

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



U.S.T.T.B

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple- Un But- Une Foi



**UNIVERSITÉ DES SCIENCES, DES TECHNIQUES ET DES
TECHNOLOGIES DE BAMAKO**

Faculté de Pharmacie

FAPH

Année Universitaire : 2022-2023

N°...../

THÈSE

**Évaluation de la production locale par électrolyse et
de l'utilisation du chlore pour la désinfection dans
deux CHU de Bamako**

Présentée et soutenue publiquement le **21 / 07 / 2023**
Devant le jury de la Faculté de Pharmacie par

M. Allaye BOCOUM

**Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie
(Diplôme d'état)**

Jury

Présidente :

Pr. Rokia SANOGO

Membres :

Pr. Nouhoum DIANI

Dr. Siaka Amara SANOGO

Directeur de Thèse :

Pr. Loséni BENGALY

Co-Directrice :

Dr. Aminata Tieba TRAORE

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

DÉDICACES

À mon père Seydou Bocoum et ma mère Fanta Koita

Je remercie dieu de nous avoir donné la chance de partager ce jour ensemble. Je vous remercie pour tout l'amour témoigné, les bénédictions faites et votre patience envers moi. Avec vos conseils et votre soutien envers vos enfants, les montagnes les plus difficiles à déplacer nous semblaient aussi faciles à déplacer qu'une feuille de papier. Votre dévouement envers votre famille force l'admiration. Par ce travail qui est le fruit de vos multiples sacrifices, j'espère être votre fierté. Merci infiniment.

À mon oncle Nouhoum Bocoum et mes tantes Koumbourou Koita et Binta Bocoum

La vie en grande famille africaine réussie se fait rare de nos jours. Mais par votre simplicité, votre compréhension, votre humilité et votre engagement, vous avez rendu ce grand rêve de nos ancêtres (celui de vivre en grande famille) une réalité. Merci de me donner la chance de vivre cela. Je vous remercie également pour toutes vos bénédictions de chaque jour.

À ma grand-mère Mme Bocoum Marietou Kamissoko

Je te remercie de m'avoir permis de continuer mes études et réaliser mon rêve. Cela n'aurait pas été possible sans ton immense contribution. J'admire ta franchise et générosité. Merci pour tout.

À ma grand-mère Sadio Bocoum

Dans la vie, on a tous besoin de l'amour d'une grand-mère et ça j'en beaucoup reçu de ta part. Merci pour ton attention, ta complicité et nos petites causeries qui intriguaient mes tentes et qui à chaque passage demandaient qui on était en train de critiquer en douce. La maladie et la vieillesse t'ont pris la vue et t'empêche de me voir mais sache que je prie tous les jours pour que dieu te la rende. Merci pour tout.

À mon grand frère Amadou Seydou Bocoum et ses femmes

Je sais qu'il n'est pas facile de m'avoir comme colocataire. Mais vous avez su être patient et compréhensible. Je vous assure que sans votre aide, ça aurait été cent fois plus dure d'y arriver. Je vous remercie pour votre soutien indéfectible et vos conseils.

À la famille Bocoum

Vous m'avez aimé, accepté, protégé, soutenu et offert la meilleure partie de vous-même sans rien demander en retour. Je ne vous remercierai jamais assez pour tout ce que vous avez fait et sacrifié pour moi.

REMERCIEMENTS

À Allah le Tout Puissant

Je remercie Allah dans sa miséricorde, de m'avoir donné la force d'affronter toutes les difficultés de la vie auxquelles j'ai eu à faire face et d'accomplir ce que j'ai eu à accomplir jusqu'ici. Et je prie tous les jours pour qu'il continue de m'accompagner dans tout ce que je fais.

Au corps professoral de la Faculté de Médecine, et d'Odontostomatologie (FMOS) et la faculté de Pharmacie (FAPH) de l'Université des Sciences des Techniques et des Technologies (USTTB)

Pour la formation reçue.

À Dr. Loséni BENGALY

J'apprécie à leurs justes valeurs vos qualités humaines, et votre modestie. Votre Rigueur scientifique fait de vous un maître admirable. Permettez-moi de vous exprimer toute ma gratitude et mes sincères respects pour les moments passés ensemble dans votre service.

À ma co-directrice Dr Aminata Tièba TRAORE

Vos qualités humaines sont à envier. Votre grand cœur, votre disponibilité et votre rigueur scientifique et j'insiste votre rigueur scientifique fait de vous une pharmacienne et une professionnelle de santé de référence. Mes sincères remerciements pour tout.

À mon grand frère Aboubacar BOCOUM

Pour ses conseils, son soutien et ses bénédictions.

À mes oncles de Kati Cheick Oumar, Madou, Yacouba, Moussa Balla TRAORÉ

Pour leur Hospitalité, leur soutien et leurs bénédictions.

À ma grand-mère Djetenin KAMISSOKO

Les mots me manquent pour vous témoigner toute ma gratitude pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez donné.

Dr Salam BAH

Merci pour vos conseils, votre disponibilité et vos explications éclairées.

À mes tantes du CHU GT en la personne de Hawa... et Angelina DIARRA

Pour votre amour, vos conseils et vos bénédictions de chaque jour que Dieu fait.

À tout le personnel du bloc opératoire et de la maternité du CHU Gabriel TOURE et de l'Hôpital du Mali

Merci pour votre aide, votre disponibilité et vos conseils. Vous avez rendu ce travail possible et j'espère qu'on retravaillera ensemble très bien tôt.

À tout le personnel de la pharmacie du CHU Gabriel TOURE et de l'Hôpital du Mali

Pour votre aide, la formation et les moments de joie partagés. Je vous souhaite à tous une bonne chance dans vos carrières respectives.

Vous avez été une famille pour moi. Je vous remercie.

À tous mes frères et sœurs, mes amis, mes collègues

Merci pour tout.

HOMMAGE AUX MEMBRES DU JURY

HOMMAGE AUX MEMBRES DU JURY

À notre Maître et Présidente de Jury

Professeur Rokia SANOGO

- ↪ **Professeur Titulaire de Pharmacognosie à la FAPH/USTTB.**
- ↪ **Enseignante chercheuse de pharmacognosie a la FAPH.**
- ↪ **Première femme professeur agrégée en Pharmacie au Mali.**
- ↪ **Chef de département de médecine traditionnelle de l'Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP) du Mali.**
- ↪ **Présidente du comité scientifique interne et membre du comité scientifique et technique de l'INRSP.**
- ↪ **Lauréate d'un diplôme d'honneur et caducée d'or de la Recherche de l'Ordre National de pharmaciens du Mali et SYNAPPO.**
- ↪ **Lauréate du prix N'Kuame Khrumah 2016.**
- ↪ **Expert de l'OMS, d'OOAS, de pharmacopée pour la médecine traditionnelle.**

C'est avec plaisir et spontanéité que vous avez accepté de présider ce jury malgré vos multiples occupations. L'étendue de vos connaissances, votre rigueur scientifique, votre modestie et votre disponibilité suscitent admiration.

Vous avez cultivé en nous le sens du travail bien fait. Nous avons bénéficié de votre enseignement clair et précis. Nous sommes très heureux de compter parmi vos élèves. Trouver ici cher maître, l'expression de notre grand respect.

À notre Maître et Juge,

Professeur Nouhoum DIANI

- ↳ **Spécialiste en Anesthésie-Réanimation à la FMOS**
- ↳ **Maître de conférences à la Faculté de Médecine, et d'Odontostomatologie**
- ↳ **Praticien hospitalier et chef de service Anesthésie-réanimation à l'hôpital du Mali**
- ↳ **Chevalier du Mérite de la santé du Mali**
- ↳ **Membre de la société d'anesthésie-réanimation et de médecine d'urgence du Mali (SARMU-Mali)**
- ↳ **Membre de la société d'anesthésie-réanimation d'Afrique Francophone (SARAF)**

Cher Maître, Vous nous faites honneur en acceptant de juger ce travail malgré vos multiples occupations.

Vos connaissances, votre rigueur scientifique et vos immenses qualités humaines font de vous un maître exemplaire et modèle à suivre.

À notre Maître et Juge,

Docteur Siaka Amara SANOGO

↳ **Médecin gynéco-obstétricien au CHU Gabriel Touré**

↳ **Chargé de Recherche au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

↳ **Membre de la Société malienne de gynécologie obstétrique (SOMAGO)**

↳ **Praticien hospitalier au CHU Gabriel Touré**

↳ **Encadreur au CHU Gabriel Touré**

Cher Maître, votre simplicité, votre gentillesse et votre implication dans l'amélioration de ce travail nous marqueront à jamais.

Nous sommes très honorés et très touchés, que vous ayez accepté de siéger parmi les membres du jury de notre thèse.

À notre MAITRE et Co-directrice de thèse,

Docteur Aminata Tieba TRAORE Ep. BENGALY

↳ **Pharmacien praticien hospitalier à l'Hôpital du Mali**

↳ **Assistante en Pharmacie Hospitalière à la Faculté de pharmacie de l'USTTB**

↳ **Spécialiste en Pharmacie Hospitalière**

↳ **Master en Analyses physicochimiques et management de la qualité des produits de santé et des aliments.**

↳ **Membre du Réseau Africain de Pharmacie Hospitalière (RESAPH)**

↳ **Membre Association des Femmes Pharmaciens du Mali (AFEPHAR)**

Cher Maître, votre gentillesse, votre grande disponibilité et votre simplicité envers les étudiants ne peuvent inspirer que du respect et de l'admiration.

Vos multiples conseils, la rigueur avec laquelle vous nous avez guidé et les conditions que vous avez créées ont permis de mener à bien ce travail.

Soyez-en rassurer cher Maître, de notre profonde reconnaissance.

À notre Maître et Directeur de Thèse

Professeur Loséni BENGALY

- ↳ **Maître de conférences en Pharmacie Hospitalière à la faculté de Pharmacie**
- ↳ **Spécialiste en Pharmacie hospitalière**
- ↳ **Chef de Département de Pharmacie du CHU Gabriel TOURE**
- ↳ **Chef de service de Pharmacie Hospitalière**
- ↳ **Secrétaire Général du Réseau Africain de Pharmacie Hospitalière (RESAPH)**

Cher Maître, Votre humilité nous a permis d'apprécier en vous vos imminentes qualités humaines et scientifiques. Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de diriger ce travail et nous ne saurions jamais trouver assez de mots pour vous témoigner notre reconnaissance pour l'intérêt que vous portez à notre travail. Votre rigueur dans la démarche scientifique et votre amour pour le travail bien fait font de vous un maître exemplaire. Veuillez accepter cher maître, le témoignage de notre profond respect et de notre sincère gratitude.

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
° C	: Degré Celsius
° Chl	: Degré Chlorométrique
T°	: Température
[+]	: A l'anode
[-]	: A la cathode
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
Cl₂	: Dichlore
Cl⁻	: Ion Chlorure
Na⁺	: Ion Sodium
OH	: Hydroxyde
Ca	: Calcium
H₂	: Hydrogène
H₂O	: Eau
NaCl	: Chlorure de Sodium
Ca(OCl₂)₂·2H₂O	: Hypochlorite de calcium dihydraté
LiOCl	: Hypochlorite de Lithium
KOCl	: Hypochlorite de potassium
ClO₂·10H₂O	: Dioxyde de chlore décahydraté
HTH	: High test hypochlorite ou hypochlorite de calcium
HClO	: hypochlorite d'hydrogène ou acide Hypochloreux
g/L	: Gramme par Litre
G	: Gramme
L	: Litre
H	: Heure
ml	: Millilitre
min	: Minute
PVC	: Polychlorure de Vinyle
CHF	: Franc Suisse
F CFA	: Franc de la Communauté Financière d'Afrique
pers	: Personne
NTU	: Unité de turbidité néphalométrique
Kg	: Kilogramme
CHU HGT	: Centre Hospitalier Universitaire Gabriel Touré
NaDCC	: Dichloroisocyanurate de sodium
°F	: Degré Faraday
ClO⁻	: Ion hypochlorite
H⁺	: Ion Hydrogène
NH₃	: Ammoniac
NH₂Cl	: Monochloramine
NHCl₂	: Dichloramine

NCl₃	: Trichloramine
NaOH	: Soude
T	: tonne
g/H	: gramme par heure
HM	: Hôpital du Mali
Max	: maximum
Min	: minimum
min	: minute
sec	: seconde

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Fonctionnement d'une cellule d'électrolyse.....	23
Figure 2 : Appareil Maxi-WATA.....	25
Figure 3 : Test de turbidité	28
Figure 4 : Dilution de la solution à électrolyser.....	30
Figure 5 : Le dispositif Maxi-WATA du CHU GT.....	41
Figure 6 : La saumure.....	42
Figure 7 : Saumure avec impuretés	42
Figure 8 : Filtration de la saumure	43
Figure 9 : dispositif Maxi-WATA allumé en cours de production au CHU GT	44
Figure 10 : Production en cours	44
Figure 11 : Solution produite au CHU GT.....	45
Figure 12 : Kit WataTest® utilisé à l'HM	46
Figure 13 : Technique de test avec le réactif WATATest.....	47
Figure 14 : Répartition du personnel formé selon le sexe.....	52
Figure 15 : Répartition des différentes causes de non utilisation de la solution produite dans les deux sites.....	57
Figure 16 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le sexe.....	58
Figure 17 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le site de production de la solution.	59
Figure 18 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le suivi de la formation initiale ou non.	59
Figure 19 : Répartition du personnel formé selon leur participation dans l'utilisation de la solution...	60

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Nom et formule chimique des composés chlorés inorganiques.	17
Tableau II : Noms et quelques caractéristiques des appareils WATA.....	24
Tableau III : Préparation des solutions de désinfection dans les centres de santé	33
Tableau IV : Répartition du personnel formé selon leur fonction	51
Tableau V : Séances de productions et quantités produites par site	52
Tableau VII : Durée moyenne des séances de production	53
Tableau XI : Répartition de la solution totale non utilisée.	55
Tableau XII: Représentation de l'utilisation de la solution par rapport à la production totale du CHU GT.....	55
Tableau XIII : Représentation de l'utilisation de la solution dans les différents services au CHU Gabriel Touré	56
Tableau XVI : Répartition du personnel d'utilisation de la solution de chlore selon le service.....	58
Tableau XVII : Concentration moyenne de la solution produite au niveau des deux sites	61
Tableau XVIII : Productions testées et non testées.....	61

TABLE DES MATIERES

DÉDICACES.....	III
REMERCIEMENTS	V
LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS.....	XIV
LISTE DES FIGURES.....	XVII
LISTE DES TABLEAUX.....	XIX
INTRODUCTION.....	1
I. OBJECTIFS.....	5
1. Objectif général	5
2. Objectifs spécifiques	5
II. GENERALITES	7
1. Définitions des mots.....	7
2. Historique	9
3. Généralités sur le chlore et l’hypochlorite de sodium.....	14
3.1 Le chlore [2,11]	14
3.2 Hypochlorite de sodium (eau de javel)	17
III. METHODOLOGIE.....	36
1. Lieu d’étude.....	36
2. Type d’étude.....	37
3. Période d’étude.....	37
4. Estimation des besoins pour fixer une fréquence de production	37
5. Production, stockage et distribution du chlore.....	39
a. Le matériel utilisé pour la production et la distribution.....	40
b. Le local de production.....	40
c. Procédure de production de la solution d’hypochlorite de sodium	41
d. Détermination de la concentration en chlore actif avec watatest®.....	46
e. Stockage de la solution.....	48
f. Distribution de la solution produite aux différents services	48
6. Contrôle de stabilité de la solution chlorée	48

7. Utilisation de la solution chlorée concentrée à 6g/l	49
8. Collection des données.....	49
9. Traitement et Analyse des données.....	49
IV. RESULTATS	51
IV.1. La production.....	51
IV.1.1. Renforcement des capacités du personnel sur l'utilisation du chlore :51	
IV.1.2. La production.....	52
IV.1.3. Utilisation de la solution d'eau de javel	54
IV.2. Concentration moyenne de la solution produite au niveau des deux sites	61
IV.3. Contrôle de stabilité de la solution	61
IV.4. La concentration moyenne des échantillons testés lors de leur prélèvement..	62
V.COMMENTAIRES ET DISCUSSION	64
VI. CONCLUSION.....	72
VII. RECOMMANDATIONS.....	74
VIII.RÉFÉRENCES.....	76
ANNEXES	80
Registres	80
SERMENT DE GALIEN	84

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le chlore détruit efficacement et rapidement les virus, les bactéries et d'autres micro-organismes comme les amibes ; il est aussi actif contre les champignons et les spores bactériennes ou fongiques. Il est fiable, efficace, simple d'utilisation et peu coûteux [1].

L'eau de javel, l'ancêtre des produits générateurs de chlore : (depuis plus de 150 ans), a rendu d'immenses services dans le domaine de la désinfection. Il détruit la plupart des bactéries, virus et parasites [14].

En effet, Labarraque (1825) utilisa l'hypochlorite de calcium dans les hôpitaux, les latrines, les tables, les prisons et les bateaux ; il obtint aussi des résultats lors de l'épidémie de choléra de 1832 [2].

L'infection nosocomiale est essentiellement transmise par les mains, les instruments et autres objets souillés par des liquides organiques. La décontamination et la désinfection avec la solution d'hypochlorite de sodium permettent d'inactiver rapidement la plupart des germes pathogènes, en particulier le VIH, les virus de l'hépatite et les prions [3].

