

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

UNIVERSITE de TLEMCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

*Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'agroalimentaire biomédical et à
l'environnement « LAMMAB »*

MEMOIRE

Présenté par

RIAZI Meriem Rajaa et ZEGGAI Yousra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Microbiologie et Contrôle de Qualité

Thème

**Caractérisation Microbiologique des Effluents Hospitaliers
« Contribution à L'étude du Pouvoir Désinfectant de L'Ozone »**

Soutenu le 14/10/2020, devant le jury composé de :

Président	Mr. BELYAGOUBI L	Maître de conférences A	Université de Tlemcen
Examineur	Mr TEFIANI C	Maître de conférences A	Université de Tlemcen
Encadreur	Mr. REBIAHI S. A	Maître de conférences A	Université de Tlemcen

DEDICACE

A maman et Papa

Aucun mot ne peut leur exprimer notre profond amour, reconnaissance et témoignage sincère pour tous les sacrifices qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer pour parfaire notre éducation, merci maman, merci papa.

A Nos frères, sœurs et amis qui nous ont soutenus avec fierté et dévouement et de nous avoir supporté durant les pénibles moments.

Nous adressons aussi un clin d'œil amical à nos collègues du
MASTER Microbiologie et Contrôle de Qualité
dont nous partageons le quotidien avec grand plaisir.

YOUSRA et MERIEM, Octobre 2020

REMERCIEMENTS

«Celui qui n'a pas remercié les gens n'a pas remercié Dieu»

Ce mémoire de fin de cycle repose sur l'implication de nombreuses personnes que nous souhaitons remercier très sincèrement.

En premier lieu, nous remercions

Mr. Rebiahi S.A Maître de conférences « A »

d'avoir bien voulu accepter de superviser ce mémoire malgré ses nombreuses obligations. Il nous a transmis un savoir très honorable, son point de vue critique, compétence de haut niveau. Nous tenons à le remercier encore une fois pour ses qualités humaines et pour la confiance qu'il nous a accordée. Que vous veuillez bien accepter notre sincère reconnaissance et le témoignage de notre profonde gratitude.

Nous exprimons nos vifs remerciements à

Mr. Belyagoubi L. Maître de conférences « A »

votre compétence reconnue de tous, n'a d'égale que votre disponibilité et votre gentillesse, vous nous faites le double honneur d'examiner ce mémoire et de présider le jury.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à

Mr. Tefiani C Maître de conférences « A »

pour avoir accepté la charge d'être examinateur de ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier

Dr. Kamel Nassour de l'Université de Sidi-BelAbbes de nous avoir accueillis dans son laboratoire APELEC, faculté de technologie. Nous sommes reconnaissantes à son contribution.

ملخص

التوصيف الميكروبيولوجي لمخلفات المستشفيات السائلة "المساهمة في دراسة قوة تطهير الأوزون".

نظرًا لارتباط الصحة والمياه والبيئة، فإن هذه المذكرة تقع في صميم مشكل النظافة في المستشفى. تتألف من مراجعة ببيولوجرافية مع الطموح لتحسين المعرفة والتحكم في العواقب بشكل أكثر فعالية ، لأن نقص البيانات يمنع الفهم الجيد للاحتياجات والاستجابة لها بشكل أفضل.

بناءً على تحليل الأبحاث السابقة التي تدرس التوصيف الميكروبيولوجي لمخلفات المستشفيات السائلة ، بالإضافة إلى تأثيرها، يمكن أن تتدخل النفايات السائلة للمستشفيات بشكل مضاعف عن طريق حمل المضادات الحيوية والبكتيريا المقاومة المتعددة مساهمة بشكل كبير في التلوث العام للبيئة ، وخاصة البيئة المائية. من أجل الحد من هذا الانتشار، ثبت أن الأوزون طريقة مفيدة ومجدية اقتصاديًا في معالجة مخلفات المستشفيات السائلة.

سمحت لنا هذه المذكرة باكتشاف عدم التجانس والأبعاد المتعددة لمشكلة النظافة في المستشفى.

كلمات مفتاحية: النظافة، المبيدات الحيوية، مخلفات المستشفيات السائلة، المقاومة المتعددة، مركبات صيدلانية، الأوزون.

RESUME

Caractérisation Microbiologique des effluents hospitaliers « Contribution à L'étude du Pouvoir Désinfectant de L'Ozone » :

La santé, l'eau et l'environnement étant liés, Ce mémoire de fin du cycle se situe au cœur de la problématique de l'hygiène hospitalière. Il consiste en une revue bibliographique par ambition d'améliorer les connaissances et à maîtriser plus efficacement les conséquences, Car L'absence de données empêche de bien comprendre les besoins et de mieux y répondre.

Ce travail analyse sur la base des travaux antérieurs, la caractérisation microbiologiques des effluents hospitaliers, ainsi que leur impact, il en résulte que Les effluents hospitaliers pourraient être doublement impliqués en véhiculant antibiotiques et bactéries multi résistantes. Ils représentent une contribution significative à la contamination générale de l'environnement, et plus particulièrement des milieux aquatiques.

Afin de limiter cette dissémination, l'ozonation a démontré qu'elle était une méthode utile et économiquement réalisable dans le traitement des eaux usées hospitalière.

Ce mémoire nous a permis de découvrir l'hétérogénéité et la multi dimensionnalité du problème de l'hygiène hospitalière.

Mots clés : Hygiène, biocides, effluents hospitalier, multi résistance, Composés pharmaceutiques, ozone.

SUMMARY

Microbiological Characterization of Hospital Wastewater «Contribution to the study of the Disinfectant Power of Ozone »:

As health, water and the environment are linked, this end-of-cycle thesis is at the heart of the hospital hygiene issue. It consists of a bibliographical review with the ambition to improve knowledge and to control the consequences more effectively, because the lack of data prevents a good understanding of the needs and a better response to them.

Based on previous work, this work analyzes the microbiological characterization of hospital effluents, as well as their impact. As a result, hospital effluents could be doubly involved by carrying antibiotics and multi-resistant bacteria. They represent a significant contribution to the general contamination of the environment, particularly the aquatic environment.

In order to limit this spread, ozonation has been shown to be a useful and economically feasible method in hospital wastewater treatment.

This dissertation allowed us to discover the heterogeneity and multidimensionality of the problem of hospital hygiene.

Key words: Hygiene, biocides, hospital wastewater, multi resistance, Pharmaceutical compounds, ozone.

LISTE DES ACRONYMES

AOPs	Advanced oxidation processes
BA	Boues Active
BLSE	Bêtalactamase à Spectre Elargi
BMR	Bactéries Multi Résistantes
CDC	Center of Diseases Control
CHU	Centre hospitalo-universitaire
CICR	Comité international de la Croix-Rouge
DAS	Les déchets d'activités de soins
DBD	Décharge à barrière diélectrique
FMD	Foot and mouth disease
IAS	Infections Associées Aux Soins
MBBR	Moving bed biofilm reactor
O ₂	Dioxygène
O ₃	Ozone
OH	Radical hydroxyle
QAC	Composés d'Ammonium Quaternaire
SARM	<i>Staphylococcus aureus</i> résistants à la méticilline
SARS	Severe acute respiratory syndrome
STEP	Stations d'Epuration
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Profil général d'entrée des biocides dans différents types de microorganismes.....	8
Figure 2 : Pourcentage des bactéries présentes dans les eaux usées.....	24
Figure 3 : Circuit de contamination des écosystèmes aquatiques par les médicaments utilisés dans la médecine humaine et vétérinaire.....	26
Figure 4 : Rejet koudia à ciel ouvert.....	27
Figure 5 : Rejet du nouveau pôle universitaire.....	27
Figure 6 : Profil d'antibio-résistance.....	30
Figure 7: Structure de l'ozone.....	33
Figure 8: Lien de la molécule d'ozone.....	36
Figure 9: Réaction d'oxydation de l'ozone avec les substances oxydables.....	36
Figure 10: Vue du nouveau générateur d'ozone modifié avec système de refroidissement à eau.....	37
Figure 11 : Points possibles d'application de l'ozonation et des AOPs pour la dégradation des produits pharmaceutiques.....	38
Figure 12 : installation expérimentale d'un générateur d'ozone DBD.....	40
Figure 11: Efficacité des traitements biologiques seuls et avec ozonation.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Structures chimiques des biocides.....	10
Tableau 2: Caractéristiques des désinfectants sélectionnés.....	18
Tableau 3: Textes réglementaires relatifs à la gestion des DAS en Algérie.....	20
Tableau 4 : Fréquence des genres et espèces bactériens isolés.....	25
Tableau 5: Les antibiotiques testés classés selon leurs familles.....	29
Tableau 6 : Principales constantes physiques de l'ozone.....	34

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Prévention et Contrôle Des Infections

1. Rappels de Quelques Définitions.....	3
1.1. L'hygiène hospitalière.....	3
1.2. La stérilisation.....	3
1.3. L'antisepsie.....	3
1.4. La désinfection	3
1.5. Le désinfectant.....	4
1.6. Les détergents.....	4
1.7. Les infections associées aux soins (IAS).....	4
2. Les Biocides dans l'Hygiène Hospitalière.....	7
2.1. Mécanismes d'action, efficacité et toxicité des antimicrobiens.....	9
2.1.1. Les acides.....	9
2.1.2. les Alcools.....	9
2.1.3. Les Aldéhydes.....	11
2.1.4. les alcalins	12
2.1.5. Les Biguanides.....	13
2.1.6. Les Halogènes.....	13
2.1.7. Les Oxydants.....	15
2.1.8. les phénols.....	16
2.1.9. Composés d'Ammonium Quaternaire.....	16
2.2. Facteurs influant sur l'efficacité des biocides.....	17
3. La Gestion des Déchets Hospitaliers.....	19
3.1. Réglementation National.....	19
3.2. Origine des effluents liquides hospitaliers.....	22
3.3. Caractérisation Microbiologique des Effluents Hospitaliers.....	23
3.4. Impacts des effluents hospitaliers.....	26

Chapitre 2 : Technologie de l'Ozone

1. Principes Fondamentaux des Processus d'Ozonation.....	32
1.1. Caractéristiques de l'Ozone.....	32
1.2. Propriétés physico-chimiques de l'Ozone.....	33
1.3. Réaction de l'ozone avec les substances oxydables.....	34
1.3.1. Effet de l'ozone sur les micro-organismes.....	35
1.4. l'ozonation.....	37
2. Traitement des Eaux Usées par Ozonation.....	38
CONCLUSION.....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46

INTRODUCTION

L'environnement et la santé sont étroitement liés, l'environnement dans les établissements hospitaliers, est un milieu susceptible d'être contaminé directement ou indirectement par des agents nuisibles à la santé humaine. Dans le contexte mondial actuel, l'émergence des nouveaux agents pathogènes sont de plus en plus préoccupants pour les professionnels de la lutte contre les infections. Ces agents pathogènes concernés comprennent les bactéries multirésistantes, *Cryptosporidium parvum*, *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli* O157:H7, virus de l'immunodéficience humaine (VIH), virus de l'hépatite C (VHC), rotavirus, norovirus, coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère (SARS), *Mycobacterium tuberculosis* multirésistante et les mycobactéries non tuberculeuses (*M. chelonae*). (Rutala et al., 2019)

La résolution de l'équation complexe de l'hygiène est une préoccupation ancienne que nous pouvons révéler en évoquant quelques faits. Compte tenu de l'augmentation des micro-organismes multi-résistants et de l'attention accrue accordée aux infections associées aux soins et aux épidémies survenant dans les communautés, la désinfection de l'environnement est de plus en plus reconnue comme une contribution importante à la prévention des infections.

Ainsi le présent travail a pour objectif de faire le point sur les différents résultats, notions, concepts issus de la littérature concernant l'utilisation de l'ozone dans la désinfection en milieu hospitalier. (Traitement des effluents hospitalier et traitement du matériel médical)

En Algérie, un déficit de 1 milliards de m³ sera enregistré en 2025 (dans le cas d'une mauvaise gestion de l'eau et d'une non maîtrise des ressources non conventionnelles). (Remini, 2010)

En raison de la prise de conscience et de la préoccupation mondiale croissante concernant les conséquences négatives sur l'environnement et la santé des eaux usées d'origine hospitalières, surmonter toutes ces difficultés est priorité. C'est dans cette optique que nous avons présenté ensuite par une synthèse bibliographique la technologie de l'ozonation qui présente des solutions écologiques et même économiques dans le domaine du traitement des eaux usées hospitalières par rapport aux autres processus chimiques (chlore...). (Chebbah, 2018)

La crise sanitaire mondiale a constitué un frein devant l'accomplissement de la partie expérimentale pour évaluer le pouvoir désinfectant de l'ozone.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Prévention et Contrôle Des Infections

L'environnement humain est constitué d'une multitude de micro-organismes appartenant à des bactéries, des champignons et des virus qui ont la capacité de survivre sur des surfaces pendant très longtemps, voire plusieurs mois (Kramer, 2006). Ils peuvent être une source d'infection par transfert de pathogènes de manière directe ou indirecte, par exemple par les mains du personnel médical. Compte tenu de l'augmentation des micro-organismes multi-résistants et de l'attention accrue accordée aux infections associées aux soins et aux épidémies survenant dans les communautés, la désinfection de l'environnement est de plus en plus reconnue comme une contribution importante à la prévention des infections. (Dieng1998 ; Amazian et *al.*, 2010)

1. Rappels de Quelques Définitions

1.1. L'hygiène hospitalière

C'est l'ensemble des moyens et pratiques mis en œuvre dans un hôpital ou toute autre structure sanitaire pour prévenir les infections ou protéger le personnel médical, paramédical, les malades, les visiteurs et les accompagnants contre les infections nosocomiales (Maiga, 2003).

1.2. La stérilisation

C'est le procédé par lequel on détruit ou on élimine toutes les cellules vivantes, les spores et les entités acellulaires (par exemple : les virus, les viroïdes, les virusoïdes et les prions) d'un objet ou d'un habitat. Un objet stérile est totalement exempt de micro-organismes, de spores ou d'autres agents infectieux viables. (Prescott et *al.*, 2013)

1.3. L'antisepsie

C'est une opération au résultat momentané permettant, au niveau des tissus vivants, dans la limite de leur tolérance, d'éliminer ou de tuer tous les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus en fonction des objectifs fixés. Le résultat de cette opération est limité aux micro-organismes et/ou aux virus présents au moment de l'opération. (Mounier et *al.*, 2009)

1.4. La désinfection

C'est une opération au résultat momentané, permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus indésirables portés par les milieux inertes contaminés. (Maiga, 2003)

1.5. Le désinfectant

C'est un produit appliqué directement sur un objet inanimé. Il détruit ou inactive de manière irréversible la plupart des micro-organismes pathogènes, certains virus, mais généralement pas les spores. En comparaison, *les antiseptiques* sont appliqués à la surface des organismes ou des tissus vivants pour prévenir ou arrêter la croissance des microorganismes en inhibant l'organisme ou en le détruisant (Rutala et *al.*, 2019). Les conservateurs sont incorporés dans les médicaments ou les fluides pour empêcher la croissance microbienne. (Weber et *al.*, 2007)

1.6. Les détergents

Ils servent à disperser et à éliminer la saleté et les matières organiques des surfaces, permettant ainsi à un désinfectant d'atteindre et de détruire les microbes présents dans ou sous la saleté. Ces produits réduisent également la tension de surface et augmentent la capacité de pénétration de l'eau, permettant ainsi d'éliminer davantage de matières organiques des surfaces (Ewart, 2001).

