

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques
Spécialité : microbiologie appliquée

Présenté par :

- Benamara Samia
- Benmastoura Imane

Thème

**L'activité antibactérienne d'un nouveau liquide ionique
synthétisé à base d'un anion organique**

Soutenu publiquement le

Jury:	Grade	
Président: M. METTAI Kamel	MAA	Université Ibn Khaldoun–Tiaret–
Encadrant: M. FETOUHI B	MCB	Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Co-encadrant: M. YEZLI Wassim	MCA	Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Examinatrice: Mme. BOUTELDJA.	MAA	Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Année universitaire 2023-2024



Remerciements

Au premier temps un louange à Dieu Tout-Puissant, qui nous a guidés et facilité notre chemin vers ce diplôme universitaire élevé.

Remercions également, à tous nos chers professeurs, merci d'avoir accepté de donner de votre temps Évaluer les résultats de ce travail.

*Nous profitons également cette occasion pour exprimer nos remerciements et notre appréciation à notre directeur de mémoire, **Mr. Fetouhi. B** pour ses précieux conseils et son soutien continu tout au long de la préparation de ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre co-encadrant, **Mr. Yezli. W**, pour son soutien.*

*Nous tenons également à remercier **Mme Soualmi. K** d'avoir nous accueillir au sein de Laboratoire de Microbiologie et ses précieux conseils pour mener à bien nos travaux dans les meilleures conditions.*

*Nos gratitude est destiné à **Mr. Hamide** et **Mr. Benhalima. H** pour nous avoir accueillis aux laboratoires de Biochimie et technologie Agroalimentaire.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury, **Dr Metai. K** et **Dr Bouteldja .R**. Leur accord pour arbitrer ce travail.*

Nous fournissons également tout le soutien pédagogique apporté par la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et nos professeurs tout au long de nos études. Enfin, je tiens à remercier ma famille et mes amis qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce voyage.

Enfin Je remercier tout le monde qui ont partagé avec nous des moments formidables soit de près ou de loin

Dédicace

Je dédie ce travail ;

A ma chère mère

Peu importe ce que vous faites ou dites, je ne pourrai jamais vous remercier correctement. Vous avoir à mes côtés a toujours été ma source de force face aux différents obstacles.

A mon cher père

Vous avez toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. J'espère que ce travail reflète ma gratitude et mon amour.

À mes chers frères et amis
pour leurs encouragements et leur soutien tout au long de mon parcours académique

À mes professeurs pour leurs précieux enseignements et leurs conseils avisés.

Ce travail est le résultat de vos efforts communs et je vous en suis profondément reconnaissant.

Samia





D

édicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur sacrifice et leur amour, Je dédie aussi ce travail à mes très chers frères et sœurs à mes deux familles

A tous mes amis...

A tous ce qui m'ont aidé tout au long du projet, je dédie ce travail...

l*mane*

Liste des abréviations

LI	Liquide ionique
LIs	liquides ioniques
[HMIM⁺Br⁻]	1-heptyl-3-methylimidazolium bromide
[BMIM⁺Br⁻]	1-Butyl-3-methylimidazolium bromide
[BPI⁺Br⁻]	1-butylpipéridinium bromide
[HPI⁺Br⁻]	1-heptylpipéridinium bromide
E. coli	Escherichia coli
S. aureus	Staphylococcus aureus
MH	Muller Hinton
Macc	Macconkey
Chap	Chapman
AB	Antibiotique
IR	infra rouge
h	heures
Min	minutes
Hz	Hertz
ml	millilitre
°C	degré Celsius
G	gramme
T	Température
Mol	Mole (quantité de la matière)
Amb	Ambiante
Cm	Centimeter
µL	Microlitre
Mm	Milimètre

Liste des figures

Figure N°01 : Les liquides ioniques.....	13
Figure N°02: 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide [HMIM ⁺ Br ⁻].....	13
Figure N°03: 1-Butyl-3-methylimidazolium bromide [BMIM ⁺ Br ⁻].....	14
Figure N°04 : 1-butylpipéridinium bromide. [BPi ⁺ Br ⁻].....	14
Figure N°05 : 1-heptylpipéridinium bromide [HPi ⁺ Br ⁻].....	15
Figure n°06 : Dilution des liquides ioniques.....	17
Figure N°07 : Les milieux de culture.....	18
Figure N°08 : Le milieu de culture Muller Hinton.....	18
Figure N°09 : le milieu macc.....	19
Figure N°10 : le milieu Chapm.....	19
Figure N°11 : Repiquage de bactérie Escherichia coli par le milieu Macc.....	19
Figure N°12: Repiquage de bactérie S.aureus par le milieu chap.....	19
Figure N°13: inoculum bactériens.....	20
Figure N°14 : Le Spectrophotométrie (E.Coli / S.Aureus).....	20
Figure N°15 : l'ensemencement.....	21
Figure N°16 : L'application des disques.....	21
Figure N°17 : Diffusion des antibiotiques de la souche E.coli.....	22
Figure N°18 : Diffusion des antibiotiques de la souche S.aureus Aureus.....	22
Figure N°19: Spectre IR de 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide [HMIM ⁺ Br ⁻].....	24
Figure N°20: Spectre IR de 1-Butyl-3-methylimidazolium bromide [BMIM ⁺ Br ⁻].....	25
Figure N°21: Spectre IR de 1- heptylpipéridinium bromide [HPi ⁺ Br ⁻].....	26
Figure N°22 : Spectre IR de 1- Butylpipéridinium bromide [BPi ⁺ Br ⁻].....	27
Figure N 23° : l'effet des cations piperidium et imidazolium sur la bactérie staphylococcus.....	28
Figure N°24 : L'effet des cations piperidium et imidazolium sur la bactérie Escherichia coli.....	29
Figure N°25: l'impact des liquides ioniques [HMIM ⁺ Br ⁻], [BMIM ⁺ Br ⁻], [HPi ⁺ Br ⁻], [BPi ⁺ Br ⁻] sur S.aureus.....	30
Figure N°26: l'impact des liquides ioniques [HMIM ⁺ Br ⁻], [BMIM ⁺ Br ⁻], [HPi ⁺ Br ⁻], [BPi ⁺ Br ⁻] sur E.coli.....	30
Figure N°27: Effet des antibiotiques sur E.coli et S.aureu.....	31