Par ailleurs, la lutte contre les maladies infectieuses transmissibles a été depuis des temps immémoriaux une préoccupation majeure de tous ceux qui, à des titres divers dans les sociétés humaines, étaient en charge de la santé [2].

Différentes enquêtes et observations ont prouvé que 75% des infections acquises à l'hôpital pourraient être évitées en traitant avec égard les principes élémentaires d'hygiène hospitalière. L'infection nosocomiale représente une préoccupation constante dans la pratique médicale, en particulier obstétricale et chirurgicale aussi bien dans les pays en développement que dans les pays développés [3].

Le coût entraîné par ces infections contre nature est énorme : 2 à 5% des journées d'hospitalisation en court séjour, plus d'un tiers du budget des antibiotiques en milieu hospitalier [3].

L'Afrique n'est pas en reste, la prévention des infections nosocomiales est en plein essor depuis quelques années. Le taux le plus élevé de prévalence est estimé à environ 25% en Afrique. La décontamination et la désinfection avec la solution d'hypochlorite de sodium constituent deux mesures de prévention efficaces contre les infections.

Elles permettent de réduire le risque de transmission de l'hépatite B et du VIH au personnel soignant et de même au personnel d'entretien chargé de nettoyer les instruments chirurgicaux ou de collecter les aiguilles utilisées pour les patients potentiellement infectés.

Heureusement, il s'agit de deux mesures peu onéreuses et accommodantes à réaliser, elles ne requièrent que des bacs en plastique et de la solution d'hypochlorite de sodium et permettent d'assurer que les patients et le personnel ne soient exposés qu'à un faible risque de contamination à partir d'instruments et de matériels souillés [3].

La désinfection par le chlore en milieu hospitalier est reconnue par l'OMS [18].

Les pathogènes nosocomiaux sont transmis par contamination des surfaces causant des infections associées aux soins. L'impact des désinfectants produits localement avec une formation opérationnelle comme un moyen d'améliorer l'hygiène et prévenir les infections associées aux soins dans les infrastructures de soins de santé à ressources limitées fut évalué [19].

L'approche WATASOL développée par Antenna s'inscrit dans la continuité des nombreux efforts produit par l'état et la société civile du Burkina Faso. Un premier sous-programme, promouvant une production autonome de chlore de désinfection pour les centres de soin a fait l'objet d'une étude pilote organisée en deux phases. Les résultats encourageants obtenus laissent envisager un passage à l'échelle nationale dès l'été 2016. Ainsi, les centres de soins possédant un WATA pourront dédier leur production de chlore exclusivement à la désinfection des infrastructures et du matériel [18].

Ce projet se base en particulier sur le projet Tinkisso-Antenna développé en Guinée. L'approche WATASOL est développée ou en cours de développement dans près de 15 pays incluant le Mali [18].

Au Mali, plusieurs études, ainsi que la pratique de terrain, ont démontré que la qualité des eaux de javel disponibles n'est pas toujours acceptable [1,3].

En effet, une étude [14] a rapporté une moyenne de $2,9322 \pm 0,6750^\circ \text{chl}$ d'échantillons testés d'hypochlorite de sodium produit par l'usine Sada SA provenant du marché alors qu'ils étaient théoriquement de 12°chl d'après leurs étiquettes.

Une autre étude [3] rapporte un titre chlorométrique moyen de solutions concentrées d'hypochlorite de sodium en fonction de la provenance de $2,67 \pm 0,56^\circ \text{chl}$ (et les chiffres variaient de 0,03 à $6,25^\circ \text{chl}$) d'après contrôle alors qu'il était théoriquement de $11,2^\circ \text{chl}$ d'après l'étiquette.

L'étude [19] rapporta sur quatre mois une concentration moyenne de 2,1 g/L pour un groupe contrôle (de structures sanitaires) utilisant des sources de chlore autres que les WATA. Par ailleurs celles utilisant les WATA, avaient au bout de onze mois une concentration moyenne de 5,1 g/L (tests réalisés avec le réactif WATAtest) et 5,42 g/L (tests réalisés avec la méthode de titration au thiosulfate).

C'est pour cela qu'une approche permettant la production locale au niveau de l'Hôpital du Mali et du CHU Gabriel Touré d'une solution de chlore de qualité contrôlée trouve sa pleine justification.

L'outil proposé, le **Maxi-WATA**, est un dispositif permettant cette production de chlore par électrolyse de l'eau salée [4].

PARTIE 1 : OBJECTIFS

I.OBJECTIFS

1. Objectif général

Évaluer la production et l'utilisation du chlore pour la désinfection des dispositifs médicaux, des blocs opératoires et des salles d'accouchement du CHU Gabriel Touré et de L'hôpital du Mali.

2. Objectifs spécifiques

- a. Mettre en place un système de production, de contrôle, de distribution et d'utilisation de la solution chlorée.
- b. Déterminer une concentration moyenne de la solution chlorée.
- c. Effectuer un contrôle de stabilité de la solution.
- d. Déterminer une durée moyenne de conservation de la solution.

PARTIE 2 : GÉNÉRALITÉS

II. GENERALITES

1. Définitions des mots

L'hygiène est l'ensemble des moyens et pratiques mis en œuvre pour prévenir ou améliorer l'état de santé d'une collectivité donnée. [5]

La Santé est définie selon l'O.M.S. comme un état complet de bien-être physique, social et mental et ne consiste pas seulement en l'absence d'une maladie ou d'une infirmité. [6]

L'hôpital selon l'OMS est l'élément d'une organisation de caractère médical et social dont la fonction consiste à assurer à la population des soins médicaux complets, curatifs et préventifs, et dont les services extérieurs irradiant jusqu'à la cellule familiale considérée dans son milieu ; c'est aussi un centre d'enseignement de la médecine et de recherche bio sociale. [7]

L'hygiène hospitalière est l'ensemble des moyens et pratiques mis en œuvre dans un hôpital ou toute autre structure sanitaire pour prévenir les infections nosocomiales dans le but de protéger le personnel médical, paramédical, les malades, les visiteurs et les accompagnants contre celles-ci. [15]

Une infection est l'envahissement d'un organisme par un agent étranger (bactéries, virus, champignons, parasites) capable de s'y multiplier et responsable de l'ensemble des modifications pathologiques qui peuvent en résulter. [3]

L'infection nosocomiale, selon l'OMS, est une infection acquise à l'hôpital par un patient admis pour une raison autre que cette infection. [6]

Le dispositif médical est tout instrument, appareil, équipement, matière, produit, à l'exception des produits d'origine humaine, ou autre article utilisé seul ou en association, y compris les accessoires et logiciels intervenant dans son fonctionnement, destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins médicales et dont l'action principale voulue n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens. [9]

L'antisepsie, opération, au résultat momentané, permettant au niveau des tissus vivants, dans la limite de leur tolérance, d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus, en fonction des objectifs fixés. [2]

L'antiseptique : produit ou procédé utilisé pour l'antisepsie dans des conditions définies. [2]

La désinfection est une opération, au résultat momentané, permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et /ou d'inactiver les virus indésirables portés par des milieux inertes contaminés, en fonction des objectifs fixés. [2]

Le désinfectant, produit ou procédé utilisé pour la désinfection ou la décontamination dans des conditions définies. [2]

La décontamination est une opération au résultat momentané permettant d'éliminer, de tuer ou d'inhiber les micro-organismes indésirables, en fonction des objectifs fixés. [2]

La pré-désinfection 'est le premier traitement à effectuer sur les objets et matériels souillés par des matières organiques dans le but de diminuer la population des micro-organismes et de faciliter le nettoyage ultérieur. [2]

La stérilisation, opération permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes portés par des milieux inertes contaminés, le résultat de l'opération, non limité à la durée de l'application, étant l'état stérile. Ou mise en œuvre d'un ensemble de méthodes et de moyens visant à éliminer par destruction tous les microorganismes vivants de quelques natures et sous quelques formes que ce soient, portés par un objet parfaitement nettoyé. [2]

La Saumure : est une solution saline saturée [1].

2. Historique

La lutte contre les maladies infectieuses transmissibles a été depuis des temps immémoriaux une préoccupation majeure de tous ceux qui, à des titres divers dans les sociétés humaines, étaient en charge de la santé. [2]

On sait aujourd'hui que ce combat incessant s'appuie sur des méthodes préventives et curatives telles que les vaccinations et la chimiothérapie (antibiothérapie) ; l'antisepsie et la désinfection se classent parmi les méthodes préventives même si l'utilisation thérapeutique des antiseptiques trouve des indications cliniques. [2]

Le concept de maladie infectieuse, transmissible, d'origine microbienne a émergé progressivement au cours des siècles pour trouver sa confirmation scientifique à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} avec les travaux de Pasteur et de Koch. [2]

Le soufre et le mercure étaient déjà employés comme <<désinfectants>> dans la Chine, l'Inde et l'Égypte antiques. [2]

Au IV^{ème} siècle après Jésus-Christ, les chirurgiens indiens nettoyaient leurs instruments et utilisaient des fumigations dans les salles d'opérations. Plus tard, Guy de Chauliac (1300-1368), médecin des papes Clément VI, Innocent VI et Urbain V à Avignon, préconisa l'emploi de mercure en application locale tout en connaissant les <<effets secondaires>> du traitement ; puis dans la première moitié du XVI^{ème} siècle, Paracelse introduit les autres métaux lourds en thérapeutique. Lorsque les premiers cas de syphilis apparurent en Europe au XV^{ème} siècle, le mercure fut à nouveau prescrit mais les applications du bois de gaïac (gaïacol) eurent beaucoup plus de succès car elles étaient mieux tolérées. [2]

C'est à Fracastor (1483-1553) que revient le mérite d'avoir jeté les bases du concept moderne de maladie contagieuse et décrit les différentes voies possibles de contamination, directes (d'homme à homme) et indirectes (air) par des micro-organismes ; c'est dans son poème dédié au berger syphilis, puni de ses débauches par une maladie honteuse, qu'il dénomma la syphilis (1530). [2]

La peste (endémique, avec des poussées épidémiques et pandémiques), semble avoir été l'une des plus redoutables maladies infectieuses ayant décimé l'humanité, dès la plus haute Antiquité. [2]

La contagiosité de la peste ne faisant aucun doute, des mesures étaient prises pour en limiter la portée : quarantaine de navires, destruction des rats, incinération des cadavres, isolement des malades ainsi que l'utilisation des célèbres masques et cagoules représentés dans les tableaux et gravures d'époque et censés isoler ceux qui les portaient (et que l'on nommerait aujourd'hui scaphandres) ; l'emploi des parfums à large échelle peut être interprété comme celui d'antiseptiques à base d'huiles essentielles. La peste n'était pas la seule maladie contagieuse. [2]

Dès le XVII^{ème} siècle des précurseurs (Boyle, Bacon) avaient observés une relation entre la <<fermentation>> ou la <<putréfaction>> des tissus et certaines maladies, l'élimination de ces deux causes par diverses substances <<antiseptiques>> entraînant la guérison. [2]

Van Leeuwenhoek en 1676, qui fut le premier à observer des bactéries, remarqua l'action létale sur celles-ci du vinaigre de vin. Cette découverte fut confirmée par King en 1693. [2]

Le médecin militaire anglais Pringle établit les bases de l'hygiène sanitaire des camps (latrines) et démontra expérimentalement le caractère contagieux de la putréfaction ; en 1750, il décrivit et classa un certain nombre de substances qu'il dénomma <<antiseptiques>> (le camphre, les acides, les alcalis, le sel). [2]

Un siècle avant l'ère pasteurienne et listérienne, on savait aussi <<désinfecter>> l'eau de boisson par filtration (à travers du sable ou de charbon), nettoyer et aérer les chambres infectées, faire porter aux chirurgiens des vêtements spéciaux. [2]

C'est en fait à partir du XVIII^{ème} siècle que furent découverts les principaux produits antiseptiques et désinfectants qui résultaient des progrès de la chimie. [2] Le suédois Scheele découvrit le chlore en 1774 et Berthollet les hypochlorites en 1789 ; ces substances se révélèrent très efficaces pour réduire les mauvaises odeurs liées à la putréfaction et Percy (1193) les utilisa en chirurgie. Labarraque (1825) utilisa l'hypochlorite de calcium dans les hôpitaux, les latrines, les tables, les prisons et les bateaux ; il obtint aussi des résultats lors de l'épidémie de choléra de 1832 ; surtout il rapporta les succès obtenus par les chirurgiens parisiens qui utilisaient des pansements imprégnés d'une dilution au 1/8 d'hypochlorite pour traiter furoncles, gangrènes, ulcères et brûlures [2].

La démonstration magistrale de la transmission manu-portée, intra-hospitalière, de la fièvre puerpérale est due, faut-il le rappeler, à deux médecins l'un américain, Holmes exerçant à Boston (1843), l'autre, Semmelweis, hongrois, exerçant à Vienne (1847) ; tous deux, de manière indépendante, montrèrent l'efficacité remarquable de l'antisepsie des mains des gynécologues et sages-femmes (et des étudiants) avec l'hypochlorite de calcium. Malheureusement, leurs travaux furent oubliés pendant plusieurs décennies par manque de communication et par maladresse dans la présentation des résultats à la communauté médicale [2].

Les travaux de Pasteur, créant la Microbiologie moderne, donnèrent à l'utilisation des antiseptiques et désinfectants les bases scientifiques qui lui manquaient. Toutefois ces travaux n'auraient pas eu les conséquences pratiques considérables que l'on connaît s'ils n'avaient été portés à la connaissance de l'esprit cultivé et curieux de Lister, chirurgien à Glasgow [2].

Lister eut le mérite de créer le concept de l'antisepsie en chirurgie (1867), de décrire les règles de son application pratique et d'en prouver l'efficacité en réduisant le taux des infections post-opératoires à des niveaux très faibles. Lister publie en 1870 dans Lancet les résultats suivants : « avant la période antiseptique 16 décès sur 35 cas, soit 1 décès pour 2 cas et demi ; durant la période antiseptique 6 décès pour 40 cas soit 1 décès pour 6 cas et demi » [2].

Robert Koch, en 1881 fut le premier à réaliser une évaluation systématique de l'action sporicide de plus de 70 composés chimiques, à différentes concentrations, dans des solutions aqueuse, huileuse ou alcoolique ; les halogènes, le chlorure mercurique, le permanganate de potassium et l'acide osmique étaient parmi les produits les plus actifs. [2]

L'époque moderne des antiseptiques et des désinfectants commence avec les travaux de Krönig et Paul qui jettent les bases scientifiques de l'étude du mode d'action de ces substances et qui décrivent les critères indispensables de leur évaluation in vitro, travaux qui prélaient à l'établissement des normes modernes d'efficacité. Dans leur travail de 112 pages publié dans <<Zeitschrift für Hygiene und infections krankheiten>> en 1897, ils montrent la nécessité de standardiser le milieu de culture, l'inoculum, le temps de contact entre bactéries et antiseptique, la nécessité de mesurer un effet létal en vérifiant la neutralisation de l'antiseptique résiduel ; les procédures sont également décrites ainsi que des déductions sur le mode d'action des principaux produits désinfectants ou antiseptiques [2].

Ainsi, au cours des âges, des travaux de recherche empiriques ou scientifiques ont abouti à établir le concept de maladie transmissible d'origine microbienne et à découvrir les principales voies de transmission et de pénétration dans l'organisme [2].

L'apparition de l'anesthésie en 1846 (Morton à Boston) permit aux chirurgiens d'entreprendre des actes thérapeutiques de plus en plus efficaces mais en contrepartie soumis à plus de risques de contamination microbienne ; la gangrène et la pyéémie post-opératoires atteignaient un très fort pourcentage des malades. Plus tard les progrès de la réanimation, la hardiesse des techniques invasives augmentèrent aussi le risque infectieux, malgré l'antibioprophylaxie [2].

C'est pourquoi d'innombrables recherches fondamentales ou cliniques ont conduit les savants et les chirurgiens à proposer des procédures aptes à interrompre les voies de contagion et de pénétration dans l'organisme [2].

L'efficacité de ces procédures, dépendant de produits à visée antimicrobienne, résulta des découvertes de la Chimie fondamentale et de la Pharmacie et de la mise à la disposition des microbiologistes et des chirurgiens de nouveaux produits actifs sur les micro-organismes [2].

Progressivement furent élaborés deux concepts répondant à des considérations pratiques évidentes :

- L'antisepsie et les antiseptiques,
- La désinfection et les désinfectants.

L'antisepsie vise à éradiquer les micro-organismes constituant la flore normale des tissus vivants (la peau et les muqueuses) et à éviter leur pénétration dans l'organisme ou leur transmission à d'autres personnes ou à l'environnement. Cet objectif doit concilier efficacité antimicrobienne et respect de l'intégrité des tissus vivants [2].

La désinfection vise à éradiquer les micro-organismes présents sur les matériaux médico-chirurgicaux et risquant d'être introduits dans l'organisme lors de leur utilisation. Si la qualité première des désinfectants est leur activité antimicrobienne, pour autant ils ne doivent ni dégrader les matériels par un pouvoir corrosif excessif, ni présenter un risque de toxicité pour les personnels et les malades lors de leur utilisation [2].

L'Antisepsie et la Désinfection, ainsi que la Stérilisation sont des composantes de l'Asepsie dont l'objectif est, en s'appuyant sur un exemple de procédures médicales et chirurgicales rigoureuses, d'éviter la pénétration des microbes dans l'organisme [2].