1.7. Les infections associées aux soins (IAS)

Les infections associées aux soins (IAS) sont parmi les principales causes de décès et de morbidité accrue chez les patients hospitalisés, avec un minimum de 175 000 décès chaque année dans les pays industrialisés. (Cotter et *al.*, 2011 ; Zollfrank et *al.*, 2012)

On pense que la flore endogène du patient est une source majeure d'agents pathogènes nosocomiaux, mais on estime que 20 à 40 % des IAS ont été attribuées à une infection croisée par les mains du personnel de santé. (Weinstein, 1991). La contamination des mains du personnel de santé pourrait à son tour résulter d'un contact direct avec le patient ou indirectement du contact avec des surfaces environnementales contaminées. Deux autres études ont démontré que le contact avec l'environnement était tout aussi susceptible de contaminer les mains du personnel de santé que le contact direct avec le patient. (Stiefel et *al.*, 2011; Guerrero et *al.*, 2012)

1.7.1. Définition

Selon L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une Infection associée aux soins (IAS) aussi connue sous les dénominations suivantes: « infection nosocomiale » ou « infection hospitalière », c'est une :

« Infection acquise par un patient au cours des soins délivrés à l'hôpital ou dans tout autre établissement de soins et :

- Qui n'est ni présente, ni en incubation à l'admission ou au moment de délivrer les soins ;
- Qui comprend l'infection contractée dans un établissement de soins mais qui ne se manifeste qu'après la sortie ;
- Qui comprend l'infection acquise par le personnel dans le cadre de ses activités professionnelles».

Les microorganismes à l'origine des infections nosocomiales ont deux propriétés particulières : premièrement, ils sont reconnus comme des agents pathogènes hospitaliers ; deuxièmement, ils ont une capacité innée à survivre sur des surfaces dans l'environnement hospitalier pendant de longues périodes. (Dancer, 1999). De manière non exhaustive, les principaux germes responsables des infections nosocomiales sont: les *Staphylococcus aureus* résistants à la méticilline (SARM), les klebsielles ayant une bêtalactamase à spectre élargi ou étendu (BLSE), les *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Streptococcus pneumoniae* (Emmanuel, 2003).

1.7.2. Surveillance épidémiologique appliquée aux Infections Associées aux Soins :

Le "Centers for Diseases Control" (CDC) en 1986 définit la surveillance épidémiologique comme étant : la collecte systématique et continue, l'analyse et l'interprétation des données sanitaires essentielles à la planification, la mise en place et l'évaluation d'actions de santé publique, étroitement reliées à la diffusion en temps opportun de ces données a ceux qui en ont besoin. (Benhabyles, 2010)

La surveillance épidémiologique des IAS présente en plus un caractère dynamique et interactif du fait du partage de l'information entre différents partenaires : producteurs d'information et utilisateurs (cliniciens, microbiologistes, hygiénistes, épidémiologistes et décideurs administratifs). (Benhabyles, 2010)

Signalons qu'en Algérie et dans la plupart des pays maghrébins, il n'existe aucun système de mesure qui permet d'objectiver l'importance du risque dans les hôpitaux ; les infections nosocomiales restent ainsi un problème méconnu et non perçu comme une priorité. (Matmati, 2018)

❖ *Les qualités du système :*

▪ *La qualité des données :* La surveillance fournit de nombreuses données pour une prise de décision adaptée. Ces données doivent être fiables. L'évaluation de la qualité des données va fournir une quantification du degré de validité de l'information. Elle fait appel à des procédures de comparaison.

▪ *Sensibilité (Se) :* Un système est sensible s'il permet de détecter tous les cas d'infection. C'est sa capacité de mettre en évidence le problème sous surveillance. C'est le rapport du nombre d'IAS confirmées par le système sur le nombre total d'IAS qui sont effectivement survenues au cours de la période de surveillance dans la population donnée : vrais positifs (VP) / vrais positifs (VP) + Faux négatifs (FN)

Une sensibilité de 70% veut dire que le système détecte 7 IAS sur les 10 détectées par le système de référence.

▪ *Spécificité (Sp) :* Elle indique la proportion de sujets confirmés comme tels par le système. C'est sa capacité à identifier correctement les individus qui n'ont pas la maladie:

C'est le rapport du nombre de sujets sains considérés par le système de surveillance comme n'ayant pas une infection associée aux soins sur l'ensemble des individus ne l'ayant effectivement pas (VN/VN+FP)

Une spécificité de 90% veut dire que sur 10 IAS détectées par la surveillance, un (01) cas ne l'est pas.

▪ *La simplicité du système :* Plus un système est simple, plus il est facile à faire fonctionner. C'est un système où :

- ✓ Il y a peu d'intermédiaires dans le cheminement des données ;
- ✓ La définition des cas est claire et facile à utiliser ;
- ✓ Les procédures de recueil et de transmission des données sont rapides et standardisées.

- *La souplesse du système* : C'est la capacité d'un système à s'adapter à des changements dans la définition des cas ou les sources d'informations. Exemple: on ajoute au système de surveillance une autre infection à surveiller (ISO+ IU) ou bien un autre service. Si le changement est possible, cette flexibilité doit prendre en compte les éléments de coût nécessaire.

- *L'acceptabilité du système* : Elle permet de repérer le degré d'adhésion ou les résistances éventuelles des différents partenaires du système. Les indicateurs de l'acceptabilité sont :
 - ✓ Le taux de participation ou fidélité des informations (refus, non réponse, abandon en cours) ;
 - ✓ La qualité des rapports (réponse incomplète) ;
 - ✓ Le temps mis à les remplir, à les expédier.

- *La réactivité du système* : Un système doit produire une information utile et utilisable en temps opportun par ceux qui ont besoin de cette information. La réactivité se mesure en termes de délai entre la survenue du problème, sa notification et la prise de décision. Un système réactif est un système apte à repérer précocement des bouffées épidémiques.

2. LES BIOCIDES DANS L'HYGIENE HOSPITALIERE

L'hygiène hospitalière est avant tout une politique visant à prévenir, lutter et contrôler les infections hospitalières grâce à : (Maiga, 2003)

- des mesures et techniques évitant l'apparition et la transmission des microorganismes pathogènes au sein d'une structure de santé menant des activités de soins ;
- un ensemble d'actions intéressant la propreté, la salubrité, le choix des produits et des matériels, la pratique des soins, les circuits de la chaîne alimentaire etc.... ;
- des comportements collectifs et individuels.

Les biocides ou germicides sont des agents chimiques qui tuent les microorganismes. Ces termes généraux comprennent les désinfectants, les antiseptiques et les antibiotiques. Les germicides et les biocides réagissent généralement avec les protéines, plus précisément les enzymes essentielles des microorganismes. (Rutala et al., 2019)

Les actions peuvent inclure l'oxydation, l'hydrolyse, la dénaturation ou la substitution. (Ewart, 2001) Lorsque une action de mise à mort est impliquée, le suffixe -cide (par exemple biocide, bactéricide, virucide, sporicide) est utilisé, tandis que -static (par exemple bactériostatique, virostatique, sporostatique) est ajouté lorsque la croissance d'un organisme est simplement inhibée ou que sa multiplication est empêchée. (Joklik, 1992) **(FIG.1)**

Les antiseptiques et les désinfectants sont largement utilisés dans les hôpitaux et autres établissements de soins pour diverses applications topiques et de surface dure. En particulier, ils constituent un élément essentiel des pratiques de lutte contre les infections et contribuent à la prévention des infections nosocomiales. Donskey (2013) a examiné la littérature scientifique et a constaté que l'amélioration du nettoyage et de la désinfection des surfaces réduit les IAS.

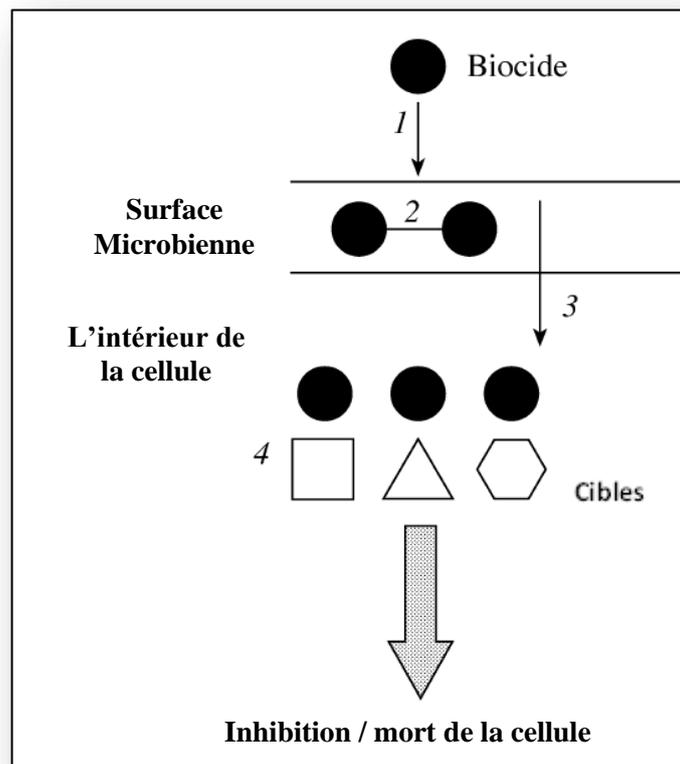


Figure 1: Profil général d'entrée des biocides dans différents types de microorganismes. (Russell, 2003)

(Par souci de simplicité, aucune fonction de barrière n'est envisagée).

- 1**, Adsorption du biocide à la surface des cellules;
- 2**, interaction avec les couches cellulaires externes;
- 3**, absorption dans la cellule;
- 4**, interaction avec le(s) site(s) cible(s).

2.1. Mécanismes d'action, efficacité et toxicité des antis microbiens

Il s'agit ici d'antiseptiques et des désinfectants. Leurs principes actifs antimicrobiens sont classés selon leur nature chimique, chaque classe a ses caractéristiques, toxicités et efficacité uniques contre différents microorganismes. (Rutala *et al.*, 2019) (**TAB.1**)

2.1.1. Les acides :

Exemples : acide acétique, acide citrique

Les désinfectants acides fonctionnent en détruisant les liaisons des acides nucléiques et en précipitant les protéines. Les acides modifient également le pH de l'environnement, l'activité antimicrobienne des acides est fortement dépendante du pH. (Maris, 1995)

Les solutions concentrées d'acides peuvent être caustiques, provoquer des brûlures chimiques et être toxiques à de fortes concentrations dans l'air.

L'acide *acétique* est habituellement vendu sous forme d'acide acétique glaciale (95% acide acétique) qui est ensuite dilué avec de l'eau pour obtenir une concentration de solution de travail de 5%. La forme concentrée est corrosive pour la peau et les poumons, mais la dilution typique (55%) est considérée comme non toxique et non irritante. L'acide acétique est généralement appliqué par pulvérisation, vaporisation ou immersion d'un produit dans une solution diluée. L'acide acétique a une faible activité vis-à-vis les matières organiques. (Morley, 2002)

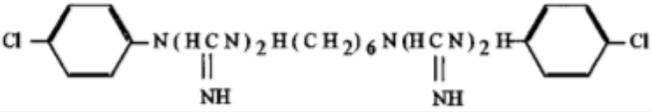
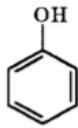
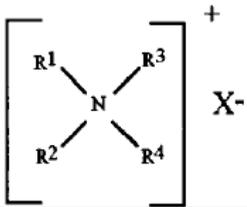
Les acides ont un usage défini mais limité en tant que désinfectants.

2.1.2. les Alcools

Exemples : Éthanol, Isopropanol

Les alcools sont utilisés pour la désinfection des surfaces, l'antiseptique topique et les lotions désinfectantes pour les mains. Les alcools sont des agents antimicrobiens à large spectre qui endommagent les microorganismes en dénaturant les protéines, provoquant des dommages aux membranes et la lyse des cellules. (Joklik, 1992 ; Ewart, 2001)

Tableau 1: Structures chimiques des biocides.(Donnell, 1999)

Alcool	Ethanol	$\text{CH}_3 - \text{CHOH}$
	Isopropanol	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CHOH} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Aldéhydes	Glutaraldéhyde	$\text{OH} - \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C} - \text{HO}$
	Formaldéhyde	$\text{H} - \text{C} - \text{HO}$
Biguanides	Chlorhexidine	
les halogènes	Composés de chlore	$\phi\text{OCl}^-, \text{HOCl}, \text{Cl}_2$
	Composés iodés	ϕI_2
Phénol	Phénol	
Ammonium quaternaires		

Les alcools sont considérés comme des substances à action rapide capables de tuer la plupart des bactéries dans les cinq minutes suivant l'exposition, mais leur activité virucide est limitée et ils sont inefficaces contre les spores [. . . L'éthanol est considéré comme virucide ; l'isopropanol n'est pas efficace contre les virus non enveloppés]. (Rutala et *al.*, 2019)

La concentration utilisée est un élément important, 70 à 90 % étant la concentration optimale. Des concentrations plus élevées (95%) sont en fait moins efficaces car un certain degré d'eau est nécessaire pour l'efficacité (pour dénaturer les protéines). (Ewart, 2001 ; Quinn et Markey, 2001)

Les alcools s'évaporent rapidement mais ne laissent aucun résidu. L'activité des alcools est limitée en présence de matières organiques. Les alcools sont très inflammables, peuvent endommager le caoutchouc et le plastique et peuvent être très irritants pour la peau. (Ewart, 2001 ; Morley, 2002)

2.1.3. Les Aldéhydes

Les aldéhydes sont des désinfectants à large spectre très efficaces, qui permettent généralement d'obtenir une stérilisation en dénaturant les protéines et en perturbant les acides nucléiques (Maris, 1995 ; Ewart, 2001). Les aldéhydes sont efficaces contre les bactéries, les champignons, les virus, les mycobactéries et les spores. (Jeffrey, 1995)

Les agents les plus couramment utilisés sont le Formaldéhyde et le Glutaraldéhyde. (Quinn et Markey, 2001)

Le Formaldéhyde est utilisé comme désinfectant de surface et comme fumigeant et a été utilisé pour décontaminer les surfaces en bois, les briques et les fissures des équipements électroniques et mécaniques. Son utilisation doit avoir lieu dans un bâtiment étanche à l'air, qui doit rester fermé pendant au moins 24 heures après traitement. (Ewart, 2001). L'efficacité du formaldéhyde dépend de l'humidité relative et de la température optimum étant l'humidité proche de 70% et une température proche de 57°F. [Formalin est de 37% solution de formaldéhyde dans l'eau]. (Rutala et *al.*, 2019)

Le *Glutaraldéhyde* est principalement utilisé comme désinfectant pour le matériel médical (ex. endoscopes), mais peut fournir une stérilisation à des temps de contact prolongés. (Ewart, 2001). Une concentration de 2% est utilisée pour les niveaux élevés de désinfection. Son efficacité dépend fortement du pH et de la température, ce qui fonctionne le mieux à un pH plus de 7 et des températures élevées. Il est considéré comme plus efficace en présence de matière organique, savons et eau dure que le formaldéhyde. (Greene, 1998 ; Quinn et Markey, 2001).

Les aldéhydes ne sont pas corrosifs pour les métaux, le caoutchouc, le plastique et le ciment. (Morley, 2002). Ces produits chimiques sont très irritants, toxiques pour les humains ou les animaux par contact ou par inhalation, et sont potentiellement cancérogènes. Leur utilisation est donc limitée. (Greene, 1998 ; Quinn et Markey, 2001; Morley, 2002).

Il convient de porter un équipement de protection individuelle (c'est-à-dire des gants en nitrile, des blouses résistantes aux fluides, des lunettes de protection) si on utilise ces produits chimiques.

2.1.4. les alcalins

Exemples: hydroxyde de sodium ou d'ammonium, carbonate de sodium, oxyde de calcium.

Les agents alcalins agissent en saponifiant les lipides à l'intérieur des enveloppes des micro-organismes. (Maris, 1995). L'activité des composés alcalins est lente, mais elle peut être augmentée par l'élévation de la température.

Les alkyles ont de bonnes propriétés microbicides, mais sont des agents très corrosifs, les précautions de protection individuelle doivent être respectées. (Jeffrey, 1995)

L'hydroxyde de sodium est corrosif pour les métaux. Il est considéré comme un désinfectant efficace contre la fièvre aphteuse.

L'hydroxyde d'ammonium est un désinfectant efficace contre les oocystes coccidiens aussi forts soient-ils les solutions émettent des fumées intenses et piquantes (Quinn et Markey, 2001). Cette substance n'est pas considérée comme efficace contre la plupart des bactéries. La désinfection générale doit suivre l'utilisation de ce composé.

