



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département de Génie des Procédés

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique

Par : AMIRAT Baya et TOUBAN Djawhar

Thème

**ETUDE DU GENERATEUR ELECTROCHIMIQUE DU
CHLORE ACTIF POUR LA PRODUCTION DE L'EAU
DE JAVEL**

Soutenu publiquement le : . 28/09/2020

Devant le jury :

Y. ADAMOU	.....MAA	Univ. Ghardaïa	Président
M.S AGGOUN	.....MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
H. BOUKHARI	.....MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur
B. ZITANI.	.....MAA.....	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2019/2020

Résumés

Dans cette période de pandémie causée par le virus covid-19, la demande aux produits désinfectants serait à son pic, parmi les produits désinfectants les plus utilisés il y a l'eau de javel

Cette étude est consacrée aux techniques de fabrication de l'eau de javel, le Protocole de détermination de la qualité de l'eau de javel ainsi que la réalisation d'un dispositif réduit pour le procédé de production de l'eau de javel par la méthode de diaphragme.

Deux variantes de produits ont été obtenues :

Variante 1 : eau de javel de titre 12 deg Chl de couleur claire et salinité nulle à un prix de revient 3 fois inférieur du prix du marché, adéquate pour usage domestique

Variante 2 : une eau de javel de titre 12 deg Chl de couleur trouble avec une salinité à un prix de revient 5 fois inférieur aux prix du marché, adéquate pour usage de désinfection des rues dans la campagne contre le covid-19.

La production d'eau de javel sur place est une solution pour la dégradation de la qualité de l'eau de javel à cause de la période de stockage en la produisant juste avant le temps d'utilisation.

ملخص

في ظل فترة هذه الجائحة الناجمة عن فيروس كوفيد-19 ، من المتوقع أن يكون الطلب على المطهرات و المعقمات في ذروته ، ومن بين المطهرات الأكثر استخدامًا هناك ماء جافيل هذه الدراسة مخصصة لتقنيات إنتاج ماء جافيل ، وبروتوكول تحديد جودته وكذلك إنجاز جهاز صغير لعملية إنتاج ماء جافيل بواسطة طريقة الحجاب الحاجز.

تم الحصول على صيغتين للمنتج:

الصيغة الأولى: ماء جافيل بقوة 12 درجة ذو لون صافٍ و عديم الملوحة بسعر تكلفة أقل بثلاث مرات من سعر البيع ، ومناسب للاستخدام المنزلي

الصيغة الثانية: ماء جافيل بقوة 12 درجة كلورو من اللون الغائم مع ملوحة بسعر تكلفة أقل بخمس مرات من سعر البيع ، ومناسب لاستخدام تطهير الشوارع في حملة مكافحة كوفيد-19.

يعد إنتاج ماء جافيل في عين المكان حلاً لتدهور جودة ماء جافيل بسبب فترة التخزين من خلال إنتاجه قبل وقت الاستخدام مباشرة

Dédicaces

*Nous avons le grand plaisir de dédier ce modeste travail à
Toutes les personnes qui occupent une grande place dans nos cœurs, les
parents, en témoignages de leurs sacrifices, et de leur précieux conseils
qui nous donne de la réussite dans tous ce que nous faisons*

Aux hommes qui nous donne l'aide et la force, Mr N. NADIR

*A toute les membres de nos familles, et tous les amis qui a toujours
encouragé*

A tous ceux que nous aiment

Merci

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu de nous avoir donné la santé, la force, et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Avant tout, cette mémoire ne serait pas complète et n'aurait pas vu le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr. ZITANI on le remercie pour sa patience et son encadrement exceptionnel, et sa disponibilité de suivre la préparation de ce travail

Nos remerciements aussi à Mr. J. AOUF pour son aide durant la partie pratique au laboratoire génie chimie 1 ainsi que ses encouragements.

Nous tenons aussi à remercier du fond du cœur tous les enseignants de la filières SCIENCES ET TECHNOLOGIES .et toutes les personnes qui nous ont données de l'aide et qui ont contribué à notre formation durant nos études.

Listes des tableaux

Tableau 1 Table des diffèrent type de Chlore.....	7
Tableau 2 Caractéristique de l'eau de Javel.....	8
Tableau 3: Concertation en chlore actif.....	15
Tableau 4 Résultat de titrage de l'eau de javel du commerce echantillon 1	52
Tableau 5 Résultat de titrage de l'eau de javel du commerce echatilon 2	53
Tableau 6 Résultat de titrage de l'eau de javel du générateur varriante1	54
Tableau 7 Résultat de titrage de l'eau de javel du générateur varriante1	55
Tableau 8: Bilan des couts de production pour eau de javel a salinité nulle	56
Tableau 9: Bilan des revenus	56
Tableau 10: Bilan des couts de production pour eau de javel avec salinité non nulle.....	57
Tableau 11: Bilan des revenus	57
Tableau 12: Tableau des propriétés physique de l'eau de Javel.....	11

Listes des figures

Figure 1: Cellule de fabrication par mercure	16
Figure 2: Processus de fabrication par mercure.....	17
Figure 3: : Processus de fabrication par diaphragme	18
Figure 4: Principe de fonctionnement d'une cellule à membrane.....	20
Figure 5: Colonne de Garnissage.....	23
Figure 6: Forme du chlore actif suivant le pH de l'eau de Javel.....	24
Figure 7: Générateur courant continue	26
Figure 8: Cable d'alimentation.....	26
Figure 9 Bac d'électrolyse avec son couvercle	27
Figure 10 : Les électrodes d'électrolyse.....	28
Figure 11: Colonne de Garnissage de l'eau de Javel.....	30
Figure 12: Pompe de circulation de la colonne 30watts a 26 l/min.....	31
Figure 13Tete de la colonne de l'intérieur	31
Figure 14: Tête de la colonne de l'extérieur	32
Figure 15: Bas de la colonne et vanne de récupération de Javel	32
Figure 16: Les éléments en plastique blanc utilisés.....	33
Figure 17: Processus de chlorination	35
Figure 18: Dilution de la solution à titrer	42
Figure 19: Titrage Première Etape.....	43
Figure 20: Burette de titrage au Thiosulfate de sodium.....	43
Figure 21: Titrage deuxième Etape.....	44
Figure 22: Etapes de préparation des solutions	47
Figure 23: Solution KI 0.1M.....	48
Figure 24: KI en poudre.....	48
Figure 25: Solution Thiosulfate 0.1M.....	49
Figure 26: Thiosulfate en poudre.....	49
Figure 27: Solution Amidon 1%	50
Figure 28: Amidon en poudre	50
Figure 29:Préparation de l'acide Acide chlorhydrique a 1Mole/l.....	51
Figure 30:Dilution de l'échantillon de l'eau de Javel de commerce et titrage	52
Figure 31 : Echantillon Variante-1	54
Figure 32 : Echantillon Variante-2	55

Liste des abréviations explicitées

COVID-19	Virus respiratoire apparu en 2019 et se propage dans le monde entier
SARS	Syndrome respiratoire aigu et sévère
HIV	Virus immunodéficient humain (sida)
Deg	Degré
Chl	Chlore
ClO ⁻	Ion hypochlorite
NaOH	Hydroxyde de sodium
NaOCl	Hypochlorite de Sodium
AOX	Acides chloroacétiques
PMA	Amiante modifié aux polymères
PTFE	Fibres techniques pour isolation thermique
MAA	Poste a soude avec arc Electric
PVC	Polyvinyle chlorure
p/v	Poids/volume
p/p	Poids/poids
EN	Norme Européenne
AFNOR	Norme Française
ISO	Norme International
FDS	Fiche de Données de Sécurité

Table des matières

Résumés	i
<i>Dédicaces</i>	ii
<i>Remerciements</i>	iii
Listes des tableaux	iv
Listes des figures	v
Liste des abréviations explicitées.....	vi
Introduction Générale	1
CHAPITRE I Processus industriels de production du chlore	4
I.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'Eau de Javel.....	4
I.2 Stabilité de l'eau de javel :	8
I.3 Conservation de l'eau de Javel :	9
I.4 Expression de la concentration des Eaux de Javel	9
I.5 Type de procédés de fabrication	16
CHAPITRE II Elaboration du générateur de l'eau de javel	22
II.1. Principe de fonctionnement du générateur :	22
II.2. La Méthode utilisée pour la production de l'eau de Javel:	25
II.3. Les équipements utilisés dans le processus :	25
II.4. Mise en marche du générateur de l'eau de Javel :	34
CHAPITRE III Analyse Expérimentale au laboratoire.....	38
III.1. Protocole de titrage de l'eau de Javel :	38
III.2. Détermination de la teneur en chlore actif – principe.....	40
III.3. Préparations des réactifs et solutions de titrage	45
III.4. Titrage aux échantillons du commerce :	52
III.5. Titrage des échantillons obtenus par le générateur	54
III.6. Résultats et discussions.....	56
Conclusion Générale.....	59
Références bibliographiques	61

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau de javel fait partie de notre quotidien depuis maintenant plusieurs siècles, elle peut être utilisée de différentes manières. (Appelée aussi javel ou anciennement eau de Javelle) c'est une solution liquide oxydante fréquemment utilisée comme désinfectant et décolorant.

Toutefois, pour une sécurité et un résultat optimal, sa dilution doit être adaptée à chaque usage.

L'eau de Javel peut désinfecter, ce qui veut dire qu'elle réussit à tuer la plupart des bactéries, des champignons et des virus. Elle sert aussi à blanchir les tissus ou d'autres matières.[7]

L'Eau de Javel tire son nom de l'ancien village de Javel (aujourd'hui quartier du 15ème arrondissement de Paris) où s'était créée, en 1784, une manufacture de produits chimiques, près du "Moulin de Javelle".

Cette manufacture était la propriété, à l'origine, de nobles proches du Comte d'Artois, frère de Louis XVI et dirigée par Léonard Alban. Elle était destinée aux lavandières (blanchisseuses de l'époque) alors nombreuses sur les bords de Seine.

La "javelle" du latin populaire gabella est un mot d'origine gauloise ; il désignait ce qu'on rassemble par poignées. Les lavandières, pendant le nettoyage du linge, le battait avec une poignée de branches, ce qui permettait d'extraire un maximum d'impuretés des textiles.

L'industrie du chlore joue un rôle prépondérant dans le développement industriel et économique mondial.

L'action désinfectante :

En 1793 le chirurgien Percy (1754-1825) utilisa les solutions d'eau de chlore pour lutter contre "la pourriture d'hôpital" à l'armée du Rhin.

En 1820, le pharmacien Antoine-Germain Labarraque (1777-1850) remplaça la potasse par la soude et étudia les utilisations médicales et pharmaceutiques de l'Eau de Javel.

Il inventa le "Chlorure d'oxyde de soude et de chaux", variété d'Eau de Javel qui permit, entre autres choses, d'arrêter le processus de putréfaction des muqueuses. Il fit ainsi un grand pas dans le domaine de l'hygiène.

La "liqueur de Labarraque" fut utilisée par les chirurgiens, les médecins, certaines usines, les égoutiers, les fossoyeurs... Elle fut largement distribuée lors d'une épidémie de choléra, en 1832.

Il employa l'hypochlorite de sodium pour arrêter les gangrènes, accélérer les cicatrifications, désinfecter les hôpitaux...

Il obtint de nombreux prix, fut nommé à l'Académie de Médecine en 1824, au Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du département de la Seine en 1836.

En 1845, Semmelweis, docteur en obstétrique à Vienne, fit tomber la mortalité par fièvre puerpérale de 27% à 0,23% grâce à l'utilisation des hypochlorites par les médecins pour le lavage des mains avant d'accoucher les femmes.

En 1892, Calmette découvrit que le bacille de Koch (tuberculose) était détruit par l'Eau de Javel. Les applications de l'Eau de Javel en désinfection se sont développées sous l'influence de plusieurs collaborateurs de Pasteur, notamment Chamberland et Fernbach.

Avantages et qualités de l'Eau de Javel

L'eau de javel grâce à ses propriétés uniques, est depuis longtemps le produit d'hygiène irremplaçable que l'on utilise toujours aujourd'hui pour l'entretien de la maison. Elle blanchit le linge, c'est un excellent produit de détachage, elle permet d'éliminer des mauvaises odeurs (par destruction des microorganismes et oxydation des composés odorants), c'est un désinfectant à spectre d'activité complet.

Son emploi ne se limite pas à l'entretien de la maison ; elle est aussi utilisée dans les hôpitaux, les écoles, en restauration collective et dans l'industrie agro-alimentaire pour prévenir la prolifération des infections bactériennes et virales. L'hypochlorite de sodium est aussi largement utilisé pour la désinfection de l'eau potable et des eaux de piscines.

L'action désinfectante de l'Eau de Javel est due à l'acide hypochloreux qui agit sur les bactéries gram+ et gram-, les spores bactériennes, les champignons (moisissures) et les virus. C'est un désinfectant particulièrement recommandé pour des risques infectieux importants (hépatites, virus HIV et Ebola, prions, SRAS et grippe aviaire et COVID-19).

Dans le cas des virus, HClO agirait par attaque des liaisons amidées des protéines. On ne connaît aucun phénomène de résistance à l'action désinfectante de l'Eau de Javel aux concentrations d'utilisation recommandées.

L'Eau de Javel est encore en termes de désinfection le produit de référence pour le corps médical. Sa facilité d'emploi, son coût très modéré, sa disponibilité et son spectre d'activité font de l'Eau de Javel un produit qui participe à l'hygiène dans le monde entier.

Propriétés oxydantes : l'eau de Javel est d'autant plus oxydante que son pH est faible, mais même à pH 14 son pouvoir oxydant reste élevé ($E^\circ = 0,88 \text{ V}$). Elle peut ainsi oxyder de nombreux composés toxiques en composés inoffensifs tels que par exemple : SO_2 , H_2S , NH_3 , CN^-

Son action décolorante et désinfectante est, en partie, due à sa capacité d'oxyder de nombreux composés organiques.

Dans ce travail on procédera à l'élaboration d'un dispositif pour la production d'une eau de javel en utilisant la méthode de diaphragm.

