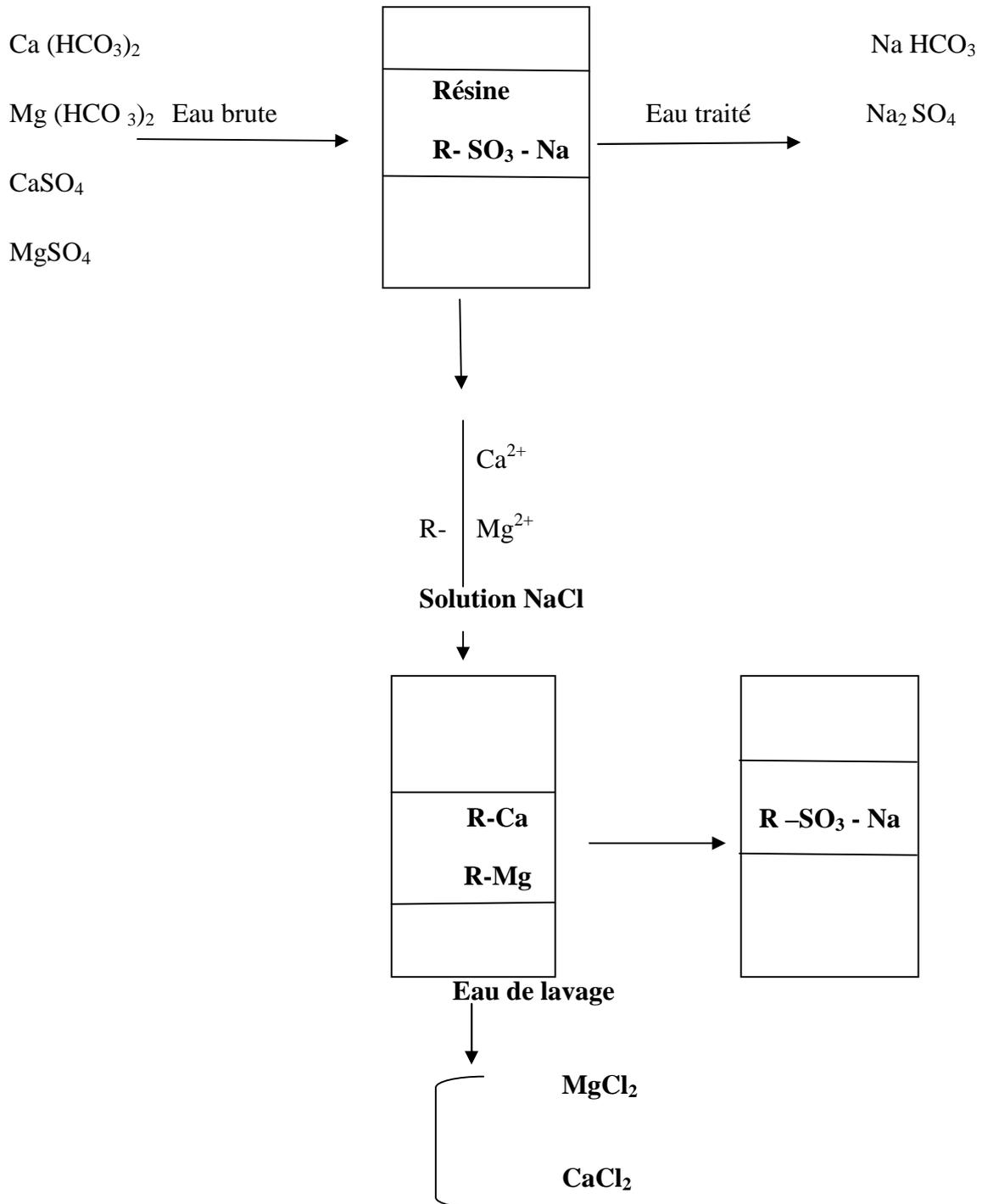
La régénération est le processus inverse de l'épuisement ; elle a pour but de rendre aux résines leurs capacités d'échanges.

La régénération de la résine saturée d'ions calcium et de magnésium, s'effectue avec le chlorure de sodium sous forme de pastilles. Les ions de sodium se fixent à nouveau sur la résine, tandis que les ions de calcium et de magnésium sont évacués à l'égout sous forme de chlorure de calcium et de magnésium [20].

Les réactions qui se passent durant le passage de  $\text{NaCl}$  s'interprètent comme suit :



La figure 07 schématise le traitement des eaux brutes et la régénération de la résine.



**Figure 04: Traitement de l'eau brute à l'aide d'une résine cationique forte et leur régénération.**

#### II.4.1.3. Les différentes étapes de la régénération

Une fois que la résine est saturée, elle doit être régénérée pour lui redonner ses activités primitives.

La régénération comporte trois phases :

❖ **Le détassage (lavage contre courant)**

Qui consiste à soulever la résine par un courant ascendant d'eau (remettre la résine en suspension), afin d'éliminer les impuretés qui peuvent s'accumuler sur la partie supérieure de la couche et assurer une bonne répartition de régénérant pendant la phase suivante.

❖ **Injection des réactifs (régénération)**

Elle consiste à injecter les solutions contenant des ions que l'on désire échanger avec ceux de l'eau traitée dans l'échangeur :

- NaCl à 10% pour R-Na ;
- HCl ou HNO<sub>3</sub> de 5 à 10% pour R-H ;
- NaOH pour R-OH.

❖ **Rinçage**

Il consiste à enlever les dernières traces de régénérant, ceci est fait à contre courant.

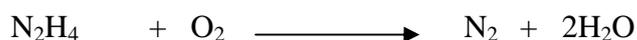
#### II.4.2. Le dégazage

Le dégazage permet d'éliminer les principaux gaz dissous à savoir l'oxygène et le gaz carbonique. Leur présence dans l'eau de chaudière peut amener à une corrosion d'où la nécessité de l'élimination.

Cette élimination débute par un traitement externe de dégazage thermique ou sous vide et se prolonge par des traitements internes utilisant des réactifs chimiques chargés de l'élimination des dernières traces.

Le principe de dégazeur thermique repose sur le fait que la solubilité des gaz dans l'eau diminue lorsque la température s'élève pour s'annuler pratiquement à la température d'ébullition de l'eau.