Le carbonate de sodium (cendres de soude, soude de lavage) a été utilisé dans une solution chaude (180°F) pour désinfecter les bâtiments qui abritaient des animaux atteints de fièvre aphteuse. Il est plus efficace comme un nettoyant qu'un désinfectant car il n'est pas efficace contre certaines bactéries et la plupart des virus. Une solution à 4% a été classée comme substance chimique approuvée pour le virus de la fièvre aphteuse (Quinn et Markey, 2001). Il est peu actif en présence de matière organique et peut être désactivé par de l'eau dure. Il peut être irritant et exige des vêtements de protection. Il est nocif pour la vie aquatique.

L'oxyde de calcium (quicklime) ce produit a des effets biocides sur certaines bactéries et virus et se propage parfois sur le sol après le dépeuplement des locaux infectés. Il n'est pas très efficace contre le virus de la fièvre aphteuse. (Rutala et *al.*, 2019)

2.1.5. Les Biguanides

Exemple : Chlorhexidine

Les biguanides sont nuisibles aux micro-organismes en réagissant avec les groupes chargés négativement sur les membranes cellulaires, ce qui modifie la perméabilité. Les biguanides ont un large spectre antibactérien, mais leur efficacité contre les virus est limitée et ils ne sont pas sporicides, mycobactériocides ou fongicides. Les biguanides ne peuvent fonctionner que dans une plage de pH limitée (5-7) et sont facilement inactivés par les savons et les détergents. Ces produits sont toxiques pour les poissons et ne doivent pas être rejetés dans l'environnement. (Rutala et *al.*, 2019).

2.1.6. Les Halogènes

Exemples : composés de chlore ou d'iode

Les composés halogénés sont des composés à large spectre qui sont considérés comme peu toxiques, peu coûteux et faciles à utiliser. Ils perdent de leur puissance avec le temps et ne sont pas actifs à des températures supérieures à 110°F ou à des pH élevés (>9). Comme ces composés perdent rapidement leur activité en présence de débris organiques, de la lumière du soleil et de certains métaux, ils doivent être appliqués sur des surfaces soigneusement nettoyées pour la désinfection. (Greene, 1998 ; Kennedy et *al.*, 2000 ; Shulaw et Bowman, 2001 ; Grooms, 2003).

Les composés du chlore fonctionnent par leur nature électronégative pour dénaturer les protéines¹³ et sont considérés comme un large spectre, étant efficace contre les bactéries, virus enveloppés et non-enveloppés, mycobactérie et champignons. À des concentrations élevées, les composés du chlore peuvent être sporicide. (Kennedy et al, 2000 ; Grooms 2003)

L'hypochlorite de sodium (NaOCl) est l'un des désinfectants contenant du chlore les plus utilisés. L'activité biocide est déterminée par la quantité de chlore disponible dans la solution. De faibles concentrations (2 à 500 ppm) sont actives contre les bactéries végétatives, les champignons et la plupart des virus. Une action sporicide rapide peut être obtenue environ 2500 ppm, mais cette concentration est très corrosive et devrait donc être limitée dans son utilisation. De fortes concentrations irritent également les muqueuses, les yeux et la peau. (Kennedy et al, 2000 ; Grooms 2003)

Les composés du chlore sont rapidement inactivés par la lumière et certains métaux, c'est pourquoi il faut toujours utiliser des solutions fraîches. Les hypochlorites ne doivent jamais être mélangés avec des acides ou de l'ammoniac car cela entraînerait le dégagement de chlore gazeux toxique. (Shulaw et Bowman, 2001)

Les composés d'iode ont un large spectre et sont considérés comme efficaces pour une variété de bactéries, les mycobactéries, les champignons et les virus (Jeffrey, 1995). Les systèmes enzymatiques des micro-organismes (Maris, 1995). Les iodes sont souvent formulés avec des savons et considéré comme relativement sûr (Grooms, 2003).

Les composés d'iode concentré peuvent être irritants pour la peau, peuvent tache les vêtements ou endommager le caoutchouc et certains métaux. Les agents iodés sont inactivés par les débris organiques. (Shulaw et Bowman, 2001)

Les iodophores, un des iodophores les plus couramment utilisés c'est la povidone iodine. Ils sont bons pour une utilisation générale et sont moins facilement inactivés par la matière organique que les composés iodés élémentaires. La dilution des iodophores augmente en fait la concentration d'iode libre et l'activité antimicrobienne.

2.1.7. Les Oxydants

Exemples : peroxyde d'hydrogène, acide peracétique, ozone

Les agents oxydants, à base de peroxyde, sont des composés à large spectre, fonctionnent en dénaturant les protéines et les lipides des microorganismes. (Maris, 1995)

Les composés peroxydés sont considérés comme efficaces sur les surfaces dures et les équipements. Sous leur forme diluée, ces agents sont relativement sûrs mais peuvent être irritants et endommager les vêtements lorsqu'ils sont concentrés. (Grooms, 2003)

Le *peroxyde d'hydrogène* à domicile est dilué (3-10%) alors que l'utilisation industrielle implique des solutions concentrées de 30% ou plus). Le peroxyde d'hydrogène (à une concentration de 5-20%) est considéré comme bactéricide, virucide (les virus non enveloppés peuvent être résistants), fongicide et à des concentrations élevées sporicides. Son activité contre les mycobactéries est limitée.

L'*acide peracétique* est un puissant oxydant, est une formulation de *peroxyde d'hydrogène* et *acide acétique*. Il est considéré comme bactéricide, fongicide, sporicide et virucide (Jeffrey, 1995 ; Quinn et Markey, 2001). Il est également efficace contre les mycobactéries et les algues et a une certaine activité en présence de matières organiques.

L'*ozone*, est un agent bactéricide, sporicide et fongicide puissant, bien que les levures et les moisissures y soient moins sensibles que les bactéries. Il inactive également les oocystes protozoaires, le *Cryptosporidium parvum* étant le plus résistant. (Russell, 2003)

On considère que l'ozone perturbe l'activité enzymatique cellulaire en réagissant avec les groupes thiol, mais il modifie également les bases purine et pyrimidine des acides nucléiques. Ces effets de grande envergure expliqueraient sa large gamme d'activité contre divers organismes. (Russell, 2003)

2.1.8. les phénols

Les phénols sont des désinfectants à large spectre qui fonctionnent en dénaturant les protéines et en inactivant les enzymes liées aux membranes pour modifier la perméabilité de la paroi cellulaire des microorganismes.

Les phénols peuvent être des dérivés du goudron de houille ou des formulations synthétiques et ont généralement un aspect laiteux ou trouble lorsqu'ils sont ajoutés à l'eau, ainsi qu'une forte odeur de pin. (Kennedy et *al.*, 2000 ; Shulaw et Bowman, 2001 ; Grooms, 2003)

Les phénols sont généralement formulés dans des solutions savonneuses pour augmenter leur pouvoir de pénétration et, à des concentrations de 5 %, ils sont considérés comme bactéricides, tuberculocides, fongicides et virucides pour les virus enveloppés (Jeffrey, 1995).

Les phénols ne sont pas efficaces contre les virus non enveloppés et les spores. Les phénols conservent leur activité dans l'eau dure et en présence de matières organiques et ont une certaine activité résiduelle après séchage. (Rutala et *al.*, 2019)

Les désinfectants phénoliques sont généralement sans danger pour l'homme, mais prolongés l'exposition cutanée peut provoquer une irritation (Kennedy et *al.*, 2000). Les concentrations supérieures à 2% sont très toxiques pour tous les animaux, en particulier les chats.

2.1.9. Composés d'Ammonium Quaternaire

Également connus sous le nom de «quats» ou QAC, ces composés sont des détergents cationiques qui sont attirés par les surfaces négativement chargées de micro-organismes, où ils lient irréversiblement les phospholipides dans la membrane cellulaire et dénaturent les protéines altérant la perméabilité. (Maris, 1995). Les QAC sont très efficaces contre les bactéries Gram-positives et ont une bonne efficacité contre les bactéries Gram-négatives, les champignons et les virus enveloppés. Ils ne sont pas efficaces contre virus non enveloppés ou mycobactéries et considérés comme sporostatiques mais non sporocidaires. (Jeffrey, 1995 ; Kennedy et *al.*, 2000 ; Grooms, 2003)

Les QAC ont un effet résiduel, en gardant les surfaces bactériostatiques pendant une brève période. Ils sont plus actifs à pH neutre à légèrement alcalin mais perdent leur activité à pH inférieur à 3.5. Les QAC sont considérés comme stables en entreposage, mais généralement facilement inactivés par la matière organique, détergents, savons et eau dure (Joklik, 1992 ; Quinn et Markey, 2001) et qui peuvent varier avec la «génération», les générations actuelles étant plus germicides, moins moussantes et plus tolérantes aux charges organiques).

Les QAC sont toxiques pour les poissons et ne doivent pas être rejetés dans des sources d'eau. (Rutala et *al.*, 2019)

Un résumé de ces principales classes de désinfectants chimiques et leurs caractéristiques se trouve dans le (TAB.2).

2.2. Facteurs influant sur l'efficacité des biocides

L'activité des germicides contre les microorganismes dépend d'un certain nombre de facteurs, dont certains sont des qualités intrinsèques de l'organisme, d'autres sont l'environnement chimique et physique externe : (Rutala et *al.*, 2019)

- ✓ Nombre et localisation des micro-organismes ;
- ✓ Résistance innée des micro-organismes ;
- ✓ Concentration et puissance des désinfectants ;
- ✓ Facteurs physiques et chimiques ;
- ✓ Matière organique et inorganique ;
- ✓ Durée de l'exposition ;
- ✓ Biofilms

Tableau 2: Caractéristiques des désinfectants sélectionnés. (Rutala et al., 2019)

Classe de désinfectants	Alcools	Aldéhydes	Biguanides	Halogènes : Hypochlorites	Halogènes : composés d'iode	Agents oxydants	Phénols	Composés d'Ammonium Quaternaire (QAC)
Mécanisme d'action	Précipitent les protéines Dénaturent les lipides	Dénaturent les protéines ; Les Alkylates ; les acides nucléiques	Modifie la perméabilité de la membrane	Dénaturent les protéines	Dénaturent les protéines	Dénaturent les protéines et les lipides	Modifie la perméabilité de la paroi cellulaire Dénature les protéines	Lie les phospholipides de la membrane cellulaire Dénature les protéines
Avantages	Action rapide Ne laisse aucun résidu	Large spectre	Large spectre	Large spectre Temps de contact court Peu coûteux	Stable en stockage Relativement sûr	Large spectre	Bonne efficacité avec des matières organiques Non-corrosive Stable en stockage Efficace sur une large plage de pH	Stable en stockage Non irritant pour la peau Efficace à haute température et pH élevé (9-10)
Désavantages	Evaporation rapide Inflammable	Cancérogène Irritation des muqueuses, membranes et tissus Utilisé uniquement dans des zones bien ventilées	Fonctionne uniquement dans une plage de pH limitée (5-7) Toxique pour les poissons (préoccupation environnementale)	Inactivé par la lumière du soleil et certains métaux Nécessite une application fréquente Corrode les métaux Irritant pour les muqueuses, la peau	Tache les vêtements ou les surfaces traitées Inactivé par les débris organiques et les CAQ Nécessite une application fréquente Corrosif	Endommagent certains métaux	Toxique pour les animaux Peut provoquer une irritation de la peau et des yeux PAS efficace pour la fièvre aphteuse	Pas efficace contre la fièvre aphteuse
Précautions	Inflammable	Cancérogène		Ne jamais mélanger avec des acides ; il dégagera du chlore gazeux toxique			Toxique pour les animaux, en particulier les chats	
Bactéries végétatives	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	OUI : Gram positif Limité : Gram négatif
Mycobactéries	Efficace	Efficace	Variable	Efficace	Limité	Efficace	Variable	Variable
Virus enveloppés	Efficace	Efficace	Limité	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	variable
Virus nu	Variable	Efficace	Limité	Efficace	Limité	Efficace	Variable	Inefficace
Spores	Inefficace	Efficace	Inefficace	Variable	Limité	Variable	Inefficace	Inefficace
Champignons	Efficace	Efficace	Limité	Efficace	Efficace	Variable	Variable	Variable
Efficacité en présence de la matière organique	Réduit	Réduit	?	Réduit rapidement	Réduit rapidement	Variable	Efficace	Inactivé
Efficacité avec de l'eau dure	?	Réduit	?	Efficace	?	?	Efficace	Inactivé
Efficacité en présence de savon / Détergents	?	Réduit	Inactivé	Inactivé	Efficace	?	Efficace	Inactivé

3. la Gestion des Déchets Hospitaliers

3.1. Réglementation National

La politique nationale de gestion des déchets s'inscrit dans le **Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD)** qui s'est concrétisée par la promulgation de la **loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets**, et consolidée dans la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

La loi 01-19 qui a fixé les principes devant régir la gestion des déchets à travers le pays, a défini **les déchets d'activités de soins (DAS)** comme faisant partie de la classe des déchets dits spéciaux.

Pour une approche plus qualitative et dans le cadre de la nouvelle Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) à l'horizon 2035, l'Algérie s'est fixé des objectifs prenant en considération les principes de prévention et de gestion écologiquement rationnelle des déchets d'activités de soins. Les objectifs nationaux en la matière sont la maîtrise des quantités des déchets produites (gisements de déchets) et l'atténuation de leur l'impact sur la santé publique et sur l'environnement. (MSPRH et MEER, 2019)

En 2019 et afin d'accompagner les établissements de santé et par souci d'efficacité dans la prise en charge des DAS, l'Agence Nationale des Déchets (AND), organisme sous tutelle du Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables en collaboration avec les services du Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière a pris l'initiative d'éditer le premier **GUIDE NATIONALE DE GESTION DES DECHETS D'ACTIVITES DE SOINS**.

dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « Contribution à l'étude de l'hygiène hospitalière et des infections nosocomiales au sein d'une structure sanitaire hospitalo-universitaire (CHU) en Algérie : CHU Tlemcen du laboratoire « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique », De nombreux travaux ont été effectués sur différents services de la CHU Tlemcen sur la gestion des déchets hospitaliers en l'occurrence ceux de (Bouataia , 2004 ; Bensaha et Hamed, 2006 ; Naimi, 2006 ; Hadjaj et Lasri, 2006 ; Houzi et Djebbour, 2006 ; Belarbi, 2007 ; Maref, 2007 ; Larabi et Benhamed, 2008 ; Belghozlene, 2001)

Le (TAB.3) c'est une Synthèse des textes réglementaires relatifs à la gestion des DAS en Algérie.

Tableau 3: Textes réglementaires relatifs à la gestion des DAS en Algérie

Texte	Date	Intitulé
Loi	N° 01-19 du 12 Décembre 2001	Relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
Loi	N° 03-10 du 19 Juillet 2003	Relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
Décret présidentiel	N°98-158 du 16 Mai 1998	Portant adhésion, avec réserve, de la république Algérienne démocratique et populaire, à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et leur élimination.
Décret présidentiel	N°06-206 du 7 juin 2006	Portant ratification de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, adoptée à Stockholm le 22 mai 2001.
Décret exécutif	N° 03-452 du 1 Décembre 2003	Fixant les conditions particulières relatives au transport routier des matières dangereuses.
Décret exécutif	N° 03-477 du 9 Décembre 2003	Fixant les modalités et les procédures d'élaboration, de publication et de révision du plan national des déchets spéciaux.
Décret exécutif	N° 03-478 du 9 Décembre 2003	Définissant les modalités de gestion des déchets d'activité de soins.
Décret exécutif	N° 04-409 du 14 Décembre 2004	Fixant les modalités de transport des déchets spéciaux dangereux.
Décret exécutif	N° 04-410 du 14 Décembre 2004	Fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations.
Décret exécutif	N° 05-314 du 10 Septembre 2005	Fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs et tous détenteurs de déchets spéciaux.
Décret exécutif	N° 05-315 du 10 Septembre 2005	Fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
Décret exécutif	N° 06-104 du 28 Février 2006	Fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.
Décret exécutif	N 06-198 du 15 avril 2006	Réglant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.
Décret exécutif	N° 06-198 du 31 Mai 2006	Définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
Décret exécutif	N° 07-144 du 19 Mai 2007	Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
Décret exécutif	N° 09-19 du 20 Janvier 2009	Portant réglementation de l'activité de collecte des déchets spéciaux.