Chapitre I

Processus industriels

de production du

chlore

CHAPITRE I Processus industriels de production du chlore

I.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'Eau de Javel

I.1.1. Action désinfectante de l'Eau de Javel

L'action désinfectante de l'Eau de Javel en milieu aqueux est principalement liée à l'action de l'acide hypochloreux (HOCl). Cette forme peu ionisée du chlore dans l'eau pénètre facilement au travers des parois et des membranes cellulaires des entités microscopiques : virus, bactéries, spores, champignons, parasites. Dans certaines situations, la forme chlore gazeux (Cl₂) peut même exister lorsque des pH inférieurs à 4 existent localement ; elle pénètre très facilement les membranes cellulaires.

Le chlore actif libre présent dans la solution agira de 2 façons : par un caractère oxydant général et par l'action immédiate et spécifique de chloration des fonctions aminées des protéines. On peut rappeler qu'un cm³ de solution à 0,1 g de chlore actif / m³ contient un peu moins de 1 million de milliards de molécules de chlore ou d'acide hypochloreux.

Dans un environnement contenant des matières azotées (ammonium ou amines), le chlore actif sera consommé avec formation de monochloramines. La concentration en désinfectant ne sera donc pas la concentration initiale du milieu en chlore, mais le chlore résiduel. Les monochloramines sont elles-mêmes légèrement désinfectantes.

Suivant la concentration en acide hypochloreux et les temps de contact avec les micro-organismes, l'action pourra être majoritairement inhibitrice ou destructrice ou une combinaison des deux. La forme la plus évidente de l'efficacité destructrice de ce produit est l'éclatement des bactéries (lyse bactérienne). Certaines molécules de HOCl peuvent en effet pénétrer jusqu'au cytoplasme de la bactérie et agir sur les protéines dirigeant les fonctions vitales de la bactérie. Par contre en face des prions, des virus ou des membranes des bactéries gram+ et gram-, l'action de l'acide hypochloreux sur les fonctions aminées inhibera l'action de ces prions, virus ou bactéries. Pour les autres micro-organismes : champignons, parasites et spores, une combinaison de ces différents modes d'action aura lieu. Pour chacun des micro-organismes, on peut déterminer la combinaison d'une concentration en chlore résiduel et d'un temps de contact spécifique en vue de l'inhiber ou de le détruire plus ou moins totalement.

Deux avantages de l'acide hypochloreux sont sa courte durée de vie dans l'environnement et le fait que ses produits de réaction : chlorure, monochloramines, chlorate, etc.... sont peu actifs.

De plus, il est très soluble dans l'eau et particulièrement présent à des pH compris entre 6 et 7,5.

L'ensemble de ces caractéristiques : spectre désinfectant le plus large, faible impact sur l'environnement, efficacité maximum à la neutralité, font de l'Eau de Javel un produit utilisable pour la plupart des désinfections avec une efficacité maximum en milieu aqueux.

L'efficacité désinfectante de l'Eau de Javel a été confirmée avec les normes européennes relatives aux désinfectants.

Elle est bactéricide selon les normes EN 1040, EN 1276, EN 13697, EN 13727 ;

Elle est fongicide selon les normes EN 1275, EN 1650, EN 13697, EN 13624 ;

Elle est sporicide selon la norme EN 13704 ;

Elle est virucide selon la norme EN 14476.

L'Eau de Javel est virucide à la concentration de 0,1 % de chlore actif sur le virus de la grippe aviaire Influenza virus A H5N1 (Etude de l'Institut Pasteur de Lille).

L'Eau de Javel est virucide à la concentration de 0,1 % à 0.5% de chlore actif sur le virus COVID-19 (Etude de l'Institut Pasteur de Lille). (APB, 2020)

I.1.2. L'Eau de Javel est commercialisée auprès du grand public sous deux formes diluée ou concentrée.

La concentration pondérale en soude libre, présente pour assurer la stabilité, est toujours maintenue aux petites valeurs pour augmenter la durée de vie du produit.

Des instructions détaillées pour l'utilisation correcte du produit doivent figurer sur l'emballage des Eaux et Concentrés de Javel.

Les statistiques obtenues dans les centres anti-poisons européens et même américains prouvent l'absence de séquelles dans le cas d'accidents involontaires liés à l'utilisation domestique de l'Eau de Javel.

Le contact direct avec les yeux ou la peau s'il est suivi d'un rinçage immédiat ne provoque pas de lésions permanentes.

Lorsque l'Eau de Javel est mélangée avec des produits acides, il se produit un dégagement de chlore gazeux, très irritant, qui alerte immédiatement l'utilisateur. Le risque de contact prolongé

est ainsi évité et les incidents rapportés sont, à de très rares exceptions près, toujours bénins et limités dans le temps.

Lorsque l'Eau de Javel est mélangée à l'urine, il se produit un dégagement de NCl_3 (trichlorure d'azote ou trichloramine) qui est irritant pour les voies respiratoires.

Lorsque l'Eau de Javel est utilisée en milieu professionnel ou industriel, il est obligatoire de se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) auprès du fabricant.

I.1.3. Sécurité pour L'environnement

L'hypochlorite de sodium est un produit hautement réactif et se transforme rapidement pendant et après son utilisation.

La réaction principale au cours de son utilisation est une oxydation qui entraîne à terme sa décomposition (à environ 99 %) en chlorure de sodium (sel de table), oxygène et eau.

D'autres substances se forment, en faible quantité, par réaction avec les substances organiques et azotées dans le milieu ; mais sur le plan environnemental, elles doivent être prises en compte.

Ces sous-produits sont le chloroforme, les AOX appartenant à la classe des composés organohalogénés et les acides chloroacétiques.

De nombreuses études ont été effectuées qui, ensemble, fournissent une base sérieuse pour évaluer les risques en ce qui concerne l'hypochlorite lui-même ainsi que les substances AOX formées pendant l'utilisation domestique de l'Eau de Javel. Des scientifiques qualifiés indépendants en ont tiré la conclusion suivante :

« La quantité d'AOX formée pendant ou suite à l'utilisation ménagère est extrêmement faible et la plupart de ces sous-produits sont facilement dégradables, ont une toxicité faible et ne sont pas bioaccumulables. Et les dioxines ne sont pas présentes dans les produits à base d'hypochlorite de sodium et ne se forment pas dans les conditions d'utilisation ».

I.1.4. Notion de “chlore actif”, “chlore actif libre” et “chlore total”

L'expression “chlore actif” correspond au concept scientifique de “available chlorine” (soit chlore disponible). Le chlore actif (available chlorine) correspond à l'ion ClO^- et aux gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau (solution assez concentrée et alcaline). L'expression “chlore actif” désigne, en réalité, un pouvoir oxydant qui correspond bien au double de la quantité de chlore sous forme de NaOCl dans une solution assez concentrée et alcaline

L'expression “chlore actif libre” correspond au concept américain de “active chlorine”. Le “chlore actif libre” correspond aux gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau (solution très diluée en milieu neutre ou acide). L'expression “chlore total” désigne le chlore sous toutes ses formes : hypochlorite, mais aussi le chlorure de sodium qui pourrait, d'ailleurs, être éliminé, ainsi que les chlorites et les chlorates

Tableau 1 Table des différents types de Chlore

Chlore actif (= available chlorine)	Ion hypochlorite ClO^- Gaz dissous : - acide hypochloreux HOCl - chlore Cl_2
Chlore actif libre	Gaz dissous : - acide hypochloreux HOCl - chlore Cl_2
Chlore total	Hypochlorite de sodium NaOCl Chlorure de sodium NaCl Chlorite de sodium NaClO_2 Chlorate de sodium NaClO_3

Les caractéristiques techniques de l'hypochlorite de sodium, l'élément principale dans l'eau de Javel couramment utilisées, sont résumées dans le tableau suivant :

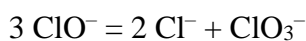
Tableau 2 Caractéristique de l'eau de Javel

Hypochlorite de sodium [6]	
Propriété chimiques :	
Formule chimique	NaClO
Masse molaire	74.442 g/mol dont (Cl 47.62% Na 30.88%, O 21.49%)
Propriété Physiques	
Température fusion	-24 °C
Température d'ébullition	111°C
Masse volumique	1.10 gr/cm ³ en solution aqueuse de 5.5% 1.21 gr/cm ³ en solution aqueuse de 14%

I.2 Stabilité de l'eau de javel :

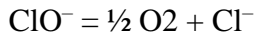
A pH < 5 les équilibres ci-dessus sont déplacés avec libération de Cl₂, d'où la nécessité de ne pas employer l'eau de Javel en présence de produits acides et en particulier en présence de détartrants. La réaction de l'eau de Javel avec un acide (HCl par exemple) est une méthode de préparation de Cl₂ au laboratoire.

L'ion hypochlorite se dismute avec une élévation de température en donnant des ions chlorates selon la réaction :



La dissolution du dioxyde de carbone de l'air en diminuant le pH de l'eau de Javel, peut entraîner un déplacement des équilibres chimiques dans le sens de la formation d'acide hypochloreux, très peu stable. Pour cette raison, un excès d'ions OH⁻ (de 5 à 12 g/L exprimé en NaOH) est laissé pour neutraliser le CO₂ de l'air. En conséquence, le pH d'une eau de Javel est basique (11,5 < pH < 12,5). C'est cette présence de soude qui rend irritant un concentré de Javel.

L'ion hypochlorite, en solution dans l'eau, est fortement oxydant et il est, en particulier, susceptible d'oxyder l'eau. La réaction globale est la suivante :



Cette réaction est lente, c'est elle qui impose une limite de durée d'utilisation : un an pour l'eau de javel, trois mois pour les concentrés.

La stabilité d'une eau de Javel est régie par les lois de la cinétique chimique. Par exemple, la vitesse de décomposition double lorsque la température s'élève de 5°C, les extraits se décomposent plus rapidement que l'eau de Javel diluée.

Cette décomposition peut être accélérée par divers catalyseurs tels que :

Les ions métalliques : pour cette raison, lors de sa fabrication et son stockage, elle ne devra pas être en contact avec des métaux, cuivre, zinc, fer, aciers courants, aciers inoxydables...

La lumière et en particulier les rayonnements UV d'où la conservation de l'eau de Javel dans des récipients opaques non métalliques.

I.3 Conservation de l'eau de Javel :

En conséquence, une eau de Javel sera conservée dans des récipients non métalliques, opaques. Elle sera stockée à l'abri de la chaleur et diluée par de l'eau froide non polluée par des ions métalliques. Sa durée d'utilisation est limitée : environ 3 mois pour les concentrés 48 deg, un an pour l'eau de Javel diluée 12deg.

La conservation de l'eau de javel a basse degré, c'est mieux que les concentrer qui perte une grande partie du chlore actif dès les premières heures de la fabrication,

La conservation loin de la lumière, par l'utilisation des emballages opaque

I.4 Expression de la concentration des Eaux de Javel

- en pourcentage de chlore actif (poids / poids)
- en grammes par litre de chlore actif
- en pourcentage d'hypochlorite de sodium

Indication de la concentration des produits

La concentration des Eaux et Concentrés de Javel (solutions d'hypochlorite de sodium) s'exprime d'une manière différente suivant les pays :

- dans les pays francophones, on a longtemps utilisé le degré chlorométrique Gay Lussac, invariable quelle que soit la densité du produit (en abrégé : ° chl.) ;
- dans les pays anglo-saxons, on utilise le pourcentage de chlore actif, qui change en fonction de la densité du produit (en abrégé : % c.a.).

Le premier mode est encore utilisé en grande envergure cependant d'autre pays on commencer l'adoption et la conversion vers le deuxième mode d'expression

L'industrie chlorigène met à la disposition des industriels deux qualités d'hypochlorite de sodium, dont la densité varie dans des proportions relativement importantes :

- hypochlorite de sodium à environ 12°Chl de chlore actif, correspondant à des solutions équimoléculaires d'hypochlorite de sodium et de chlorure de sodium (voir Table en annexe)
- hypochlorite de sodium à environ 12°Chl de chlore actif dans lequel la haute concentration a pu être obtenue grâce à l'élimination d'une partie du chlorure de sodium. Ceci entraîne, pour ces concentrés, une densité plus faible à concentration de chlore actif égale que pour un produit de fabrication traditionnelle (voir Table1 en annexe).[7]

Dans ses usines et ateliers de mélange et de conditionnement, l'industrie de l'Eau de Javel utilise donc, en fonction de ses approvisionnements :

- soit des hypochlorites de sodium à 12°Chl de chlore actif
- soit des hypochlorites de sodium à 48 °Chl de chlore actif
- soit des mélanges de ces deux types d'hypochlorites.

Après addition d'eau au concentré de Javel à 48 °Chl de chlore actif pour obtenir l'Eau de Javel à 12°Chl de chlore actif, qui est la concentration que l'on trouve le plus sur le marché.