L'élimination des dernières traces de gaz dissous se poursuit en traitement interne par addition de réactifs tel que le sulfite de sodium et l'hydrazine.



Le sulfite de sodium est un réactif relativement coûteux et augmente la minéralisation de l'eau ; pour cette raison l'entreprise utilise l'hydrazine qui offre de très grand avantage de s'oxyder en ne donnant que de l'azote.

### II.4.3. Le conditionnement

Le conditionnement des eaux de chaudières repend en trois objectifs prioritaires suivant :

- Maintient de l'échange thermique par prévention de l'entartrage et de la formation de dépôts sur les parois;
- Protection contre la corrosion;
- De la qualité de production de vapeur.

Les produits chimiques mis en oeuvre sont :

- Phosphates tri-sodique  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  25 à 50 mg/l ;
- Soude caustique  $\text{NaOH}$  480g/m<sup>3</sup> à 100%;
- Hydrate d'hydrazine.

Ces réactifs sont dilués avec de l'eau adoucie en évitant tout dépôt dans le fond du bac [10].

*PARTIE*  
*EXPERIMENTALE*

# *CHAPITRE III*

## Chapitre III : Analyse physico-chimique des eaux utilisée par l'unité G.E.

L'analyse des caractéristiques physico-chimique présente un rôle très important dans le contrôle de qualité de l'eau, d'où la nécessité qu'elle soit réalisée à la fois au cours et après le traitement.

Plusieurs paramètres ont été mesurés : le pH, la dureté totale (TH), l'alcalinité (TA, TAC), les chlorures, et le  $\text{Fe}^{2+}$ .

Les analyses ont été effectuées sur les échantillons prélevés à différentes étapes du traitement;

1. Eau brute ;
2. Eau adoucie;
3. Eau de chaudière ;
4. Eau de bâche ;
5. Eau de condensat.

L'objectif par ces caractérisations est d'identifier les différentes propriétés physico-chimiques et la qualité de ces eaux afin de tracer un plan de traitement de ces dernies.

### III.1. Les techniques d'analyse

#### III.1.1. Analyse par spectrophotométrie (UV- visible)

La spectrophotométrie (UV-Visible) est une méthode d'analyse quantitative fondée sur la mesure de la quantité d'énergie absorbée par la molécule traversée par un faisceau de la lumière monochromatique. Un monochromateur placé dans la trajectoire optique permet de sélectionner une longueur d'onde spécifique du rayonnement absorbé par l'élément à doser. L'intensité de cette absorption est en fonction de la concentration de l'espèce absorbant, elle est exprimé par la loi de Beer-Lambert :  $A = \log(I/I_0) = \epsilon \cdot L \cdot C$ .

A : Absorbance ;

$I_0$  : Intensité initiale ;

I : Intensité transmise ;

L : Epaisseur de la cellule de mesure ;

$\epsilon$  : Coefficient d'absorptivité des particules dissouts ;

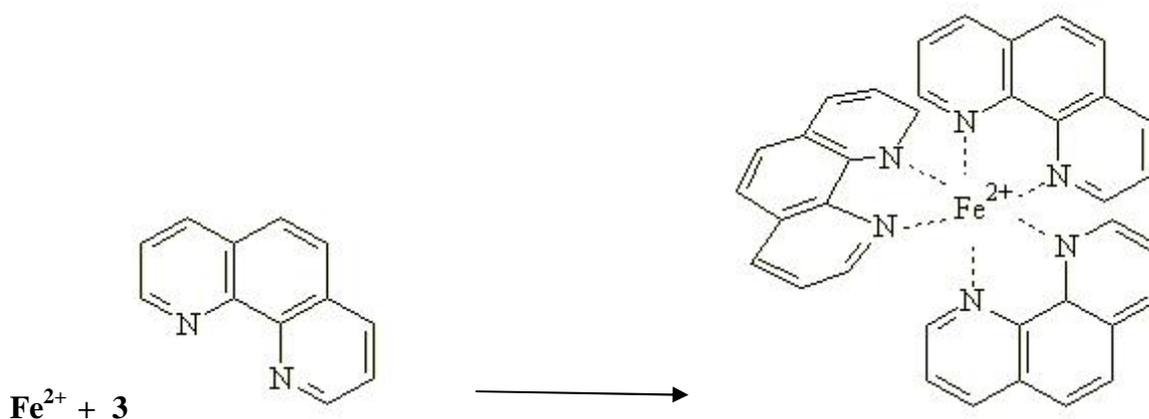
C : La concentration de la solution en particule considérés.

### III.1.1.a. Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

- **Principe**

Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé colorimétriquement en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénantroline [5].

❖ L'équation de la réaction de phénanthroline sur l'ion fer II est :



Ou plus simplement :



- **Réactif utilisés**

- Solution d'acétate d'ammonium ;
- L'eau distillée ;
- Solution de chlorhydrate de phénanthroline ;
- Solution mère étalon à 100 mg/l ;
- Solution fille étalon à 2 mg/l.

- **Appareillage**

Spectrophotomètre UV-1800 de marque Shimadzu avec la longueur d'onde  $\lambda = 510 \text{ nm}$ .

- **Mode opératoire**

Préparation à partir de la solution fille étalon (2mg/l) une série de dilution comprise entre 0 et 0.16 mg/l de  $\text{Fe}^{2+}$  et les introduire dans les fioles jaugées de 50 ml :

Numéro de fiole	T	1	2	3	4	5
Ajout en ml le volume de la solution à 2mg/l	0	1	2	5	6.5	8
Eau distillé en ml	50	49	48	45	43.5	42
Phénanthroline (ml)	2					
Acétate d'ammonium (ml)	2					