Arrêté interministériel	Du 4 avril 2011	fixant les modalités de traitement des déchets anatomiques.
Arrêté interministériel	Du 2 septembre 2013	Fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de transport de déchets spéciaux dangereux, le contenu du dossier de demande d'autorisation ainsi que ses
interministériel	Du 2 septembre 2013	Fixant les caractéristiques techniques des étiquettes des emballages des déchets spéciaux dangereux.
Instruction	N°001 MSPRH/ MIN du 04 aout 2008	Relative à la gestion de la filière d'élimination des déchets d'activités de soins.
instruction	N° 004 MSPRH/ MIN du 04 Août 2013	Relative à la gestion de la filière de l'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux.

Selon Pr. Mohamed Belmahi chef de service de toxicologie au Centre hospitalo-universitaire CHU Benbadis de Constantine, La gestion des déchets hospitaliers est examinée jusqu'à présent du point de vue des déchets solides et les effluents liquides ne sont pas encore à l'ordre du jour de ce processus national visant à lutter contre la pollution causée par les déchets hospitaliers. (Algérie presse service, 2019)

Un certain nombre d'études sur la caractérisation des effluents hospitaliers ont été réalisées jusqu'à ce jour (Emmanuel, 2003; C. Boillot, 2008 ; Guessennd et *al.*, 2013 ; Ory, 2017 ; Bessila et Meghraoui, 2018).

Cette partie a pour ambition d'améliorer la connaissance des rejets d'effluents hospitaliers et de leurs impacts sur le milieu aquatique.

3.2. Origine des effluents liquides hospitaliers

D'un point de vue qualitatif, les effluents liquides hospitaliers peuvent être classés en trois grandes catégories (Emmanuel, 2003) :

- 1) Les rejets d'origine domestique qui regroupent les eaux provenant des cuisines, les rejets résultant de l'hygiène des patients non contagieux et du personnel.
- 2) Les rejets assimilables à des effluents industriels qui sont générés par certains équipements spécifiques (blanchisseries, chaufferies, climatisations, ateliers, garages).
- 3) Les effluents spécifiques aux établissements de santé qui sont générés par les activités de soins, d'analyse et de recherche.

Les rejets liquides spécifiques de cette dernière catégorie sont responsables de la singularité des effluents hospitaliers, ils comprennent principalement : (Emmanuel, 2003)

a) Les effluents des services de soins : qui contiennent des désinfectants (le Glutaraldéhyde, l'hypochlorite de sodium, etc.), des détergents (surfactants cationiques, non-ioniques et anioniques), des résidus médicamenteux (antibiotiques, anticancéreux, etc.), des rejets contenant des métaux (révélateurs et fixateurs de radiographies) ou encore des rejets contenant des germes pathogènes qui sont souvent multi-résistants aux antibiotiques : germes présents dans les rejets humains (salmonelles, etc.), bactéries responsables des infections nosocomiales (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, etc.), des virus, des parasites.

b) Les effluents des services médico-techniques : qui proviennent des salles d'opération et dans lesquels on retrouve entre autres des liquides biologiques très chargés en matières organiques : sang, urines, selles, liquide gastrique, aspiration trachéo-bronchite, liquides d'épanchement péritonéal ou pleural, de drainage ou d'irrigation, etc.

c) Les rejets résultant de l'entretien du matériel médical et des locaux médicaux : qui contiennent des détergents, des détergents-désinfectants et des désinfectants avec des traces de matières organiques et des résidus médicamenteux.

d) *Les rejets des laboratoires de recherches et d'analyses* : qui regroupent une très grande variété de molécules : du sang, des crachats, des urines, des acides (acétique, lactique, citrique), des bases (soude, etc.), des solvants, des hydrocarbures benzéniques (toluène et xylène), des désinfectants (formol, alcool éthylique, eau de Javel), des colorants, des effluents des services de radiologie (eaux de rinçage des clichés chargées en résidus argentiques) et des rejets provenant de la pharmacie (préparation de la teinture d'iode, désinfectants, etc.).

e) *Les effluents des services de médecine nucléaire* : Certains éléments radioactifs (iode 131, technétium 99m, etc.) sont susceptibles de dispersion, même si leur évacuation est soumise à réglementation.

Pour mieux évaluer les risques liés aux rejets hospitaliers, il est primordial de connaître les caractéristiques des différents polluants présents, dans cette mémoire une synthèse particulièrement faite sur la caractérisation microbiologique.

3.3. Caractérisation Microbiologique des Effluents Hospitaliers

Le premier objectif des études qualitatives et quantitatives sur la flore microbiologique des effluents hospitaliers est de dénombrer les marqueurs de pollution fécale des eaux « les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les spores des bactéries sulfato-réductrices ». Le deuxième objectif est d'arriver à identifier la présence ou non de bactéries multi résistantes aux antibiotiques (avec des marqueurs comme : *Staphylococcus aureus* résistant à la méticiline et *Klebsiella pneumoniae* porteuse de β - lactamase à spectre étendu), des entérovirus et du VIH. Le second objectif est justifié par le fait que les déjections et les excréctions (urines, selles) des patients porteurs de microorganismes multi résistants et du VIH sont rejetés sans aucun prétraitement dans le réseau d'assainissement hospitalier. (Emmanuel, 2003)

Des concentrations de $2,05 \times 10^7$, $1,92 \times 10^7$ et $9,10 \times 10^5$ colonies pour 100 ml ont été respectivement décomptés dans les effluents hospitaliers pour les coliformes totaux, la *E. coli* et les streptocoques fécaux (Emmanuel, 2003). Tandis que dans 100 ml d'eau usée hospitalières du CHU de Constantine prélevées à partir de la station de relevage Sidi M'cid, révèle l'absence de la bactérie témoins de contaminations *Escherichia coli* qui peut être

probablement d'après Darsy et ses collaborateurs (2002) lié à la concentration plus élevées en désinfectants et antibiotiques. (Bessila et Meghraoui, 2018)

Les résultats d'identification phénotypique de Bessila et Meghraoui (2018) montrés ci-dessous dans la (FIG.2) concordent avec les résultats obtenus par Schlosser (1999), qui a montré que les *Pseudomonas* (plus de 10 fois supérieur) et des staphylocoques pathogènes ont été identifiées comme étant plus concentrées dans les effluents hospitaliers. Les *Streptocoques* et les *Bacillus* sont des bactéries pathogènes. Le genre *streptocoque* est souvent responsable des infections respiratoires et cutanées. La bactérie *providencia stuartii* est souvent pathogène, elle est responsable principalement à des infections urinaires et autres infections chez l'homme. Par contre le genre *Serratia* est rarement pathogène, mais ces bactéries sont fréquemment présentes dans l'environnement hospitalier.

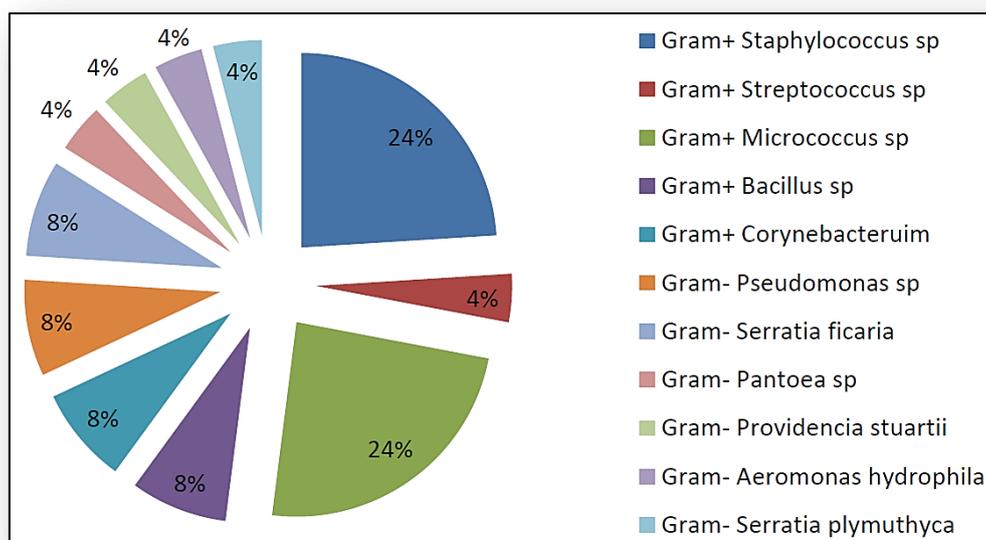


Figure 2: Pourcentage des bactéries présentes dans les eaux usées (Bessila et Meghraoui, 2018)

Chez l'homme, ces bactéries sont responsables : d'infections urinaires, d'infections respiratoires, et de contaminations des plaies. Ces résultats sont proches avec les résultats d'Ekhaïse et Omavwoya, (2008) qui ont montré, que les genres bactériens streptocoques, *Bacillus* et *Serratia*, étaient parmi les isolats les plus fréquemment distribués dans les eaux usées de l'hôpital.

Aeromonas hydrophila est reconnu comme un agent pathogène opportuniste, il est souvent isolé dans des infections de plaies subies en milieu aquatique. Selon les mêmes auteurs ces résultats concordent avec les résultats obtenus par Picão et ses collaborateurs (2013) qui montrent que la famille des nadaceae était représentée dans les eaux usées de l'hôpital (avec un pourcentage de 18, 6%). Les genres *Corynebacterium*, *Micrococcus* et *Pantoea* sont souvent présentent aux niveaux des eaux usées.

Autres résultats d'identification des bactéries multi résistantes des effluents hospitaliers d'Abidjan réalisé par (Guessennd et al, 2013) se récapitulent dans le (TAB.4).

Tableau 4 : Fréquence des genres et espèces bactériens isolés (Guessennd et al, 2013)

Souches	Nombre	(%)
Entérobactéries		
<i>Escherichia coli</i>	17	34,7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	16	32,7
<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	2,0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	11	22,4
<i>Enterobacter cloacae</i>	2	4,1
<i>Citrobacter koseri</i>	2	4,1
Sous-total	49	100
Non entérobactéries		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	45	72,4
<i>Pseudomonas putida</i>	4	6,3
<i>Pseudomonas mendocina</i>	1	1,6
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	1	1,6
<i>Acinetobacter baumannii</i>	11	17,5
<i>Aeromonas</i>	1	1,6
Sous-total	63	100
Cocci		
<i>Staphylococcus spp</i>	24	100
Total	136	100

3.4. Impacts des Effluents Hospitaliers

Les hôpitaux ont été identifiés comme une source incontestable d'émissions de composés chimiques dans les écosystèmes aquatiques. Les contaminants les plus fréquemment rencontrés sont des microorganismes pathogènes (dont certains sont multi-résistants aux antibiotiques), des métaux, des radios isotopes, des détergents, des composés organohalogénés et des résidus de médicaments. Le devenir des médicaments dans les milieux naturels suscite alors une attention particulière au sein de la communauté scientifique. (Emmanuel, 2003)

Les preuves s'accumulent concernant les risques que posent les rejets liquides hospitaliers sur l'écosystème aquatique, d'après Nicolas (2008) La plupart des nappes d'eau françaises sont aujourd'hui contaminées.

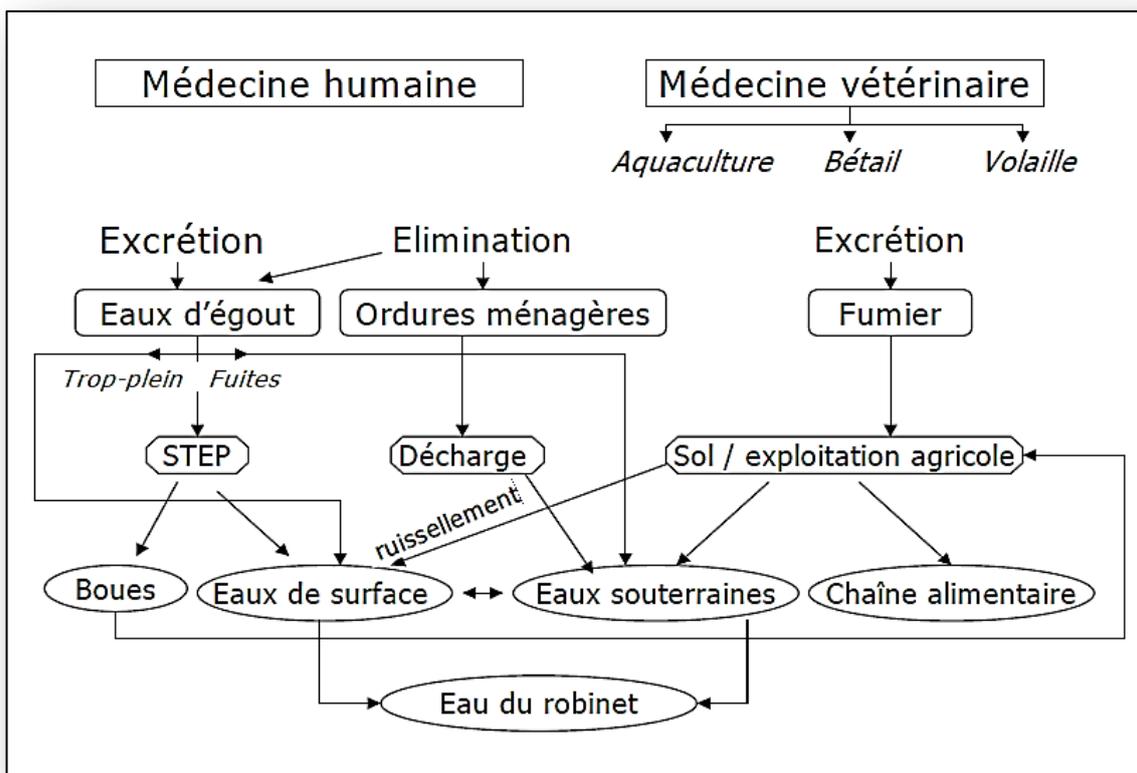


Figure 3 : Circuit de contamination des écosystèmes aquatiques par les médicaments utilisés dans la médecine humaine et vétérinaire (Diaz-Cruz et al., 2003).

À Tlemcen, les eaux usées provenant des différents endroits de pollution de grande toxicité telle que la clinique dentaire Ferradj et le Centre Hospitalo-Universitaire (rejet du laboratoire d'épidémiologie, rejet d'anatomie et de scintigraphie qui utilise la radioactivité) se déversent sans traitement dans les chaabats au même titre que des eaux usées domestiques classiques. (Fellah, 2012) (FIG. 4 et 5)



Figure 4: Rejet koudia à ciel ouvert. (Fellah, 2012)



Figure 5: Rejet du nouveau pôle universitaire. (Fellah, 2012)

En particulier, Les résidus des antibiotiques dans l'environnement sont soupçonnés d'être l'agent causal du développement des formes de résistance chez les bactéries. Selon (CICR, 2011), Les eaux usées des hôpitaux contiennent deux à dix fois plus de bactéries résistantes aux antibiotiques que les eaux domestiques. Ainsi, ces substances posent de sérieuses menaces à la santé publique pour le traitement et pour le contrôle de certaines maladies infectieuses. (Emmanuel, 2003)

Les résultats de travaux réalisés sur la microbiologie des effluents hospitaliers mettent en évidence de façon systématique la présence de germes ayant acquis des caractères de résistance aux antibiotiques et de façon ponctuelle des souches typiquement hospitalières (Ameziane et Benaabidate, 2013). En utilisant des entérocoques, des staphylocoques, des enterobactériaceae et des bactéries hétéro trophiques comme indicateurs de présence des bactéries multi résistantes dans les biofilms formés dans le réseau d'assainissement hospitaliers, Schwartz avec ses collaborateurs (2002) ont relevé une importante présence de germes multi résistants aux antibiotiques. Toutes les bactéries isolées étaient résistantes à la tétracycline et à l'érythromycine. 39 entérocoques résistants à la vancomycine ont été relevés. Des niveaux élevés de résistance à l'ampicilline, à l'amoxicilline/acide clavulanique et à la gentamicine ont été enregistrés. Par contre de faibles niveaux de résistance à la ciprofloxacine et à la citromoxazole ont été enregistrés. *Pseudomonas aeruginosa* a été également isolée dans les effluents hospitaliers.(Mesdaghinia et al., 2009)

L'étude de Bessila et Meghraoui (2018), montre les profils de l'antibio-résistance parus dans la (FIG.6). Et le (TAB.5) regroupe les antibiotiques utilisés.