Après la découverte du chlore "esprit de sel déphlogistiqué" par Scheele en 1774, le chimiste français Berthollet a travaillé sur les solutions blanchissantes de ce gaz en 1787.

Une fabrique chimique, près de Paris, dirigée par Léonard Alban, “La compagnie Javel”, installée dans le petit village du même nom, adapta le procédé Berthollet. Cette fabrique était financée par des nobles et soutenue par le Comte d’Artois, frère de Louis XVI. C’est là qu’en 1787 fut réalisée la dissolution du chlore gazeux dans une solution de potasse permettant d’obtenir une solution concentrée stable appelée “liqueur de Javel”. En 1820, Labarraque remplaça la potasse par de la soude, plus économique, et obtint ainsi des solutions d’hypochlorite de sodium utilisées pour la désinfection. L’Eau de Javel, utilisée depuis plus de 200 ans, correspond à des solutions d’hypochlorite de sodium [10].

3. Généralités sur le chlore et l’hypochlorite de sodium

3.1 Le chlore [2,11]

Le **chlore** est l’élément chimique de numéro atomique 17, de symbole Cl. C’est le plus commun des halogènes.

Le chlore est abondant dans la nature, son dérivé le plus important est le sel de table ou chlorure de sodium (NaCl), mais également avec la carnallite et la Sylvine.

L’électrolyse chlore-soude est la principale méthode de production du chlore. Elle a lieu à partir d’une solution aqueuse de chlorure de sodium : le chlore se dégage à l’anode et l’eau est décomposée à la cathode en hydrogène (qui se dégage) et en ions hydroxyde formant progressivement une solution de soude.

On peut aussi électrolyser directement le sel fondu.

En laboratoire, le chlore peut s’obtenir en chauffant un mélange de solution d’acide chlorhydrique et de dioxyde de manganèse.

Le chlore, à l’état de corps simple, se présente sous la forme de la molécule de dichlore Cl₂, qui est un gaz jaune-vert 2,5 fois plus dense que l’air, aux conditions normales de température et de pression. Ce gaz a une odeur suffocante très désagréable et est extrêmement toxique.

Le premier chimiste à avoir isolé le dichlore est réputé être le Suédois Carl Wilhelm Scheele, en 1774. Il lui donna le nom d'acide muriatique déphlogistiqué, car il pensait que c'était un gaz composé.

Avec l'abandon du phlogistique, on crut pendant quelques années que ce gaz contenait de l'oxygène, et ce n'est qu'en 1809 que le chimiste britannique Humphry Davy prouva qu'il n'en était pas ainsi, reconnut que c'était un corps simple, et lui donna son nom actuel de chlore.

Le nom de chlore vient du grec *chloros* qui signifie « vert pâle », en référence à la couleur de l'élément chimique pur.

Le chlore est un produit chimique important dans la purification de l'eau, dans les désinfectants, les agents de blanchissement ainsi que dans le gaz moutarde .

Le dichlore est depuis largement utilisé pour fabriquer de nombreux objets et produits courants :

- comme biocide, pour tuer les bactéries et autres microbes, donc pour la potabilisation de l'eau (dichlore, eau de Javel...). Le chlore a des propriétés rémanentes, ce qui signifie que son action désinfectante est valable sur tout le long du réseau de distribution d'eau. Pour purifier l'eau, on peut également utiliser le dioxyde de chlore, gaz très oxydant qui présente l'avantage de ne pas produire de chlorophénols lorsqu'il reste des traces de dérivés phénoliques dans l'eau. Ce produit est en outre décolorant et désodorisant ;
- pour le traitement de l'eau des piscines comme biocide sous la forme de chloro-isocyanurates (par exemple le dichloroisocyanurate de sodium dihydrate pour le chlore choc) ou d'acide trichloroisocyanurique (par exemple pour le chlore lent) qui ont l'avantage de se présenter sous une forme solide ;
- pour le blanchissement du papier : autrefois on utilisait du chlore gazeux mais ce procédé était très polluant.

Il a été remplacé par un procédé employant du dioxyde de chlore en combinaison avec du peroxyde d'hydrogène ;

- pour la production d'antiseptiques, de colorants, d'insecticides, de peintures, de produits pétroliers, des plastiques (comme le PVC), des médicaments, des textiles, des dissolvants, et de beaucoup d'autres produits de consommation.
- La chimie organique emploie le chlore comme oxydant et en substitution de l'hydrogène, parce que cette substitution confère souvent des propriétés intéressantes aux composés organiques, par exemple au néoprène (un caoutchouc synthétique résistant aux hydrocarbures).
- Il existe d'autres emplois dans la production des chlorates, chloroforme, tétrachlorure de carbone, et dans l'extraction de brome.
- En géomorphologie et paléo sismologie, l'isotope ^{36}Cl , créé par les rayons cosmiques, est utilisé pour la datation d'une surface ou la détermination d'un taux d'érosion.

En raison de sa toxicité, le dichlore a été un des premiers gaz employés lors de la Première Guerre mondiale comme gaz de combat. Les premiers masques à gaz inventés pour s'en protéger étaient en fait des compresses ou des cagoules de toiles imbibées de thiosulfate de sodium.

Les principaux composés formés par le chlore sont :

- Chlorures - hypochlorites - chlorites - chlorates - perchlorates
- Oxydes de chlore
- Composés organochlorés

Le tableau suivant liste les principaux composés chlorés inorganiques

Tableau I : Nom et formule chimique des composés chlorés inorganiques.

Nom chimique	Formule chimique
Hypochlorite de calcium dihydraté	$\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Hypochlorite de Lithium	LiOCl
Hypochlorite de sodium (Solution de dakin, Eau de Javel)	NaOCl
Hypochlorite de potassium	KOCl
Dioxyde de chlore décahydraté	$\text{ClO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

3.2 Hypochlorite de sodium (eau de javel)

a. Généralités et usages

L'eau de Javel (Hypochlorite de sodium de formule chimique NaOCl appelé aussi javel) est une solution liquide oxydante dite « chlorée », bien connu des familles et fréquemment utilisée comme désinfectant et comme décolorant.

L'eau de javel est un biocide qui a un large spectre désinfectant. Grâce à son pouvoir oxydant, il est utilisé comme bactéricide, sporicide, fongicide et virucide. (12)

Il détruit efficacement et rapidement les virus, les bactéries et autres micro-organismes, ainsi que les champignons et les amibes (mais pas les kystes ou parasites).

On peut le trouver sous forme solide (hypochlorite de calcium ou HTH), sous forme liquide (eau de javel). La forme solide, stockée à l'abri de la lumière, se conservera très bien (2% de perte par an). La forme liquide, si elle est peu concentrée, a une stabilité limitée dépendant des conditions de stockage (à l'abri du soleil et de la chaleur) et de l'ajout d'hydroxyde de sodium. Après son application, il continue à désinfecter l'eau, il a donc un effet rémanent.

Il est relativement bon marché. C'est le moyen de traitement incontournable en période de choléra. Il peut être utilisé pour la désinfection de locaux et de matériels, pour l'hygiène corporelle ou pour le traitement de l'eau de boisson [13]. 50% à usage domestique pour son action désinfectante (HClO est bactéricide, fongicide, virucide et sporicide) et son pouvoir de blanchissant. La solution d'hypochlorite de sodium peut être utilisée pour désinfecter les sanitaires, les sols, les éviers et les paillasses. Elle est parfois ajoutée à la lessive pour blanchir le linge. Elle sert de désinfectant dans les hôpitaux. L'hypochlorite de sodium est aussi utilisé pour désinfecter l'eau des piscines. Des liqueurs à base d'eau javel tels que les liqueurs de Labarraque, de Dakin et d'Amuchina sont vendus en pharmacie. L'eau de javel peut être utilisée pour désinfecter du matériel contaminé par certains virus comme le VIH. L'eau de javel est utilisée pour désinfecter l'eau de boisson lors du traitement de l'eau potable.

Le chlore possède des propriétés rémanentes, ce qui signifie que son action désinfectante est valable à des concentrations appropriées sur tout le long du réseau de distribution d'eau. La concentration maximale admissible en chlore résiduel fixée par l'OMS est de 0,5 mg/L. [14]

b. Propriétés physiques et chimiques : [3,14]

Les solutions diluées et concentrées d'hypochlorite de sodium sont des liquides qui ont un léger reflet jaune vert sentant le chlore et parfaitement solubles dans l'eau.

Noms alternatifs : Acide hypochloreux en solution, Chlorox, eau de Javel

Nom chimique : Hypochlorite de sodium

Famille chimique : Sel d'acide hypochloreux

Formule moléculaire : NaOCl

Poids moléculaire : 74.5

Aspect : Solution aqueuse transparente jaune verdâtre

Odeur : Odeur de chlore

Point d'ébullition (°C) : Décomposition lente au-delà de 40°C (104°F)

Point de congélation (°C) : -13,6°C (7,5°F)

Solubilité (eau) : Complètement soluble

Stabilité et réactivité

L'hypochlorite de sodium est un sel de sodium de l'acide hypochloreux.

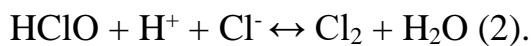
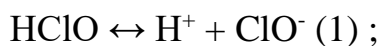
En solution, l'hypochlorite de sodium (NaClO) se décompose en ions sodium (Na⁺) et hypochlorite (ClO⁻).



HClO est un acide faible dont la base conjuguée est l'ion hypochlorite ClO⁻.

L'équilibre acido-basique du couple HClO/ClO⁻ s'écrit : $\text{HClO} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$.

La composition de la solution d'hypochlorite de sodium dépend du pH, selon les deux équilibres chimiques suivants :



Ces produits de décomposition ou de combustion sont dangereux : Chlore, oxygène, oxydes de chlore, chlorate de sodium et hydrogène.

Tenir éloigné de la chaleur, de la lumière directe du soleil ou les rayons ultraviolets (UV). Ne pas laisser les solutions s'évaporer et s'assécher. Tenir loin des substances incompatibles.

L'hypochlorite de sodium est incompatible avec les acides forts (production de Cl₂ très toxique), les détergents cationiques, le formaldéhyde en solution concentrée.



Les autres matières incompatibles sont les matières organiques, les composés oxydables, l'ammoniaque, l'urée, les sels d'ammonium, les cyanures et autres composés azotés, le méthanol, les métaux et oxydes métalliques.



Ammoniac + acide hypochloreux → monochloramine + eau.



Monochloramine + acide hypochloreux → dichloramine + eau.

Ensuite : $\text{NHCl}_2 + \text{HOCL} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Dichloramine + acide hypochloreux \rightarrow trichloramine + eau.

Les chloramines gazeuses sont très irritantes.

Les oxydes métalliques catalyseurs et métaux décomposent les solutions d'hypochlorite qui dégagent de l'oxygène gazeux et entraînent souvent des explosions. Les solutions d'hypochlorite de sodium peuvent être corrosives à plusieurs métaux. [14]

c. Propriétés désinfectantes et oxydantes

Les propriétés désinfectantes sont dues au pouvoir bactéricide de l'acide hypochloreux qui diffuse à travers la paroi cellulaire des bactéries en détruisant des protéines membranaires. Il agit également sur le métabolisme de synthèse des bactéries.

HClO agirait par attaque des liaisons amides des protéines dans le cas des virus. Il altère les groupements SH libres de certains acides aminés et s'avère de ce fait létal pour les micro-organismes. Les propriétés oxydantes sont dues à l'ion hypochlorite ClO^- qui est un puissant oxydant. Il est à l'origine du pouvoir blanchissant de l'hypochlorite de sodium [14].

d. Effets sur la santé et l'environnement

d.1 Effets sur la sante

La solution d'hypochlorite de sodium est un produit toxique, caustique et corrosif qui provoque des brûlures sur la peau et les yeux, d'où la nécessité de porter des gants et des lunettes pour la manipulation. En cas de projection dans les yeux, il faut rincer dans l'immédiat, longuement et abondamment avec de l'eau claire. L'essentiel étant la précocité. [14]

Le chlore peut être absorbé par inhalation lorsqu'on respire de l'air ; respirer de petites quantités de chlore pendant de courtes périodes affecte le système respiratoire et peut provoquer la toux, des douleurs à la poitrine ou la rétention d'eau dans les poumons (Œdème pulmonaire).

Les pastilles doivent être tenues hors de portée des enfants, parce qu'elles risquent d'être confondues avec des bonbons.

L'absorption d'un «berlingot» (solution concentrée d'hypochlorite de sodium en sachets plastiques) peut facilement entraîner la mort d'un enfant, alors qu'avec les dilutions employées dans les usages ménagers le danger est moins grand. [14]

L'intoxication évolue en trois temps : d'emblée existe une douleur de la bouche, de la bouche qui est le témoin de la brûlure ; choc et collapsus sont possibles ; les jours suivants l'infection et les perforations digestives sont à redouter ; les mois suivants un rétrécissement de l'œsophage peut se produire. [14]

En cas d'absorption, il ne faut ni faire vomir, ni faire un lavage d'estomac, mais on doit donner à boire de l'eau pour diluer le produit et faire ingérer rapidement une solution d'hyposulfite diluée, facilement accessible en pharmacie ; l'intoxiqué doit être ensuite examiné par un médecin, qui fera une prescription d'antibiotiques et parfois de corticoïdes. L'hospitalisation est nécessaire lorsque la solution est concentrée. Un autre danger de l'hypochlorite de sodium, provenant de son mélange intempestif avec un acide dans une intention de nettoyage est à signaler ; il se dégage des vapeurs de chlore qui provoquent la toux, une suffocation et parfois même un œdème pulmonaire. [14]

d.2 Effets sur l'environnement

Du fait de sa forte réactivité, le chlore se combine avec des éléments inorganiques pour former des sels de chlore, et avec des composés organiques pour former des produits organiques chlorés. De ce fait, il n'est pas susceptible de se déplacer dans le sol et de pénétrer dans les eaux souterraines. Les plantes et les animaux ne sont pas susceptibles de stocker le chlore. Cependant des études en laboratoire ont montré que l'exposition répétée au chlore dans l'air peut affecter le système immunitaire, le sang, le cœur et le système respiratoire des animaux. Le chlore est spécialement nocif pour les organismes vivants dans l'eau et le sol. [15]

e. Production [1,8,10,12,14,16]

Elle est estimée, dans le monde à plus de 600000 t/ an exprimées en Cl₂ contenu et en Europe, en 1995 à 290000 t de Cl₂ contenu.

La fabrication de l'hypochlorite de sodium se fait selon deux (2) procédés majeurs :

e.1 A partir de dichlore et de soude selon la réaction chimique dite « exothermique » c'est-à-dire qu'elle génère de la chaleur et s'écrit : Cl₂ + 2(NaOH) → NaOCl + NaCl + H₂O + T°C

e.2 Par électrolyse d'une solution de NaCl saturée (la saumure)

Au début du 20^e siècle, l'industrie du chlore et de la soude qui s'est développée rapidement a modifié les procédés traditionnels. L'hypochlorite de sodium est fabriqué par l'absorption de chlore sur une solution de soude à plus de 18 %.

Le chlore et la soude sont obtenus par l'électrolyse de la saumure. Le chlore est ajouté ensuite sous forme gazeuse à la soude.

Dans la fabrication par le procédé standard de l'hypochlorite de sodium à 13 % de chlore actif (50° chl.), la quantité de chlorure de sodium (NaCl) est maintenue telle quelle.

Dans le cas de la fabrication de l'hypochlorite de sodium à 24 % de chlore actif (100° chl.), une grande partie du sel est éliminée par précipitation et filtration.