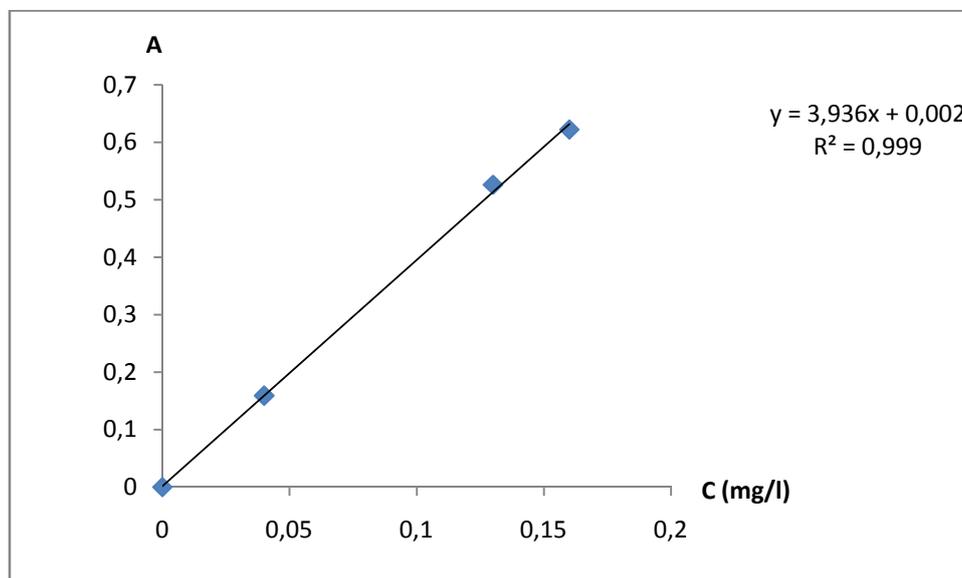
- **Expression des résultats**

Après avoir effectué la lecture au spectrophotomètre, on obtient les résultats suivants :

<b>Numéro de fiole</b>	T	1	2	3	4	5
<b>Concentration de Fe<sup>2+</sup> en mg/l</b>	0	0,002	0,06	0,1	0,14	0,18
<b>Absorbance (A)</b>	0	0.11	0.159	0.360	0.526	0.622

- **Établissement de la courbe d'étalonnage**

Les concentrations des échantillons en fer sont obtenues à partir de la courbe d'étalonnage.



**Figure 05 : La courbe d'étalonnage du Fer ferreux**

### III.1.2. Méthode électrochimique

#### III.1.2.a. Mesure de potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH par définition est une mesure de la concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  contenu dans une solution. Il est relié à l'activité des ions  $\text{H}^+$  par la relation suivante :

$$\text{pH} = - \log a_{\text{H}}$$

- **Principe**

Le pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre électrode de mesure (électrode de verre) et une électrode de référence à potentiel connu (électrode au calomel à concentration saturée en KCl).

- **Matériels utilisés :**

- pH-mètre 3510 de marque JENWAY;
- Solution étalon ;
- Electrode de référence du calomel KCl saturée.

- **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le pH-mètre avec deux solution tampon de pH égal à 4 et 7. On introduit l'électrode de l'appareil dans un bêcher qui contient de l'eau à analyser. La lecture se fait après stabilité de la valeur afficher.

#### III.1.2.b. Mesure de la conductivité

La conductivité d'une eau est un critère qui donne une information sur son ionique chimique et sur la concentration des ions d'une solution. Elle est exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  .

- **Principe**

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle est déterminée par l'utilisation d'un appareille de conductimètre.

- **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le Conductimètre avec une solution de KCl (0,1 mol/l). On introduit l'électrode de l'appareil dans un bêcher qui contient l'eau à analyser.

### III.1.3. Méthode volumétrique

#### III.1.3.1. Détermination de l'alcalinité « TA et TAC »

- **Principe**

L'alcalinité d'une eau est attribuable essentiellement aux bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), et des alcalis ( $\text{OH}^-$ ).

- Le titre alcalimétrique **TA** ou l'alcalinité à la phénolphtaléine: est une mesure des bases fortes (les carbonates et les alcalis).
- Le titre alcalimétrie complet **TAC** ou l'alcalinité au méthyle orange: est une mesure des bases fortes et des bases faibles (bicarbonates).

Cette détermination basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), en présence d'un indicateur coloré [5].

- **Matériels utilisés :**

- Burette graduée ;
- Erlenmeyer ;
- Firole jaugé de 25 ml.

- **Réactifs utilisés :**

- Solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,02 N ;
- Solution de phénolphtaléine ;
- Méthyle orange.

- **Mode opératoire**

- **Détermination de TA**

Prélever dans un erlenmeyer 25 ml d'eau à analyser. Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de phénolphtaléine puis titrer par addition successive de la solution d'acide sulfurique 0,02N contenue dans la burette jusqu'à l'obtention d'une solution d'une couleur faiblement rosée. On note le volume V.

Dans le cas où il n'y a pas de changement de couleur le TA est nul

- **Détermination de TAC**

Prélever dans un erlenmeyer 25 ml d'eau à analyser ajouté quelques gouttes de méthyle orange puis titrer par la solution d'acide sulfurique 0,02N jusqu'à l'obtention de la couleur jaune orangé, on note le volume équivalent V.

- **Expression des résultats**

L'alcalinité de l'eau est exprimée en degré Français (°F).

$$6 \text{ mg / l (CaCO}_3\text{)} = 1^\circ\text{F}$$

 **TA**

$$\text{T A} = \text{N} * \text{V} * 1000 / \text{V}_E \quad (\text{meq / l})$$

$$\boxed{\text{TA} = \text{N} * \text{V} * 1000 * 50 / \text{V}_E} \quad (\text{mg / l de CaCO}_3)$$

$$\text{Donc TA} = 40 * \text{V}$$

$$M_{\text{eq}} = M / Z \quad \text{avec } M (\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g / l} \quad \text{et } Z = 2$$

V : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titré ;

N : normalité de l'acide (0,02N) ;

V<sub>E</sub> : volume d'échantillon ;

M<sub>eq</sub> : masse équivalente de CaCO<sub>3</sub> ;      M<sub>eq</sub> = 50.

 **TAC**

$$\text{TAC} = \text{N} * \text{V} * 1000 / \text{V}_E \quad (\text{meq / l})$$

$$\boxed{\text{TAC} = \text{N} * \text{V} * 1000 * 50 / \text{V}_E} \quad (\text{mg / l de CaCO}_3)$$

$$\text{Donc TAC} = 40 * \text{V}$$

V : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titré ;

N : normalité de l'acide (0,02N) ;

V<sub>E</sub> : volume d'échantillon.

### III.1.3.2. Dosage des chlorures par la méthode de Mohr « Cl<sup>-</sup> »

- **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de bichromates de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) comme indicateur.