Une table de correspondance (voir Table 12) a été réalisée en fonction des remarques précédentes. Elle sera utilisée à titre indicatif. Observations et explications

Tableau 3: Tableau des propriétés physique de l'eau de Javel

1	2	hypochlorite de sodium à 13% de c.a.			hypochlorite de sodium à 24% de c.a.		
% chlore actif	% NaClO	densité moyenne	quantité de chlore actif en g/litre	degré chlorométrique	densité moyenne	quantité de chlore actif en g/litre	degré chlorométrique
0,10	0,11	1,001	1,00	0,32	1,001	1,00	0,32
0,20	0,21	1,003	2,01	0,63	1,002	2,00	0,63
0,30	0,32	1,004	3,01	0,95	1,003	3,01	0,95
0,40	0,42	1,006	4,02	1,27	1,004	4,02	1,27
0,50	0,53	1,007	5,03	1,59	1,005	5,03	1,59
0,60	0,63	1,008	6,05	1,91	1,006	6,04	1,90
0,70	0,74	1,010	7,07	2,23	1,007	7,05	2,22
0,80	0,84	1,011	8,09	2,55	1,008	8,07	2,55
0,90	0,95	1,012	9,11	2,87	1,010	9,09	2,87
1,00	1,05	1,014	10,14	3,20	1,011	10,11	3,19
1,10	1,16	1,015	11,17	3,52	1,012	11,13	3,51
1,20	1,26	1,017	12,20	3,85	1,013	12,15	3,83
1,30	1,37	1,018	13,24	4,18	1,014	13,18	4,16
1,40	1,47	1,020	14,27	4,50	1,015	14,21	4,48
1,50	1,58	1,021	15,32	4,83	1,016	15,24	4,81
1,60	1,68	1,022	16,36	5,16	1,017	16,27	5,13
1,70	1,79	1,024	17,41	5,49	1,018	17,31	5,46
1,80	1,89	1,025	18,46	5,82	1,019	18,35	5,79
1,90	2,00	1,027	19,51	6,15	1,020	19,39	6,12
2,00	2,10	1,028	20,56	6,49	1,021	20,43	6,44
2,10	2,21	1,030	21,62	6,82	1,023	21,47	6,77
2,20	2,31	1,031	22,68	7,16	1,024	22,52	7,10
2,30	2,42	1,033	23,75	7,49	1,025	23,57	7,44
2,40	2,52	1,034	24,82	7,83	1,026	24,62	7,77
2,50	2,63	1,036	25,89	8,17	1,027	25,67	8,10
2,60	2,73	1,037	26,96	8,51	1,028	26,73	8,43
2,70	2,84	1,038	28,04	8,84	1,029	27,79	8,77
2,80	2,94	1,040	29,12	9,19	1,030	28,85	9,10
2,90	3,05	1,041	30,20	9,53	1,031	29,91	9,44

1	2	hypochlorite de sodium à 13% de c.a.			hypochlorite de sodium à 24% de c.a.		
% chlore actif	% NaClO	densité moyenne	quantité de chlore actif en g/litre	degré chlorométrique	densité moyenne	quantité de chlore actif en g/litre	degré chlorométrique
3,00	3,15	1,043	31,29	9,87	1,033	30,98	9,77
3,50	3,68	1,050	36,76	11,60	1,038	36,34	11,46
4,50	4,73	1,066	47,96	15,13	1,050	47,24	14,90
5,00	5,25	1,074	53,68	16,93	1,055	52,77	16,65
5,50	5,78	1,082	59,49	18,77	1,061	58,38	18,42
6,00	6,30	1,090	65,38	20,62	1,067	64,04	20,20
6,50	6,83	1,098	71,36	22,51	1,073	69,77	22,01
7,00	7,35	1,106	77,43	24,43	1,079	75,56	23,84
7,50	7,88	1,115	83,60	26,37	1,086	81,42	25,68
8,00	8,40	1,123	89,86	28,35	1,092	87,35	27,55
8,50	8,93	1,132	96,22	30,35	1,098	93,34	29,45
8,60	9,03	1,134	97,50	30,76	1,099	94,55	29,83
8,70	9,14	1,135	98,79	31,16	1,101	95,76	30,21
8,90	9,35	1,139	101,37	31,98	1,103	98,19	30,97
9,00	9,45	1,141	102,67	32,39	1,105	99,41	31,36
9,10	9,56	1,143	103,98	32,80	1,106	100,63	31,74
9,20	9,66	1,144	105,29	33,21	1,107	101,85	32,13
9,30	9,77	1,146	106,60	33,63	1,108	103,08	32,52
9,40	9,87	1,148	107,91	34,04	1,110	104,31	32,91
9,50	9,98	1,150	109,23	34,46	1,111	105,54	33,29
9,60	10,08	1,152	110,56	34,88	1,112	106,78	33,68
9,70	10,19	1,153	111,89	35,30	1,114	108,02	34,07
9,80	10,29	1,155	113,22	35,72	1,115	109,26	34,47
9,90	10,40	1,157	114,55	36,14	1,116	110,50	34,86
10,00	10,50	1,159	115,90	36,56	1,118	111,75	35,25

1re colonne :

Cette colonne indique le pourcentage de chlore actif (poids/poids) dans un litre de solution d'Eau de Javel, unité de mesure servant maintenant à exprimer la concentration des Eaux de Javel. Les concentrations 2,6 % et 9,6 % de chlore actif correspondent aux concentrations couramment commercialisées en Europe, dans notre pays le 12degré et le 48 degré sont les concentrations les plus commercialisées.

2e colonne :

Cette colonne indique la concentration en hypochlorite de sodium (NaClO) présent dans la solution qui se calcule à partir du pourcentage en chlore actif (exprimé en Cl_2).

- Poids moléculaire chlore actif (exprimé en Cl_2) = 71
- Poids moléculaire NaClO = 74,5
- % NaClO = % chlore actif \times = % chlore actif \times 1,05 (avec 1.05 c'est la densité de Javel)

Exemple : 1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif contient :

$$= 9,6 \times 1,05 = 10,08 \text{ \% d'hypochlorite de sodium}$$

3e colonne :

Cette colonne indique la densité moyenne pour un produit obtenu à partir d'un hypochlorite de sodium à 13 % de chlore actif. Il s'agit d'une densité moyenne car, en pratique, celle-ci peut varier en fonction de la qualité de l'hypochlorite de sodium.

4e colonne :

Cette colonne indique la concentration en grammes de chlore actif présent dans 1 litre de solution. Elle s'obtient en multipliant le pourcentage de chlore actif par la densité et par 10 [pour passer des % (poids/poids) aux grammes par litre].

Exemple : 1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif contient :

$$9,6 \times 1,152 \times 10 = 110,59 \text{ grammes de chlore actif}$$

5e colonne :

Le degré chlorométrique (mentionné ici par référence aux anciennes pratiques) correspond à la quantité minimale de chlore gazeux utilisée lors de la préparation de l'Eau de Javel, exprimée en litres de chlore gazeux pour un litre d'Eau de Javel.

[Un litre d'Eau de Javel à 1°chl a nécessité au moins 1 litre de chlore gazeux (Cl_2) pour le fabriquer].

Exemple : 71 grammes de chlore actif correspondent à un volume de 22,4 litres.

1 gramme de chlore actif correspond à = 0,315 litre

1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif contient 110,56 g de chlore actif.

Pour fabriquer 1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif, il a fallu :

$110,56 \times =$ environ 34,88 litres de chlore. Ce qui correspond à environ 34,88 degrés chlorométriques.

6e colonne :

Cette colonne indique la densité moyenne pour un produit obtenu à partir d'un hypochlorite de sodium à 24 % de chlore actif. Il s'agit d'une densité moyenne car, en pratique, celle-ci peut varier en fonction de la qualité de l'hypochlorite de sodium.

7e colonne :

Cette colonne indique la concentration en grammes de chlore actif présent dans 1 litre de solution. Elle s'obtient en multipliant le pourcentage de chlore actif par la densité et par 10 [pour passer des % (poids/poids) aux grammes par litre].

Exemple : 1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif contient

$9,6 \times 1,112 \times 10 = 106,75$ grammes de chlore actif

8e colonne :

Le degré chlorométrique (mentionné ici par référence aux anciennes pratiques) correspond à la quantité minimale de chlore gazeux utilisée lors de la préparation de l'Eau de Javel, exprimée en litres de chlore gazeux pour un litre d'Eau de Javel.

[Un litre d'Eau de Javel à 1°Chl a nécessité au moins 1 litre de chlore gazeux (Cl_2) pour le fabriquer].

Exemple : 71 grammes de chlore actif correspondent à un volume de 22,4 litres.

1 gramme de chlore actif correspond à $= 0,315$ litre

1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif contient 106,78 g de chlore actif.

Pour fabriquer 1 litre de Concentré de Javel à 9,6 % de chlore actif, il a fallu :

$106,78 \times =$ environ 33,68 litres de chlore. Ce qui correspond à environ 33,68 degrés chlorométriques.

Remarques :

- La densité ne doit jamais être utilisée pour déterminer la concentration pondérale en chlore actif des Eaux et Concentrés de Javel.

- Le degré chlorométrique n'est plus l'unité officielle pour exprimer la concentration des Eaux et Concentrés de Javel.
- Les dilutions ne doivent pas être calculées à partir du pourcentage de chlore actif. Quand on ne connaît pas la densité, il est préférable de calculer les dilutions à partir de la concentration en chlore actif exprimée en grammes/litre en utilisant la colonne 7

Example

Tableau 4: Concentration en chlore actif

Caractéristiques indicatives	
pourcentage de chlore actif	: 2,6 %
Densité	: 1,035 ± 0,01
Chlore actif	: 26,9 g / l ± 0,1
Alcalinité libre	: inférieure à 1 % exprimée en soude libre

I.5 Type de procédés de fabrication

I.5.1 Unité de fabrication par Mercure

Le procédé à mercure est l'un des trois procédés de fabrication utilisés par le secteur des chloralcalis pour produire du chlore et de la soude caustique.

La production de chlore-alcali dans les cellules à mercure reste une utilisation importante du mercure dans le monde et peut être une source importante de rejets de mercure dans l'environnement.

Le secteur est témoin d'un déclin mondial de l'utilisation du mercure à mesure que les installations de cellules à mercure vieillissent et un certain nombre d'installations sont encouragées à fermer et / ou à passer à des procédés sans mercure.

Les installations à cellules à mercure, qui ferment ou se convertissent à des technologies sans mercure, nécessitent une gestion minutieuse du site ainsi qu'une gestion de tout excès de mercure. [9]

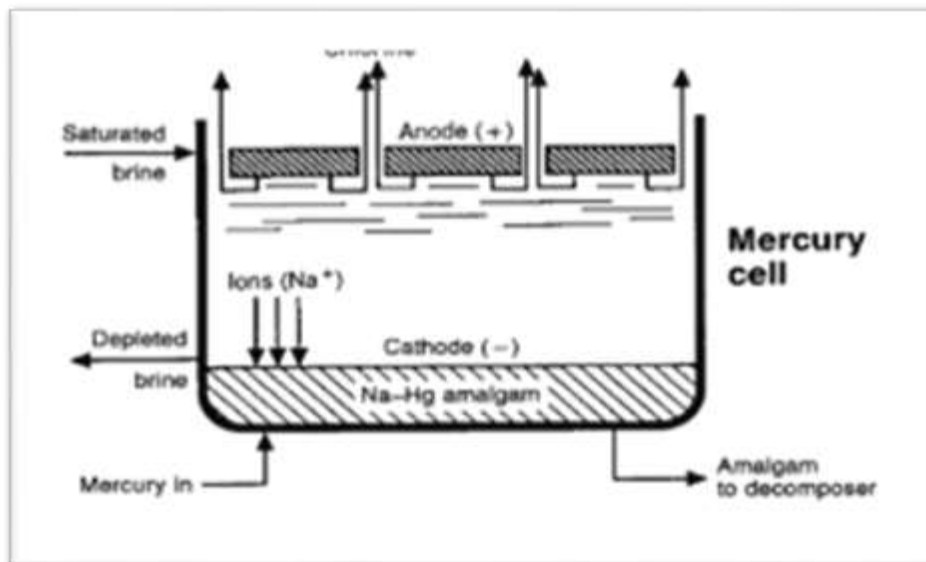


Figure 1: Cellule de fabrication par mercure

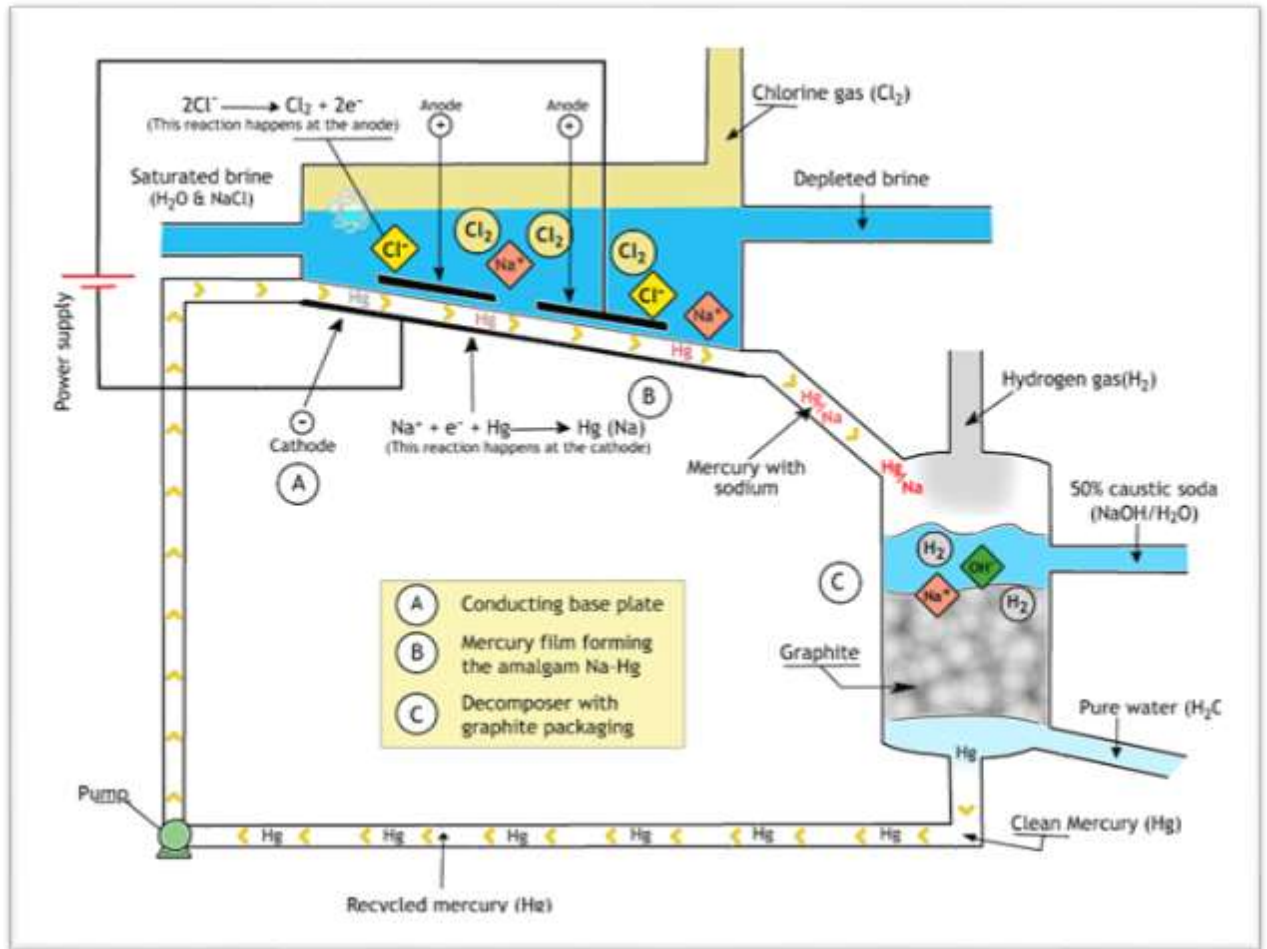


Figure 2: Processus de fabrication par mercure

I.5.2. Unité de fabrication par Diaphragme

Dans ses différentes formulations, le diaphragme en amiante modifié aux polymères (PMA) est le plus diaphragme commun en usage aujourd'hui. Le diaphragme modifié contient encore au moins 75% d'amiante chrysotile mélangé à des fibres de PTFE.