Un excès de soude est maintenu dans les solutions d'hypochlorite de sodium afin de stabiliser le pH à au moins 12 et afin de limiter la vitesse de décomposition.

e.3 Le principe de l'électrolyse

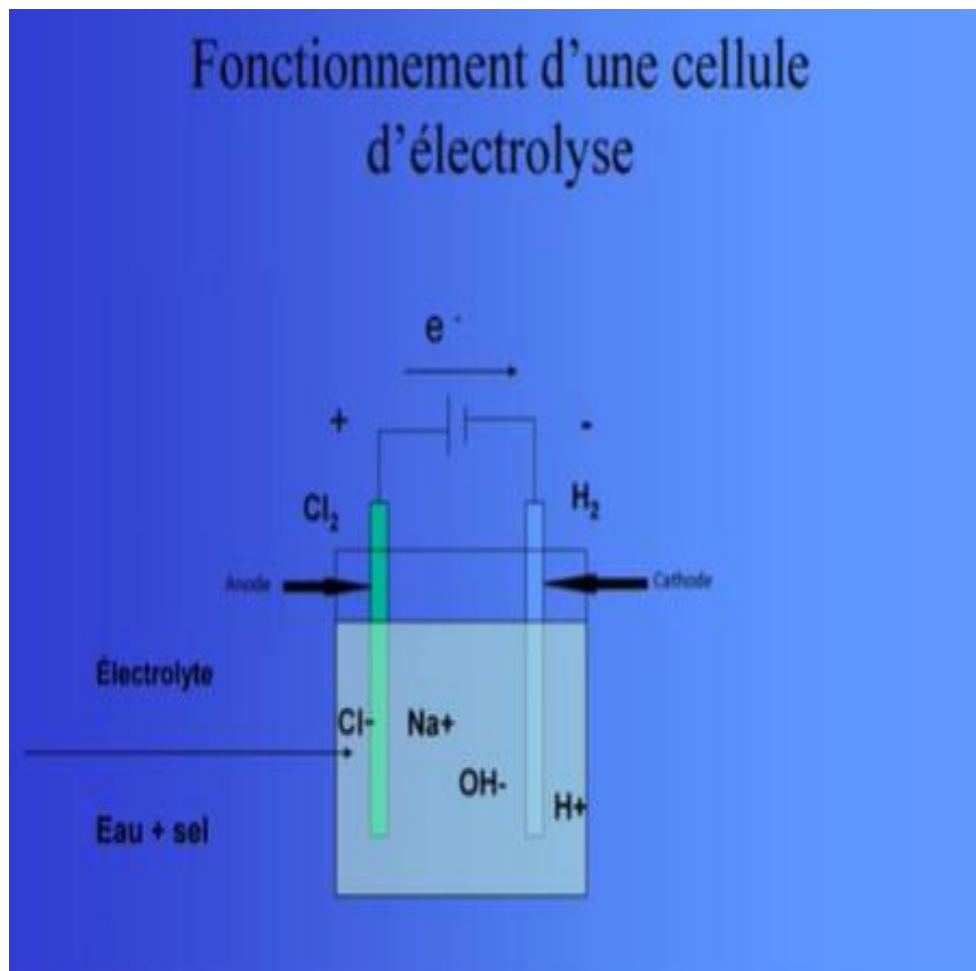
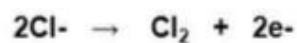


Figure 1 : Fonctionnement d'une cellule d'électrolyse

- Le sel (NaCl) se dissout dans l'eau et ses éléments se retrouvent sous forme ionique : Na⁺ et Cl⁻.
- A l'anode, les ions chlorure (Cl⁻) perdent un électron et provoquent un dégagement de chlore (Cl₂) :



- A la cathode, les molécules d'eau gagnent un électron formant un dégagement d'hydrogène (H₂) et des ions hydroxyde (OH⁻) :



- Les ions hydroxyde réagissent avec les ions sodium forment de la soude caustique :



- Le chlore libre (Cl₂) généré à l'anode réagit avec la soude caustique (NaOH) générée à la cathode et forme une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO) :



Les appareils WATA permettent de produire par électrolyse une solution d'hypochlorite de sodium d'une concentration de 6 grammes de chlore actif par litre de solution (6g/l).

Il existe 5 différents appareils WATA® pour la production d'hypochlorite de sodium qui sont chacun destinés à un public et à une utilisation spécifique : le Mini-WATA®, le WATA-Standard®, le WATA-Plus®, le Midi-WATA® et le Maxi-WATA®.

Tableau II : Noms et quelques caractéristiques des appareils WATA

Nom des Appareils	Capacité Minimale (L)	Sel Raffiné (G)	Saumure Saturée (ML)	Production de Chlore Actif (G/H)	Durée de Production
Min-WATA®	0,5	12,5	40	1	3h
WATA-Standard®	2	60	190	4,8	2h30
WATA-Plus®	15	375	1100	22,5	4h
Midi-WATA®	30	75	2400	45	4h
Maxi-WATA®	60	1500	4700	80	4h30

f. Production d'hypochlorite de sodium par électrolyse avec le dispositif Maxi-WATA [1,17]

- **Description**

L'appareil Maxi-WATA est un électrochlorateur simple d'utilisation développé par Antenna-Technologies, une Fondation Suisse partenaire stratégique de *Aidemet* ONG, permettant à des structures de santé de produire une solution de chlore actif de 6 g/l environ, à partir d'eau, de sel de cuisine et d'une source d'électricité de 24 Volts - 40 Ampères. La quantité produite est de 60 litres de chlore (hypochlorite de sodium) en 4H30min d'électrolyse. 1 litre de chlore produit avec les Wata coute 0,06 CHF, égal à 35 F CFA environ. 60 litres d'hypochlorite de sodium produit par le Maxi-WATA permettent de traiter jusqu'à 240 000 litres d'eau, couvrant les besoins en eau potable de 60 000 personnes (4 L/pers/jour).



Figure 2 : Appareil Maxi-WATA

Les coûts de production et de maintenance de ce système sont donc faibles et permettent une exploitation rentable et durable de la technologie.

- **Recommandations pour la production d'hypochlorite de sodium**

- ❖ Choisir plusieurs personnes responsables pour la production

Impliquer ce personnel qualifié ayant été formé et avec des connaissances générales en chimie. La production avec le Maxi-WATA® ne se résume pas à ajouter du sel dans de l'eau.

- ❖ Quelques précautions au niveau électrique

La boîte contenant l'alimentation électrique doit être placée dans un endroit sec à l'abri des projections d'eau et rester fermée en tout temps en particulier durant le fonctionnement du Maxi-WATA®. Elle doit être posée le plus loin possible des vapeurs de chlore et jamais au niveau du sol. Elle ne doit être ouverte que par des personnes qualifiées en électricité après que l'alimentation ait été débranchée.

- ❖ Dans les cas de courant instable, utiliser un régulateur de tension.

- ❖ Utilisation sur groupe électrogène

Le groupe ne doit pas tomber en panne de carburant pendant que le Maxi-WATA® est en cours d'utilisation. Assurez-vous que le réservoir soit rempli au début de la procédure.

❖ Respecter les volumes de productions préconisés

Il est recommandé de faire des productions de 60 L successives.

❖ Surchauffe de l'alimentation

En cas de surchauffe, il est recommandé d'arrêter la procédure et de laisser l'alimentation refroidir pendant 15 minutes.

❖ Choisir un endroit et un moment adaptés pour la production

Du fait des importantes émissions d'hydrogène (gaz très inflammable) qui résultent de l'électrolyse, un Maxi-WATA® en fonctionnement devrait être tenu éloigné de toute flamme ou étincelle. De plus, il est recommandé de ne pas inhaler les émanations de chlore qui résultent également de l'électrolyse et de travailler dans une pièce bien ventilée. La production doit être effectuée dans un endroit ventilé où la température se situe idéalement entre 25 et 30°C, à l'abri des rayons du soleil et de la poussière.

❖ Respecter la concentration de 6 g/L

Le Maxi-WATA® peut produire une solution d'hypochlorite de sodium équivalant à une concentration de 6 g/L de chlore actif environ. La concentration ne peut pas être augmentée au-delà de 7 g/L. Une durée de fonctionnement prolongée ou un excès de sel contribuera à augmenter la température du bain et non à augmenter la concentration. Dans pareil cas, il y a risque d'endommager l'alimentation électrique et/ou de ne pas atteindre la concentration de 6 g/L.

❖ Température de l'eau pour la production

Pour commencer la procédure, utiliser de l'eau à une température comprise entre 20 et 27°C. Contrôler la température à l'aide d'un thermomètre propre.

❖ Utiliser un cahier de bord

Pour faciliter le suivi de la production de chlore et retracer les problèmes rencontrés, il est recommandé d'utiliser un cahier de bord où figurent, à chaque utilisation du Maxi-WATA®, le nom de la personne responsable de la production, l'heure du démarrage et de la fin de la production, et une brève description de la procédure.

❖ Contrôler régulièrement la production

La production doit être contrôlée au moins toutes les heures ou plus fréquemment. Observer si des bulles se dégagent dans la solution, c'est la preuve que l'électrolyse fonctionne. Vérifier que l'alimentation électrique ne surchauffe pas de façon excessive. En cas de risque de chute de poussières ou d'éléments dans la solution, recouvrir avec un couvercle de type moustiquaire.

❖ Entretien et réparations

Ne tentez pas d'effectuer des réparations électriques si vous n'êtes pas compétent dans le domaine. Adressez-vous à Antenna ou à un spécialiste qui vous assistera ou vous dirigera vers les services compétents.

❖ Précautions

Ne pas tordre les câbles électriques

• **Qualité de l'eau**

La qualité initiale de l'eau utilisée a un impact sur l'efficacité de la production d'hypochlorite de sodium et sur l'efficacité de la désinfection de l'eau. Les paramètres principaux caractérisant la qualité initiale de l'eau requise sont le pH et la turbidité.

❖ Le pH

Le pH influence la capacité du chlore à détruire les microbes et les virus. En se basant sur les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, l'eau utilisée devrait avoir un pH entre 6.5 et 8.5 pour une désinfection efficace de l'eau avec l'hypochlorite de sodium. Il convient donc de procéder à une mesure de pH.

❖ La turbidité

La turbidité donne une mesure de l'opacité d'un liquide. La turbidité de l'eau est causée par la présence de particules solides en suspension (argile, sable, bactéries, résidus chimiques ou métalliques, etc.), rendant l'eau trouble. Ainsi une eau avec une turbidité élevée peut engendrer la formation de produits indésirables lors de la production d'hypochlorite de sodium. Lors de la chloration, la turbidité élevée peut diminuer l'efficacité du traitement. Pour garantir une efficacité optimale de la production, la turbidité des eaux utilisées devrait être inférieure à 5 unités de turbidité (NTU).

Dans le cas où vous n'auriez pas de turbidimètre à disposition, nous proposons une méthode alternative, mais peu précise pour mesurer la turbidité.

Pour savoir si l'eau peut être utilisée pour la production de l'hypochlorite de sodium ou pour la chloration de l'eau de boisson, remplir une bouteille d'eau jusqu'à une hauteur égale à la hauteur de ce manuel ouvert et posé verticalement.

1. Puis poser la bouteille sur le logo WATA et regarder à travers la bouteille par le haut.

2. Si vous pouvez lire le logo WATA à travers l'eau, cela signifie que l'eau est à moins de 5 unités de turbidité.

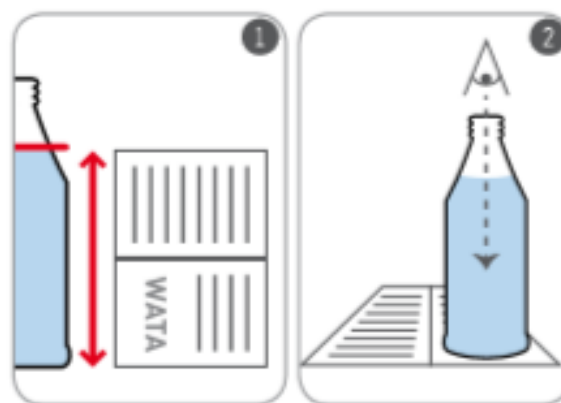


Figure 3 : Test de turbidité

Il faut une bonne luminosité mais sans être ébloui. La bouteille doit être transparente, incolore, non mate et sans rayures ni saletés. Préférez une bouteille à fond plat. Comme ces conditions ne peuvent pas toujours être réunies, apercevoir très légèrement le logo WATA est acceptable.

- **Sources d'électricité / énergie**

- Le Maxi-WATA® peut fonctionner avec deux options d'alimentation différentes.

- ❖ Utilisation sur le réseau électrique

- ✓ Pour une utilisation sur le réseau électrique ou sur une génératrice en courant alternatif, il suffit de brancher l'alimentation électrique fournie.

- ❖ Utilisation solaire

- ✓ Une utilisation solaire est possible mais nécessite un champ solaire très important et la consultation d'un spécialiste. Afin d'assurer une production de solution d'hypochlorite de sodium dans les conditions requises, il est fortement recommandé d'utiliser un module solaire avec régulateur et batterie(s) dont le régulateur fournira une énergie constante au Maxi-WATA.

- **Entretien du Maxi-WATA®**

Après chaque utilisation, rincer le Maxi-WATA® avec de l'eau propre. Avec le temps, des dépôts blancs (calcaire) peuvent apparaître sur les électrodes. Pour les nettoyer, préparer une solution de 50% de vinaigre et de 50% d'eau propre. Les plaques de titane doivent être complètement immergées dans la solution. Laisser tremper l'appareil au moins 24 heures puis vérifier visuellement l'état de propreté (les dépôts de calcaire ont disparu), Rincer ensuite à l'eau claire. Ne jamais frotter les plaques de titane.

- **Stockage et stabilisation**

- ❖ Stockage

Stocker la solution d'hypochlorite de sodium dans un récipient opaque, non métallique, propre, bien fermé et l'étiqueter en indiquant la date de production. Placer le récipient dans un endroit frais hors de portée des enfants. Ne pas l'exposer au soleil.

La solution d'hypochlorite de sodium peut être conservée pendant 24 heures sans être contrôlée.

- ❖ Stabilisation de la solution de chlore

Si vous souhaitez produire de l'hypochlorite de sodium dans le but de le diffuser en flacons, la stabilisation est nécessaire. Il existe une méthode de stabilisation avec de la soude caustique (NaOH) et assure une durée de conservation de 6 mois.

g. Procédure de production de la solution d'hypochlorite de sodium avec le dispositif Maxi-Wata [1,16,17]

La production d'hypochlorite de sodium diffère selon la qualité de sel.

Si le sel est pur ou raffiné, suivez la procédure **g.1**, s'il est brut ou sale, suivez la procédure **g.2**.

g.1 Préparation de la solution à électrolyser avec du sel pur ou raffiné (base 60 L)

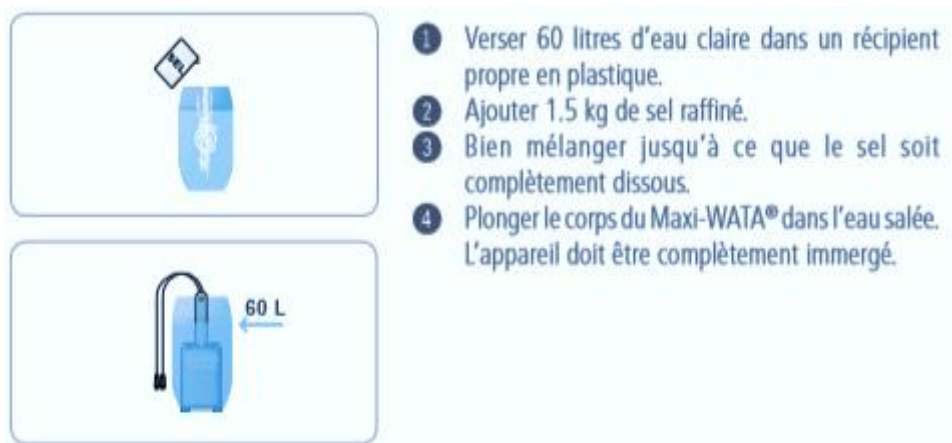


Figure 4 : Dilution de la solution à électrolyser

g.2 Préparation de la solution à électrolyser avec du sel brut ou sale (base 60 l)

□ Préparation du Saumure

❖ Verser 10 litres d'eau claire dans un récipient propre en plastique.

❖ Ajouter 4 kg de sel

Secouer/mélanger régulièrement pendant 30 minutes pour qu'un maximum de sel se dissolve et que l'eau ne soit plus en mesure de dissoudre du sel. On obtiendra alors une solution saline saturée appelée **SAUMURE**. Laisser décanter les impuretés du sel au fond du bidon. Le sel est désormais dissous dans l'eau. Des résidus de sel doivent rester au fond du récipient. Filtrer la solution.

❑ Préparation de la solution à électrolyser

- ❖ Dans un récipient en plastique (jamais métallique), verser 55,3 litres d'eau.
- ❖ Ajouter 4,7 litres de saumure préalablement filtré au contenu du récipient pour compléter à 60 litres. Bien mélanger le tout.

g.3 Démarrage de la production

- ✓ Plonger le corps du Maxi-WATA® dans l'eau salée. L'appareil doit être complètement immergé.
- ✓ Allumer le stabilisateur de courant qui est branché à la prise électrique.
- ✓ Allumer l'interrupteur vert de l'alimentation déjà branchée au stabilisateur, la production démarrera automatiquement.
- ✓ Attendre 4 heures 30 minutes pour 60 litres de solution d'hypochlorite de sodium (6 g/L).
- ✓ À la fin du processus, éteindre l'interrupteur vert de l'alimentation électrique. Débrancher l'alimentation électrique 24 V/40 A du stabilisateur.
- ✓ Sortir le Maxi-WATA® du bain puis déconnecter les 2 câbles du Maxi-WATA®. Éteindre l'interrupteur du stabilisateur.
- ✓ Débrancher le stabilisateur de la prise murale. Rincer le Maxi-WATA® à l'eau claire puis le ranger en lieu sûr et sec. Protéger avec un tissu propre.

g.4 Détermination de la concentration en chlore actif avec watatest®

Le contrôle de la qualité de la solution d'hypochlorite de sodium produite est indispensable afin de déterminer le dosage à appliquer en fonction de son usage. Le réactif WataTest® permet de faire ce contrôle de manière simple et rapide.

- ✓ Matériel : Réactif WataTest®, seringue 1 mL, pipette graduée, une cuillère doseuse 20 mL. Ce réactif permet de déterminer la concentration en grammes de chlore actif par litre dans une fourchette de 1 à 7 g/L. Il a une précision de mesure de $\pm 0,5$ g/L. Le résultat idéal doit être de 6 g/L.
- ✓ Toujours utiliser une seringue propre et sèche pour prélever le réactif WataTest®.
- ✓ Bien mélanger la solution concentrée d'hypochlorite de sodium à tester.