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insolubles, qui se précipitent quantitativement selon la réaction suivante :



Quand tous les ions chlorure ont été précipités, le chromate d'argent précipite à son tour selon la réaction suivante :



Et le mélange prend une teinte rouge brique. Le précipité  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  apparaît ainsi comme un indicateur de la fin de précipitation des ions chlorure [5].

- **Matériels utilisés**

- Burette graduée ;
- Erlenmeyer ;
- Fiole jaugé de 25 ml.

- **Réactifs utilisés**

- solution d' $\text{AgNO}_3$  à 0,02 N ;
- solution de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

- **Mode opératoire**

A l'aide d'une pipette, introduire 25 ml de l'échantillon préparé dans un erlenmeyer, ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre (précipité rouge brique), on note le volume équivalent V.

- **Expression des résultats**

La concentration en chlorure  $[\text{Cl}^-]$  exprimée en milligramme par litre et donnée par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = N * V * 35,5 * 1000 / V_E \quad (\text{mg / l})$$

**Donc**  $[\text{Cl}^-] = 28,4 * V$

N : Normalité d' $\text{AgNO}_3$  ;

V : Volume d' $\text{AgNO}_3$  titré ;

$V_E$  : Volume d'échantillon ;

35,5 : masse équivalente de chlore.

### III.1.3.3. Mesure de la dureté totale « TH »

On appelle la dureté totale, la concentration de tous les minéraux contenus dans une solution d'eau : plus cette concentration est forte, plus l'eau est dure ; au contraire plus cette concentration est faible, plus l'eau est douce.

- **Définition**

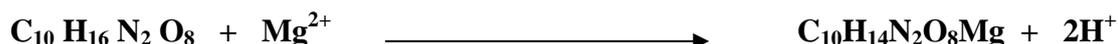
La dureté de l'eau est une mesure simultanément de la concentration en ions  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  de l'eau.

TH : c'est la somme des concentrations de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Et appelée aussi la dureté totale de l'eau.

$$TH = [Ca^{++}] + [Mg^{++}]$$

- **Principe**

On détermine la dureté de l'eau par un dosage complexométrique avec une solution aqueuse de sel d'acide EDTA (éthylène-diamine tétra-acétique) à 0,02N, qui réagit en milieu basique (tampon ammoniacale à pH 10) avec un cation  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  pour former un complexe cyclique appelé chélate.



Comme un indicateur, on utilise le noir ériochrome T (N.E.T) qui forme avec les ions  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  des complexes coloré moins stable que les complexes ions métallique-EDTA.

Le point d'équivalence (complexation de  $Mg^{2+}$  et de  $Ca^{2+}$ ) est marqué par le virage du violet au bleu de la solution [5].

- **Matériels utilisés**

- Burette graduée ;
- Erlenmeyer ;
- Fiole jaugé ;

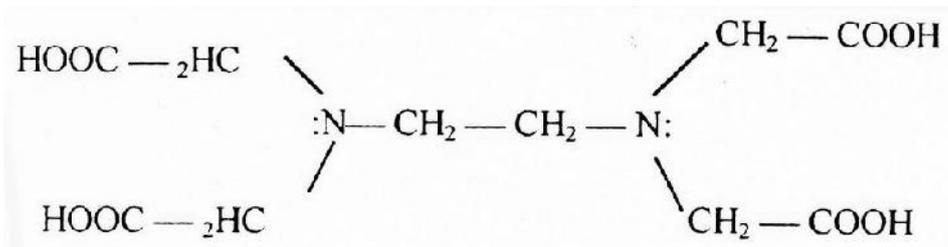
- **Réactifs utilisés :**

- Solution complexométrique (E.D.T.A 0,02N) ;

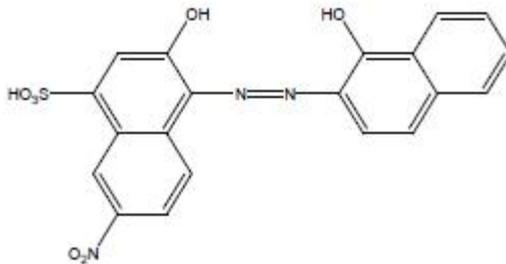
- Tampon K 10 ;
- Indicateur NET (noir eriochrom T).

### 🚩 la formule chimique de l'E.D.T.A et de noir eriochrome T

- La formule de l'EDTA



- La formule de NET



#### • Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 25 ml d'eau à analysée dans un erlenmeyer, Ajouté quelque gramme d'indicateur coloré (le NET), et 2 ml du tampon ammoniacale à l'aide d'une pipette de 2 ml. Titrer la solution par addition goutte à goutte de liqueur complexométrique jusqu'à l'apparition du virage violet au bleu claire. On note le volume équivalent V.

#### • Expression des résultats

La dureté totale de l'eau est exprimée en degré Français (°F).

10 mg(CaCO<sub>3</sub>) = 1°F.

On a

$$\text{TH} = \frac{V * N * 50 * 1000}{V_E}$$

(mg / l de CaCO<sub>3</sub>)

**Donc**

$$\text{TH} = 40 * V$$

N : normalité d'EDTA 0,02N ;

$V_E$  : volume de la prise d'essai (25 ml) ;

V : volume d'E.D.T.A titré.

# *CHAPITRE IV*

## Chapitre IV : Résultats et discussions

### IV.1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique

Pour une analyse des résultats trouvés, présentés dans le tableau 04, et pour s'avoir plus sur la qualité de l'eau de l'unité G.E à travers les différentes étapes de traitement, ainsi pour l'efficacité du procédé de l'adoucissement, on a tracé les histogrammes déterminants les différents paramètres de ce traitement.

Nous avons déterminé les caractéristiques physico-chimiques de différents types de l'eau de l'unité G.E.