Les principales sources potentielles d'émissions atmosphériques sont pendant le détartrage du diaphragme, le traitement des cellules de fonctionnement avec du lisier d'amiante et l'élimination d'amiante usé. L'eau contaminée doit également être collectée et recyclée dans la mesure où possible.

Il est recommandé que le personnel exposé à l'amiante reçoive des protections individuelles l'équipement et un programme de contrôle de santé personnel.

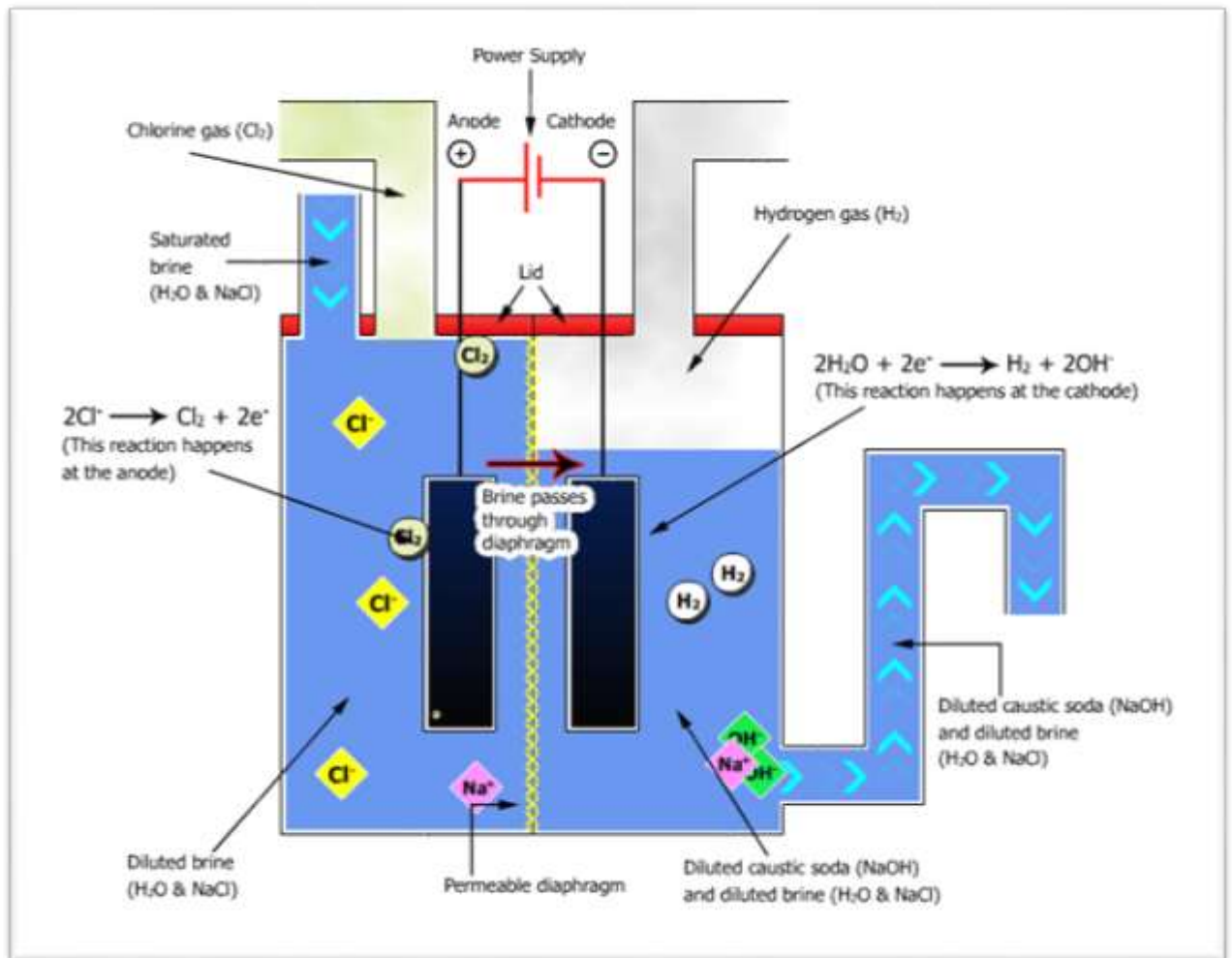


Figure 3: : *Processus de fabrication par diaphragme*

I.5.3. Unité de fabrication par Membrane

La membrane est le composant le plus critique de cette technologie cellulaire. Densité de courant et cellule la tension, et donc la consommation d'énergie, dépendent fortement de sa qualité. Nouvelle haute performance des membranes sont désormais disponibles pour équiper les électrolyseurs. Il existe des membranes à utiliser dans les électrolyseurs à écartement étroit et nul (faible tension de cellule, consommation d'énergie réduite)

Pour la production de chlore et 30 à 35% de soude caustique. Ils sont tous en composite renforcé, ayant des couches de polymère sulfonate et carboxylate. Ils sont spécifiquement conçus pour une circulation optimale gaz / liquide entre l'anode et la surface de l'anode de la membrane. Ils sont renforcés pour un fonctionnement sûr et modifiés à la fois sur la surface de l'anode et de la cathode pour améliorer la libération de gaz. [4]

Dans la conception d'un électrolyseur à membrane utilisant des membranes standard, minimisant la tension la chute à travers l'espace d'électrolyte est obtenue en réduisant l'espace. Lorsque l'écart est très petit, cependant, une augmentation de la tension peut résulter du piégeage de bulles d'hydrogène gazeux entre la cathode et la membrane hydrophobe. Dans les membranes développées, la bulle le problème d'effet a été résolu en revêtant la surface cathodique d'une fine couche d'un matériau poreux matériau inorganique pour améliorer l'hydrophilie de la membrane. Ces surfaces modifiées membranes ont permis le développement d'électrolyseurs modernes avec de très petits (étroits) ou pas d'espace (zéro) entre les électrodes.

La tension des cellules des nouvelles membranes est de 2,88 V à un courant efficacité > 95% (conditions : cathode activée, 32% NaOH, 200 g / l anolyte, 3,0 kA / m²). La durée de vie des membranes varie entre 3 et 5 ans.

Des économies d'énergie en développant une membrane à faible chute ohmique ont également été réalisées. Ils montrent un très petit espacement entre les électrodes

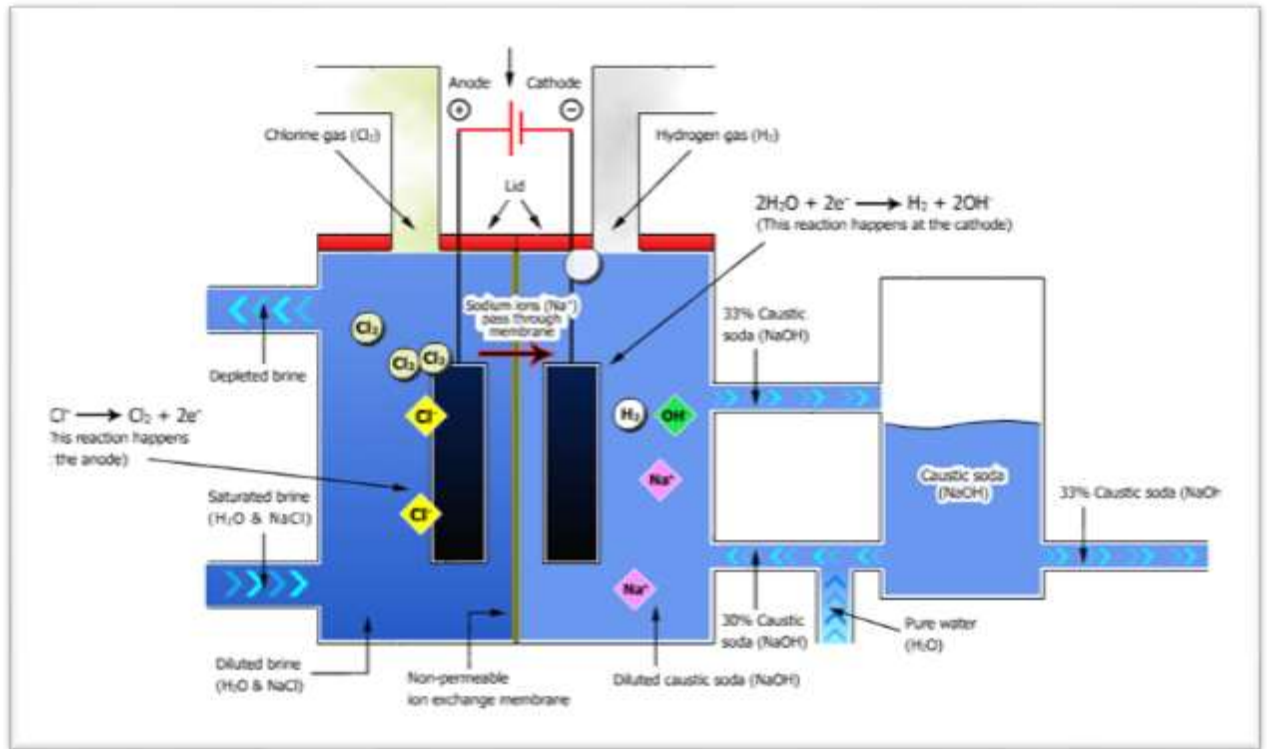


Figure 4: Principe de fonctionnement d'une cellule à membrane

CHAPITRE II

Elaboration du générateur de l'eau de javel

CHAPITRE II Elaboration du générateur de l'eau de javel

II.1. Principe de fonctionnement du générateur :

Le principe de fonctionnement du générateur étudié dans ce travail est celui de la méthode de diaphragme [2],[3],[8]

Par la réaction directe entre gaz dichlore Cl_2 et une solution qui contient de la soude caustique NaOH dans une colonne de garnissage, ces deux produits dans le cas normal sont produits par électrolyse de la saumure NaCl, avec une circulation en continu de la saumure travers un diaphragme en l'introduisant côté anode où le gaz dichlore est formé et en la récupérant côté cathode où le gaz hydrogène et la soude caustique NaOH sont formés

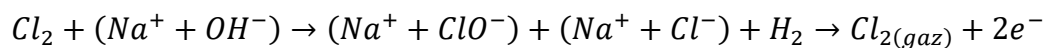
Le générateur se forme de deux parties principales :

- 1- Une partie électrolyse qui produit le gaz de dichlore
- 2- Une partie colonne de garnissage de la soude par le dichlore.

II.1.1. Electrolyse :

L'électrolyse c'est le procédé le plus répandu pour la fabrication du gaz dichlore.

Pour cela on utilise de l'électricité et plus précisément du courant continu.



Cette transformation fournit des électrons, il s'agit d'une oxydation, qui a lieu à l'anode.

D'après l'équation précédente, il a deux moles d'électron échangées pour une mole de molécule de dichlore soit $n_e = 2 \cdot n(Cl_2)$

On calcule le courant et le temps nécessaire pour former un certain nombre de mole du dichlore par la relation suivante $n_e \times F = I \Delta T$ ou bien

$$2 \cdot n_{Cl_2} \cdot F = I \cdot \Delta T$$

Avec

F : le nombre de Faraday. 96 490 coulombs par mole

I : l'intensité du courant en Ampères.

ΔT : le temps nécessaire pour l'opération en secondes

n_{Cl_2} : le nombre de mole de dichlore formé

II.1.2. Colonne de garnissage

C'est un circuit fermé de la solution liquide de la soude caustique, qui circule tout en ayant contact avec le gaz dichlore remontant la colonne, ainsi l'effet de garnissage se produit.

Les éléments qui constituent le circuit de garnissage :

Une colonne vertical formée par un tube de diamètre 110mm et de hauteur 1500mm

Une pompe électrique 220v de 30 watts pour faire circuler le liquide et le faire injecter le haut la colonne pour qu'il rentre en descendant en contact avec le gaz montant. [6]

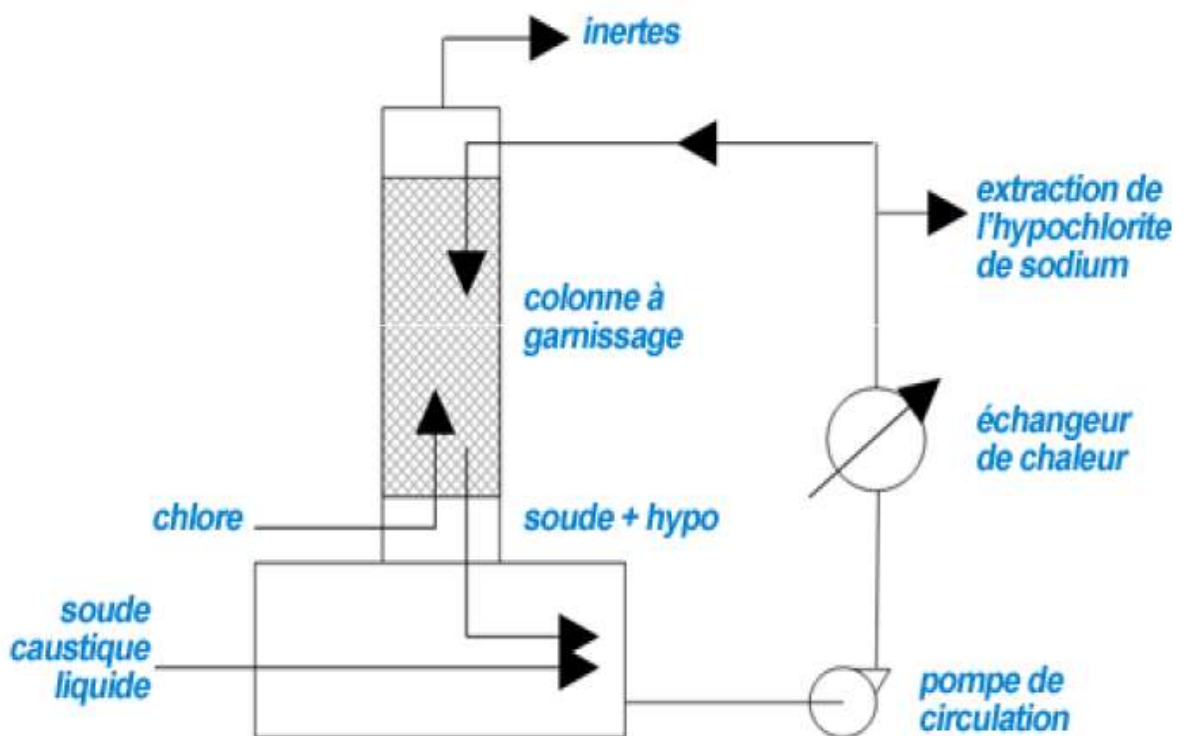
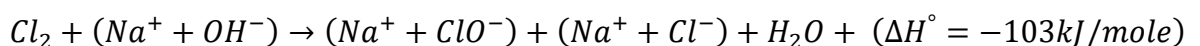