- ✓ En utilisant la pipette en plastique, prélever exactement 2 mL de cette solution concentrée et les placer dans la cuillère doseuse ou un petit récipient à fond blanc.
- ✓ Agiter la bouteille de réactif WataTest®.
- ✓ Remplir la seringue avec le réactif WataTest® et se préparer à compter le nombre de gouttes qui seront utilisées. En tenant la seringue verticalement, faire tomber le réactif WataTest® une goutte à la fois dans la cuillère doseuse ou le petit récipient et compter le nombre de gouttes utilisées jusqu'au changement de couleur de la solution.
- ✓ Diviser ce nombre par 2 pour obtenir la concentration en grammes par litre (p.ex. :12 gouttes = 6 g/L). Agiter légèrement après chaque goutte. Si la solution dans la cuillère doseuse ou le petit récipient redevient transparente, rajouter encore une goutte, jusqu'à ce que le changement de couleur soit irréversible.
- ✓ Conserver le réactif WataTest® à l'abri de la lumière et à température ambiante (environ 25°C).
- ✓ Bien fermer le flacon après chaque utilisation afin d'éviter l'oxydation du liquide.
- ✓ Respecter la date de péremption mentionnée sur l'étiquette du flacon WataTest®.
- ✓ Le WataTest® peut également être utilisé avec d'autres solutions de chlore (NaDCC, HTH, Bleachingpowder, eau de javel), selon les procédures disponibles sur www.antenna.ch.

h. Utilisation de la solution de la solution produite avec le Maxi-Wata [1, 16, 17]

Préparation des solutions de désinfection dans les centres de santé (tableau 3).

Tableau III : Préparation des solutions de désinfection dans les centres de santé

Utilisation	Concentration recommandée de la solution chlorée	Volume d'hypochlorite de sodium à 6 g/L	Volume d'eau équivalent	Procédure
Lavage des mains	0,5 g/L	1	10	Nettoyer et sécher les mains, puis frotter avec la solution chlorée pendant 30 secondes, laisser sécher.
Désinfection des plaies (liqueur Dakin) Uniquement chlore à 6 g/L	6 g/L	1	-	Utiliser pure, sur une compresse propre à appliquer directement sur la plaie.
Sols (y compris les sols et murs des latrines)	2g/L	1	2	Balayer d'abord les sols et laver avec de l'eau et du savon. Appliquer ensuite la solution chlorée pendant 10 min, puis rincer et laisser sécher.
Habits, blouses et draps de lits	2g/L	1	2	Laisser tremper les habits dans la solution chlorée pendant 10 min, rincer puis laver comme d'habitude et suspendre pour sécher.
Récipients et objets	2g/L	1	2	Laisser tremper dans la solution chlorée pendant 10 min, puis rincer et sécher.

L'hypochlorite de sodium doit être dilué dans de l'eau froide.

Ne jamais mélanger les solutions d'hypochlorite de sodium avec du savon, des détergents ou d'autres produits d'entretien car le mélange avec des acides forts engendrent des émanations de chlore gazeux.

Pour la désinfection des dispositifs médicaux, des surfaces (ex : sols et murs), des habits, blouses et draps de lit :

Concentration recommandée de la solution chlorée est de 2g /l

Préparation (dilution) de la solution de désinfection mère : le volume de la solution chlorée = 1 et le volume d'eau à ajouter =2

Procédure d'utilisation :

Sols : Balayer d'abord les sols et laver avec de l'eau et du savon. Appliquer ensuite la solution chlorée pendant 10 min, puis rincer et laisser sécher.

Des dispositifs médicaux : Laisser tremper dans la solution chlorée pendant 10 min, puis rincer et sécher.

Les habits, blouses et draps de lit : Laisser tremper les habits dans la solution chlorée pendant 10 min, rincer puis laver comme d'habitude et suspendre pour sécher.

Pour la désinfection des mains :

Concentration recommandée de la solution chlorée est de 0,5g/l

Préparation (dilution) de la solution de désinfection mère : le volume de la solution chlorée = 1 et le volume d'eau à ajouter = 10.

Procédure d'utilisation : Nettoyer et sécher les mains, puis frotter avec la solution chlorée pendant 30 secondes, laisser séchées.

Dans le cas où la concentration de 6g/l n'a été atteinte lors de la production, la dilution est adaptée selon la formule suivante :

Eau à ajouter = (% de la solution mère ÷ % de la concentration souhaitée) – 1

PARTIE 3 : MÉTHODOLOGIE

III.METHODOLOGIE

1. Lieu d'étude

L'étude a été réalisée dans deux structures : le CHU Gabriel Touré et l'Hôpital du Mali.

Le centre Hospitalier Universitaire Gabriel Touré a été créé en 1957 sous le nom de dispensaire central de Bamako et érigé en hôpital, baptisé Hôpital Gabriel Touré le 17 janvier 1959.

Il est situé au centre administratif de la ville de Bamako à cheval entre les communes II et III, 170 Avenue VAN VOLLEN HOVEN.

Selon la carte hospitalière, l'Hôpital Gabriel Touré constitue un hôpital de 3^{ème} référence.

Il compte les départements suivants :

- a. Le département administratif et financier (08 service)
- b. Le département d'anesthésie réanimation et des urgences médico-chirurgicales (05 services)
- c. Le département de chirurgie et de spécialités chirurgicales (07 services)
- d. Le département de Gynécologie et d'Obstétrique (02 services)
- e. Le département de médecine et de spécialités médicales (07 services)
- f. Le département médicotechnique (04 services)
- g. Le département de pédiatrie (03 services)
- h. Le département de pharmacie (03 services)
- i. Le département de santé publique (04 services)
- j. Le département de Maintenance (04 services)

Son accès, très facile explique sa grande affluence. En effet au cours de l'année 2022, l'hôpital a réalisé 21657 hospitalisations, 7304 actes de chirurgie et 4726 accouchements tout type combiné. Le CHU GT enregistra 107377 consultations au cours de l'année 2022.

L'Hôpital emploie 806 agents toutes catégories confondues et dispose de 492 lits. Au CHU Gabriel Touré, la solution de chlore a été distribuée dans deux services :

Le bloc technique (à froid et d'urgence) dans lesquels sont réalisés la chirurgie générale, la neurochirurgie, la chirurgie oto-rhino-laryngologique et la chirurgie d'urgence etc...

La maternité dans laquelle sont réalisés, les accouchements normaux et dystociques, les césariennes, la chirurgie gynéco-obstétrique, la chirurgie pédiatrique etc...

L'hôpital du Mali crée par la loi N°10-010 du 20 mai 2010 est le fruit de l'amitié entre la Chine et le Mali. C'est un Hôpital de 3^{ème} référence, situé à Missabougou dans la commune VI au sud du troisième pont du District de Bamako. Il comprend un bloc administratif, un bloc technique et un bloc d'hospitalisation. Sa mission est de participer à la mise en œuvre de la politique nationale de santé. Il assure le diagnostic, le traitement et le suivi des malades, des blessés, des femmes enceintes ; prend en charge des urgences et des référés, la formation initiale et continue des professionnels de la santé. Il conduit aussi des travaux de recherche dans le domaine médical et assure les expertises dans le domaine de compétences. À l'Hôpital du Mali, seul le Bloc technique a bénéficié de la solution.

Sont réalisées dans ce bloc, les chirurgies générale, thoracique, maxillo-faciale, neurologique, d'urgence, gynécologique, oto-rhino-laryngologique et pédiatrique

2. Type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive.

3. Période d'étude

L'étude s'est déroulée de mars 2019 à juillet 2021.

Un renforcement de capacités du personnel sur l'utilisation du chlore a été réalisée en février 2021.

4. Estimation des besoins pour fixer une fréquence de production

Cette étape a été faite uniquement au CHU GT.

Cela s'est fait en mesurant le volume des récipients qu'ils utilisaient et le niveau de remplissage de ces derniers.

Des questions posées aux différents personnels ont permis d'obtenir les résultats suivants :

Selon le témoignage du personnel interrogé au CHU Gabriel Touré, auparavant chaque service disposait par semaine d'un flacon de 1,5 litre d'eau de javel à 12° chlorométrique pour le nettoyage des surfaces. Mais tout récemment, le nettoyage des surfaces de l'hôpital est effectué par une société privée sous-traitante qui n'a pas voulu communiquer quelles solutions désinfectantes elle utilise et dans quelles proportions.

Pour la désinfection des dispositifs médicaux, ce sont les désinfectants de la famille des ammoniums quaternaires (diméthylammonium : marque ANIOS, le SURFANIOS®) et des aldéhydes (formaldéhyde : marque ANIOS, le SEPTANIOS®).

Au niveau des salles d'accouchements

Ils utilisent trois récipients de différent volume pour la désinfection des dispositifs médicaux :

Un de 30 litres et les deux autres font 15 et 10 litres respectivement tous utilisés de la taille de la nature de l'objet à désinfecter.

Les récipients ne sont pas complètement remplis donc le niveau de remplissage des récipients de 30,15 et 10 litres est respectivement 20, 7.5 et 5 litres.

La dilution se faisant en utilisant une part d'eau de javel pour deux parts d'eau on obtient la quantité d'eau de javel à utiliser pour chaque récipient :

Pour le récipient de 30 litres rempli à 20 litres, la quantité d'eau de javel représente un-tiers ($1/3$) de la solution totale soit $20/3 = 6,66$ litres d'eau de javel.

Donc pour les récipients de 15 et 10 litres remplis respectivement à 7,5 et 5 litres, la quantité d'eau de javel nécessaire est respectivement 2,5 et 1,66 litres.

Pour la désinfection des surfaces planes, deux seaux de 15 litres sont utilisés, soit 10 litres d'eau de javel pour les deux.

Au niveau du bloc gynéco-obstétrique et du bloc technique des autres spécialités, on utilise deux récipients de 15 litres pour le nettoyage des surfaces et un récipient

de 15 litres rempli à moitié pour la désinfection des dispositifs médicaux (renouvelé selon le nombre et la fréquence d'utilisation des dispositifs médicaux) au niveau de chaque bloc. Ce qui fait 25 litres d'eau de javel à utiliser.

Ce qui fait au total **45,82 litres** d'eau de javel à utiliser par jour soit moins d'une production par jour ou plus précisément **cinq productions par semaine**. Selon les dires du personnel questionné ces quantités peuvent varier en fonction de l'affluence au niveau des différents services concernés. À noter que cette étape de l'étude n'a concerné que le CHU Gabriel Touré.

Par ailleurs, l'eau de javel utilisée provient directement du marché où le respect des conditions de stockage laisse à désirer. Il n'existe pas de date de péremption marquée sur certains flacons donc le délai de conservation non plus n'est pas respecté. Et compte tenue de la dégradation du chlore sur la durée, la qualité de ces solutions est douteuse. Notamment selon les témoignages, l'odeur de chlore et la texture un peu gluante caractéristique des solutions chlorées sont absentes chez certains flacons. Certains en ont même conclu que certains flacons contenaient que de l'eau simple. Malheureusement l'absence de contrôle de qualité de ces solutions, ils n'ont d'autres choix que de se fier aux dosages marqués sur les flacons.

Tout cela a permis de connaître approximativement la quantité de solution nécessaire par jour et de déduire une fréquence de production théorique.

5. Production, stockage et distribution du chlore

La production a été réalisée à l'aide de deux dispositifs Maxi-WATA dont l'un installé dans le laboratoire galénique de la pharmacie hospitalière du CHU Gabriel Touré et l'autre dans une salle du service d'hygiène de l'hôpital du Mali. Les réseaux électriques des hôpitaux ont été les seules sources d'énergie utilisées. Les productions sont réalisées selon le besoin. Le sel brut et l'eau du robinet de l'hôpital ont été les seules matières premières utilisées et la procédure de production est celle concernant l'usage de sel brut.

a. Le matériel utilisé pour la production et la distribution

Pour chaque production, le matériel suivant a été utilisé : le kit Maxi-Wata, un thermomètre, une balance électronique, un seau gradué de 15 litres, un erlenmeyer, deux béchers, deux éprouvettes graduées, une table en bois, une spatule en bois, un seau en plastique non gradué, un fût opaque en plastique de 120 litres, des compresses stériles tissées serrées, deux entonnoirs en plastique, des gants, une blouse et des masques.

Pour la distribution, on a utilisé des bidons opaques en plastique de 20 litres pour le CHU Gabriel Touré et 10 litres pour l'Hôpital du Mali.

b. Le local de production

Au CHU Gabriel Touré : la production a été réalisée dans le laboratoire galénique qui est rattaché à la pharmacie hospitalière. Le local est bien aéré avec une climatisation et deux extracteurs pour évacuer les gaz qui se dégagent lors de la production.

À l'Hôpital du Mali : la production a été réalisée dans un local du service d'hygiène.

Le local était bien aéré avec un système de ventilation et une porte qui s'ouvrait vers l'extérieure pour laisser s'échapper les gaz qui se dégageaient lors de la production.

Pour chaque local de production, le dispositif Maxi-Wata était installé dans un local différent du local où se déroulait la production pour protéger l'appareil.



Image : par Bocoum Allaye

Figure 5 : Le dispositif Maxi-WATA du CHU GT

c. Procédure de production de la solution d'hypochlorite de sodium [1,16,17]

❑ **Étape 1 : Nettoyage du matériel de production** : le matériel de production est nettoyé avant et après chaque production avec du savon en liquide (pas de savon pour le dispositif Maxi-Wata) et rincé avec de l'eau du robinet puis séché.

❑ **Étape 2 : Préparation de la Saumure**

❖ On verse 10 litres d'eau du robinet mesurés avec le seau gradué de 15 litres dans le seau non gradué propre en plastique.

❖ On ajoute 4 kg de sel brut pesé avec la balance au 10 litres d'eau.

Puis on mélange régulièrement pendant 30 minutes avec la spatule pour qu'un maximum de sel se dissolve et que l'eau ne soit plus en mesure de dissoudre du sel. On obtiendra alors une solution saline saturée appelée **SAUMURE**. Après, on laisse décanter les impuretés du sel au fond du bidon. Des résidus de sel doivent rester au fond du récipient au bout des 30 minutes.

❖ Ensuite on filtre la solution avec les compresses stériles dans l'erenmeyer ou les éprouvettes graduées.



Image : par Bocoum Allaye

Figure 6 : La saumure



Image : par Bocoum Allaye

Figure 7 : Saumure avec impuretés



Image : par Bocoum Allaye

Figure 8 : Filtration de la saumure

❑ Étape 3 : Préparation de la solution à électrolyser (60 litres)

- ❖ Dans le fût en plastique de 120 litres, on verse 55,3 litres d'eau du robinet en utilisant le seau gradué de 15 litres.
- ❖ Puis on ajoute 4,7 litres de saumure préalablement filtré au contenu de le fût pour compléter à 60 litres. On mélange bien le tout.

❑ Étape 4 : Démarrage de la production

- ✓ On plonge le corps du Maxi-WATA® dans la solution à électrolysée préalablement préparée. L'appareil s'immerge complètement.
- ✓ On allume d'abord le stabilisateur de courant qui est branché à la prise électrique.
- ✓ Puis on allume l'interrupteur vert de l'alimentation déjà branchée au stabilisateur, la production démarrera automatiquement.
- ✓ Juste après, on allume les deux extracteurs et le système de ventilation.

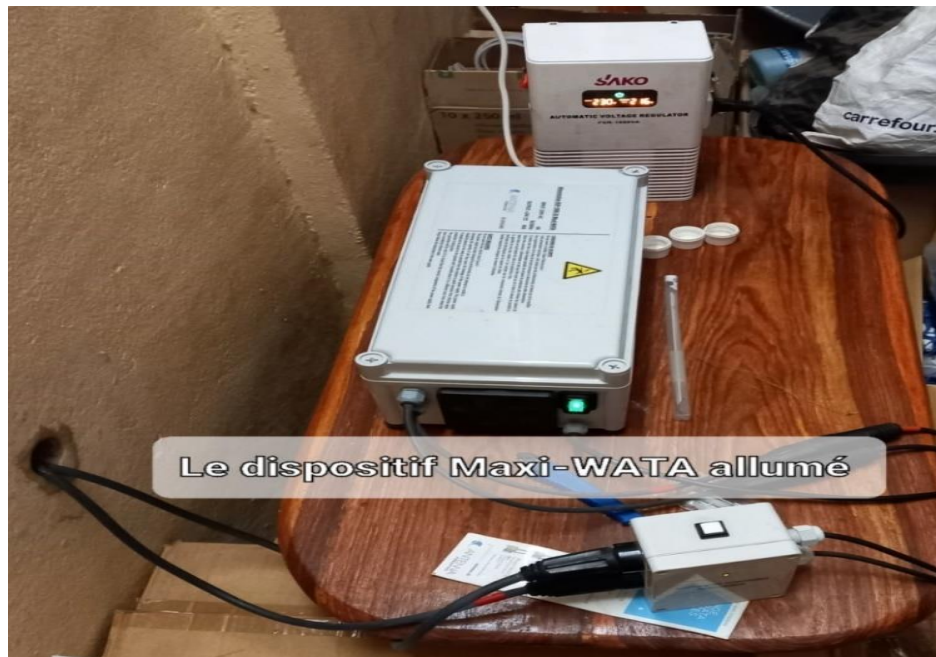


Image : par Bocoum Allaye

Figure 9 : dispositif Maxi-WATA allumé en cours de production au CHU GT

✓ On attend 4 heures 30 minutes pour 60 litres de solution d'hypochlorite de sodium.

✓ Photo d'une production en cours au CHU GT



Image : par Bocoum Allaye

Figure 10 : Production en cours

- ✓ À la fin du processus, on éteint l'interrupteur vert de l'alimentation électrique. Puis on débrancher l'alimentation électrique du stabilisateur.