**Tableau 04 : Les caractéristiques physico-chimiques de différente eau de l'unité G.E.**

Paramètre	pH	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TA ( $^{\circ}\text{F}$ )	TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	Cl (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)
Brute	8	852	0	29.5	57.2	71	0.008
Adoucie	8.2	925	0	28.9	0.8	71	0.009
Bâche	7.98	657	0	21.3	6	45.44	0.009
Chaudière	12.3	5000	80	98.63	0	880.4	0.036
Condensat	10.07	28	0	2.95	0	2.84	0.01

**Tableau 05 : Les normes des paramètres des eaux industrielles.**

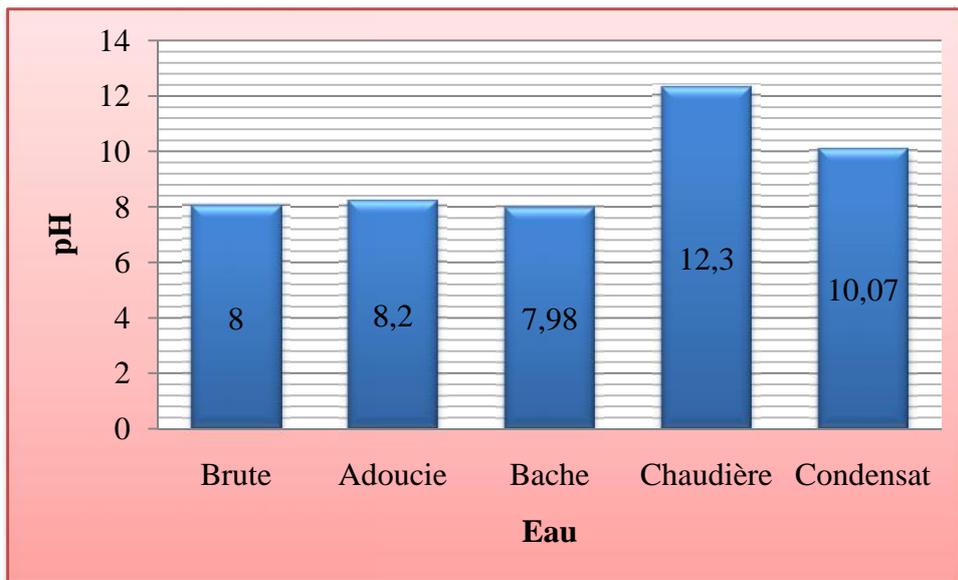
	pH	Cl (mg/l)	Fe (mg/l)	TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	TA ( $^{\circ}\text{F}$ )	TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Brute	6.5-8.5	< 250	0-0.3	/	/	12-35	400-1250
Adoucie	Eau brute	< 250	Faible	Eau brute	0	0 - 6	/
Bâche	8-10	< 250	Faible	1.2-8.5	< 6	0 - 0.5	/
Chaudière	10.5-12	<1000	< 0.1	80-120	60-80	0-0.1	5000-7000
Condensat	8.5-9.5	/	< 0.15	0.1-9	0.2-2	0-1	< 30

**Tableau 06 : Qualité de l'eau selon la dureté**

Eau douce	< 60 mg /l de CaCO <sub>3</sub> , (< 6°F)
Eau légèrement dure	60-120 mg/l de CaCO <sub>3</sub> , (6- 12°F)
Eau dure	120-180 mg/l de CaCO <sub>3</sub> , (12-18°F)
Eau très dure	>180 mg/l de CaCO <sub>3</sub> , (>18°F)

#### IV.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Les mesures du pH des différentes eaux analysées sont montrées dans la figure 06 :



**Figure 06 : Variation du pH dans les différentes eaux analysées.**

Le pH est la mesure de niveau d'acidité ou de basicité de l'eau.

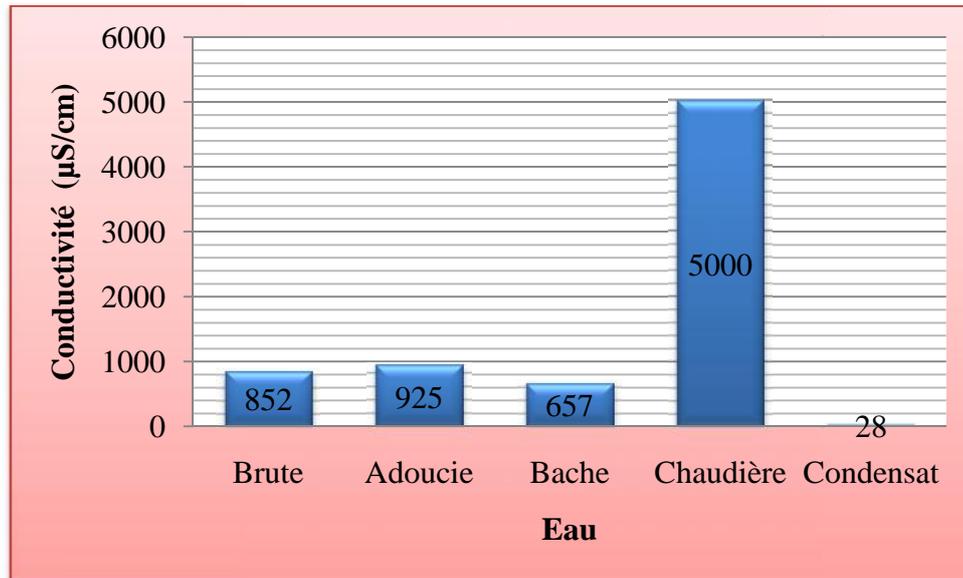
Ces résultats montre que le pH de l'eau brute, l'eau adoucie et l'eau bache est réponde en normes.

Par contre le pH de l'eau de chaudière est supérieur à la norme, ce qui peut provoquer la dégradation des chaudières par cette eau agressive, alors il faut purger légèrement la chaudière pour atteindre les normes fixé.

Le pH de l'eau de condensat est supérieur à la norme donc il faut diminuer le dosage des produits de conditionnement.