Figure 5: Colonne de Garnissage

II.2.3. Système de refroidissement

La réaction de garnissage est une réaction exothermique qui génère de la chaleur. S'effectue qui produit **103 kJ/mole** de chaleur selon l'équation de la réaction chimique suivante



Cette quantité de chaleur doit être extraite du fluide en circulation dans la colonne de garnissage par un échangeur de chaleur pour éviter l'augmentation de sa température. Par ailleurs si la température du fluide en circulation dépasse les 70 degrés Celsius on produira de l'hypochlorate ($\text{Na}^+ \text{ClO}_2^-$) de sodium au lieu de l'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+ \text{ClO}^-$) qui est la forme du chlore actif dans l'eau de javel a pH supérieur à 7.5

Le refroidissement est effectué afin de limiter la dis-mutation parasite des ions hypochlorites en ions chlorates ClO_2^- et chlorure Cl^-

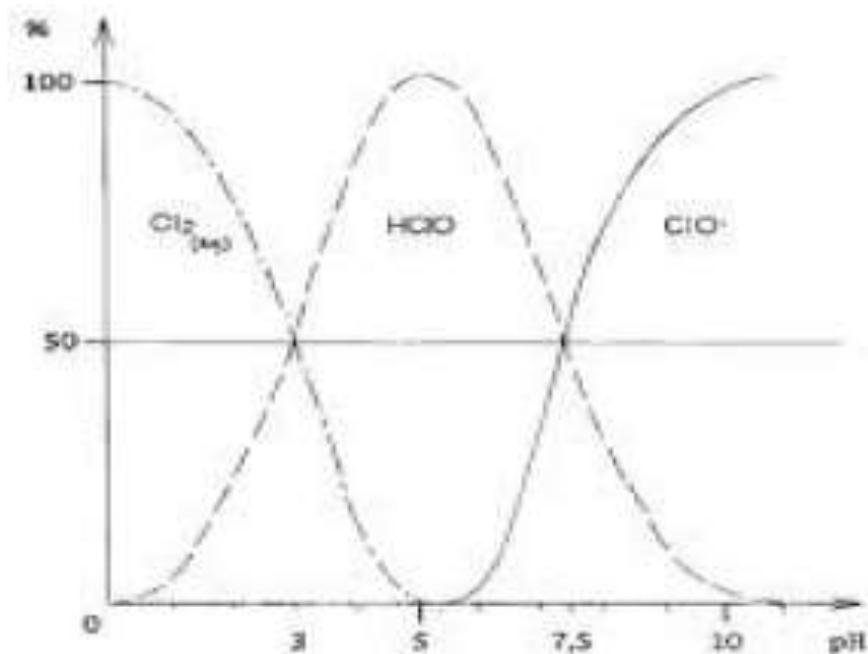
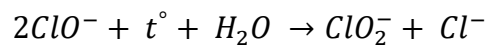


Figure 6: Forme du chlore actif suivant le pH de l'eau de Javel

L'eau de Javel reste une solution aqueuse d'hypochlorite ClO^- et de chlorure de sodium NaCl , en présence d'un excès de soude NaOH . Sa composition varie en fonction du pH d'utilisation et du temps écoulé depuis sa fabrication. En fonction de sa concentration elle se présente sous forme de concentré de Javel ou d'eau de Javel proprement dite.

Son principe actif est, selon le pH :

***) l'ion hypochlorite ClO^- : pH > 7,5**

*****) l'acide hypochloreux HClO ; 3,5 > pH > 7,5**

******) le dichlore Cl_2 pH < 3,5**

II.2. La Méthode utilisée pour la production de l'eau de Javel:

Le type de procédé utilisé est le procédé par diaphragme, ce procédé permet d'obtenir du gaz dichlore et de la soude caustique NaOH a plusieurs concentrations, et une soude caustique jusqu'à 20%, et ceci suivant le débit de la nouvelle saumure injecter dans le système.

La colonne de garnissage permet une capacite de 5 litres par batch, alors la production se fera par batch de 5 litres, néanmoins suivant le débit de la saumure injecter on peut exécuter plusieurs variantes de fonctionnement, on sélectionne 2 variantes :

Varriate1 : Le procédé de Javel sans salinité par dissolution du Cl₂ dans une solution aqueuse NaOH à 4 % mixer neuve par l'eau et de la soude caustique uniquement. L'eau de Javel obtenue est à 3.6 % de chlore actif. (12 deg Chl), qui peut être commercialiser dans son état.

Varriate2 : Le procédé de Javel avec salinité non nul par dissolution du Cl₂ dans une solution aqueuse NaOH à 4 %, récupérer la production précédente L'eau de Javel obtenue est à 3.6 % de chlore actif. (12 deg Chl), qui peut être commercialiser dans son état comme de l'eau de Javel a 12 deg Chl mais pour des usages non domestiques en eau potable sous peur de changer le gout de l'eau, ainsi que les usages des lessives qui perd leur rendement ne milieux salins.

II.3. Les équipements utilisés dans le processus :

Le générateur de l'eau de javel est en réalité un générateur d'hypochlorite de sodium dans une solution aqueuse basic, cet objectif peut être atteint pas un montage en deux parties, une partie générateur électrolyse et une partie colonne de garnissage.

En utilisant les composant disponible dans le commerce local, ont pu faire un montage permettant de produire une eau de javel de qualité mesurable.

II.3.1. Le générateur

Qui se compose ;

1.1 Générateur courant continue



Figure 7: Générateur courant continue

Le générateur employé est utilisé généralement pour le soudage à l'arc électrique MAA, avec une carte électronique à base de thyristor pour la régulation et le redressement en courant continu.

1.2. Câble d'alimentation :



Figure 8: Câble d'alimentation

Pour faire transmettre l'Energie électrique produite par le générateur vers le bac d'électrolyte, on utilise des câbles adéquats pour permettre un fonctionnement sûr tout en véhiculant le courant à grande intensité qui est de l'ordre de 50 à 150 ampères.

Pour cela on utilise un câble souple d'une âme en cuivre de diamètre de 10mm.

Les embouts du câble sont dotés des duits qui sont fixés deux sur le bac et deux sur générateur de courant pour permettre un très bon contact et par conséquent une très bonne transmission du courant à grande intensité sans problèmes.

1.3. le bac d'électrolyse :



Figure 9 Bac d'électrolyse avec son couvercle

L'objectif de cet élément est de faire transmettre du courant à la saumure pour faire générer le gaz nécessaire pour la colonne de garnissage pour produire l'hypochlorite de sodium.

Pour cela un bac carré de 5 à 10 litres est utilisé, procédant une fermeture hermétique et sa matière en plastique peut supporter la légère élévation de la solution électrolyse suite au passage du courant électrique dans la solution.

Le bac est doté de deux électrodes, une anode et une cathode, de préférence de matériaux de qualité pour résister au plus longtemps la dégradation imposée par les réactions chimiques d'oxyde réduction.

Pour la cathode des plaques en acier inoxydable sont utilisées, en nombre de 8 plaques juxtaposées l'une près de l'autre espace par 10 mm

La surface de contact des 8 plaques totalise une superficie de 0.25m^2 chaque une.

Pour l'anode des barres en Carbone sont utilisées pour minimiser l'action corrosive des gaz nocifs libérés.

Pour faire véhiculer les gaz échappés de l'anode la cathode on utilise des embouts au couvercle du bac, bien fixés à deux cloches en plastique englobant les électrodes une pour chacune, l'anode et la cathode.



Figure 10 : Les électrodes d'électrolyse

1.4. Le bac de circulation de saumure :

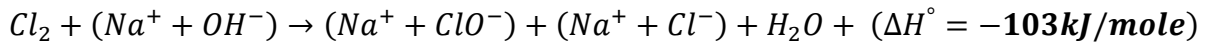
Pour réaliser le processus par diaphragme, il faut avoir une circulation de la saumure en la faisant introduire du côté de l'anode où le gaz dichlore est produit et en récupérant l'excès du côté de la cathode où l'hydrogène est libéré et la soude caustique est produite.

Le débit de circulation détermine la concentration de la solution en soude caustique récupérée. Un débit de 5 litres en 5.8 heures permet d'obtenir une saumure de 4% en soude caustique.

II.3.2 Colonne de Garnissage

Le principe de fonctionnement de la colonne est le croisement en contrecourant du liquide descendant avec le gaz ascendant, dans un récipient de hauteur suffisante pour assurer un mélange des deux éléments, pour améliorer la qualité on utilise des étages intermédiaires.

La colonne de garnissage c'est un réacteur où se produit la réaction chimique suivante :



C'est une réaction exothermique, et vu que la réaction impose une limite de température pour maintenir la production du produit désiré, il faut prévoir un piquage vers un radiateur de refroidissement ou une tour de refroidissement selon cadence production.

Dans notre cas ou le cas de production intermittente à petite quantité, une quantité de glace ajoutée initialement permet de maintenir la température du mélange inférieure à 70 degrés toute la période de garnissage, ou des fois seulement la température initiale permet de mener sans que la température finale ne dépasse les 70 degrés, seuil de formation des chlorates au lieu des hypochlorites.

La chaleur latente de la fusion de la glace étant de 334 kJ/kg cela veut dire qu'un kilo de glace permet d'absorber la quantité de chaleur libérée par 3 moles d'hypochlorite de sodium à raison de 103 kJ/mole.

Pour des petites quantités de production intermittente, on utilise de la glace pour compenser la quantité de chaleur produite par la réaction chimique de la soude avec le chlore.



Figure 11: Colonne de Garnissage de l'eau de Javel

Les éléments de la colonne de Garnissage :

2.1 La pompe de Circulation



Figure 12: Pompe de circulation de la colonne 30watts a 26 l/min

2.2 La tête de la colonne



Figure 13 Tete de la colonne de l'intérieur



Figure 14: Tête de la colonne de l'extérieur

2.3 Les vanne de récupération de javel



Figure 15: Bas de la colonne et vanne de récupération de Javel

2.4 Les éléments de tuyauterie



Figure 16: Les éléments en plastique blanc utilisés

II.4. Mise en marche du générateur de l'eau de Javel :

Le but de cette manipulation est de produire une eau de Javel utilisable, c'est possible par les manipulations suivantes :

II.4.1. Production de l'eau de Javel concentré à 12 degrés

Cette manipulation a pour objectif de préparer 5 Litre l'eau de Javel a 12 deg Chl, on peut le faire en deux variantes :

Varriante-1 : l'eau de Javel a 12 deg Chl a salinité nulle :

- On utilise de la saumure en NaOH sans sel NaCl, on prépare 5 Litre de saumure NaOH a 4%, sa nécessite environ 200 g de soude caustique.

Varriante-2 l'eau de Javel a 12 deg Chl avec salinité non nulle :

- On utilise de la saumure en NaOH qui contient du sel NaCl, récupérer à partir de la circulation de la saumure dans le bac de l'électrolyse pendant le temps de fonctionnement du cycle précédent, le débit déterminera la concentration de la saumure récupérer, pour la production envisage la concentration en NaOH doit être 4%, qui peut être réalisée en maintenant un débit de circulation de la saumure NaCl de 5 litre pendant 5.8 heures, on récupère la saumure riche en NaOH de 4% suffisante pour fabriquer l'eau de javel a 12 deg Chl.

Les autres étapes sont identiques pour les deux variantes

- On a besoin de produire la quantité de 5litre x 12degChl = 60 litre du gaz de dichlore, pour la chloration dans la colonne de garnissage, pour cela on prépare 5 Litre de saumure de chlorure de sodium saturée en utilisant 5 litres d'eau et 1.25 kg de sel de chlorure de sodium, mise dans le bac d'électrolyse et une même quantité mise dans le bac de régénération, à faire introduire dans le bac principal cote de l'anode où l'électrode produisant le dichlore, et en récupérant cette saumure riche en NaOH vers un autre bac de 5 litre, par le piquage près de la cathode ou la production des ions OH⁻ en dégageant de l'hydrogène, par conséquent le NaOH.