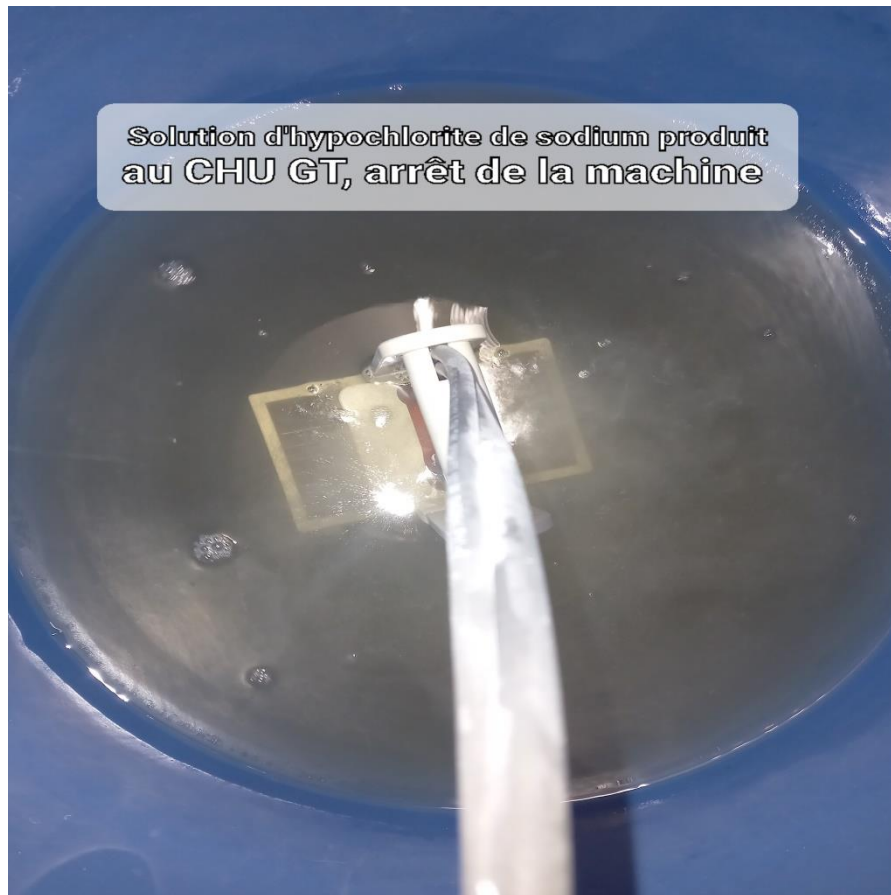


Image : par Bocoum Allaye

Figure 11 : Solution produite au CHU GT

- ✓ Ensuite on sort le Maxi-WATA® du bain puis on déconnecte les 2 câbles du Maxi-WATA®.
- ✓ Enfin, on débranche le stabilisateur de la prise murale. On rince le Maxi-WATA® à l'eau du robinet puis on le range en lieu sûr et sec. On le protège toujours avec un tissu propre.
- ✓ Et on éteint les extracteurs.

Toutes les productions sont des productions de 60 litres à la fois.

Elles sont toutes renseignées dans un registre de production avec les informations suivantes : date, heure de début et de fin de production, température de la solution avant et après production, quantité produite, concentration en chlore de la

solution, une brève description de la procédure avec les incidents survenus lors de la production.

Un contrôle de concentration est réalisé à la fin de chaque production avec le réactif WataTest®

d. Détermination de la concentration en chlore actif avec watatest®

Le contrôle de la qualité de la solution d'hypochlorite de sodium produite est indispensable afin de déterminer le dosage à appliquer en fonction de son usage.

Le réactif WataTest® permet de faire ce contrôle de manière simple et rapide.



Image : par Bocoum Allaye

Figure 12 : Kit WataTest® utilisé à l'HM

Matériel utilisé : Réactif WataTest®, seringue 1 mL, pipette graduée, une cuillère doseuse 20 mL.

Ce réactif permet de déterminer la concentration en grammes de chlore actif par litre dans une fourchette de 1 à 7 g/L. Il a une précision de mesure de $\pm 0,5$ g/L.

- ✓ On utilise la seringue propre et sèche pour prélever le réactif WataTest®.
- ✓ On mélange bien la solution concentrée d'hypochlorite de sodium à tester.
- ✓ En utilisant la pipette en plastique, on prélève exactement 2 mL de cette solution concentrée et les placer dans la cuillère doseuse.
- ✓ On agite la bouteille de réactif WataTest®.
- ✓ Puis remplir la seringue avec le réactif WataTest® et se préparer à compter le nombre de gouttes qui seront utilisées. En tenant la seringue verticalement, on fait tomber le réactif WataTest® une goutte à la fois dans la cuillère doseuse et on compte le nombre de gouttes utilisées jusqu'au changement de couleur de la solution.



Figure 13 : Technique de test avec le réactif WATA Test

- ✓ On divise ce nombre par 2 pour obtenir la concentration en grammes par litre (p.ex. :12 gouttes = 6 g/L). On agite légèrement après chaque goutte. Conserver le réactif WataTest® à l'abri de la lumière et à température ambiante (environ 25°C).
- ✓ Bien fermer le flacon après chaque utilisation afin d'éviter l'oxydation du liquide.

Le résultat idéal doit être de **6 g/L**. Mais pour les besoins de l'étude, un seuil minimum de **4g/l** de concentration a été fixé pour les raisons suivantes :

- Difficulté pour le personnel d'utilisation de changer les proportions pour la dilution à chaque changement de concentration.
- Difficulté de faire passer l'information sur chaque changement de concentration au personnel d'utilisation.

e. Stockage de la solution

La solution produite est utilisée soit immédiatement ou conservée dans le récipient de production bien fermé (fuite de 120 litres) et stockée dans le local de production à l'abri de la lumière.

La date de production, la concentration et la nature du contenu sont marquées à l'aide d'un marqueur sur le récipient.

Le stock minimum est de 20 litres. Une fois ce stock atteint une nouvelle production est lancée.

Les quantités livrées aux différents services sont stockées dans des locaux adaptés jusqu'à la fin de leur utilisation.

f. Distribution de la solution produite aux différents services

Au besoin, le personnel d'utilisation vient récupérer la solution au niveau du local de production. Les données de distribution sont renseignées dans le registre de distribution avec les informations suivantes pour chaque site de production : nom du service demandeur, nom du personnel délivreur, nom du personnel réceptionniste, quantité délivrée, date, heure et signature.

6. Contrôle de stabilité de la solution chlorée

Pour les besoins de l'étude, un seuil minimum de 4 g/l de concentration a été fixé. Les solutions atteignant cette concentration sont retirées.

Alors la concentration est contrôlée hebdomadairement avec le réactif WATAtest jusqu'à atteindre ce seuil.

Des échantillons de productions sont prélevés dans des flacons opaques adaptés à la conservation pour permettre ce contrôle afin d'étudier leur stabilité sur la durée. Le numéro de l'échantillon (qui est celui de la production dont il est issu), La date et la concentration au moment du prélèvement de l'échantillon ainsi que la date à laquelle la concentration de 4 g/l a été atteinte sont dans le Cahier de bord.

7. Utilisation de la solution chlorée concentrée à 6g/l

La solution chlorée a été utilisée pour la désinfection de différents éléments en suivant les recommandations du fabricant du dispositif MAXI- WATA (Antenna Fondation) :

La solution chlorée concentrée 6 g/l n'est pas utilisée pour la désinfection comme telle. Elle a toujours été diluée pour obtenir la concentration adaptée à l'usage souhaité.

Pour la désinfection des dispositifs et des surfaces, le personnel faisait une dilution en mélangeant un bol en plastique rempli de solution d'hypochlorite de sodium avec deux fois ce même bol rempli d'eau du robinet dans un seau. Ce procédé est répété jusqu'à remplir le seau au niveau souhaité.

Pour le lavage des mains, on faisait une dilution d'une part de solution d'hypochlorite de sodium pour dix parts d'eau du robinet.

8. Collection des données

La collecte des données a été réalisée à partir de questionnaires, la formation du personnel et du cahier de bord contenant toutes les données sur la production, la distribution et le contrôle de stabilité du chlore.

9. Traitement et Analyse des données

Les données ont été saisies sur Excel[®] et analysées par Epi Info[®] et Excel[®].

PARTIE 4 : RÉSULTATS

IV.RESULTATS

Cette méthodologie a permis d'obtenir les résultats suivants :

IV.1. La production

IV.1.1. Renforcement des capacités du personnel sur l'utilisation du chlore

À noter que cette étape de l'étude n'a concerné que le CHU Gabriel Touré.

IV.1.1.1. Répartition du personnel formé selon leur fonction

- Ce tableau donne une répartition du personnel formé selon leur fonction

Tableau IV : Répartition du personnel formé selon leur fonction

Fonction	Fréquence	Pourcentage
Assistant médical	3	5,66%
Étudiant en thèse de Pharmacie	2	3,77%
Infirmier d'État	13	24,53%
Infirmière obstétricienne	1	1,89%
Pharmacien	2	3,77%
Sage-femme	9	16,98%
Stagiaire Pharmacie/Hygiène	1	1,89%
Technicien de surface	22	41,51%
Total	53	100,00%

Dans ce tableau, on remarque que les techniciens de surface représentent 41,5% du personnel formé.

IV.1.1.2. Répartition du personnel formé selon le sexe

Le personnel formé est représenté selon le sexe par la figure suivante

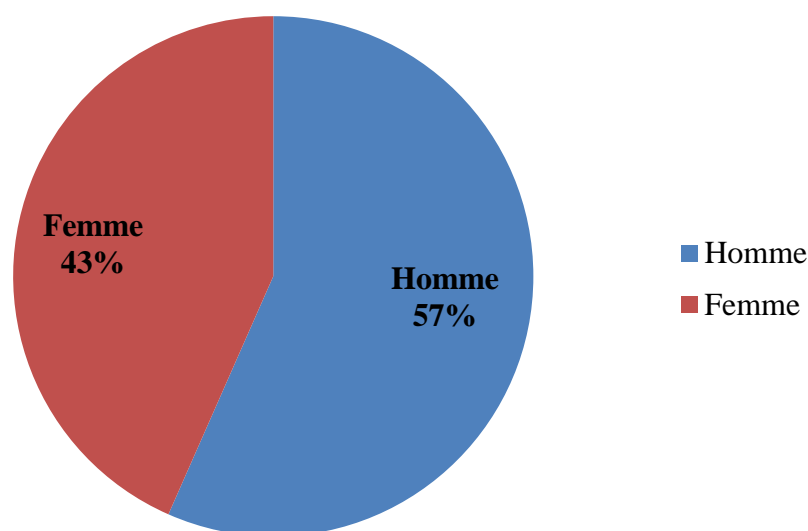


Figure 14 : Répartition du personnel formé selon le sexe

Le sexe masculin représente 57% du personnel formé.

IV.1.2. La production

IV.1.2.1. Le nombre de séances de production pour les deux sites : il y a été réalisé au total trente-cinq (35) séances de productions dans les deux structures.

IV.1.2.2. Suivi de la production dans les deux sites

➤ **Répartition des séances de productions et des quantités produites par site**

Le tableau suivant donne une répartition des séances de productions ainsi que les quantités produites par site.

Tableau V : Séances de productions et quantités produites par site

Site	Nombre de productions	Quantité produite en L	Pourcentage en
CHU GT	27	1620	77%
HM	8	480	23%
Total	35	2100	100%

On remarque dans ce tableau que 77% de la production a eu lieu au CHU GT.

➤ **Le délai moyen entre les séances de productions au niveau des deux sites**

Le tableau suivant donne une représentation du délai moyen entre les séances de productions au niveau des sites.

Tableau VI : Délai moyen entre les séances de productions

Site	Délai moyen entre les		
	séances de productions en jours	Min	Max
CHU GT	8,92592 ± 7,54945	0	31
HM	12,125 ± 7,77243	0	25
Les 2 sites combinés	6,88571 ± 5,64525	0	31

Le délai moyen entre les séances de productions à l'HM était de 12,125 jours.

➤ **La durée moyenne des séances de production au niveau des deux sites**

Le tableau ci-dessous donne une représentation de la durée moyenne des séances de productions dans les deux sites.

Tableau VI : Durée moyenne des séances de production

Site	Durée moyenne des		
	séances de productions	Min	Max
CHU GT	04H39min12 sec ± 0,02168	04H29min00sec	07H02min00sec
HM	05H03min45sec ± 0,02084	4H30min00sec	05H42min00sec
Les 2 sites combinés	04H44min58sec ± 0,02241	04H29min00sec	07H02min00 sec

Dans ce tableau on note que la durée moyenne des séances de productions au niveau des deux sites était de 04H44min58sec.

➤ **La température moyenne de la solution prélevée avant et après production au niveau des deux sites**

Le tableau ci-dessous donne la température moyenne de la solution avant et après production au niveau des deux sites.

Tableau VIII : Température moyenne de la solution avant et après production au niveau des deux sites

Site	Température de début de production	Min	Max	Température de fin de production	Min	Max
CHU GT	28,5°C ±1,91106°C	26°C	32°C	49,23076°C±2,73214°C	45°C	55°C
HM	31,25°C ± 1,03509°C	30°C	32°C	51,25°C ±1,75254°C	48°C	54°C
Les 2 sites combinés	29,1875°C±2,10126°C	26°C	32°C	49,70588°C±2,65751	45°C	55°C

La température moyenne de la solution avant et après production au niveau des deux sites était respectivement de 29,1875°C et 49,70588°C.

IV.1.3. Utilisation de la solution d'eau de javel

IV.1.3.1. Suivi de l'utilisation de la solution au niveau des deux sites

➤ **Représentation globale de l'utilisation de la solution par rapport à la production au niveau des deux sites**

Le tableau suivant fournit une représentation globale de l'utilisation de la solution par rapport à la production au niveau des deux sites.

Tableau IX : Représentation globale de l'utilisation de la solution par rapport à la production au niveau des deux sites

Utilisation de la solution dans les deux sites/production totale	Quantité	Pourcentage
Solution utilisée dans les 2 sites	1745 l	83%
Solution non utilisée dans les 2 sites	355 l	17%
Total produit	2100 l	100%

On remarque que sur les 2100 litres de solution produite, 1745 litres ont été utilisés soit 83%.

➤ Répartition de la solution totale utilisée

Le tableau ci-dessous donne une répartition de la solution utilisée par site.

Tableau X : Répartition de la solution totale utilisée.

Site	Solution utilisée	Pourcentage
CHU GT	1385 l	79%
HM	360 l	21%
Total	1745 l	100%

Sur les 1745 litres utilisés dans les deux sites, 79% ont été utilisés au CHU Gabriel Touré.

➤ Répartition de la solution totale non utilisée

Le tableau ci-dessous donne une répartition de la solution qui n'a pas pu être utilisée dans les deux structures.

Tableau VII : Répartition de la solution totale non utilisée.

Site	Solution non utilisée	Pourcentage
CHU GT	235 l	66%
HM	120 l	34%
Total	355 l	100%

Sur les 355 litres non utilisés, 66% appartiennent au CHU Gabriel Touré.

IV.1.3.2. Suivi de l'utilisation au CHU Gabriel Touré

➤ Représentation générale de l'utilisation de la solution au CHU Gabriel Touré

➤ Le tableau suivant donne une représentation générale de l'utilisation de la solution au CHU GABRIEL TOURE

Tableau VIII: Représentation de l'utilisation de la solution par rapport à la production totale du CHU GT.

CHU GT	Quantité	Pourcentage
Solution utilisée	1385 l	85,49%
Solution non utilisée	235 l	14,51%
Total produit	1620 l	100%

Sur les 1620 litres de solution produite au CH GT, 85% de cette solution a pu être utilisés.

➤ Représentation de l'utilisation de la solution dans les différents services au CHU Gabriel Touré

Le tableau ci-dessous fournit une représentation de l'utilisation de la solution dans les différents services au CHU Gabriel Touré.

Tableau IX : Représentation de l'utilisation de la solution dans les différents services au CHU Gabriel Touré

Service	Quantité utilisée	Pourcentage
Maternité	765 l	55%
Bloc technique	610 l	44%
Pharmacie hospitalière	10 l	1%
Total	1385 l	100%

Les 1385 litres de solutions utilisées au CHU Gabriel Touré sont répartis dans les différents services concernés comme suit : la maternité vient en première position avec 55%, en suite le Bloc technique avec 44% puis la Pharmacie hospitalière avec 01%.

IV.1.3.3. Suivi de l'utilisation de la solution à l'Hôpital du Mali

➤ Représentation de l'utilisation de la solution à l'Hôpital du Mali

À noter, qu'un seul service était concerné à l'Hôpital du Mali : le Bloc opératoire.

Le tableau suivant donne une représentation de l'utilisation de la solution par rapport à la production à l'Hôpital du Mali.

Tableau XIV : Représentation de l'utilisation de la solution par rapport à la production à l'Hôpital du Mali

Utilisation de la solution/production totale	Quantité	Pourcentage
Solution utilisée	360 l	75%
Solution non utilisée	120 l	25%
Total produit	480 l	100%

La solution utilisée représente 75% de la production à l'Hôpital du Mali.

IV.1.3.4. Répartition des différentes causes de non utilisation de la solution dans les deux sites

La figure ci-dessous donne les proportions des différentes causes de non utilisation de la solution produite dans les deux sites.