#### IV.1.2. La conductivité ( )

Les résultats de la conductivité des différentes eaux analysées sont montrés dans la figure 07 :



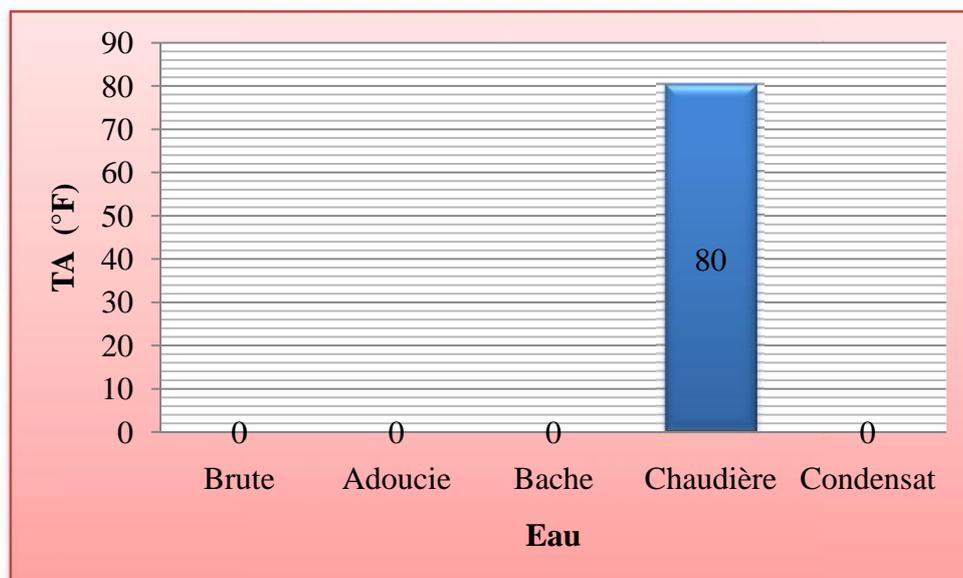
**Figure 07: Variation de la conductivité dans les différentes eaux analysées.**

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais trais approximativement la minéralisation globale de l'eau.

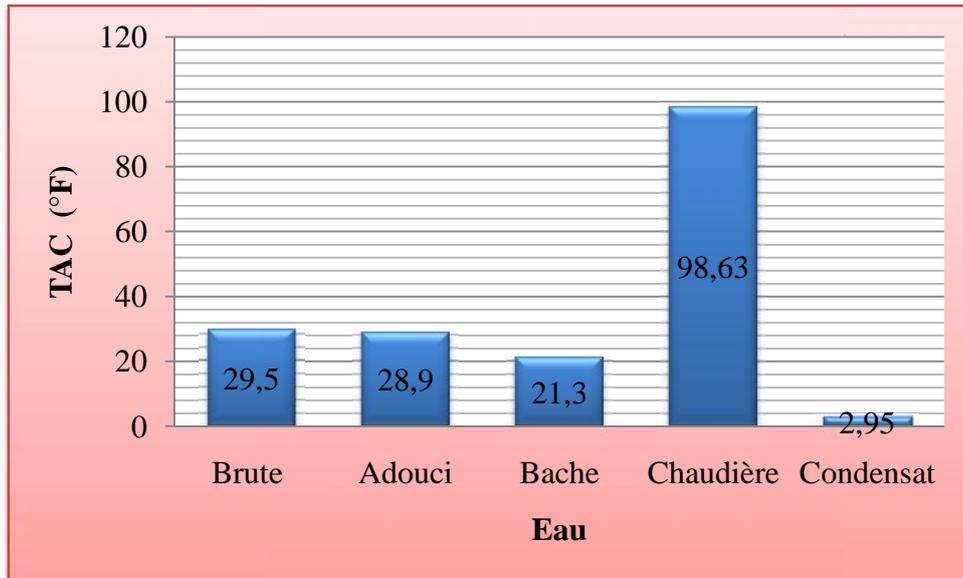
D'après les résultats obtenus nous constatons que ces valeurs sont conformes aux normes.

#### IV.1.3. Le titre alcalimétrique

Les résultats obtenus précédemment sur l'alcalinité sont représentées dans les figures 08 et 09 :



**Figure 08: Variation du TA dans les différentes eaux analysées.**



**Figure 09 : Variation du TAC dans les différentes eaux analysées.**

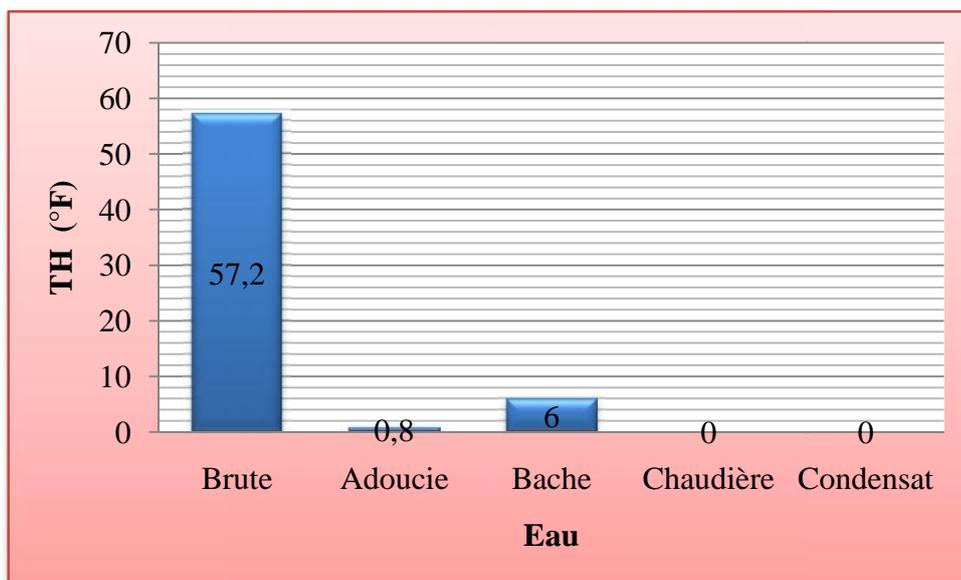
D’après ces résultats ; on observe que le TA est nul dans l’eau brute, l’eau de bache et l’eau adoucie ce qui explique que les alcalins libres et les carbonates existent dans l’eau en quantité négligeables.

Par contre dans l’eau de la chaudière est élevé mais il ne dépasse pas les normes.

Ce qui concerne les résultats de TAC dans les différents points de prélèvement respectent les normes.

**IV.1.4. La dureté totale (TH)**

Les résultats obtenus concernant le titre hydrotimétrique des différentes eaux analysées sont présentés dans la figure10 :



**Figure 10 : Variation du TH dans les différentes eaux analysées.**

On constate que la qualité de l'eau brute est très dure par rapport aux normes citées dans le tableau 06. Ce qui peut endommager la colle élaboré à base de cette dernière.

L'origine de cette forte dureté est du probablement à la nature des terrains traversés par l'eau (calcaires). Les inconvénients de ce genre d'eau entraînent une formation de dépôt de carbonate de calcium et de magnésium ( $\text{CaCO}_3$  et  $\text{MgCO}_3$ ), provoquant ainsi l'incrustation des conduites et l'entartrage des chaudières. A cet effet le traitement de cette eau brute est indispensable.