- On fait passer le courant continue pour produire 60 litres du gaz dichlore Cl₂, [2]

- le courant pour produire $\frac{60 \text{ litre de } Cl_2}{22.4 \frac{\text{litre}}{\text{mole}}} = 2.7 \text{ mole de } Cl_2$

- l'équivalent gramme du chlore est de 2, cela veut dire que pour former une mole de Cl_2 il faut deux moles d'électrons : $2 \times 2.7 \text{ mole} = 5.4 \text{ moles d'électrons}$

-le courant pour produire $5.4 \times 6.023 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs} = 521\,046 \text{ coulombs}$

-le temps nécessaire pour un courant de 25 Ampère pour faire disponible les coulombs nécessaire pour produire les 60 litres de Cl_2 est de $\frac{521\,046}{25 \times 3600} = 5.8 \text{ heures}$

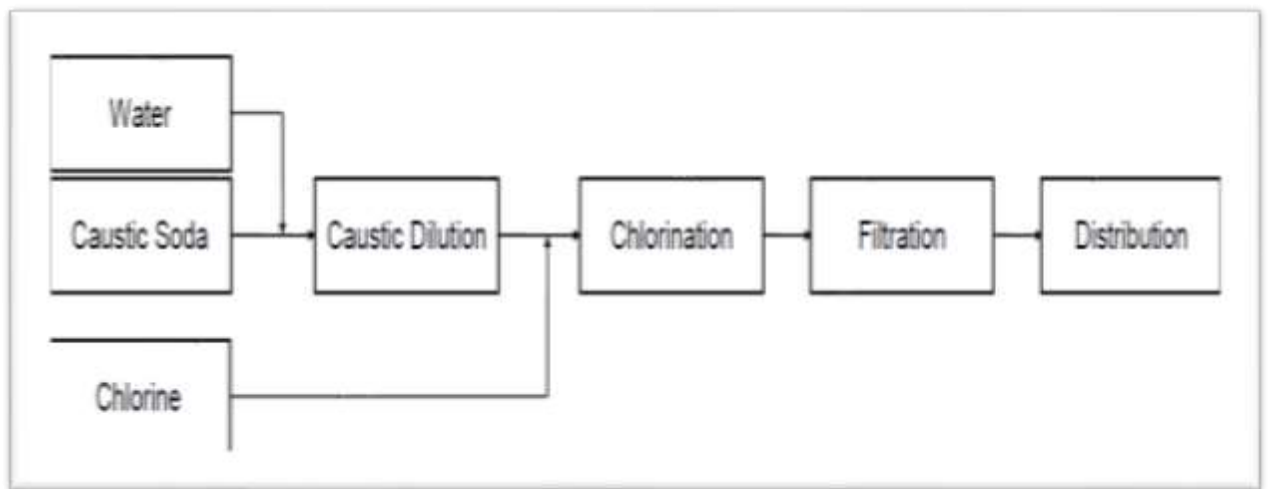


Figure 17: Processus de chloration

II.4.2. La quantité de chaleurs dans le bac de l'électrolyse

Durant le temps de l'électrolyse l'effet joule de la puissance échangée fait augmenter la chaleur sensible de la saumure dans le bac de l'électrolyse mais reste en dessous de la température de l'évaporation, une vérification rapide permet de le confirmer :

Le courant de l'électrolyse de 25 ampères se propage dans la solution par une tension de 40 volt mesurée entre l'anode et la cathode, cela fait une puissance de 100 watts comme effet joule au va réchauffer la saumure, au bout de temps de l'électrolyse de 5.8 heures, une quantité de chaleur sera de $5.8 \times 100 \times 3600 = 2\,088 \text{ kJ}$

Sachant que la chaleur sensible de l'eau est de 4.18 kJ/kg pour un degré Celsius, et sachant que les deux bacs contiennent en total 10 kg d'eau, alors la température $\frac{2\ 088}{4.18 \times 10} = 50\ degC$

La température de la saumure augmentera de 50 degré durant le processus, en supposant la température initiale est de 20 degré Celsius, a température finale sera de 70 degré Celsius, et ceci sans prise en compte des déperditions de la chaleur vers l'environnement sont nul, or ce n'est pas le cas en réalité, alors la température finale sera éventuellement inférieur a 70 deg Celsius, celui déjà loin de la température de l'évaporation. Qui est 100 deg Celsius.

II.4.3.La quantité de chaleurs dans la colonne de garnissage

Pendant l'absorption des 60 litres de chlore, ou les 10.7 moles de Cl₂ une production de 103 kJ/mole sa fait 1102 kJ,

Sachant que la chaleur sensible de l'eau est de 4.18 kJ/kg pour un degré Celsius, et sachant que la colonne contient 5 kg de saumure de soude caustique de 4%,

Alors la température $\frac{1102}{4.18 \times 5} = 50\ degC$

La température de la saumure de soude caustique augmentera de 50 degré durant le processus, en supposant la température initiale est de 20 degré Celsius, a température finale sera de 70 degré Celsius, et ceci sans prise en compte des déperdition de la chaleur vers l'environnement sont nul, or c'est pas le cas en réalité, alors la température finale sera éventuellement inférieur a 70 deg Celsius, et 70 deg Celsius c'est la limite de la formation des hypochlorite, au-delà le chlorate de sodium se formeront, alors on peut conclure que le fonctionnement de la colonne de garnissage est sure, pour la production des hypochlorite de sodium uniquement.

CHAPITRE III

Analyse

Expérimentale au

laboratoire

CHAPITRE III Analyse Expérimentale au laboratoire

III.1. Protocole de titrage de l'eau de Javel :

La mesure de la teneur en chlore actif est très importante pour un fabricant, un préparateur ou un conditionneur d'Eau ou de Concentré de Javel, puisque la législation le rend responsable de la concentration des produits qu'il met sur le marché.

Il doit être en mesure de vérifier lui-même la teneur en chlore actif d'autant plus que l'Eau de Javel et surtout le Concentré de Javel sont, dans une certaine mesure, des produits instables qui, s'ils sont mal conservés ou s'ils sont exposés au soleil ou à la chaleur, risquent de perdre une partie de leur pouvoir actif. Cette vérification est faite par une méthode d'analyse chimique décrite ci-après

III.1.1. - Objet :

Le but de ces déterminations est la recherche d'informations analytiques permettant de présumer du mode de fabrication des Eaux et Concentrés de Javel et de juger à tous les stades, depuis la fabrication jusqu'à la commercialisation au détail, de l'importance du phénomène de rétrogradation ou des fraudes éventuelles.

Ce dispositif repose sur la détermination de la densité, ainsi que sur les dosages du "chlore actif" et du "chlore total" au moment du contrôle.

III.1.2. - Définitions :

On entend par "chlore actif" (c.a.) (available chlorine) la somme des ions ClO^- et des gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau (solution assez concentrée et alcaline).

On entend par "chlore total" (c.t.) l'ensemble des atomes de chlore en solution dans les Eaux et Concentrés de Javel sous forme :

- d'acide hypochloreux : HOCl
- d'hypochlorite : ClO^-
- de chlorure : Cl^-
- de chlorite : ClO_2

- de chlorate : ClO_3

La teneur en chlore actif (c.a.) peut être exprimée :

- en pourcentage (poids/poids : p/p)
- en gramme par litre (poids/volume : p/v).

III.1.2. Définitions de l'oxydo-réduction :

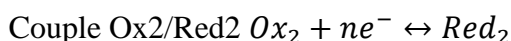
L'oxydation est une réaction qui correspond à une perte d'électron, on appelle également deelectronation

La réduction c'est le phénomène inverse de l'oxydation, elle correspond à un gain d'électrons ou une electronation

L'oxydant c'est le corps susceptible de fixe des électrons

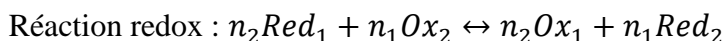
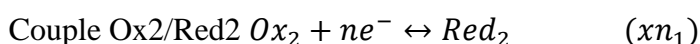
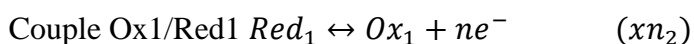
Le réducteur c'est le corps susceptible de libérer des électrons

Le couple oxydo-réduction A tout oxydant on peut associer un réducteur et inversement. On ne parlera pas d'oxydant ou de réducteur mais de couple redox Ox/Red, l'oxydant et le réducteur sont reliés par l'équilibre chimique, cet équilibre chimique est appelé demi équation redox.



L'oxydo-réduction c'est une réaction de transfert ou d'échange d'électrons, en effet, tout comme les protons, les électrons à l'état libre, en solution aqueuse, pour que la forme réduite Red1 d'un couple Ox1/Red1 puisse libérer des électrons, il faut qu'elle soit en présence de la forme oxydée Ox2 d'un autre couple Ox2/Red2 capable de les fixés.

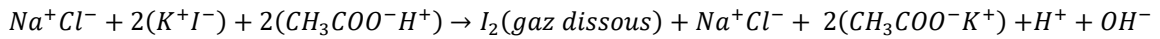
Une réaction redox met en jeu deux couple redox et correspond à deux demi équation redox »



Remarque : les électrons ne pas apparaitre dans l'équation globale

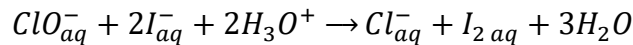
III.2. Détermination de la teneur en chlore actif – principe

Oxydation de l'iodure de potassium en milieu acide et titration de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium 0,1 N



Dosage ou titrage redox, il s'effectue en deux étapes, en dosant directement les ions ClO_{aq}^-

La première étape : les ions hypochlorite ClO_{aq}^- contenus dans l'eau de Javel sont réduits par une solution aqueuse d'iodure de potassium (KI) en milieu acide avec la présence des ions (H_3O^+) suivant la relation redox :



Ceci est reflétée par les 4 étapes de la Préparation de la solution à titrer en sous-dessous.

Le bilan des composants de cette réaction au temps $t=0s$ et a $t=T_{fin}$

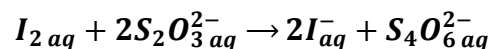
	ClO_{aq}^-	+	$2I_{aq}^-$	\rightarrow	Cl_{aq}^-	$I_{2\ aq}$
$t=0s$	$n_{ClO_{aq}^-}$		n_{I^-}		0	0
$t=T_{fin}$	0		$n_{I^-} - 2n_{ClO_{aq}^-}$		n_{Cl^-}	n_{I_2}

Les couples redox mis en jeu dans cette réaction sont : ClO^- / Cl^- et I_2 / I^-

D'après cette équation chimique on constate que le nombre de moles (I_2) formée est égale au nombre de moles ClO^- contenu dans la prise d'essai de (10 ml)

$$n_{I_2} = n_{ClO^-}$$

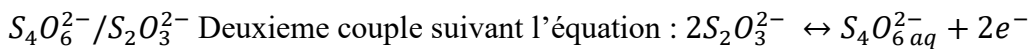
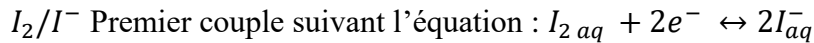
La deuxième étape : l'iode ($I_{2\ aq}$) formé lors de la première étape est dosé par une solution aqueuse de concentration M/10 suivant la réaction suivante, cette réaction s'effectue lors de l'ajout de Thiosulfate de sodium commence depuis la fin de préparation de l'échantillon jusqu'à la fin de titrage.



Le bilan des composants de cette réaction au temps $t=0s$ et a $t=T_{fin}$

	$I_2 aq$	+	$2S_2O_3^{2-} aq$	→	$2I_{aq}^-$	$S_4O_6^{2-} aq$
t=0s	n_{I_2}		$n_{S_2O_3^{2-}}$		0	0
t=T _{fin}	0		0		n_{I^-}	$n_{S_4O_6^{2-}}$

Les couples mis en jeu ;



D'après l'équation redox globale on a le nombre de moles de ($S_2O_3^{2-}$) utilisés lors du dosage est égal à deux fois le nombre de moles de (I_2) dosé, soit formé durant la première étape d'où

$$n_{S_2O_3^{2-}} = 2n_{I_2}$$

A partir des conclusions des deux étapes on a

$$n_{S_2O_3^{2-}} = 2n_{I_2} = 2n_{ClO^-} \text{ Alors } n_{ClO^-} = \frac{1}{2}n_{S_2O_3^{2-}}$$

A la fin de dosage

$$n_{S_2O_3^{2-}} = (C_{S_2O_3^{2-}})(V_{S_2O_3^{2-}})$$

D'après la réaction de fabrication de l'eau de Javel

$$n_{ClO^-} = n_{Cl_2} \text{ Avec } n_{ClO^-} = n_{I_2}$$

Concentration molaire en ClO^- de la solution S'

$$C' = \frac{v}{V} n_{ClO^-} \text{ mol/l}$$

$$C' = \frac{v}{V} \frac{1}{2} (C_{S_2O_3^{2-}})(V_{S_2O_3^{2-}}) \text{ mol/l}$$

Concentration molaire en ClO^- de la solution S

$$C = \frac{V}{v} C' = \frac{1}{2} (C_{S_2O_3^{2-}})(V_{S_2O_3^{2-}}) \text{ mol/l}$$

Cette concentration est la même de celle du gaz dichlore Cl_2 avec celle-ci on peut déterminer le degré chlorométrique de l'eau de Javel dosé :

$$^{\circ}Chl = 22.4 C_{Cl_2} = 22.4 \frac{1}{2} (C_{S_2O_3^{2-}} \times V_{S_2O_3^{2-}})$$

III.2.1. Réactifs

- Acide chlorhydrique – HCl a 1mol/l
- Iodure de potassium pur – KI a 0.1 mol/l
- Thiosulfate de sodium – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0.1 mol/l
- Solution d'amidon soluble à 10 grammes par litre
- Eau distillée ou de pureté équivalente

III.2.2. Appareillage :

Il est recommandé d'utiliser de la verrerie de grande précision :

- trois pipettes de précision de 10 ml
- une fiole jaugée de 100 ml
- un erlenmeyer (ou un bécher) de 200 ml
- une burette de 25 ml graduée au 1/10e

III.2.3. Mode opératoire :

Dilution des échantillons

Diluer un volume v de l'échantillon d'Eau ou de Concentré de Javel dans une fiole jaugée de volume V , dans la fiole jaugée de 100 ml, ajouter un volume v de 10 ml d'Eau de Javel à 2,6 % c.a. et compléter à 100 ml (V) avec de l'eau distillée.[5]

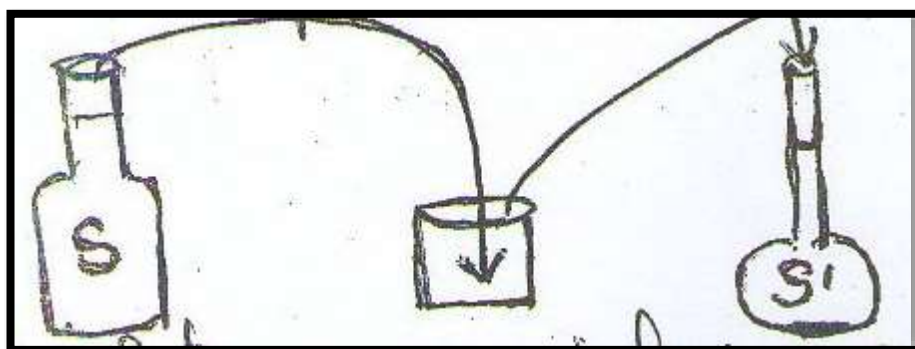


Figure 18: Dilution de la solution à titrer

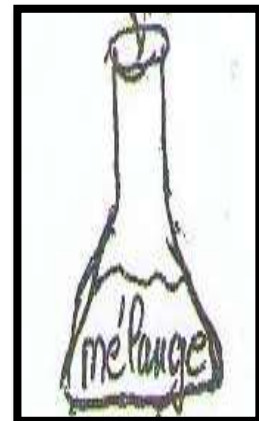
S : Solution a titré de concentration C

S' : solution diluée de concentration C' avec $C'=C/0$

Préparation de la solution à titrer

Introduire dans l'erenmeyer de 200 ml dans l'ordre suivant :

- 10 ml de la dilution effectuée en haut avec une pipette de précision de 10 ml.
- environ 20 ml de la solution d'iodure de potassium (ou environ 1 gramme en poudre).
- environ 10 ml d'acide chlorhydrique 1 mol/l,
- environ 50 ml d'eau distiller,



Bien mélanger.