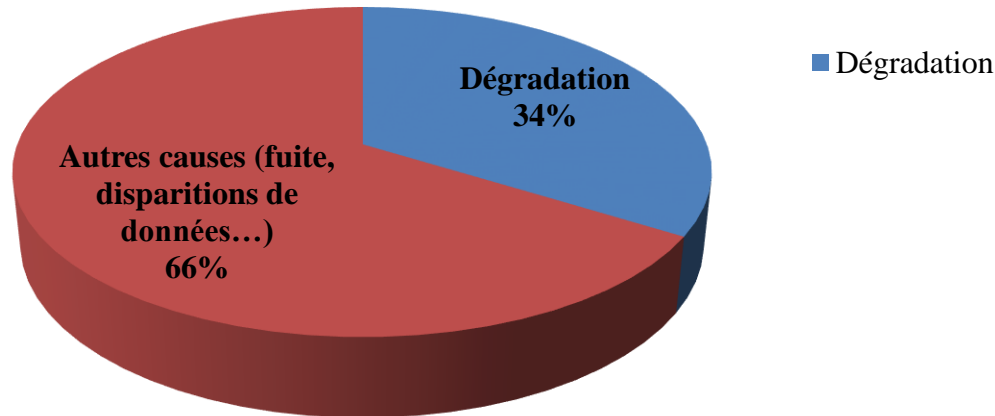


Figure 15 : Répartition des différentes causes de non utilisation de la solution produite dans les deux sites.

La dégradation ne représente que 34% des causes de non utilisation. Les autres causes sont : une fuite du récipient de stockage et des données non renseignées dans le registre.

IV.1.3.5. Suivi du personnel chargé de l'utilisation

Les renseignements sur le personnel impliqué dans l'utilisation :

➤ Répartition du personnel d'utilisation selon leur catégorie

Le tableau ci-dessous regroupe le personnel chargé de l'utilisation du chlore dans leur différent service selon la fonction qu'il exerce

Tableau XV: Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon leur catégorie.

Fonction	Fréquence	Pourcentage
Assistant médical	1	2,7%
Technicien de surface	18	48,65%
Sage-femme	18	48,65%
Total	37	100,00%

Les techniciens de surface et les sages-femmes sont à égalité avec 48,65% chacun.

➤ **Répartition du personnel d'utilisation de la solution de chlore selon le service**

Le tableau ci-dessous regroupe le personnel chargé de l'utilisation de la solution de chlore dans leur différent service selon le service dans lequel ils travaillent

Tableau X : Répartition du personnel d'utilisation de la solution de chlore selon le service.

Service	Fréquence	Pourcentage
Bloc technique CHU Gabriel Touré	9	24,3%
Bloc opératoire Hôpital du Mali	3	8,1%
Pharmacie hospitalière du CHU Gabriel Touré	1	2,7%
Maternité CHU Gabriel Touré	24	64,9%
Total	37	100,00%

Dans ce tableau on remarque une concentration plus élevée du personnel au niveau de la maternité du CHU Gabriel Touré 64,9% par rapport aux autres services.

➤ **Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le sexe**

La figure suivante représente le personnel chargé de l'utilisation du chlore dans leurs différents services selon le sexe

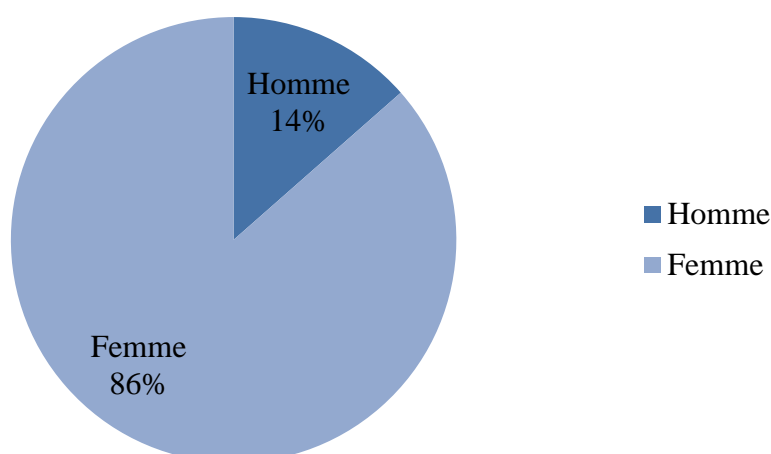


Figure 16 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le sexe.

Le personnel d'utilisation était constitué de 86% de femmes.

➤ **Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le site de production**

La figure suivante représente le personnel chargé de l'utilisation du chlore dans leur différent service selon le site production de la solution.

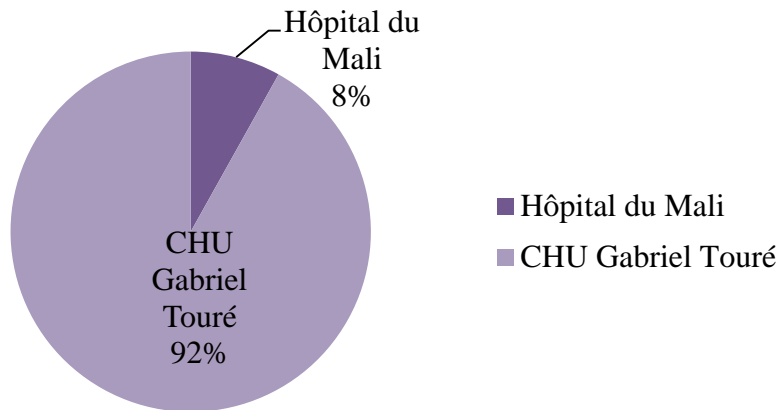


Figure 17 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le site de production de la solution.

On remarque que 92% du personnel travaillaient au CHU Gabriel Touré.

➤ **Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le suivi de la formation initiale ou non**

La figure suivante regroupe le personnel chargé de l'utilisation du chlore dans leur différent service selon qu'ils aient suivi la formation initiale ou non. **Cela ne concerne que le CHU GT.**

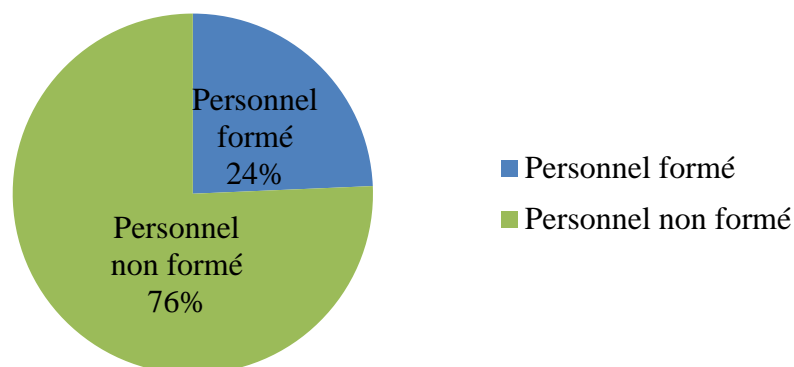


Figure 18 : Répartition du personnel d'utilisation du chlore selon le suivi de la formation initiale ou non.

Sur 37 personnes chargées de l'utilisation, seules 9 personnes soient 24% avaient suivi la formation initiale.

➤ **Répartition du personnel formé selon leur participation dans l'utilisation de la solution**

La figure suivante ressort le nombre de personne formée ayant utilisé la solution parmi le personnel formé. **Cela ne concerne que le CHU GT.**

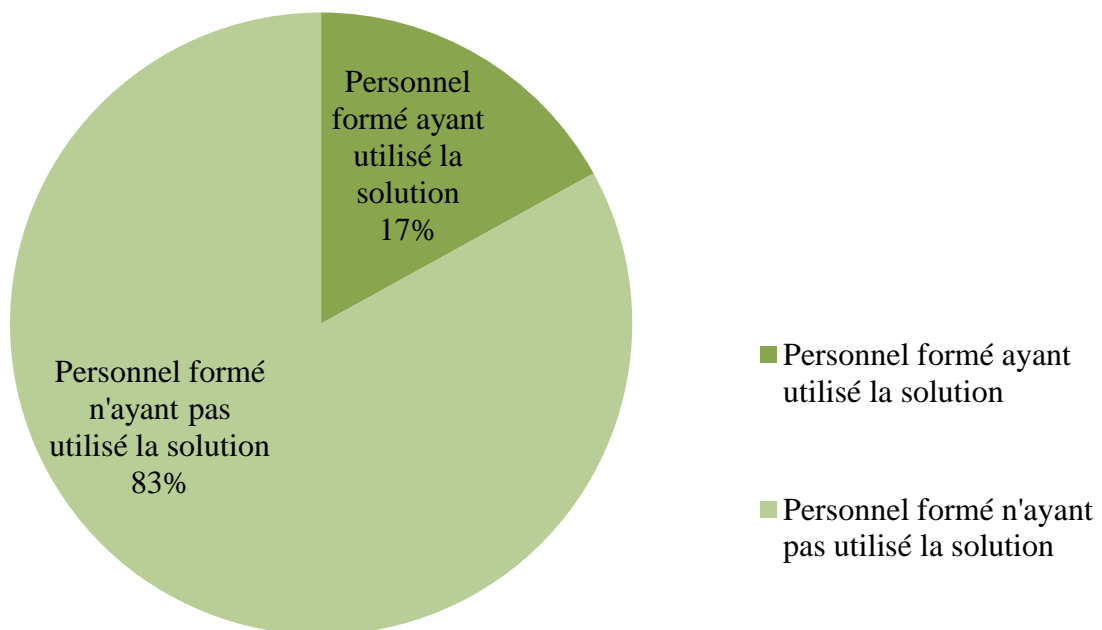


Figure 19 : Répartition du personnel formé selon leur participation dans l'utilisation de la solution

Cette figure indique que sur le nombre total de personne formée (53 personnes), seules 9 personnes soient 17% ont été impliquées dans l'utilisation de la solution et les 44 autres soient 83% ne l'ont pas été.

IV.2. Concentration moyenne de la solution produite au niveau des deux sites

Le tableau ci-dessous donne la concentration moyenne de la solution dans les deux sites de productions.

Tableau XXII : Concentration moyenne de la solution produite au niveau des deux sites

Site	Concentration moyenne de la solution	Min	Max
CHU GT	5,51851g/l \pm 0,48992g/l	4,5g/l	6g/l
HM	5,42105 g/l \pm 0,71225 g/l	4,5g/l	7g/l
Les 2 sites combinés	5,48571g/l \pm 0,60007 g/l	4,5g/l	7g/l

On remarque dans ce tableau que la concentration moyenne de la solution était de 5,48571g/l pour les deux sites.

IV.3. Contrôle de stabilité de la solution

➤ Échantillons

Le tableau suivant regroupe le nombre de productions dont les échantillons ont subi un contrôle de stabilité et celles n'ayant pas subi ce contrôle.

Tableau XVIXII : Productions testées et non testées

Productions	Effectif	Pourcentage
Testées	18	51,43%
Non testées	17	48,57%
Total	35	100%

Sur les 35 séances de productions, 18 productions soient 51,43% ont fait l'objet de tests de stabilité dans le temps.

IV.4. La concentration moyenne des échantillons testés lors de leur prélèvement

La concentration moyenne des échantillons testés lors du premier test était de **5,4g/l \pm 0,53930g/l** avec un Max= **6g/l** et un Min= **4,5g/l**.

Le délai moyen entre la production et le premier test de stabilité

Le délai moyen entre la production et le premier test de stabilité était de **0,7 jour \pm 1,51679 jour** avec un Max= **6 jours** et un Min= **0 jours**.

Le délai moyen entre le premier test de stabilité et le dernier

Le délai moyen entre le premier test de stabilité et le dernier était de **29,6 jours \pm 11,65685 jours** avec un Max= **55 jours** et un Min= **9 jours**.

La concentration des échantillons au dernier test était inférieure ou égale à 4 g/l soit le seuil de concentration minimale fixé au début de l'étude selon lequel toute solution de chlore l'ayant atteint était retirée et non utilisable dans le cadre de notre étude.

PARTIE 5 : COMMENTAIRES ET DISCUSSION

V. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

Difficultés rencontrées

La non-coopération au début de l'étude de la société de nettoyage privée sous-traitante au CHU Gabriel Touré pour nous livrer certaines informations nécessaires au lancement de la production.

Le personnel d'utilisation n'était pas toujours coopératif.

La disparition de données sur l'utilisation de certaines solutions.

Une panne électrique significative lors d'une production a rallongé la durée de la séance de plusieurs heures.

Une fuite non détectée à temps d'un des récipients de stockage.

Le dysfonctionnement d'un des appareils de production et un flacon de réactif WATAtest défectueux.

Formation du personnel

Avec 41,51%, les techniciens de surface représentaient à cause de leur fonction la plus grande partie du personnel formé. Ils sont chargés du nettoyage et de l'entretien des surfaces de l'hôpital. Par ailleurs, la désinfection des surfaces représente une grande partie de cette étude. Les infirmiers et les sages-femmes représentaient respectivement 24,53% et 16,98% du personnel formé. La désinfection des dispositifs médicaux qui était une composante importante de cette étude, fait partie de leurs attributions.

Production

Au total, il y a eu trente-cinq (35) séances de production réalisées dans les deux sites sur une période de neuf (9) mois. Sur ces 35 séances, 77% ont été réalisées au CHU GT contre 23% à l'HM. En effet, lors des 35 séances de production, il a été produit 2100 litres de chlore dont 1620 litres soit 77% au CHU GT contre 480 litres soit 23% à l'HM. Cette différence significative entre les deux sites de production s'explique par le fait qu'il y'avait plus de services concernés donc plus de demande en solution au CHU GT et que la production y a longtemps démarré avant l'Hôpital du Mali qui avait juste un service concerné.

Concentration moyenne de la solution

La concentration moyenne du produit final des deux sites combinés était de **5,48571 g/l \pm 0,60007 g/l** avec un maximum (Max= **7g/l**) et un minimum (Min= **4,5g/l**).

Cette valeur est très proche de la valeur obtenue par l'étude précédente [19] avec la méthode de titration au thiosulfate **5,42 g/l**. Mais elle diffère un peu de celle donnée par Antenna Fondation **6 g/l** [1, 16, 17] et de celle obtenue par l'étude précédente [19]**5,1 g/L** avec le réactif WATAtest. Cette différence est due en grande partie à un réactif WATAtest défectueux. Lorsque les concentrations ont commencé à baisser, un changement de l'eau et du sel utilisés pour la production a été réalisé sans résultat. Finalement un test avec un autre flacon de réactif a fini par confirmer que le problème venait du réactif qui était utilisé. Bien que les résultats des tests initiaux ont été conservés pour la saisie des données, toutes les solutions ayant fait l'objet de ce problème ont été testées avec un nouveau réactif afin de savoir si elles respectaient les normes à la sortie d'usine à partir de leurs échantillons prélevés pour les tests de stabilité.

La concentration moyenne de la solution produite au CHU GT était de **5,51851g/l \pm 0,48992g/l** avec un Max= **6g/l** et un Min= **4,5g/l** alors que la concentration moyenne de la solution produite à l'HM était de **5,42105 g/l \pm 0,71225 g/l** avec un Max= **7g/l** et un Min= **4,5g/l**.il n'y a pas une différence significative entre ces deux résultats ni avec la concentration moyenne des deux sites de production combinés.

Délai moyen entre les séances de production

Le délai moyen entre les séances de production des deux sites combinés était de **6,88571 jours \pm 5,64525 jours** avec un Max= **26 jours** et un Min= **0 jours**.

Le délai moyen entre les séances de production au CHU GT était de **8,92592jours \pm 7,54945jours** avec un Max= **31 jours** et un Min= **0 jours**.

Soit **une production tous les neuf jours**, cette valeur est significativement différente de celle obtenue lors de l'estimation des besoins et la fréquence de production avant le début des séances de productions qui prévoyait cinq **(5) séances de productions par semaine**.

Cette différence s'explique par :

- ❖ Non fiabilité à 100% des informations données par le personnel questionné surtout concernant les mesures ;
- ❖ L'affluence ou le volume d'activité dans les différents services. Sur ce point les informations données par le personnel étaient bien fiables. Selon leurs témoignages, plus l'affluence ou le volume d'activité sont importants plus leurs besoins en désinfectants sont élevés et plus ces derniers sont moins importants plus leurs besoins diminuent. Cela s'est bien vérifié au cours de l'étude.
- ❖ Les grèves du personnel ; les cas de grève affectent de façon significative l'affluence et l'activité des services.

Le délai moyen entre les séances de production est étroitement lié au volume d'utilisation de la solution.

Le délai moyen entre les séances de production à l'HM était de **12,125 jours ± 7,77243 jours** avec un Max= **25 jours** et un Min= **0 jours**.

Soit **une production tous les douze jours**, cette valeur diffère de celle obtenu au CHU GT qui est **d'une production tous les huit jours**. Cette différence s'explique par des besoins plus élevés en chlore au CHU GT qu'à l'HM.

Par ailleurs, des écarts type élevés au niveau des deux sites de production s'expliquent par les deux paramètres suivants qui affectent le nombre de séances de production sur une période donnée :

- ❖ L'affluence ou le volume d'activité dans les différents services. Plus l'affluence ou le volume d'activité sont importants plus leurs besoins en désinfectants sont élevés et plus ces derniers sont moins importants plus leurs besoins diminuent.

Durée moyenne des séances de production

La durée moyenne des séances de production des deux sites combinés était de **04H44min58sec ± 0,02241** avec un Max=**07H02min00** sec et un Min=**04H29min00sec**. Cette valeur est supérieure à celle donnée par Antenna foundation qui est de 04H30min et la revue littérature [1,16,17]. Cette différence est due en grande partie aux coupures de courant et à un dysfonctionnement d'un des appareils de production. Mais le dysfonctionnement de l'appareil n'a en aucun cas affecté la concentration du produit final mais seul le temps de production s'est vu allongé. Il est important de noter que le temps de production donné par Antenna Fondation ne prend en compte aucune interruption de production.