Tableau 5: Les antibiotiques testés classés selon leurs familles

Famille d'antibiotique	L'antibiotique	L'abréviation	La charge du disque
Bêta-Lactamines	Amoxicilline	AMX	25µg
	Cefoxitine	FOX	30 µg
	Cefazoline	KZ	30 µg
	Cefotaxime	CTX	30 µg
	Piperacilline	PI	100 µg
	Amoxicilline+acide clavulanique	AMC	30 µg
Aminosides	gentamicine	HLG	120 µg
Phénicoles	chloramphénicol	C	30 µg
Sulfamides	Triméthoprim/sulfaméthoxazole.	SXT	25 µg
Quinolones	acide pipémidique	PA	20 µg
	Péfloxacine	PEF	5 µg
polypeptides	Nitroxoline	NO	30 µg

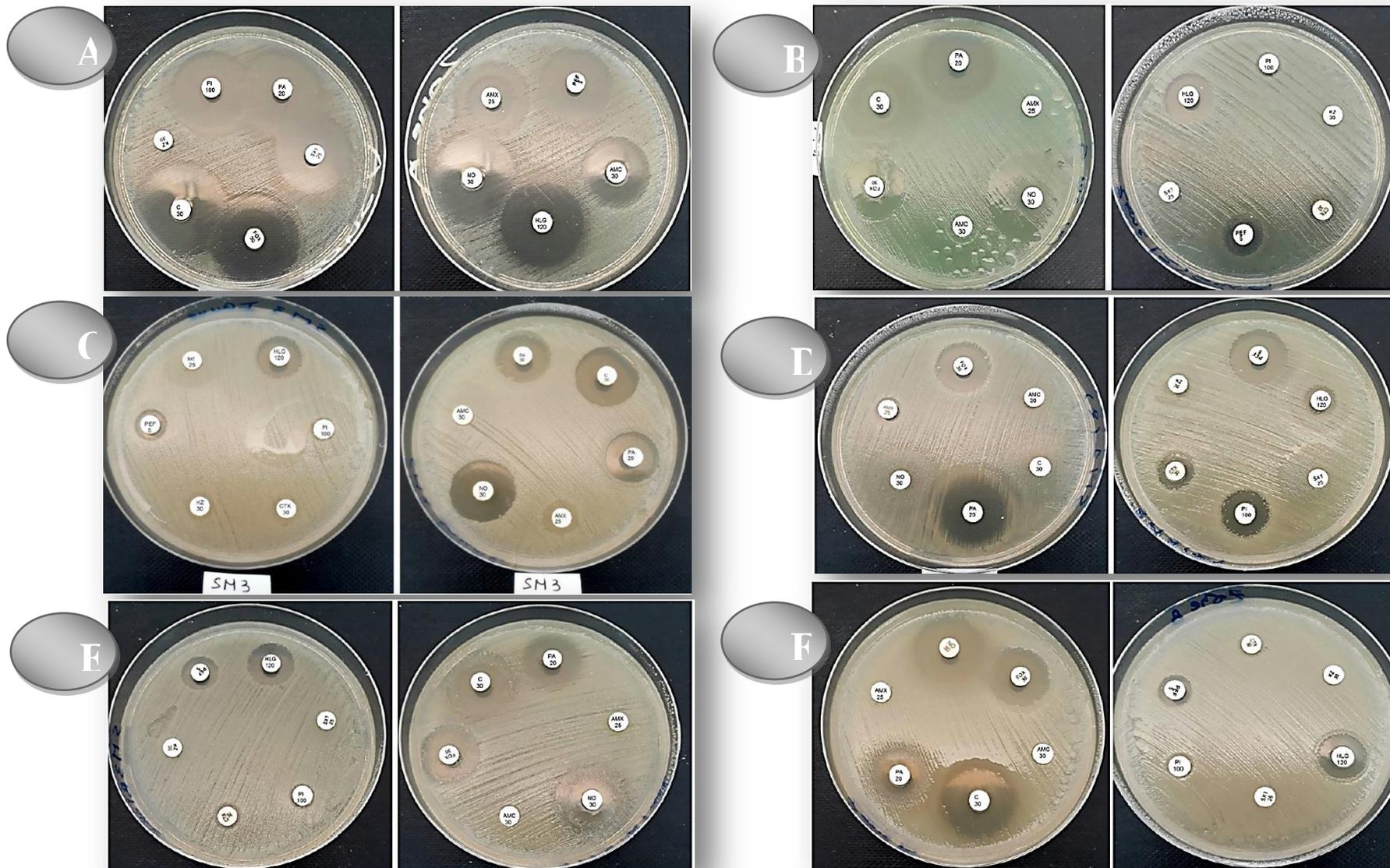


Figure 6 : profil d'antibiorésistance de, **A** : *Streptococcus* sp ; **B** : *Pseudomonas* sp ; **C** : *Staphylococcus* sp ; **D** : *Aeromonas hydrophila* ; **E** : *Corynebacterium* sp ; **F** : *Micrococcus* sp

Il ressort de ces différents résultats que les bactéries sont révélées être multi résistantes aux différentes antibiotiques notamment l'Amoxicilline, le Triméthoprime/ sulfaméthoxazole, le Cefotaxime et le Cefazoline.

De nombreuses études ont recherché la présence de ce type de contamination dans les effluents hospitaliers et ont détecté des bactéries multirésistantes à plusieurs familles d'antibiotiques (Jakobsen et al., 2008; Chang et al., 2010; Fuentesfria et al., 2011; Korzeniewska et al., 2013; Rodriguez-Mozaz et al., 2014; Xu et al., 2015; Maheshwari et al., 2016). La majorité des études s'intéresse aux bactéries planctoniques mais très peu s'intéressent aux bactéries sous forme biofilms. Dans les effluents hospitaliers, la forme biofilm serait un mode de vie particulièrement adapté à la survie des bactéries dans les conditions environnementales. Le biofilm est un système complexe qui a une densité cellulaire élevée allant de 10^8 à 10^{11} cellules par gramme de masse humide (Stickler et Morgan, 2008; Balzer et al., 2010). Il est composé de différents microorganismes comme des bactéries, protozoaires ou algues (Kesaano et Sims, 2014).

Ces effluents rejetés sans traitement préalable dans la nature peuvent constituer une source de dissémination de ces bactéries potentiellement pathogènes qui entraînent la dégradation de l'environnement. Néanmoins, ce type des eaux usées rejetées reste un domaine d'étude et posent un problème pour le traitement avant de les réutiliser ou tout simplement avant de les rejeter. Dans ce contexte à savoir l'épuration des eaux usées issues d'un usage domestique, industriel et autre hospitalier. Les générateurs d'ozone sont de plus en plus utilisés dans différents domaines de l'industrie pour l'élimination des virus, bactéries et microorganismes dans l'eau et dans l'air. Le traitement de l'eau par l'ozone, qui est de plus en plus utilisée à travers le monde, est pratiquement inexistant en Algérie. (Benaissa, 2014) Actuellement, le moyen le plus efficace de production de l'ozone est la décharge à barrière diélectrique.

L'objectif du chapitre suivant est d'apporter un savoir sur les différents résultats, notions, concepts et méthodes issus de la littérature sur l'utilisation des propriétés bactéricides et oxydatives de l'ozone pour éliminer les impuretés microbiologiques et organiques de l'eau.

Chapitre 2 : Technologies de l'Ozone

L'ozone est un puissant oxydant et excellent désinfectant. Il oxyde et inactive les substances organiques, les organismes pathogènes (virus, bactéries, protozoaires, etc.) et des éléments physico-chimiques désagréables qui laissent des traces tels que le fer, le manganèse, le soufre (odeur d'œuf pourri), les arrières goûts qui peuvent être causés par des algues, champignons et moisissures, certains types de tannins qui donnent une couleur ressemblant à celle du thé. (Chebbah, 2018)

En particulier, La purification de l'eau par l'ozone est un procédé qui représente des avantages, dans le contexte environnemental actuel qui soutient le développement et fait la promotion de technologies non-polluantes. Contrairement aux autres désinfectants, tel le chlore, l'ozone disparaît sans laisser de trace après son utilisation. En effet, l'ozone est composé d'oxygène pur qui se recompose en dioxygène quelques temps après sa fabrication. (Rodriguez et *al.*, 2008)

1. PRINCIPES FONDAMENTAUX DES PROCESSUS D'OZONATION

1.1. Caractéristiques de l'Ozone

L'ozone (O₃) est une forme très instable et réactive de l'oxygène, qui se forme naturellement dans la stratosphère sous l'action du rayonnement ultraviolet, émis par le soleil, sur les molécules d'oxygène. (Silvia, 2011)

L'ozone est un oxydant très puissant utilisé notamment dans le traitement de l'eau. On parle alors d'ozonation. Celle-ci résulte de deux types d'oxydation bien distincts : l'oxydation dite moléculaire est reliée directement à la molécule d'ozone O₃. L'autre forme d'oxydation, dite radicalaire, est reliée à une forme non commune de l'ozone, où la molécule a perdu un électron apparié (normalement, les électrons sont présents par paires, mais dans le cycle de réactions en chaîne de l'ozone, des dissociations de paires d'électrons peuvent avoir lieu), conduisant à la formation du radical hydroxyle OH. Il est à noter que certains composés tendent à stabiliser l'ozone dans l'eau, et donc à limiter la formation de ces radicaux. C'est notamment le cas des ions carbonates et bicarbonates. (Chebbah, 2018)

La solubilité de l'ozone est fonction de la température de l'eau et de la pression partielle de l'ozone. Pour avoir une solubilité élevée, il est important que la température soit basse et que le pourcentage massique en ozone dans le gaz soit important. (Abouzlam, 2014) L'ozone est aussi plus lourd que l'air (densité par rapport à l'air : 1,657) ; il peut donc s'accumuler près du sol. L'ozone étant un gaz instable, il est produit sur le lieu de son utilisation par décharge électrique dans un gaz contenant de l'oxygène. Il est généralement utilisé de l'air, qui doit être propre (pour éviter des problèmes de répartition de courant) et sec. (Chebbah, 2018)

1.2. Propriétés physico-chimiques de l'Ozone

L'ozone, ou trioxygène, est une molécule inorganique composée de trois molécules d'oxygène, de formule chimique O_3 . (Khan et al., 2017) l'ozone est un gaz bleu pâle, voire incolore, qui se démarque par son odeur caractéristique qui rappelle l'eau de Javel. Son odeur est décelable dès la concentration de 0,01 ppm. Le trioxygène est moins stable que le dioxygène O_2 , en lequel il tend naturellement à se décomposer. (Saad, 2019) C'est le troisième oxydant le plus puissant après le Fluor et le Persulfate avec un potentiel redox de 2,07 V dans une solution alcaline. Par conséquent, l' O_3 est capable d'oxyder beaucoup de substances inorganiques et organiques (Wang et Chen, 2019).

L'ozone se présente sous la forme d'un triangle isocèle d'un angle au sommet égal à $116^\circ 45'$ et de deux liaisons interatomiques de 1,278 10-10 m. La structure de l'ozone est comme suit (FIG.7). (Chebbah, 2018)

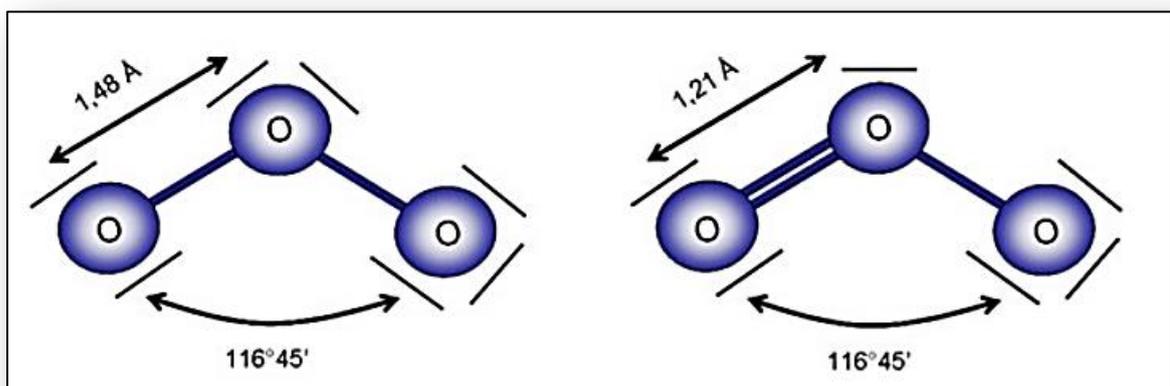


Figure 7: Structure de l'ozone (Chebbah, 2018)

Ci-dessous dans le (TAB.6), les principales constantes physiques de l'ozone.

Tableau 6 : Principales constantes physiques de l'ozone.
(Chebbah, 2017)

Propriétés	Valeur
Masse molaire	47,9982 g/mol
Point d'ébullition, °C	-111,9 °C (1 atm.)
Point de fusion	-192,7°C
Masse volumique (gaz) 0°C, 1 atm	2,15 g/l
Enthalpie de formation	142,12 KJ/mol
Énergie de dissociation	-144,8 KJ/mol
Angle de liaison	116°
Potentiel d'oxydation à 25°C	2.076 V

1.3. Réaction de l'ozone avec les substances oxydables

Le faible lien de l'ozone tenu du troisième atome d'oxygène fait que la molécule soit instable et donc, très efficace comme la montre les figures en dessous (FIG. 8 et 9). C'est le troisième atome d'oxygène de l'ozone qui est extrêmement réactif. Cet atome se fixe facilement à d'autres molécules. La réaction d'oxydation se produit sur une collision entre la molécule d'ozone et la molécule d'une substance oxydable (c'est-à-dire bactéries, champignons, virus, fer & manganèse...). Au cours de cette réaction d'oxydation, les molécules organiques sont transformées et dissoutes. (Chebbah, 2018)

1.3.1. Effet de l'ozone sur les micro-organismes

L'ozone est un agent antimicrobien puissant à large spectre qui agit contre les bactéries, les champignons, les virus, les protozoaires et les spores bactériennes et fongiques.