Figure 19: Titrage Première Etape

Titration

Parmi les équipements laboratoire utilisés, la burette en vers pour le titrage au Thiosulfate de sodium qui est décrite ci-dessous ; [1]

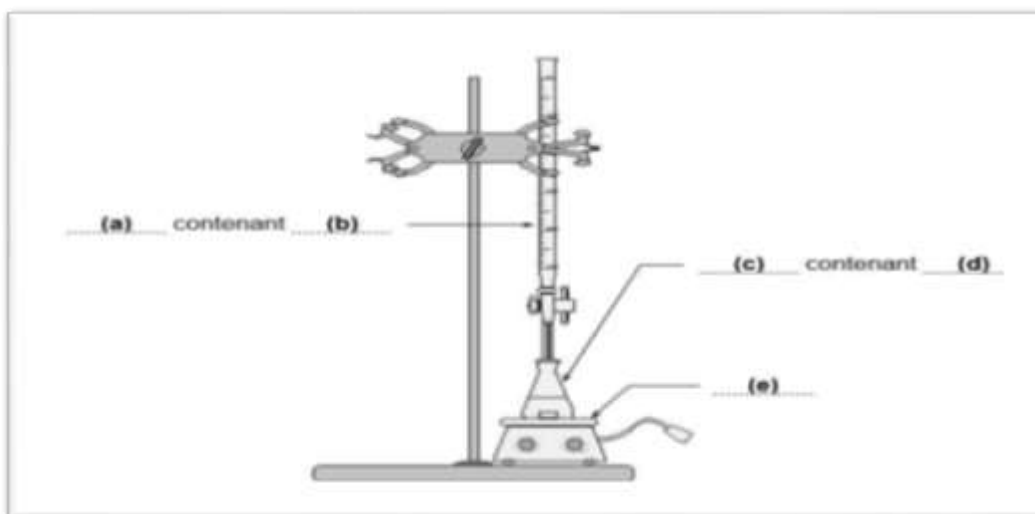


Figure 20: Burette de titrage au Thiosulfate de sodium

- (a) : burette
 (b) : thiosulfate de sodium $[2\text{Na}^+ \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})] = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$
 (c) : erlenmeyer
 (d) : volume V' de S' + 20 mL d'iodure de potassium $[\text{I}^-(\text{aq})]=0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ + 10 ml d'acide hydrochlorique + Amidon
 (e) : agitateur magnétique

Avant de commencer il faut attendre deux minutes, Au début de titrage la couleur continue : jaune foncé puis titrer par la solution de thiosulfate M/10 jusqu'à la transformation de la coloration brune en coloration jaune pâle jusqu'à décoloration complète.

Note : Pour améliorer la visualisation du point final, ajouter 2 à 3 ml de la solution d'amidon avant la disparition totale de la coloration jaune. Une coloration bleue apparaît. Poursuivre le titrage par la solution de thiosulfate M/10 jusqu'à la disparition complète de la coloration bleue. [5]

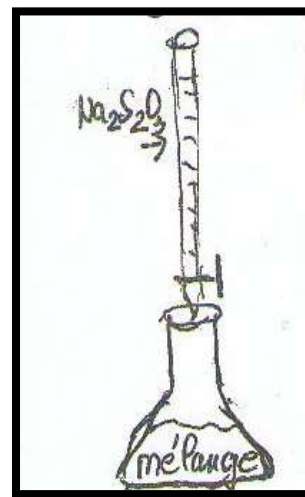


Figure 21: Titrage deuxième Etape

Expression des résultats de l'essai :

Le titre d'une eau de Javel exprimée en % : correspond au pourcentage de chlore actif (c.a.), il représente la masse de dichlore (Cl_2) produite par 100g d'eau de Javel.

Le titre d'une eau de Javel exprimée en degré chlorométrique ($^{\circ}\text{Chl}$) est exprimée en litres il correspond au volume de chlore gazeux (Cl_2) dans les conditions normales de pression et température.

Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essais de laboratoire mentionnera en outre de la teneur en chlore actif

- la densité à 20 ° C
- la teneur en chlore actif
- la teneur en chlore total (par le protocole de nitrate d'argent).
- la différence entre le chlore total et le chlore actif exprimés en gramme de chlore par litre.

Les unités de mesure de la chlorométrie

Le degré chlorométrique ($^{\circ}\text{Chl}$): Donne le pouvoir oxydant d'un litre d'eau de javel, à 20°C, exprimé en litres de dichlore gazeux sous 1 bar et à 0°C.

Le % de chlore actif : Au niveau international, a été retenue cette définition, anglo-saxonne, du titre d'une eau de javel

III.3. Préparations des réactifs et solutions de titrage

La chimie des solutions fait partie de notre quotidien, de fait de sa prédominance naturelle, l'eau est le solvant de base pour réaliser des réactions chimiques.

Le contrôle qualité des produits à usage domestique est l'un des domaines les plus importants de l'application de la chimie des solutions aux procédés industriels.

Le but de bien préparer une solution de titrage est de maîtriser comment maintenir des solutions à des concentrations précises, tout en sachant la marge d'erreur qui peut être induite systématiquement.

III.3.1. Quelques définitions de la chimie des solutions :

Une solution : Est un mélange liquide homogène des molécules d'un liquide (solvant) et d'un solide (soluté), d'un gaz, d'un autre liquide dans les proportions variables et sans qu'il y ait une réaction chimique. Solution = Soluté + Solvant.

Un solvant : Est une substance liquide qui dissout (absorbe) d'autres substances

Un soluté : Nous avons un liquide constitué par la dissolution d'une substance dans un solvant.

Le soluté est cette substance dissoute. Donc est un corps dissout.

La concentration massique (Titre massique T [$g \cdot L^{-1}$]) : C'est le rapport de la masse (m) de composé X contenu dans un certain volume de solution (V) divisée par ce volume de solution (V). La masse est exprimée en kg ou en g et le volume souvent exprimé en L et parfois en m^3 . La concentration massique.

$$T = \frac{m_{\text{Soluté}}}{V} [g \cdot L^{-1}]$$

La concentration molaire (Molarité C_M [$mol \cdot L^{-1}$]) : C'est le rapport de la quantité de matière (n) de X exprimée en mol contenue dans un certain volume (V) de solution divisée par ce volume (V) de solution exprimée en litre L. La concentration molaire a donc pour unité la $mol \cdot L^{-1}$. La concentration molaire est souvent également appelée Molarité.

$$C_M = \frac{n_{\text{Soluté}}}{V} [mol \cdot L^{-1}]$$

La concentration normale (Normalité C_N [$éq_{gr} \cdot L^{-1}$]) : C'est le nombre d'équivalent gramme de soluté ($n_{\text{éq}_{gr}}$) contenu dans un litre de solution (V)

$$C_N = \frac{n_{\text{éq}_{gr}}}{V} [éq_{gr} \cdot L^{-1}]$$

Le nombre d'équivalent gramme c'est la masse de soluté (m) divisée par l'équivalent gramme (éq_{gr}).

$$n \text{ eq}_{gr} = \frac{m_{\text{soluté}}}{\text{eq}_{gr}} [\text{eq}_{gr}]$$

$$C_N = \frac{m_{\text{soluté}}}{\text{eq}_{gr} V} [\text{eq}_{gr} \cdot L^{-1}]$$

D'une manière générale, l'équivalent gramme des composés chimiques différents :

$$\text{L'équivalent gramme des acides : } \text{eq}_{gr} \text{acide} = \frac{M_{\text{acide}}}{n_{\text{atome}}^{(H)}} [\text{eq}_{gr}]$$

$$\text{L'équivalent gramme des bases : } \text{eq}_{gr} \text{base} = \frac{M_{\text{acide}}}{n_{\text{atome}}^{(OH)}} [\text{eq}_{gr}]$$

$$\text{L'équivalent gramme des sels : } \text{eq}_{gr} \text{sel} = \frac{M_{\text{acide}}}{n_{\text{atome}}^{(metal)} \cdot N_{O}^{(metal)}} [\text{eq}_{gr}]$$

Le pourcentage en masse (Fraction massique %C [%]) : C'est le rapport de la masse de composé X (m_{soluté}) contenu dans un certain volume de solution divisée par la masse de ce volume de solution (m_{solution}).

$$\%C = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \times 100 [\%]$$

La fraction molaire : C'est le rapport de la quantité de matière X (n_{soluté}) contenue dans un certain volume de solution divisée par la somme des quantités de matière de tous les constituants présents dans ce volume de solution (n_{solution}).

$$\%C = \frac{n_{\text{soluté}}}{n_{\text{solution}}} \times 100 [\%]$$

III.3.2. Méthode de préparation des solutions par dissolution des composés solide

Le composé chimique solide doit être préalablement pesé avec une balance de précision, soit dans un sabot de pesée, soit dans un petit bécher, Si un bêcheur est utilisé on utilise un entonnoir pour verser son contenu dans la fiole.

Avant d'introduire le solide dans la fiole il faut par précaution la rincer avec de l'eau distillée.

En prenant garde à bien récupérer tout le solide qui a été pesé, c'est pourquoi il faut entraîner soigneusement tout le contenu du sabot de pesée avec de l'eau distillée : on récupère ainsi le solide et les eaux de rinçage dans la fiole, le rinçage doit être très soigneux pour récupérer la totalité du solide.

On ne remplit pas complètement la fiole avec de l'eau distillée dans le premier temps afin de pouvoir agiter efficacement jusqu'à la dissolution complète du solide.

On veille à ce que ne mette pas en contact l'embout de la pissette ni avec la verrerie ni avec les solutions, ceci afin de ne pas contaminer la pissette.

Avant de continuer à remplir la fiole on vérifie que la solution est revenue à température ambiante car certaines dissolutions peuvent provoquer une diminution ou une augmentation de température alors que la fiole est calibrée pour un volume mesuré à 25°C. On continue le remplissage avec de l'eau distillée et ajuster soigneusement le niveau de liquide au trait de jauge.

Enfin la fiole doit être bouchée puis retournée afin d'homogénéiser la solution et la solution ainsi préparée est stockée dans un flacon étiqueté.[1]

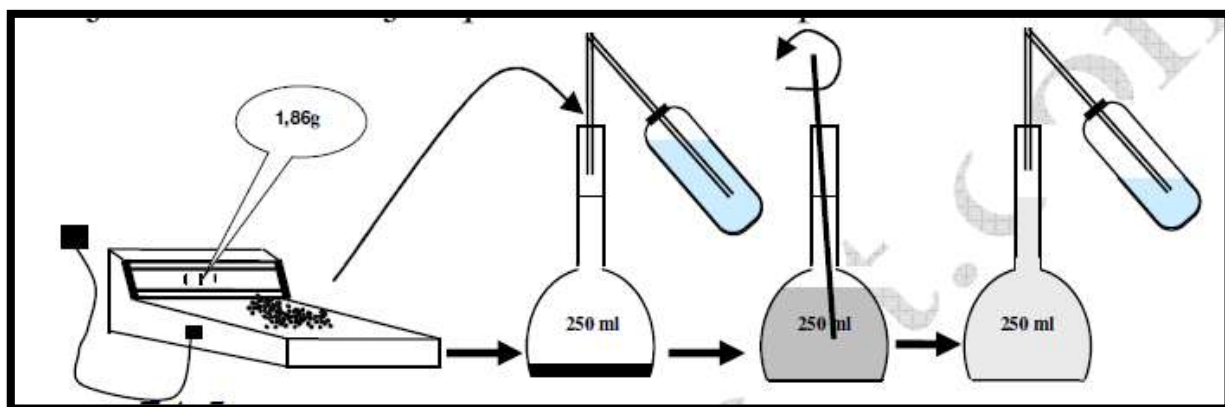


Figure 22: Etapes de préparation des solutions



III.3.3. Préparation de Iodure de potassium pur – KI a 0.1 mol/l

Pour préparer 100 ml (0,1L) de solution 0,1 mol/l à partir de la poudre solide et de l'eau. D'abord nous avons calculés la masse de la poudre et le volume de l'eau nécessaires, on pèse cette quantité sur une balance, on met le quantitativement dans une fiole jaugée et y verser l'eau jusqu'à la moitié de fiole, pour faire le dissoudre dans l'eau on agite le contenu de la fiole, ensuite on ajoute de l'eau jusqu'à le trait de repère.

On utilise une fiole de 100ml

La masse molaire du KI est de 166.0028 g/mol, c'est la quantité nécessaire pour préparer un litre a une normalité 1.

Pour 100 ml et 0.1 mol/l on devise cette quantité par 100, alors pour 100 ml de solution a 0.1 mol/l on a besoin de 1.66 g de KI.

	
<p><i>Figure 23: Solution KI 0.1M</i></p>	<p><i>Figure 24: KI en poudre</i></p>

III.3.4. Préparation de Thiosulfate de sodium – Na₂S₂O₃ a 0.1 mol/l

Pour préparer 100 ml (0,1L) de solution 0,1 mol/l à partir de la poudre solide et de l'eau. D'abord nous avons calculés la masse de la poudre

La masse molaire du Na₂S₂O₃ est de 158.11 g/mol, c'est la quantité nécessaire pour préparer un litre a une normalité 1.

Pour 100 ml et 0.1 mol/l on devise cette quantité par 100, alors pour 100 ml de solution a 0.1 mol/l on a raison de 1.58 g de Thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃.