La durée moyenne des séances de production au CHU GT était de **04H39min12 sec ± 0,02168** avec un Max= **07H02min00sec** et un Min= **04H29min00sec** alors que la durée moyenne des séances de productions à l'HM était de **05H03min45sec ± 0,02084** avec un Max= **05H42min00sec** et un min = **4H30min00sec**. Les deux valeurs sont supérieures à celle donnée par Antenna avec celle de l'HM largement supérieure. Cela est due au disfonctionnement de l'appareil Maxi-Wata qui se trouvait à l'HM.

Température moyenne de la solution

La température moyenne de la solution prélevée avant le début de chaque production au niveau des deux sites combinés était de **29,1875°C ± 2,10126°C** avec un Max= **32°C** et un Min= **26°C**. Et la température moyenne de la solution prélevée à la fin de chaque production au niveau des deux sites combinés était de **49,70588°C ± 2,65751** avec un Max= **55°C** et un Min= **45°C**. On note que la température critique de 70°C [16, 17] n'a jamais été atteinte. Donc il n'y a eu ni de surchauffe de la machine ni de soucis de concentration à cause de la température.

Test de stabilité de la solution

La concentration moyenne des échantillons testés lors du premier test était de **5,4g/l ± 0,53930g/l** avec un Max= **6g/l** et un Min= **4,5g/l**. Cette valeur est un peu inférieure à celle donnée par Antenna Fondation **6 g/l** [1, 16, 17].

Le délai moyen entre la production et le premier test de stabilité était de **0,7 jour ± 1,51679 jour** avec un Max= **6 jours** et un Min= **0 jours**.

Le délai moyen **entre le premier test de stabilité et le dernier** était de **29,6 jours ± 11,65685 jours** avec un Max= **55 jours** et un Min= **9 jours**. On n'a pas trouvé d'explication concrète à cette différence de dégradation des échantillons.

Ce résultat suppose que les productions peuvent être conservées et restées utilisables jusqu'à 30 jours. Mais vu la valeur élevée de l'écart type le faible nombre d'échantillons utilisés pour ce test, il est difficile de confirmer ce résultat à 100%. Un plus grand nombre de test serait donc nécessaire.

La concentration des échantillons au dernier test était inférieure ou égale à 4 g/l soit le seuil de concentration minimale fixé au début de l'étude selon lequel toute solution de chlore l'ayant atteint était retirée et non utilisable dans le cadre de notre étude.

Utilisation de la solution

Sur les 2100 litres de solution produite, 1745 litres ont été utilisés soit 83% et 355 litres n'ont pas été utilisés soit 17% de la production.

Les causes de cette non-utilisation sont entre autres : une fuite du récipient de stockage et des données non renseignées dans le registre (66% des causes), la dégradation de la solution (34% des causes).

Sur les 1745 litres utilisés, 79% ont été utilisés au CHU Gabriel Touré et 21% à l'Hôpital du Mali. Cette large différence est due comme énoncer précédemment à un besoin plus élevé en chlore au CHU GT par rapport l'HM. Par contre si l'on considère les sites séparément, sur les 1620 litres produit au CHU GT 1385 litres soient 84,49% ont été utilisés contre 235 litres soient 14,51% non utilisés.

Et à l'HM, sur les 480 litres produit 360 litres soient 75% ont été utilisés contre 120 litres soient 25% non utilisés.

Au CHU GT, la solution utilisée se répartit comme suit : La maternité vient en première position avec 55%, en suite le Bloc technique avec 44% puis la Pharmacie hospitalière avec 1%. À noter que la pharmacie hospitalière n'a utilisé la solution que pour le lavage des mains ; les Salles d'accouchement et Bloc Gynécologique utilisaient plus la solution que l'ensemble des autres services réunis à cause de sa très forte affluence.

La solution a été utilisée dans un seul service de l'HM, le bloc opératoire.

Les quantités livrées aux différents services sont stockées dans des locaux adaptés jusqu'à la fin de leur utilisation.

Au total, 37 personnes étaient chargées de l'utilisation du chlore dans les différents services des deux structures. Les techniciens de surface et les sages-femmes représentaient respectivement 48,65 % chacun. Donc le choix de former un grand nombre de ces deux catégories de personnel était largement justifié.

Par contre la totalité de ces 37 personnes n'avait pas suivi la formation de départ. Environ 76% n'avaient pas suivi cette formation initiale mais il est important de noter qu'ils ont tous été formés au cours de l'étude. Ce qui amène au résultat suivant, seulement 16,98% du personnel formé au départ étaient impliqués dans l'utilisation. Cela ne signifie en aucun cas que la première formation n'a pas visé le bon personnel ou n'a pas été très utile. Puisque le reste du personnel formé a servi soit dans la production, la supervision, ou de facilitateur...

Bien que le sexe féminin ne représente que 43% du personnel formé au départ, nous avons eu à travailler directement avec plus de femmes que d'hommes. Effectivement, environ 86% du personnel d'utilisation étaient des femmes. Ceci s'explique par le fait que les techniciens de surface ainsi que les sages-femmes sont composés en majorité par des femmes.

Les témoignages donnés par le personnel qui devaient servir à estimer les besoins en solution chlorée des différents services concernés ont permis d'obtenir non seulement une fréquence de production de départ provisoire mais aussi de comprendre leur frustration concernant la quantité et la qualité insuffisantes des solutions chlorées qu'ils ont à leur disposition. Certains manifestaient déjà leur joie en apprenant qu'une telle étude allait démarrer mais aussi au cours de l'étude.

PARTIE 6 : CONCLUSION

VI. CONCLUSION

Cette étude a permis de fournir une solution d'hypochlorite de sodium de qualité dans les deux structures. Durant tout le temps qu'a duré l'étude, la disponibilité de la solution n'a jamais été un problème au niveau des services (pas de ruptures de stock).

Cependant la stabilité et la durée de conservation des solutions constituent toujours une problématique. Mais en moyenne les solutions produites se conservaient jusqu'à trente (30) jours environ avant d'atteindre une concentration inférieure ou égale à 4g/L. Bien que détourné de son usage initial, la technologie MAXI-WATA pourrait être un outil d'innovation surtout pour les pays sous-développés. Son plus grand avantage étant son faible coût de production et sa facilité d'utilisation et d'entretien.

La disparition de données sur l'utilisation de certaines solutions, une fuite non détectée à temps d'un des récipients de stockage, le dysfonctionnement d'un des appareils de production et un flacon de réactif WATAtest défectueux ont été les principaux problèmes rencontrés au cours de l'étude.

PARTIE7 : RECOMMANDATIONS

VII. RECOMMANDATIONS

❖ Aux autorités administratives et de gestion des hôpitaux Gabriel Touré et de l'Hôpital du Mali

- Pérenniser l'expérience des deux Hôpitaux.
- Tout mettre en œuvre pour l'étendre à tous les services qui exprimeront le besoin.
- Mettre en place un système de contrôle de qualité fiable de tous les produits désinfectants utilisés au sein de l'hôpital.
- Et enfin mettre plus de rigueur dans le contrôle des sociétés sous-traitantes chargées du nettoyage au sein de l'hôpital que ce soit au niveau de la qualité des solutions désinfectantes utilisées ou la fréquence de nettoyage ou l'observance des procédures.

❖ Aux autorités publiques compétentes

- Étendre le projet aux autres structures de 2^{ème} et 3^{ème} niveau de la pyramide sanitaire.
- Veiller à son bon fonctionnement et son amélioration.

❖ Au personnel des hôpitaux Gabriel Touré et de l'Hôpital du Mali

- Respecter les règles et procédures d'hygiène mis en place au sein des hôpitaux.
- Contribuer à la pérennisation de la production du chlore au sein des hôpitaux.

PARTIE 8 : RÉFÉRENCES

VIII. RÉFÉRENCES

1. Giani S, Traoré K, Aidemet Ong. Formation théorique et pratique sur la production d'une solution chlorée : la production hospitalière de chlore actif par électrolyse avec le dispositif MAXI-WATA. Bamako- CHU Gabriel Touré. Février 2019.
2. Fleurette J, Freney J, Reverdy M. -E Antisepsie et Désinfection. ed.ESKA. Paris : Dunod ; 1995.
3. Diakité S. Utilisation des solutions d'hypochlorite de sodium au CHU du Point-G [Thèse de doctorat en médecine en ligne]. Bamako-Mali : USTTB ; 2008. [consulté le 10 Août 2022]. Disponible sur www.keneya.net/fmpos/theses/2008/med/pdf/08M26.pdf
4. Duvernay P-G. Traitement et bonne conservation de l'eau à domicile grâce au «chlore'c». étude de cas d'une entreprise sociale en guinée [en ligne] .Suisse : ANTENNA Fondation ; c2022 [consulté le 10 Août 2022]. Disponible sur <https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/04/traitement-et-bonne-conservation-eau-vf-28.11.16.pdf>
5. Larose L. Hygiène n'est pas propreté : Pour une nouvelle définition de la promotion de l'hygiène en aide humanitaire d'urgence. Santé Publique [en ligne ; consulté le 10 Août 2022]. 2001/1 (Vol. 13), p77-88. Disponible sur www.cairn.info/revue-sante-publique-2001-1-page-77.htm consulté le 28/07/21.
6. OMS : <http://www.who.int/fr/>
7. Universalis. Hôpital (histoire de l') [en ligne ; consulté le 14 Août 2022]. Disponible sur www.universalis.fr/encyclopedie/hopital-histoire-de-l/#i_31313
8. <http://slideplayer.fr/slide/7780500/#.Wba4sqJx-s4.email>.
9. (*Décret N°05-063/P-RM du 16 février 2005 Article 2-b*) partant du Code de Santé Publique de France (*Article L.5211-1*) et des Directives Européennes (*Directive 93/42/CEE du 29 juillet 1993*).

10. CSNEJ. Dossier Eau de Javel : L'Eau de Javel Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium [Format PDF en ligne ; consulté le 30 avril 2021]. 118 avenue Achille Peretti - 92200 NEUILLY-SUR-SEINE, Mai 2010. Disponible sur <http://www.eaudejavel.fr/assets/fichiers/post/1475836601.pdf>
11. Wikipedia. Le chlore[en ligne ; consulté le 30 octobre 2020]. Disponible sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlore> *consulté le 30 Avril 2021*
12. Human-Hist. La lessive de Berthollet ou l'eau de Javel [en ligne ; consulté le 30 Avril 2021]. 22 Juin 2020. Disponible sur La lessive de Berthollet ou l'eau de Javel - Human-Hist (humanhist.com)
13. DINEPA. Fiche technique : Fabrication des solutions chlorées et chloration [en ligne ; consulté le 30 octobre 2020]. 30 mai 2012 [ref. du 12 septembre 2014]. Format PDF. Disponible sur <https://dinepa.gouv.ht/referentieltechnique/doc/1-aep/1.2.2%20FIT2%20Fabrication%20de%20solutions%20chlorees%20et%20chloration.pdf>
14. Coulibaly Zélika H Harouna. Utilisation des solutions d'hypochlorite de sodium au CHU du Point G. thèse : Pharmacie. Bamako-USTTB. 73p
15. Maiga B. Pratiques d'hygiène hospitalière dans les structures sanitaires : Hôpital Gabriel Touré, Hôpital Régional de Sikasso, CNOS, Centre de Santé Référence de la Commune IV de Bamako [en ligne ; consulté le 14 Août 2022]. Thèse de doctorat en Pharmacie, Bamako-Mali, USTTB, 2002-2003. 67p. Disponible sur
16. Antenna Fondation. Eau et hygiène. Gamme de produits WATA : Une solution pour la désinfection et le traitement de l'eau questions-réponses [en ligne ; consulté le 08 février 2021]. Juin 2017. Disponible sur <https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/06/WATA-questions-reponses-juin-2017.pdf>.
17. Antenna Fondation. Eau et hygiène. MAXI-WATA [en ligne ; consulté le 08 février 2021]. Juin 2017. Disponible sur https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/08/Manuel_WataTest_fr_2017.pdf.

18. Antenna Fondation. Concept note : Approche WATASOL au Burkina Faso [en ligne ; consulté le 09 décembre 2022]. Novembre 2015. Disponible sur https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/04/concept_note_burkina_faso.pdf.
19. Duverney P-G, de Laguiche E, Campos Nogueira R, Graz B and al. Preventing nosocomial infections in resource-limited settings : An interventional approach in healthcare facilities in Burkina Faso. *Infection, Disease&Health*. 2020. 25, 186-193.

PARTIE 9 : ANNEXES

ANNEXES

Registres

Registre de production

Date de production		
N° de production		
T° ₁ avant production en °C		
Heure début de production		
Heure de fin de production		
T° ₂ solution produite en °C		
Quantité produite en L		
Concentration de la solution en g/L		
Observations		

Registre de distribution

Date de dispensation	Service receveur	Quantité livrée en L	P ₁ personnel dispensateur	P ₂ personnel réceptionnaire	Signatures
----------------------	------------------	----------------------	---------------------------------------	---	------------

Registre de contrôle de stabilité

Date de production de l'échantillon		
N° de production de l'échantillon		
Concentration de l'échantillon à la production		
Date de prélèvement de l'échantillon		
N° de l'échantillon		
Date des contrôles		
Concentration lors des contrôles		

PARTIE 10 : RÉSUMÉ

Résumé

Les pathogènes nosocomiaux sont transmis par contamination des surfaces causant des infections associées aux soins.

La décontamination et la désinfection avec la solution d'hypochlorite de sodium constituent deux mesures de prévention efficaces contre les infections.

La désinfection par le chlore en milieu hospitalier est reconnue par l'OMS. En effet le chlore détruit efficacement et rapidement les virus, les bactéries et d'autres micro-organismes comme les amibes ; il est aussi actif contre les champignons et les spores bactériennes ou fongiques. Il est fiable, efficace, simple d'utilisation et peu coûteux.

Au Mali, plusieurs études, ainsi que la pratique de terrain, ont démontré que la qualité des eaux de javel disponibles sur le marché n'est pas toujours acceptable. C'est pour cela qu'une approche permettant la production locale au niveau de l'Hôpital du Mali et du CHU Gabriel Touré d'une solution de chlore de qualité contrôlée trouve sa pleine justification.

L'outil proposé, le **Maxi-WATA**, est un dispositif permettant cette production de chlore par électrolyse de l'eau salée. En effet le Maxi-WATA permet une production unitaire de 60 L d'hypochlorite de sodium concentré à 6g/L avec du sel de cuisine et de l'eau du robinet.

L'objectif général de cette étude était d'évaluer la production et l'utilisation du chlore pour la désinfection des dispositifs médicaux, des blocs opératoires et des salles d'accouchement du CHU Gabriel Touré et de L'hôpital du Mali.

Au total, il y a eu trente-cinq (**35**) séances de productions réalisées dans les deux sites sur une période de neuf (**9**) mois. Sur ces 35 séances, 77% ont été réalisées au CHU GT contre 23% à l'HM. En effet, lors des 35 séances de productions, il a été produit 2100 litres de chlore dont 1620 litres soit 77% au CHU GT contre 480 litres soit 23% à l'HM.

La concentration moyenne du produit final des deux sites combinés était de **5,48571 g/l**.

La concentration moyenne de la solution produite au CHU GT était de **5,51851g/l** et celle produite à l'HM était de **5,42105 g/l**.

Le délai moyen entre les séances de productions au CHU GT était de **8,92592 jours**, soit **une production tous les neuf jours**.

Le délai moyen entre les séances de productions à l'HM était de **12,125 jours**, soit **une production tous les douze jours**.

La durée moyenne des séances de productions des deux sites combinés était de **04H44min58sec**.

La durée moyenne des séances de productions au CHU GT était de **04H39min12 sec** et la durée moyenne des séances de productions à l'HM était de **05H03min45sec**.

La concentration moyenne des échantillons testés (test de stabilité) lors du premier test était de **5,4g/l**.

Le délai moyen **entre le premier test de stabilité et le dernier** était de **29,6 jours**.

Sur les 2100 litres de solution produite, 1745 litres ont été utilisés soit 83% et 355 litres n'ont pas été utilisés soit 17% de la production.

Les causes de cette non-utilisation sont : une fuite du récipient de stockage et des données non renseignées dans le registre qui représentent 66% des cas. La dégradation ne représente que 34% des causes de non utilisation.

Au CHU GT, la solution utilisée se répartit comme suit : la maternité vient en première position avec 55%, en suite le Bloc technique avec 44% puis la Pharmacie hospitalière avec 1%.

La solution a été utilisée dans un seul service de l'HM, le bloc technique.

Au total, 37 personnes étaient chargées de l'utilisation du chlore dans les différents services des deux structures. Les techniciens de surface et les sages-femmes représentaient respectivement 48,65% chacun. Une du personnel sur l'utilisation avait été réalisée avant le démarrage de la production.

SERMENT DE GALIEN

*Je jure, en présence des Maîtres de la Faculté, des Conseillers de l'Ordre
des Pharmaciens, et de mes Condisciples,*

*D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de
leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement,*

*D'exercer dans l'intérêt de la Santé Publique, ma profession avec
conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais
aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement,*

*De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade
et sa dignité humaine,*

*En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état
pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels,*

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

*Que je sois couverte d'opprobres et méprisé de mes confrères si j'y
manque !*

Je le jure !