Ce qui concerne l'eau adoucie, l'eau de chaudière et l'eau de condensat, nous constatons que les valeurs de la dureté sont dans les normes fixées, donc on peut dire que le procédé de l'adoucissement de l'eau brute est efficace.

Par contre la dureté de l'eau de bache est supérieure à la norme, cela est du à la saturation de la résine.

#### IV.1.5. Les chlorures (Cl)

Les résultats obtenus concernant les teneurs en chlorures des différentes eaux analysées sont présenté dans la figure 11 :

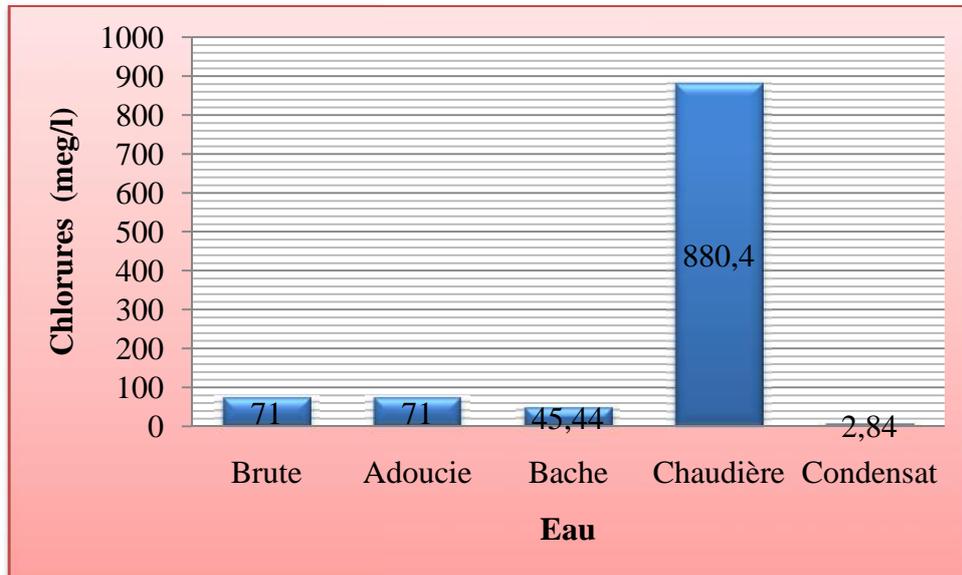
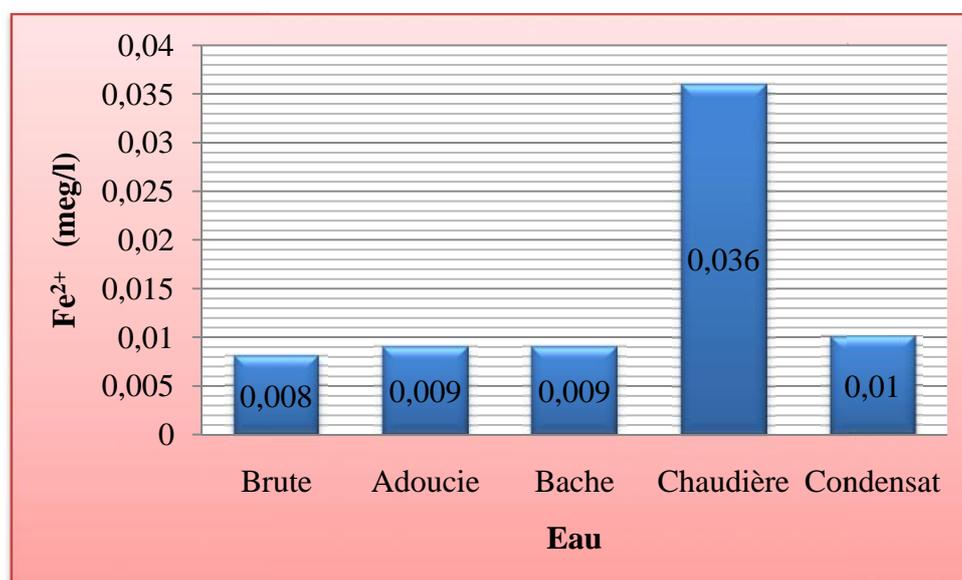


Figure 11 : Variation de la teneur en chlorures dans les différentes eaux analysées.

D'après nos résultats, on conclue que la teneur en chlorures de différent point de prélèvement est conforme aux normes exigée.

#### IV.1.6. Le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Les résultats obtenus concernant les teneurs en Fer des différentes eaux analysées sont présentés dans la figure 12 :



**Figure 12 : Variation de la teneur en fer ferreux dans les différentes eaux analysées.**

D'après les résultats d'analyse on constate que la teneur en fer est conforme aux normes dans les différents points de prélèvement.

*CONCLUSION*

## Conclusion

Au terme de ce travail, nous avons déterminé quelques paramètres physico-chimiques de différentes eaux utilisées au niveau de l'unité G.E, tels que la dureté, le TA, le TAC, les Cl<sup>-</sup>, la conductivité, le pH et le fer.

Les résultats obtenus lors de cette étude ont permis de mettre en évidence que :

- L'eau brute utilisée pour les différents besoins de l'unité est une eau dure (TH=57.2°F) dont la dureté totale dépasse la norme. Cette eau est utilisée pour l'élaboration de la colle, cette dernière est préparée à base de l'eau brute chauffée à 40°C. A cette température le carbonate de calcium se précipite ce qui peut endommager la colle élaborée. Par ailleurs, les autres paramètres sont normalisés.
- Ces eaux deviennent douces après le traitement. On peut conclure que le processus de l'adoucissement est efficace.

Les analyses que nous avons effectuées au niveau de l'unité G.E nous ont permis de maîtriser les techniques d'analyses utilisées et acquérir des connaissances sur le traitement des eaux. Enfin, la recommandation que nous proposons à l'unité est la suivante :

L'eau brute est dure et induisant de ce fait de nombreux inconvénients, on propose alors d'utiliser l'eau adoucie pour la préparation de la colle destinée au collage du carton.