La sensibilité relative des différents microorganismes à l'ozone, de plus, la sensibilité déclarée d'un seul micro-organisme varie selon les études, souche du micro-organisme, âge de la culture, densité de la population traitée, présence de composants de milieu exigeants en ozone, méthode d'application de l'ozone (c'est-à-dire bulles de gaz ou solution aqueuse uniforme), précision des procédures et des dispositifs de mesure de l'ozone, et méthode de mesure de l'efficacité antimicrobienne (par exemple, détermination d'un point unique contrairement à des études cinétiques systématiques) sont certains des facteurs de confusion qui rendent la comparaison entre différentes études impossible. (Khadre et al., 2001)

l'ozone attaque de nombreux constituants cellulaires, notamment les protéines, les lipides insaturés et les enzymes respiratoires dans les membranes cellulaires, les peptidoglycanes dans les enveloppes cellulaires, les enzymes et les acides nucléiques dans le cytoplasme, et des protéines et du peptidoglycane dans les spores et les capsides des virus. (Sproul et Kim 1980; Komanapalli et Lau 1996 ; Khadre et al., 2001)

Compte tenu des propriétés germicides de l'ozone, les cinétiques d'inactivation de *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei* et *Salmonella typhimurium* par l'ozone ont été étudiées. Dans tous les cas, l'inactivation totale a été atteinte. (Lezcano et al., 1999)

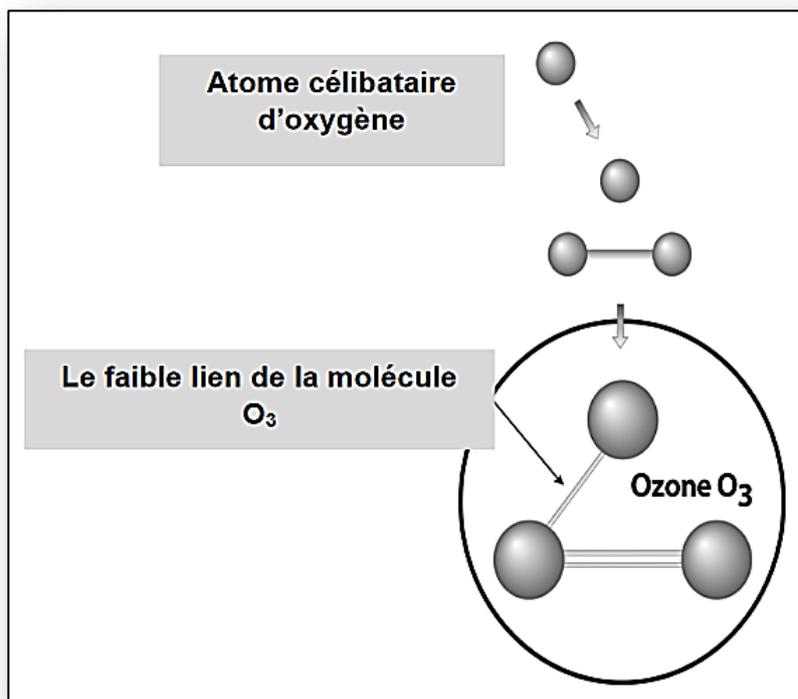


Figure 8: Lien de la molécule d'ozone. (Chebbah, 2018)

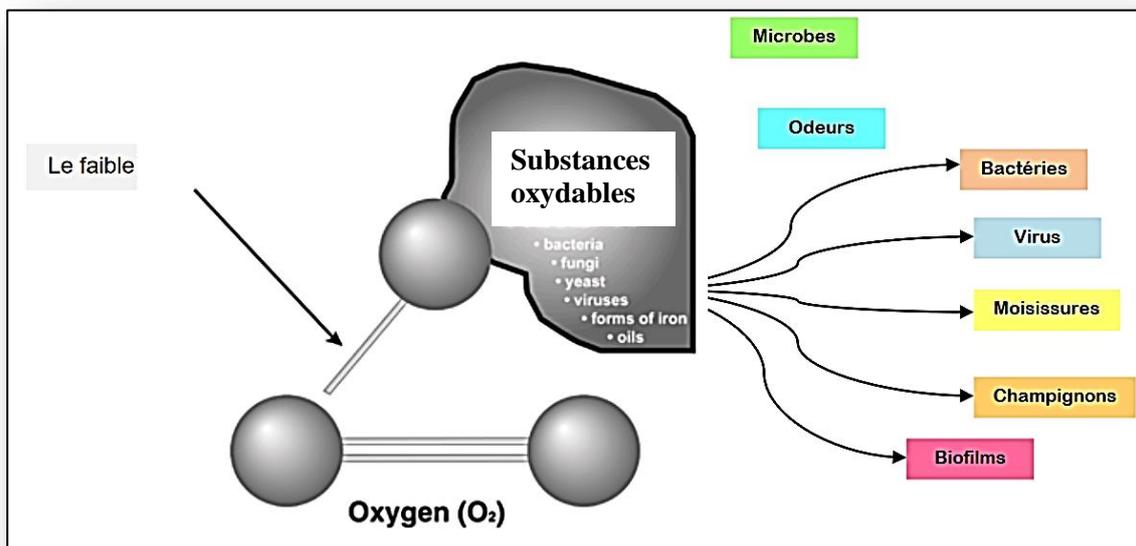


Figure 9: Réaction d'oxydation de l'ozone avec les substances oxydables. (Chebbah, 2018)

1.4. L'ozonation

L'ozonation (également appelée ozonisation) est une technique de traitement chimique de l'eau basée sur l'injection d'ozone dans l'eau. Ce traitement est un type de processus d'oxydation avancée, impliquant la production d'espèce d'oxygène (Ozone O_3) très réactif capable d'attaquer un large éventail de composés organiques et de micro-organismes. (Saad, 2019)

A cause de sa durée de vie relativement courte, l'ozone est toujours généré sur site grâce à un générateur d'ozone (**FIG.10**). A l'échelle industrielle, l'obtention de l'ozone peut être réalisée par des procédés physico-chimique, à savoir (Chebbah, 2018)

- Par des lampes ultra-violettes. Ce système est utilisé pour les applications qui demandent une basse concentration d'ozone.
- Par décharges électriques (décharge DBD). Ce système est utilisé pour de fortes concentrations d'ozone.

De nos jours, la décharge de barrière diélectrique (DBD) est considérée comme le moyen le plus efficace de production de l'ozone. (Ikehata et al. 2006; Jenei et al. 2007; Pekárek 2012)

Dans ce cas l'air ou l' O_2 passe à travers un champ électrique à haute tension, la molécule stable d'oxygène est brisée et se divise en deux radicaux d'oxygène qui réagissent entre eux pour former de l'ozone.

La génération d'ozone dépend de plusieurs facteurs tels que : la concentration d'oxygène dans le gaz d'entrée, l'humidité, la température de l'eau de refroidissement et les paramètres électriques. Pour éliminer l'ozone restant après utilisation, des destructeurs d'ozone sont utilisés. Le mécanisme du destructeur d'ozone peut être basé sur différents principes. Généralement un catalyseur est utilisé, qui accélère la décomposition de l'ozone en oxygène (Saad, 2019).

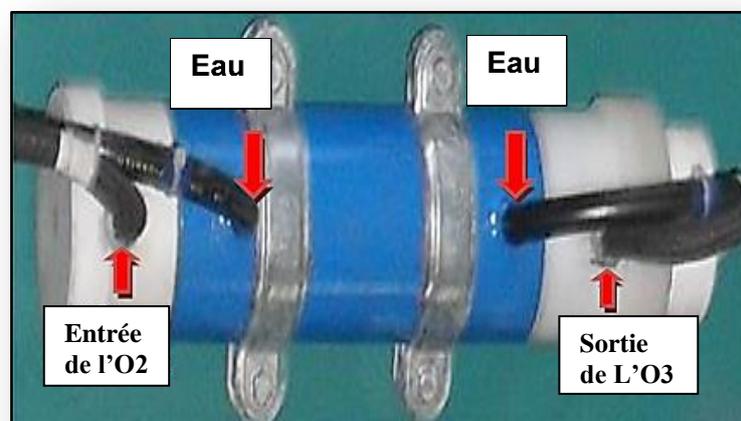
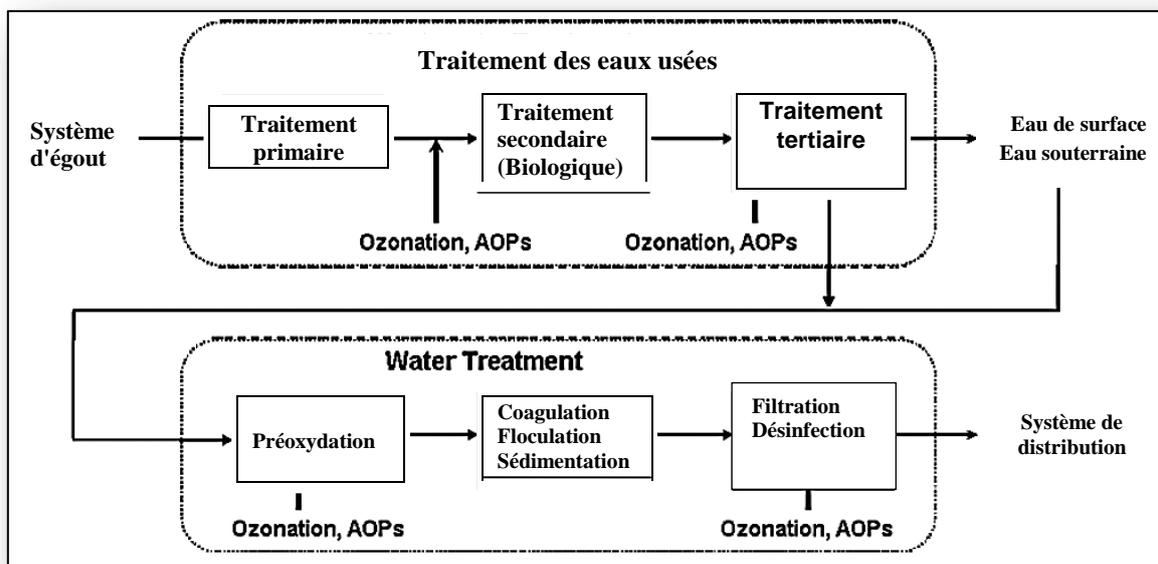


Figure 10: Vue du nouveau générateur d'ozone modifié avec système de refroidissement à eau. (Ramdani et al., 2015)

2. Traitement des Eaux Usées par Ozonation

Le développement rapide de la biologie et de la biotechnologie au cours des dernières décennies, et l'augmentation consécutive des laboratoires et des usines qui traitent des préparations biologiques potentiellement dangereuses pour la santé et l'environnement, ont mis l'accent sur l'importance d'un traitement adéquat des émissions liquides provenant de ces installations, capable d'éliminer les micro-organismes pathogènes ou matière organique dissoute qui, sinon, peuvent causer des dommages difficiles à prévoir (Perez-Rey *et al.*, 1995). Depuis les années 1980, la présence de traces de médicaments dans les effluents des stations d'épuration (STEP) et dans les eaux naturelles a été identifiée.

En Algérie, un déficit de 1 milliards de m³ sera enregistré en 2025 (dans le cas d'une mauvaise gestion de l'eau et d'une non maîtrise des ressources non conventionnelles). (Remini, 2005) (FIG.11)



*Figure 11 : Points possibles d'application de l'ozonation pour la dégradation des produits pharmaceutiques (Ikehata *et al.*, 2006)*

L'ozone est connu comme un puissant agent désinfectant en milieu aquatique et il est de plus en plus utilisé à cette fin dans le traitement de l'eau et des eaux usées.

Les traitements de l'ozone sont principalement appliqués sous deux formes: l'ozone gazeux et l'ozone aqueux. (Zorlugenç et *al.*, 2008) L'aspect attrayant de l'eau ozonée est qu'elle a une demi-vie plus courte que l'ozone gazeux, se décomposant rapidement en oxygène moléculaire sans laisser de résidu. (Agnieszka et *al.*, 2018)

Une étude réalisée par Ikehata et ses collaborateurs (2006) sur la dégradation des produits pharmaceutiques aqueux par l'ozonation et les procédés d'oxydation avancée, en est résulté que les antibiotiques dont il est question sont assez réactifs à l'ozonation et à l'oxydation avancée en milieu aqueux. La réactivité élevée est due à la présence d'un ou plusieurs groupes fonctionnels réactifs dans les molécules antibiotiques. Les rendant moins nocifs et formant des composants facilement biodégradables. (Hernando et *al.*, 2007)

Un dispositif expérimental utilisé pour le traitement des eaux usées par l'ozone est décrit à la **(FIG.12)**

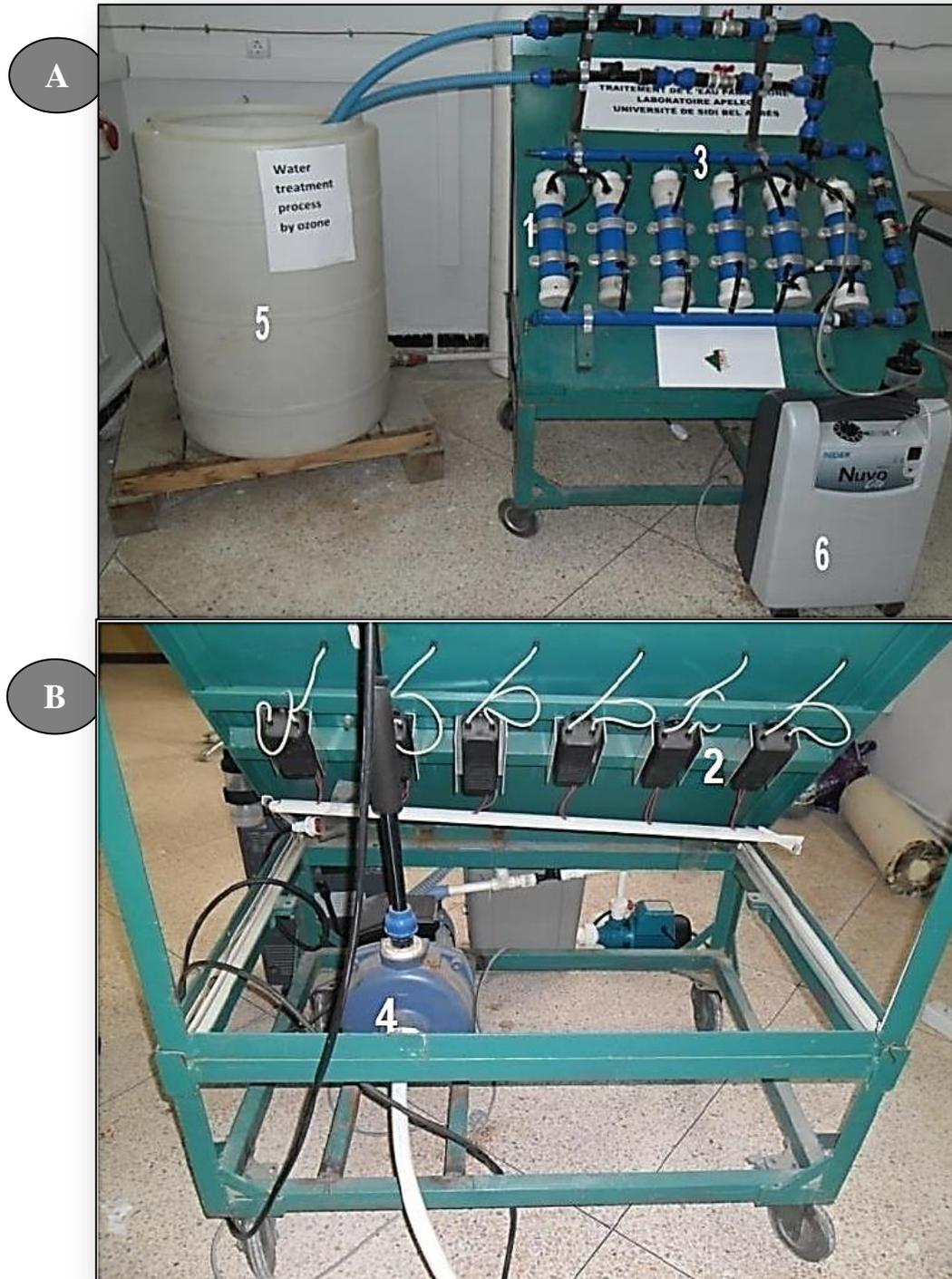


Figure 12 : installation expérimentale d'un générateur d'ozone DBD.
(Ramdani et al., 2015)

A : vue de face ; B : vue de dos

1. Trois générateurs d'ozone connectés en série ; 2- Transformateur haute tension ;
3- Injecteur Venturi ; 4- Pompe à eau ; 5- Réservoir d'eau ; 6- Concentrateur
d'oxygène.