On utilise une fiole de 100ml, on verse cette quantité dans la fiole à moitié plein de l'eau distillé, on agite bien le contenu, puis on remplit la fiole par de l'eau jusqu'au trait repère.



Figure 25: Solution Thiosulfate 0.1M



Figure 26: Thiosulfate en poudre

III.3.5. Préparation de Solution d'amidon soluble à 10 grammes par litre

On ajoute un gramme d'amidon a 100 ml d'eau distillé, en ébullition pour 10 minute avec agitation, pour un maximum de mixture, laisser refroidir, puis laisse repose pour une meilleure homogénéisation,

On obtient un liquide ambre.



Figure 27: Solution Amidon 1%



Figure 28: Amidon en poudre

III.3.6. Préparation de Acide chlorhydrique – HCl a 1mol/l

Pour préparer 100 ml de solution à 1 N de HCl à partir de la solution à 12 N et de l'eau. On applique la relation suivante pour calculer le volume de la première solution nécessaire

$$C_{N1}V_1 = C_{N2}V_2$$

$$V_2 = \frac{C_{N1}V_1}{C_{N2}}$$

Pour préparer 100 ml de l'acide hydro chloridrique de normalité 1N, on prend une quantité de cet acide de normalité 12N calculer comme suit :

$$V_2 = \frac{100 \times 1}{12} = 8.33 \text{ ml}$$

On le verse les 8.33 ml de l'acide hydro chloridrique 12N dans une hydro chloridrique fiole de 100ml, puis on replie la fiole par de l'eau distillé jusqu'à 100 ml. On obtient ainsi de l'acide hydro chloridrique a 1N



Figure 29: Préparation de l'acide Acide chlorhydrique a 1Mole/l

III.4. Titrage aux échantillons du commerce :

Dans le but de maîtriser le protocole de titrage de l'eau de javel ainsi que la vérification des réactifs préparer on a opté à faire deux analyses à deux échantillons de l'eau de javel disponible dans le commerce de marque fiable, pour mesure leur degré chlorométrique.

Pour cela on utilise à plan de travail du laboratoire de génie chimie-1 de l'université de Ghardaia, bien équipé pour faire ce test de contrôle de qualité en toute sécurité, avec l'utilisation des équipements de protection individuelle nécessaire, ainsi que le protocole de covid-19.

III.4.1. Titrage échantillon 1 du commerce

En appliquant le Protocole de titrage de l'eau de Javel décrit précédemment au point III-1, dans ses deux étapes 1 et 2.

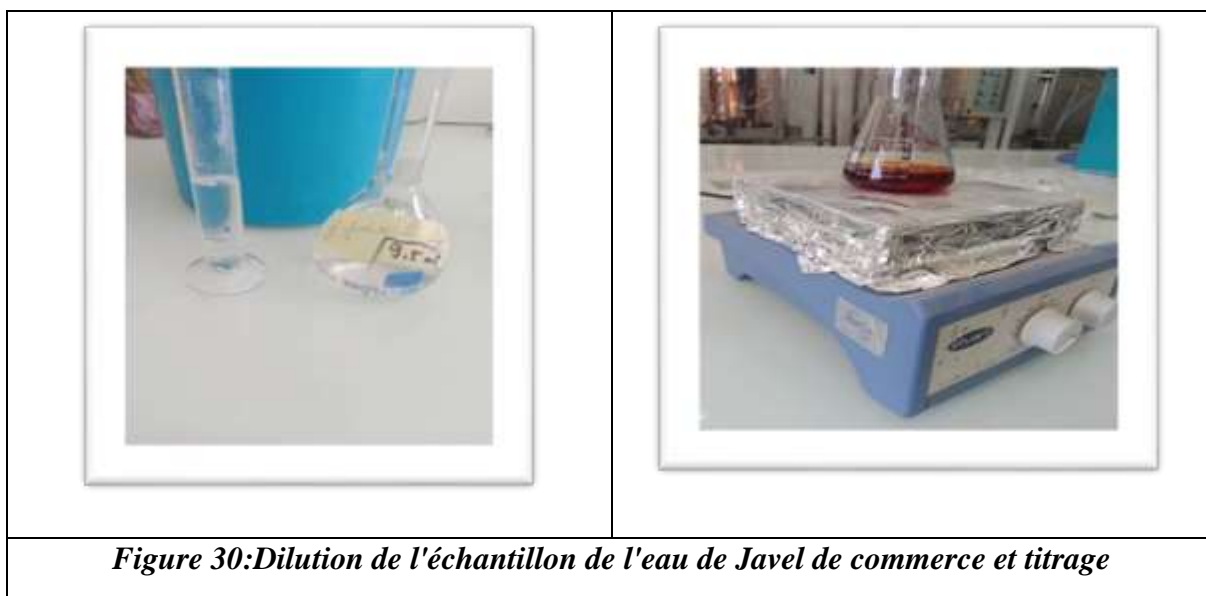


Figure 30: Dilution de l'échantillon de l'eau de Javel de commerce et titrage

On a enregistré les résultats suivants ;

Tableau 5 Résultat de titrage de l'eau de javel du commerce échantillon 1

Volume de Thiosulfate de sodium M/10	9.6 ml
Degré de chlorométrie de l'eau de javel Suivant la formule page 40	$^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (C_{thio} \times V_{thio})$ $^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (0.1 \times 9.6) =$ <p style="text-align: center;">10.8 deg Chl</p>

III.4.2. Titrage Echantillon 2 du commerce

De la même façon, et pour confirmer la maîtrise du Protocole de titrage, on a effectué un deuxième titrage pour un autre échantillon de l'eau de javel de marque bien connu dans le commerce et en appliquant le protocole de titrage en teneur de chlore, on a enregistré un volume de thiosulfate de sodium de :

Tableau 6 Résultat de titrage de l'eau de javel du commerce echatilon 2

Volume de Thiosulfate de sodium M/10	9.8 ml
Degrée de chlorométrie de l'eau de javel Suivant la formule page 40	$^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (C_{thio} \times V_{thio})$ $^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (0.1 \times 9.8) =$ <p style="text-align: center;">11 deg Chl</p>

Remarque :

On peut remarquer une petite différence entre la chlorométrie indiquée sur les emballages des deux échantillons et ceux déterminés expérimentalement, cette différence est de l'ordre de 1 degré. (11 degré au lieu du 12 degré affichée).

Ceci est due peut-être pour à la période de stockage du produit, car plus le stockage est long plus la chlorométrie du produit décline, ou bien à cause des conditions des lieux de fabrication ne sont pas les conditions normales en température (20 °C) et pression (1 bar),

Le volume d'une mole est 22.4 litres en condition normal seulement est dans toutes les conditions de température et de pression.

III.5. Titrage des échantillons obtenus par le générateur

III.5.1. Titrage Echantillon 1 du générateur

On a fait fonctionner le générateur selon la variante 1 décrite dans le point II.4

Après 6 heures de fonctionnement du générateur on a obtenu une solution dont un échantillon était prélevé pour titrage en laboratoire



Figure 31 : Echantillon Variante-1

Tableau 7 Résultat de titrage de l'eau de javel du générateur variante 1

Volume de Thiosulfate de sodium M/10	10 ml
Dégré de chlorométrie de l'eau de javel Suivant la formule page 40	$^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (C_{thio} \times V_{thio})$ $^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (0.1 \times 10) =$ 11.2 deg Chl

III.5.2. Titrage Echantillon 2 du générateur

On a fait fonctionner le générateur selon la variante 2 décrite dans le point II.4

Après 6 heures de fonctionnement du générateur on a obtenu une solution dont un échantillon a été prélevé pour titrage en laboratoire



Figure 32 : Echantillon Variante-2

Tableau 8 Résultat de titrage de l'eau de javel du générateur variante1

Volume de Thiosulfate de sodium M/10	10 ml
Degrée de chlorométrie de l'eau de javel Suivant la formule page 40	$^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (C_{thio} \times V_{thio})$ $^{\circ}Chl = 22.4 \frac{1}{2} (0.1 \times 10.2) =$ <p style="text-align: center;">11.5 deg Chl</p>

III.6. Résultats et discussions

III.6.1. Bilan de de rentabilité économique de la variante -1

Les couts pour la production de 5 Litres de l'eau de Javel a 12 deg Chl sans salinité

Tableau 9: Bilan des couts de production pour eau de javel a salinité nulle

	Quantité	Prix Unitaire	Total
Cout matière première			
Soude Caustique	0.2 kg	250 da/ kg	50 da
Chlorure de Sodium	2 x 1.25 = 2.5kg	10 da/kg	25 da
Eau	0.020 m3	40 da/m3	0.1 da
Cout Energétique			
Energie électrique de l'électrolyse	60 litres de chlore Ça fait 10.7 moles de 25 ampères à 40 voltes c'est 1KW Sur 5.8 heures ça fait 5.8 KWh	5 da/kWh	29 da
Energie électrique de circulation de la saumure NaOH dans la colonne de garnissage	La pompe est de 30 watts, pendant 5.8 heures elle consomme 0.174 kWh	5 da/kWh	0.9 da
Total cout de revient			115 da

Tableau 10: Bilan des revenus

Le revenu du produit fini			
Eau de Javel 12deg Chl	5 Litres	50 da/litre	250 da
Soude caustique 4% salé	5 litres	20 da/litre	100 da

$$\frac{\text{prix de vente en da}}{\text{prix de revient en da}} = \frac{350 \text{ da}}{115 \text{ da}} = 3$$

Une production a 3 fois moins cher du commerce

Résultat : une eau de javel de titre 12 deg Chl, de couleur clair, et prix de revient acceptable

Cette eau javel convient pour la consommation domestique après obtention des agréments nécessaire auprès des autorité du commerce, règlementant ce domaine.

III.6.2. Bilan de de rentabilité économique de la variante -2

Les couts pour la production de 5 Litres de l'eau de Javel a 12 deg Chl avec salinité

Tableau 11: Bilan des couts de production pour eau de javel avec salinité non nulle

	Quantité	Prix Unitaire	Total
Cout matière première			
Soude Caustique	00 kg	250 da/ kg	00 da
Chlorure de Sodium	2 x 1.25 = 2.5 kg	10 da/kg	25 da
Eau	0.020 m3	40 da/m3	0.1 da
Cout Energétique			
Energie électrique de l'électrolyse	60 litres de chlore Ça fait 10.7 moles de 25 ampères à 40 voltes c'est 1KW Sur 5.8 heures ça fait 5.8 KWh	5 da/kWh	29 da
Energie électrique de circulation de la saumure NaOH dans la colonne de garnissage	La pompe est de 30 watts, pendant 5.8 heures elle consomme 0.174 kWh	5 da/kWh	0.9 da
Total cout de revient			55 da

Tableau 12: Bilan des revenus

Le revenu du produit fini			
Eau de Javel 12deg Chl	5 Litre	50 da/litre	250 da

$$\frac{\text{prix de vente en da}}{\text{prix de revient en da}} = \frac{250 \text{ da}}{55 \text{ da}} = 5$$

Une Javel a 5 fois moins cher du commerce

Résultat : une eau de javel de titre 12 deg Chl, de couleur un peut trouble, et prix de revient très acceptable.

Cette eau javel convient parfaitement dans la campagne de stérilisation des lieux publique et les rue en lutte contre le covid-19, ainsi dans toutes les applications hors eau potable et hors usage des lessives, comme les piscines,

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Par le biais de cette étude nous avons contribué dans le processus de lutte contre le virus covid-19, en mettant en place un dispositif permettant de produire une solution désinfectante selon les normes de l'OMS (L'organisation mondiale de la santé).

Ceci en orientant les efforts déployés dans la fabrication du liquide le plus utilisé pour la désinfection, l'eau de javel reste un élément indispensable dans la lutte éternelle de l'être humain contre les bactéries et les virus qui dérangent sa survie.

Par un dispositif moins encombrant, et pour longtemps cette production est assurée uniquement par la lourde industrie dans les pays développés et par une industrie moyenne dans les pays en développement tout en utilisant la matière première concentrée importée des pays industriels,

Il est temps de commencer à se pencher sur ce sujet par des études pour concrétiser un produit entièrement local dans l'avenir.

- Cette étude nous a permis de bien maîtriser le protocole de contrôle de la qualité de l'eau de javel.
- Ce projet nous a permis aussi de vérifier l'hypothèse de la faisabilité et la rentabilité de la production décentralisée de l'eau de javel, d'une qualité maîtrisée et un prix de revient concurrentiel, pour deux variantes, une couleur claire sans salinité et l'autre de couleur trouble et saline.
- Notre étude en proposant un dispositif de production de l'eau de javel, vient au bout du problème de péremption rapide de ce produit, en ayant la possibilité de générer à la demande une eau de javel fraîche avec de degrés voulus, qui pourrait manquer aux régions d'ombre.

Comme perspective et amélioration du procédé pour pouvoir l'utiliser sur de longue période il faut penser au refroidissement de la saumure de façon à ne pas dépasser la limite de l'évaporation et/ou réduire la tension entre les électrodes de l'électrolyse pour minimiser l'énergie dissipée par effet joule en chaleur. Et pour une plus longue durée de vie des électrodes il faut penser à utiliser des matériaux plus nobles, tel que le titane, qui est meilleur que le carbone qui demande une opération de filtration pour enlever les petits fragments de carbone qui donnent la couleur trouble au produit final.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Epreuve commun de control continu [http// : labolycee.org](http://labolycee.org), année 2020
- [2] Kurtz el al. United States Patent réf 4,204,920 May 27, 1987
- [3] JASE-W Japanese Smart Energy Products & Technologies,
- [4] E. DELMAS : Production de chlore et de soude par le procédé à membrane échangeuse d'ions JOURNAL DE PHYSIQUE IV Colloque Cl, supplément au Journal de Physique III, Volume 4, janvier 1994
- [5] TP chimie oxydo-réduction université babzouar USTHB stsm-usthb.blogspot.com 2014
- [6] Pr. A/Malek ROULA cours fabrication de l'eau de javel Université de Jijel faculté ST, département génie des procédés 2018
- [7] Chambre Syndicale Nationale de l'Eau de Javel
INSEE : 784 358 475 00050 - Code APE: 911 C, Edition mai 2010
- [8] OXYCHEM, Sodium Hypochlorite Handbook December 2014 Dallas, USA,
www.oxychem.com
- [9] EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry October 2000
- [10] Appareil photo personnel