# *BIBLIOGRAPHIE*

## Bibliographie

- [1] : **M.Tardat-Henry**, «Chimie des eaux», 1ere édition griffon d'argile INC, paris, (1984).
- [2] : **R.Desjardins**, «Le traitement des eaux»,2<sup>eme</sup> édition de l'école polytechnique de Montréal, janvier 1990.
- [3] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/neige-carbonique>.
- [4] : **F.Derrien, F.Geannot, J.Roby**, « Technique du traitement de l'eau dans les bâtiments», 3<sup>eme</sup> édition de paris, 2009.
- [5] : **J-Rodier**, « Analyse de l'eau, eau de mer, eau résiduaire »,7<sup>eme</sup> édition, Dunode, Paris, 1984.
- [6] : **M.Ganrasni**, « La dureté de l'eau », nouvelle édition, 1982.
- [7] : **M.Dore**, «Chimie des oxydants et traitement des eaux», édition technique et documentation, Lavoisier, 1995.
- [8] : **R.Bourriier Béchir Selmi**, «Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau », édition du moniteur, Paris, 2011.
- [9] : **R.Thamzeau**, «Station d'épuration des eaux potables, des eaux usées».édition technique et documentation, Paris 1981.
- [10] : **Dégrémont**, « Mémento technique de l'eau », 8<sup>eme</sup> édition, Paris 1978.
- [11] : [WWW.detic.be](http://WWW.detic.be).Colle et mastics.
- [12] : **M.DEFLAOUI et M. BORDJIHANE**, « Étude de la viscosité d'une colle a base du caoutchouc néoprène utilisée pur les supports métalliques et P.V.S» projet de fin d'étude, en vue de l'obtention de diplôme D.E.U.A, Université de Bejaia, septembre 1997.
- [13] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Amidon>.
- [14] : Les fiches techniques de l'entreprise G.E.
- [15] : [www.stouls-conservation.fr](http://www.stouls-conservation.fr)
- [16] : **B.YANAT et S.BOUCENNA**, «Analyse des eaux traitées destinées à l'alimentation de la chaudière du complexe des corps gras de Bejaia (COGB)» projet de fin d'études, en vue de l'obtention du diplôme D.E.U.A, Université de Bejaia, juin 2001.
- [17] : **J.Mayet**, « La pratique de l'eau » ,2<sup>eme</sup> édition, Paris 1984.
- [18] : **M.MIZI et M. TABET**, « Etude des traitements des eaux industrielles à l'E.NA.JUC El-kseur » mémoire d'ingénieur, Université de Bejaia, Juin 1996.

[19] : **H.Roques**, « Fondement théoriques du traitement chimique des eaux », Volume II, édition technique et documentaire. Paris, 1990.

[20] : **T.V. ARDEN, F. DARDEL** (1989/1991) Echange d'ion adoucissement de l'eau par échangeur d'ion les techniques de l'ingénieur.

*ANNEXE*

## Le spectrophotomètre UV visible :

### Le principe

Le principe de l'appareillage est basé schématiquement sur un ensemble formé par une source, un system optique et un détecteur.

Cet ensemble permet d'obtenir un spectre UV Visible sous forme de courbe d'absorption A en fonction de la longueur d'onde, et de réaliser un dosage en faisant varier l'absorbance en fonction en fonction de la concentration.

L'intensité de cette absorption est en fonction de la concentration de l'espèce absorbant, elle est exprimée par la loi de Beer-Lambert.

$$A = \log I_0/I = \epsilon .L.C$$

A : Absorbance ;

I : Intensité initiale ;

I : Intensité transmise ;

L : Epaisseur de la cellule de mesure ;

$\epsilon$  : Coefficient d'absorptivité des particules dissouts ;

C : La concentration de la solution en particule considérés.

## Les réactifs utilisés pour les analyses :

### I. Titre alcalimétrique

- Préparation de solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0,02N

Diluer 0.27ml d'acide sulfurique concentré (d =1.84) à 500ml d'eau distillée.

- Préparation de phénolphtaléine

Dissoudre 1g de phénolphtaléine dans 100 ml d'alcool éthylique.

- Préparation de méthyle orange

Dissoudre 0.5 g de méthyle orange dans 100ml d'eau distillée.

### II. Titre argentimétrique

- Préparation de solution d'AgNO<sub>3</sub> 0,02N :

Dissoudre 1.695g d'AgNO<sub>3</sub> et compléter à 500ml d'eau distillée dans une fiole jaugée.

- Chromate de potassium :

Dissoudre 10g de chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) dans l'eau et diluer à 100ml.

### III. Titre complexométrique

- Noire ériochrome T

Dissoudre 2g de N.E.T dans 2ml d'eau distillée.

- Tampon ammoniacal pH = 10

Prendre 67.5g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dans 570ml d'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) dilué.

- Préparation de solution d'E.D.T.A à 0,02N

Peser 0.3g d'EDTA, les dissoudre dans un peu d'eau distillée dilué à 100ml.

### IV. Dosage du fer

- Solution d'acétate d'ammonium :

- 40g d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) ;
- 50ml d'acide acétique cristallisable ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ) ;
- 1000ml d'eau distillée.

- Solution de chlorhydrate de phénanthroline (1%) :

Dissoudre 1g de phénanthroline dans 100 ml d'eau distillé.

- Solution mère étalon :

Dissoudre 0.1g de Fe dans 100 ml d'eau distillée,(0.1g de Fe correspond à 0.2906g de sel de  $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dans 100ml d'eau distillée).

- Solution étalon à 2mg/l de  $\text{Fe}^{2+}$ , par la relation  $C_1V_1=C_2V_2$  :

On verse 1ml de la solution mère puis on ajoute 49ml d'eau distillée.

**Résumé :**

Le travail est basé sur des analyses physico-chimiques de l'eau de l'unité de Générale Emballage en vue de son utilisation pour l'élaboration d'une colle.

Les différents paramètres physico- chimiques des différentes eaux (non traitée et traitée) étudiées ont permis de constater que l'eau brute utilisée pour l'élaboration de la colle est dure, ce qui peut être un paramètre d'endommagement de cette dernière.

Le traitement effectué (l'adoucissement, le dégazage thermique et le conditionnement) au niveau de l'unité générale emballage rend l'eau utile aux différents besoins.

**Mots clés :**

Analyses physico-chimiques de l'eau brute, l'eau adoucie et l'eau de chaudière.