L'observatoire SIPIBEL (SITE PILOTE DE BELLECOMBE) a permis un suivi fin et novateur des effluents urbains et hospitaliers de la STEP de Bellecombe et de leurs impacts sur le milieu, à travers 40 campagnes de prélèvements menées entre février 2011 et décembre 2015 et plus de 130 paramètres mesurés. Des pilotes de traitement ont été installés à la STEP de Bellecombe afin de tester l'efficacité de l'ozonation sur l'abattement de la concentration de micropolluants, sur un effluent mixte (50 % hospitalier / 50 % urbain) reconstitué à partir des effluents arrivant séparément sur la station [Projet Triumph]. Les résultats mettent en évidence une efficacité de traitement élevée pour les 10 composés pharmaceutiques étudiés, et ce dès l'utilisation de faibles doses d'ozone (4 à 5 mgO₃/L) : un rendement moyen de 92 % est obtenu, avec un minimum de 70 % pour l'éconazole. Le projet propose une caractérisation globale de l'effluent, incluant des mesures biologiques et la recherche de signatures chimiques. (FIG.13)

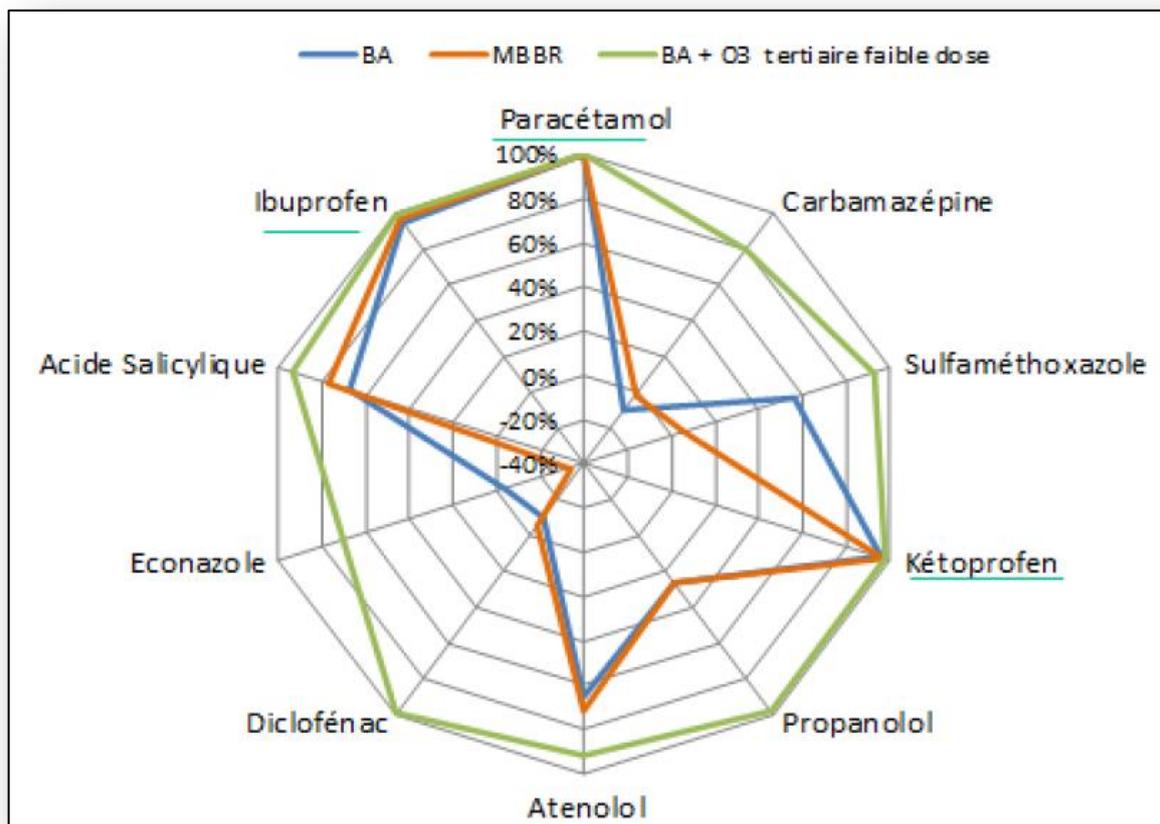


Figure 13: Efficacité des traitements biologiques seuls et avec ozonation (SIPIBEL, 2015)

Boues activées ; MBBR (procédé biologique de type culture fixée) ;
Boues activées + ozone tertiaire faible dose –
 les composés les moins réfractaires au traitement sont soulignés

Une recherche réalisé par Ramdani et *al* (2015), a abordé le problème du traitement des eaux usées dans la zone de la ville de Sidi-Bel-Abbes qui compte un nombre important d'installations industrielles nécessitant un besoin plus important en eau et faisant face à une dégradation de la ressource en eau liée à la pollution de l'environnement. Les résultats confirment que les traitements classiques (décantation et biologie) ont une élimination partielle d'environ 60 % en moyenne. Le traitement par l'ozone produit par le DBD permet d'éliminer plus de 80% de la plupart des substances chimiques analysées. L'analyse bactériologique montre la disparition quasi complète des agents pathogènes dans les eaux usées. L'étude montre l'efficacité du procédé de traitement à l'ozone que l'on peut considérer comme une alternative ou un complément à celui utilisé dans la station d'épuration des eaux usées.

CONCLUSION

Le travail réalisé dans ce mémoire nous a permis de découvrir l'hétérogénéité et la multi dimensionnalité du problème de l'hygiène hospitalière.

Dans cette recherche qui porte sur la caractérisation du traitement par ozone du matériel médical et des effluents hospitaliers, Il ressort que les établissements de santé ne sont que partiellement mobilisés sur la gestion environnementale. La variété des déchets liquides produits par les établissements de santé et la diversité de leurs effets sur l'homme et/ou l'environnement impose une prise en charge de cette problématique à l'intérieur de l'établissement.

Sur le plan microbiologique, le danger qui caractérise les effluents hospitaliers c'est être doublement impliqués en véhiculant antibiotiques et bactéries multi résistantes, Le rejet de ces effluents dans le réseau d'assainissement communal ou dans le milieu naturel génère un risque pour la santé humaine, et représente une contribution significative à la contamination générale de l'environnement, et plus particulièrement des milieux aquatiques.

Afin limiter cette dissémination et de minimiser les infections liées aux soins, le traitement des effluents hospitaliers pourrait être une solution. L'ozonation a fait l'objet d'essais intensifs en tant que technologie avancée de traitement des eaux usées, du laboratoire aux études à grande échelle, a démontré qu'elle était une méthode utile et économiquement réalisable pour améliorer la qualité des effluents d'eaux usées municipales

Au vu de l'ensemble des résultats obtenus au cours de ce travail, des études devront donc être réalisées ultérieurement :

- l'évaluation de la qualité de ces effluents afin d'identifier leur risque environnemental.
- Etude expérimentale du pouvoir désinfectant de l'ozone
- évaluer périodiquement les niveaux de sensibilité des différents micro-organismes aux antibiotiques et désinfectants

Afin de contribuer à une meilleure compréhension des phénomènes de résistance bactérienne et de parvenir à maîtriser plus efficacement les conséquences, Car l'absence de données empêche de bien comprendre les besoins et de mieux y répondre.

Les connaissances sur les pratiques d'hygiène appropriées sont relativement élevées, mais la pratique correspond rarement aux connaissances. Sans changement de comportement, la résistance aux antibiotiques restera une menace majeure, même si de nouveaux médicaments sont développés.

D'où le triple objectif : le Savoir, le Savoir-Faire et le Savoir-Etre.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Agnieszka J.B, Agnieszka N et Krzysztof Ś. (2018).** *Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58:13, 2176-2201. Doi:10.1080/10408398.2017.1308313
2. **Al-talib, H., Alkhateeb, A., Syahrizal, A., Ruzuki, A., Farhana, N., Hamizi, S., Muhammad, N. S., Fadhlina, A., & Karim, A. (2019).** *Effectiveness of commonly used antiseptics on bacteria causing nosocomial infections in tertiary hospital in Malaysia.* 13(10), 188–194. Doi.org/10.5897/AJMR2019.9058.
3. **Amazian K., Rossello J., Castella A., Sekkat S., Terzaki E., Dhidah T., Abdelmoumene T. et Fabry J. (2010).** *Prévalence des infections nosocomiales dans 27 hôpitaux de la région méditerranéenne.* Eastern Mediterranean Health Journal. 16,(10), p 1070- 1078. Disponible sur : https://applications.emro.who.int/emhj/V16/10/16_10_2010_1070_1078.pdf.
4. **Ameziane N et Benaabidate L. (2013).** *Caractérisation microbiologique des effluents de l ' hôpital Mohamed V de Meknès et étude de leur impact sur l ' environnement.*
5. **Balzer, M. et al. (2010).** *Faecal indicator bacteria in river biofilms.* Water Science and Technology, 61(5), p. 1105– 1111. Doi: 10.2166/wst.2010.022.
6. **Benaissa S. (2014).** *Etude d'un procédé de dépollution de l'eau par ozone : application aux traitements d'effluents aqueux industriels et urbains.* Thèse de doctorat. Université de Sidi Bel Abbès – Djillali Liabes, département Génie Mécanique.
7. **Benhabyles B. (2010).** *Surveillance épidémiologique appliquée à l'infection associée aux soins.* Guide d'hygiène hospitalière et lutte contre les infections associées aux soins. Volume 3, Evaluation et gestion des risques liés aux soins : Approches, outils et structures. Disponible sur : <http://sotugeres.org/wp-content/uploads/2016/05/HYGIENE-HOSPITALIERE-ET-LUTTE-CONTRE-LES-INFECTIIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS-V3.pdf>.
8. **Bessila C et Meghraoui R. (2018).** *Evaluation Bactériologique des eaux usées hospitalières du CHU de Constantine prélevées à partir de la station de relevage Sidi M'cid.* Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Repéré sur : <https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2018/Evaluation%20Bact%3%A9riologique%20des%20eaux%20us%C3%A9es%20hospitali%C3%A8res%20du%20CHU%20de%20Constantine%20pr%C3%A9lev%C3%A9es%20%C3%A0%20partir%20de%20la%20station%20de%20relevage%20Sidi%20M%20E2%80%99cid.pdf>
9. **Boillot C. (2008).** *Évaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques. Contribution à l'amélioration de la phase “*

- caractérisation des effets* ” [en ligne]. thèse de doctorat. L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Repéré à : <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2008ISAL0021/these.pdf>.
- 10. Chebbah A. (2018).** *Contribution à l’étude de la production de l’ozone par décharge à barrière diélectrique surfacique et à électrodes planes. Application au traitement des eaux polluées.* Thèse de doctorat. Université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbès Faculté de Génie Electrique. Repéré à : http://rdoc.univ-sba.dz/bitstream/123456789/2306/1/D_ETT_CHEBBAH_Abelkader.pdf.
- 11. CICR (Comité International de la Croix-Rouge). (2011).** Manuel de gestion des déchets médicaux. Genève, Suisse : 1-164. Disponible sur : <https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/publications/icrc-001-4032.pdf>.
- 12. Cotter JJ, Maguire P, Soberon F, Daniels S, O’Gara JP, Casey E. (Epub 2001).** *Disinfection of meticillin-resistant Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis biofilms using a remote non-thermal gas plasma.* J Hosp Infect. 2011 Jul;78(3):204-7. Doi: 10.1016/j.jhin.2011.03.019.
- 13. Dancer SJ. (1999).** *Mopping up hospital infection.* J Hosp Infect, 43:85-100. Doi:10.1053/jhin.1999.0616.
- 14. Diaz-Cruz M.S., Lopez de Alda M.J., Barcelo D.(2003).** *Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge.* Trends in Analytical Chemistry, 22(6), 340-351. Repéré sur: [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)00603-4](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00603-4)
- 15. Dieng. C T. (1998)** .*Chimio prophylaxie et prévention des infections nosocomiales.* Thèse de Doctorat en Pharmacie, Dakar, n°27, p : 97. Doi :6257e6272.
- 16. Donnell, G. M. C et Russell AD. (Jan. 1999).** *Antiseptics and Disinfectants : Activity , Action , and Resistance.* Clinical Microbiology Reviews,12(1), 147–179. Repéré sur: <https://cmr.asm.org/content/cm/12/1/147.full.pdf>
- 17. Donskey, C. J. (2013).** *Does improving surface cleaning and disinfection reduce health care-associated infections ?* American Journal of Infection Control, 41(5), S12–S19. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.12.010>.
- 18.** Effluents hospitaliers et station d’épuration urbaine : caractérisation, risques et traçabilité. Synthèse des résultats 2011- 2015. Site pilote de bellecombe (SIPIBEL). Repéré à : <http://www.graie.org/Sipibel/publications/sipibel-synthese-effluentshospitaliersmedicaments-oct16.pdf>.
- 19. Ekhaïse, F.O. and Omavwoya, B.P. (2008).** *Influence of Hospital Wastewater Discharged from University of Benin Teaching Hospital (UBTH), Benin City on its Receiving Environment.* American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci; 4 (4): 484-488. Repéré sur :

<https://www.researchgate.net/publication/267855764> Influence of Hospital Wastewater Discharged from University of Benin Teaching Hospital UBTH Benin City on its Receiving Environment

20. **Emmanuel E. (2003).** *Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers.* Thèse de doctorat. INSA de Lyon - Spécialité Sciences et Techniques du Déchet. Lyon. [En ligne] sur : <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2004ISAL0004/these.pdf>
21. **Ewart SL. (2001).** Disinfectants and control of environmental contamination. In: Smith BL. editor. Large Animal Internal Medicine: diseases of horses cattle, sheep and goats. 3rd edition. 2001. St. Louis: Mosby. pp. 1371-1380.
22. **Fellah H.S. (2012).** *La Cartographie de Vulnérabilité et du Risque de Pollution des Eaux Souterraines dans le Groupement Urbain de Tlemcen.* Mémoire de Master. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN. Faculté de Technologie Département d'Hydraulique. Réperé sur : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/12005>
23. **Fuentefria, D. B., Ferreira, A. E. and Corção, G. (2011).** *Antibiotic-resistant Pseudomonas aeruginosa from hospital wastewater and superficial water: Are they genetically related?.* Journal of Environmental Management, 92(1), pp. 250–255. Doi: 10.1016/j.jenvman.2010.09.001.
24. **Greene CE. Chapter 94. (1998).** *Environmental Factors in Infectious Disease.* In: Greene CE., editor. Infectious Diseases of the Dog and Cat. Philadelphia:WB Saunders Company. pp. 673-683.
25. **Grooms D. (2003).** *Biosecurity guide for livestock farm visits.* Michigan State University, College of Veterinary Medicine Extension Bulletin E2842. Repéré à : <https://www.canr.msu.edu/ans/uploads/files/Biosecurity%20Guide%20for%20Farm%20Visits%20E-2842.pdf>
26. **Guerrero D.M, Nerandzic M.M, Jury L.A, Jinno S, Chang S, Donskey C.J. (2012).** *Acquisition of spores on gloved hands after contact with the skin of patients with Clostridium difficile infection and with environmental surfaces in their rooms.* Am J Infect Control, 40(6):556–558. Doi: 10.1016/j.ajic.2011.08.002
27. **Guessennd N.K, Ouattara M.B, Ouattara N.D, Nevry R.K, Gbonon V, Tiekoura K. B, Dosso M. et le Groupe d'Etude et de Recherche sur les bactéries multirésistantes. (2013).** *Étude des bactéries multirésistantes des effluents hospitaliers d'un centre hospitalier et universitaire (CHU) de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire).* Journal of Applied Biosciences 69:5456 – 5464. Repéré à <https://m.elewa.org/Journals/wp-content/uploads/2020/04/4.Goualie.pdf>.

28. **Hernando MD, Petrovic M, Radjenovic J, Fernandez, Alba AR, Barcel D. (2007).** *Removal of pharmaceuticals by advanced treatment technologies.* In: PetrovicM, Barcel D (eds) *Analysis, fate and removal of pharmaceuticals in the water cycle.* Comprehensive Analytical Chemistry, volume 50, Pages 451-474. Disponible sur : [http://dSPACE.fudutsinma.edu.ng/xmlui/bitstream/handle/123456789/2114/Analysis,%20Fate%20and%20Removal%20of%20Pharmaceuticals%20in%20the%20Water%20Cycle,%20Volume%2050%20\(Comprehensive%20Analytical%20Chemistry\)%20\(Comprehensive%20Analytical%20Chemistry\)%20\(%20PDFDrive.com%20\).pdf?sequence=1#page=488](http://dSPACE.fudutsinma.edu.ng/xmlui/bitstream/handle/123456789/2114/Analysis,%20Fate%20and%20Removal%20of%20Pharmaceuticals%20in%20the%20Water%20Cycle,%20Volume%2050%20(Comprehensive%20Analytical%20Chemistry)%20(Comprehensive%20Analytical%20Chemistry)%20(%20PDFDrive.com%20).pdf?sequence=1#page=488)
29. **Ikehata, K., N. Jodeiri Naghashkar, and M. Gamal El-Din. (2006).** *Degradation of Aqueous Pharmaceuticals by Ozonation and Advanced Oxidation Processes: A Review.* Ozone Science & Engineering 28 (6):353–414. Doi: 10.1080/01919510600985937.
30. **Jakobsen L, Sandvang D, Hansen LH, Bagger-Skjøt L, Westh H, Jørgensen C, Hansen DS,.. et Hammerum AM. (2008).** *Characterisation, dissemination and persistence of gentamicin resistant Escherichia coli from a Danish university hospital to the waste water environment.* Environment International, 34(1): 108–115. Doi: 10.1016/j.envint.2007.07.011.
31. **Jeffrey DJ. (1995).** *Chemicals used as disinfectants: Active ingredients and enhancing additives.* Rev sci tech Off int Epiz. 14(1):57-74. Doi: 10.20506/rst.14.1.828.
32. **Jenei, I., P. Kis, and E. Kiss. (2007).** *The Development of Ozone Generators with the Analysis of the Field Distribution of the Electrode Arrangements.* Ozone: Science & Engineering 29 (3):215–20. Doi:10.1080/ 01919510701310233.
33. **Joklik WK. (1992).** Ch. 10. Sterilization and disinfection. Zinsser Microbiology. Appleton and Lange, Connecticut. pp. 188-200.
34. **Kennedy J, Bek J, Griffin D. (2000).** Selection and use of disinfectants. University of Nebraska Cooperative Extension G00-1410-A. repéré sur : <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1102&context=extensionhist>
35. **Kesaano, M. and Sims, R. C. (2014).** *Algal biofilm based technology for wastewater treatment.* Algal Research, 5, pp. 231–240. Doi: 10.1016/j.algal.2014.02.003.
36. **Khadre, M. A., and A. E. Yousef. (2001).** *Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study.* Int J Food Microbiol. 30;71(2-3):131-8. Doi: 10.1016/s0168-1605(01)00561-x.
37. **Khan, S., Smith, N., Wilson, A., Gandhi, J., & Vatsia, S. (2017).** *Ozone therapy: An overview of pharmacodynamics, current research, and clinical utility.* Medical Gas Research, 7(3), 212. Doi:10.4103/2045-9912.215752.

38. Kim C.K, Gentile D.M et Sproul O.J. (1980). Mechanism of ozone inactivation of bacteriophage f2. Appl. Environ. Microbiol. 39(1):210–218. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC291306/pdf/aem00231-0230.pdf>
39. Komanapalli I.R et Lau B.H. (1999). *Ozone-induced damage of Escherichia coli K-12*. Appl Microbiol Biotechnol, 46(5-6):610-4. Doi: 10.1007/s002530050869.
40. Korzeniewska, E., Korzeniewska, A. and Harnisz, M. (2013). Antibiotic resistant *Escherichia coli* in hospital and municipal sewage and their emission to the environment. Ecotoxicology and Environmental Safety, 91, pp. 96–102. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.01.014.
41. Kramer, A., Schwebke, I., & Kampf, G. (2006). A systematic review. 8, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>.
42. l'association des journalistes de Constantine (AJC). (2019). *Analyse des effluents hospitaliers*. ALGERIE PRESSE SERVICE. Repéré à : <http://www.aps.dz/sante-science-technologie/96273-1-analyse-des-effluents-liquides-maillon-faible-de-la-gestion-des-dechets-hospitaliers-en-algerie>.
43. Landu Makesi AS. (2016). *Hygiène*. Université Pédagogique Nationale. [En ligne] : https://www.memoireonline.com/10/17/10055/m_Hygiene.html
44. Lezcano, I, Rey, R, Gutiérrez, M, Baluja, Christa, Sánchez, Elaine. (2001). *Ozone Inactivation of Microorganisms in Water: Gram positive Bacteria and Yeast*. Ozone-science & Engineering. 23. 183-187. Doi : 10.1080/01919510108962001.
45. Maheshwari M, Yaser NH, Naz S, Fatima M, Ahmad I. (2016). *Emergence of ciprofloxacin-resistant extended-spectrum β -lactamase-producing enteric bacteria in hospital wastewater and clinical sources*. Journal of Global Antimicrobial Resistance, 5, pp. 22–25. Doi: 10.1016/j.jgar.2016.01.008.
46. Maiga (B.). (2003). *Pratiques d'hygiène hospitalière dans les structures sanitaires: hôpital Gabriel Touré, hôpital régional de Sikasso, CNOS, Centre de sante Référence de la Commune IV de Bamako*. Thèse de doctorat. Université de Bamako faculté de Médecine De Pharmacie et d'odonto-Stomatologie, Mali. [En ligne] : <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2003/pharma/pdf/03P63.pdf>
47. Manhal Abouzlam. (2014). *Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique* [En ligne]. Thèse de doctorat. Automatique et application. Poitiers : Université de Poitiers. Disponible sur Internet : <http://nuxeo.edel.univ-poitiers.fr/nuxeo/site/esupversions/a4c673ab-5e8c-481c-b07a-ca0b0fd74f13>.

48. **Maris P. (1995).** Modes of action of disinfectants. *Rev sci tech Off int Epiz.* 14(1):47-55. Doi: 10.20506/rst.14.1.829.
49. **Matmati A. (2018).** Les Infections du Site Opérateur (ISO) à la maternité de l'EPH de RELIZANE . Mémoire de master. Université Abdel Hamid Ibn Badis Mostaganem. [En ligne] : <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/8477/m%C3%A9moire%20Matmati%20Anissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
50. **Mesdaghinia, A. R., Naddafi, K., Nabizadeh, R., Saeedi, R., & Zamanzadeh, M. (2009).** *Wastewater Characteristics and Appropriate Method for Wastewater Management in the Hospitals.* 38(1), 34–40. Repéré à : <https://ijph.tums.ac.ir/index.php/ijph/article/view/3208>
51. **Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière et Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables. (2019).** Gestion des déchets d'activités de soins GUIDE NATIONAL. Disponible sur : <https://and.dz/site/wp-content/uploads/Manuel-DAS.pdf>
52. **Morley PS. (2000).** *Biosecurity of veterinary practices.* *Vet Clin Food Anim,* 18:133-55.
53. **Mounier, M., Pestourie, N., Ploy, M. C., & Denis, F. (2009).** *Les détergents et les désinfectants : rôle en médecine (1 re partie).* *Antibiotiques,* Elsevier Masson, 11(3) :177-184. DOI : 10.1016/j.antib.2009.06.002
54. **Nicolas M. (2008).** *Effluents hospitaliers et réglementation, l'exemple parisien.* [En ligne]. <https://www.techniques-hospitalieres.fr/article/449-effluents-hospitaliers-et-reglementation-lexemple-parisien.html>.
55. **Ory J. (2017).** *Effluents hospitaliers : source de pollution en antibiotiques et de résistances bactériennes potentiellement transmissibles via un biofilm ?.* Thèse de doctorat. Ecole doctorale des sciences de la vie et de la sante, agronomie et environnement [en ligne] sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02363339/document>
56. **Pekárek, S. (2012).** *Experimental Study of Surface Dielectric Barrier Discharge in Air and Its Ozone Production.* *Journal of Physics D: Applied Physics* 45 (7):075201–9. Doi:10.1088/0022-3727/45/7/075201.
57. **Pérez-Rey R, Cháez H et Baluja C. (1995).** *Ozone Inactivation Of Biologically-Risky Wastewaters.* *Ozone: Science & Engineering,* 17:5, 499-509. DOI: 10.1080/01919512.1995.10555763
58. **Prescott L. M. Willey, Sherwood, J. Woolverton.. (2013).** « Microbiologie »; 4ème édition française. Édition de Boeck Université. Ed, 45(31), 5072-5129.

59. **Quinn PJ, Markey BK. (2001).** Disinfection and disease prevention in veterinary medicine. In: Block SS, editor. Disinfection, sterilization and preservation. 5th edition. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, pp1069-1103.
60. **Ramdani, N., Benouis, K., Lousdad, A., & Hamou, A. (2018).** *Physicochemical and bacteriological characterization of hospital effluents and their impact on the environment.* 102–108.
61. **Ramdani, N., Hamou, A., Nemnich, S., Tilmatine, A., Boufadi, M. Y., Lloréns, M., & Benbella, A. (2015).** *Ozonation of Wastewater by Dielectric Barrier Discharge and its Impact on the Elimination of Fecal Bacteria and Inorganic Micropollutants.* 90(3), 81–90.
62. **Remini, Boualem. (2010).** *La problématique de l'eau en Algérie du nord.* larhyss Journal, ISSN 1112-3680, pp. 27-46. Repéré sur : <http://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/viewFile/99/93>.
63. **Rodriguez R, Rosal R, Perdigon-Melón1 J.A, Mezcua M, AgüeraA, Hernando M.D, Letón P, Fernández-Alba A.E, García-Calvo1 E. (2008).** *Ozone-Based Technologies in Water and Wastewater Treatment [en ligne]* sur : <http://www3.uah.es/rosal/papers/Ozone-Based%20Technologies%20in%20Water%20and%20Wastewater%20Treatment.pdf>.
64. **Rodriguez-Mozaz S, Chamorroa S, Martia E, Huerta B, Gros M, Sánchez-Melsió A, Borrego M.C, Barceló D, Balcázara J.L. (2014).** *Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital and urban wastewaters and their impact on the receiving river.* Water research, 69C, pp. 234–242. Doi: 10.1016/j.watres.2014.11.021.
65. **Russell, A. D. (2003).** *Similarities and differences in the responses of microorganisms to biocides.* Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 52(5), 750–763. Doi:10.1093/jac/dkg422
66. **Rutala, W. A., Weber, D. J., & Hill, C. (2019).** *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008.*
67. **Saad, S. (2019).** *Validation de l'effet de l'ozonation sur la qualité physico- chimique des eaux piscicoles avant transfert en entreprise.* Mémoire. Ecole de technologie supérieure. Université du Québec. Repéré sur : https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2384/1/SAAD_Samira.pdf
68. **Shulaw WP, Bowman GL. (2001).** Disinfection in on-farm biosecurity procedures. The Ohio State University. Repéré à : <https://vet.osu.edu/sites/vet.osu.edu/files/documents/extension/Disinfection-Farm-VME-8.pdf>
69. **Silvia P. (2011).** *Application of ozone in food industries.* Repéré à : <https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/153539/133108/>

70. **Stickler, D. J. et Morgan, S. D. (2008).** *Observations on the development of the crystalline bacterial biofilms that encrust and block Foley catheters.* Journal of Hospital Infection, 69(4), pp. 350–360. Doi: 10.1016/j.jhin.2008.04.031.
71. **Stiefel U, Cadnum JL, Eckstein BC, Guerrero DM, Tima MA, Donskey CJ. (2011).** *Contamination of hands with methicillin-resistant Staphylococcus aureus after contact with environmental surfaces and after contact with the skin of colonized patients.* Infect Control Hosp Epidemiol. 32(2):185-7. Doi: 10.1086/657944.
72. **Wang, J., & Chen, H. (2019).** *Catalytic ozonation for water and wastewater treatment: Recent advances and perspective.* Science of the Total Environment. Doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135249.
73. **Weber, D. J., Rutala, W. A., et Sickbert-bennett, E. E. (2007).** *Minireview Outbreaks Associated with Contaminated Antiseptics and Disinfectants.* 51(12), 4217–4224. <https://doi.org/10.1128/AAC.00138-07>
74. **Weinstein RA. (1991).** *Epidemiology and control of nosocomial infections in adult intensive care units.* Am J Med;91(3B):179-184. Doi: 10.1016/0002-9343(91)90366-6
75. **Xu, J. et al. (2015).** Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in a sewage treatment plant and its effluent-receiving river. Chemosphere, 119, pp. 1379–1385. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.02.040.
76. **Zollfrank C, Gutbrod K, Wechsler P, Guggenbichler JP. (2012).** *Antimicrobial activity of transition metal acid MoO₃ prevents microbial growth on material surfaces.* Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 32(1): 47–54. Doi : 10.1016/j.msec.2011.09.010.
77. **Zorlugenç, B., F. K. Zorlugenç, S. Öztekin, and I. B. Evliya. (2008).** *The Influence of Gaseous Ozone and Ozonated Water on Microbial Flora and Degradation of Aflatoxin B in Dried Figs.* Food and Chemical Toxicology. An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association. 46(12):3593–97. Doi:10.1016/j.fct.2008.09.003.

التوصيف الميكروبيولوجي لمخلفات المستشفيات السائلة "المساهمة في دراسة قوة تطهير الأوزون".

نظرًا لارتباط الصحة والمياه والبيئة، فإن هذه المذكرة تقع في صميم مشكل النظافة في المستشفى. تتألف من مراجعة ببيولوجرافية مع الطموح لتحسين المعرفة والتحكم في العواقب بشكل أكثر فعالية، لأن نقص البيانات يمنع الفهم الجيد للاحتياجات والاستجابة لها بشكل أفضل. بناءً على تحليل الأبحاث السابقة التي تدرس التوصيف الميكروبيولوجي لمخلفات المستشفيات السائلة، بالإضافة إلى تأثيرها، يمكن أن تتدخل النفايات السائلة للمستشفيات بشكل مضاعف عن طريق حمل المضادات الحيوية والبكتيريا المقاومة المتعددة مساهمة بشكل كبير في التلوث العام للبيئة، وخاصة البيئة المائية. من أجل الحد من هذا الانتشار، ثبت أن الأوزون طريقة مفيدة ومجدية اقتصاديًا في معالجة مخلفات المستشفيات السائلة. سمحت لنا هذه المذكرة باكتشاف عدم التجانس والأبعاد المتعددة لمشكلة النظافة في المستشفى.

كلمات مفتاحية: النظافة، المبيدات الحيوية، مخلفات المستشفيات السائلة، المقاومة المتعددة، مركبات صيدلانية، الأوزون.

Caractérisation Microbiologique des effluents hospitaliers « Contribution à L'étude du Pouvoir Désinfectant de L'Ozone » :

La santé, l'eau et l'environnement étant liés, Ce mémoire de fin du cycle se situe au cœur de la problématique de l'hygiène hospitalière. Il consiste en une revue bibliographique par ambition d'améliorer les connaissances et à maîtriser plus efficacement les conséquences, Car L'absence de données empêche de bien comprendre les besoins et de mieux y répondre.

Ce travail analyse sur la base des travaux antérieurs, la caractérisation microbiologiques des effluents hospitaliers, ainsi que leur impact, il en résulte que Les effluents hospitaliers pourraient être doublement impliqués en véhiculant antibiotiques et bactéries multi résistantes. Ils représentent une contribution significative à la contamination générale de l'environnement, et plus particulièrement des milieux aquatiques.

Afin de limiter cette dissémination, l'ozonation a démontré qu'elle était une méthode utile et économiquement réalisable dans le traitement des eaux usées hospitalière.

Ce mémoire nous a permis de découvrir l'hétérogénéité et la multi dimensionnalité du problème de l'hygiène hospitalière.

Mots clés : Hygiène, biocides, effluents hospitalier, multi résistance, Composés pharmaceutiques, ozone.

Microbiological Characterization of Hospital Wastewater «Contribution to the study of the Disinfectant Power of Ozone »:

As health, water and the environment are linked, this end-of-cycle thesis is at the heart of the hospital hygiene issue. It consists of a bibliographical review with the ambition to improve knowledge and to control the consequences more effectively, because the lack of data prevents a good understanding of the needs and a better response to them.

Based on previous work, this work analyzes the microbiological characterization of hospital effluents, as well as their impact. As a result, hospital effluents could be doubly involved by carrying antibiotics and multi-resistant bacteria. They represent a significant contribution to the general contamination of the environment, particularly the aquatic environment.

In order to limit this spread, ozonation has been shown to be a useful and economically feasible method in hospital wastewater treatment.

This dissertation allowed us to discover the heterogeneity and multidimensionality of the problem of hospital hygiene.

Key words: Hygiene, biocides, hospital wastewater, multi resistance, Pharmaceutical compounds, ozone.