Liste des Tableaux

Tableau N°01 : Généralités sur Les Bactéries.....	8
Tableau N°02 : Matériels et appareillages par leur caractéristiques.....	11
Tableau N°03 : les produits et leurs identifications.....	12
Tableau N°04 : Les caractéristiques des liquides ioniques synthétisé.....	15
Tableau N°05 : Les produits et les souches.....	17
Tableau N°06 : Préparation des milieux de repiquage.....	18
Tableau N°07 : les types des antibiotiques de chaque souche.....	22
Tableau N°08 : Efficacité antibactérienne des liquides ioniques pour S.aureus.....	27
Tableau N°09 : Efficacité antibactérienne des liquides ioniques pour Ecoli.....	29
Tableau N°10 : test d'antibiogramme pour Escherichia coli et staphylococcus aureus.....	30
Tableau N°11 : Analyse de la performance des antibiotiques et des liquides ioniques dans la lutte contre E.coli et Saureus.....	32

Table des matières

- Remerciements	
- Dédicace.....	
- Liste des figures.....	
- Liste des tableaux	
Introduction générale	

CHAPITRE I **Synthèse Bibliographique**

I.1. Introduction	4
I.2. Définition.....	4
I.3. La synthèse de liquide ionique	5
I.3-1. Réactions de quaternisation.....	5
I.3-2. Echange de réaction de l'anion	5
I.4. Propriétés physico-chimiques des liquides ioniques.....	6
I.4.1. Point de fusion et de congélation bas.....	6
I.4.2. La stabilité thermique des liquides ioniques	6
I.4.3. La solubilité ionique	7
I.4.4. Viscosité	7
I.4.5. Densité.....	7
I. 5. Les applications de l'ultrason dans la synthèse de liquide ionique	8
I. 6. Les Bactéries	8

CHAPITRE II **Matériels et méthode**

II.1. Introduction.....	10
II.2. L'objectif	10
II.3. Lieu de travail.....	10
II.4. Matériels et méthodes de la partie expérimentale	11
II.4.1. Matériels et les appareils utilisés	11
II.5. Partie Chimique	12
II.5.1. Le protocole expérimental	12
II.5.2. Partie chimique.....	12

II.5.2.1. Les produits utilisées	12
II.5.3. La synthèse des liquides ioniques.....	13
II.5.3.1. Synthèse par quaternisation.....	13
a) 1- heptyl-3-methylimidazolium bromide.....	13
b) 1-Butyl-3-méthylimidazolium bromide.....	13
c) 1- butylpipéridinium bromide.....	14
d) 1-heptylpipéridinium bromide.....	15
II.6. Partie microbiologique	16
II.6.1. protocole expérimental.....	16
II.6.2. partie microbiologique.....	17
II.6.2.1. Les produits et les souches utilisés	17
II.6.3. L'activité Antibactérienne	17
II.6.3.1. La préparation des solutions mères des liquides ioniques	17
II.6.3.2. La préparation des milieux de culture	18
II.6.3.2.1 Le milieu Muller Hinton.....	18
II.6.3.2.2. Le milieu Muller Hinton.....	18
II.6.3.2.b les milieux de culture de repiquage des bactéries	18
II.6.3.3. Repiquage des bactéries.....	19
II.6.3.4. La préparation des inocula bactériens.....	20
II.6.3.5. La standardisation.....	20
II.6.3.6. Ensemencement:.....	21
II.6.3.7. La méthode de diffusion des disques	21
II.6.3.8. La méthode de diffusion des AB	22
II.6.3.9. La lecture des résultats.....	22

CHAPITRE III

Résultats et discussion

III.1. Introduction.....	24
III.2. Les résultats de spectroscopie infrarouge des échantillons	24
III.3 Analyse des activités antibactériennes des liquides ioniques sur E.coli et S.aureus.....	27
III.4. Analyse des résultats d'une comparaison de l'impact de divers liquides ioniques sur E.coli et S.aureus.....	30
Conclusion Générale	35
Références bibliographiques	



Introduction générale

Introduction Générale

Aujourd'hui, 70 ans après le début de l'usage des antibiotiques, il en existe plus de 15 familles qui diffèrent de par leur structure chimique et leur mode d'action contre les bactéries. Quant au problème de l'antibiorésistance, il fut soulevé par Fleming lui-même dès 1945. Il présentait les risques liés à une mauvaise utilisation de la molécule qu'il avait découverte : «<< Cela aboutirait à ce que, au lieu d'éliminer l'infection, on apprenne aux microbes à résister à la pénicilline et à ce que ces microbes soient transmis d'un individu à l'autre, jusqu'à ce qu'ils en atteignent un chez qui ils provoqueraient une pneumonie ou une septicémie que pénicilline ne pourrait guérir. » [1]

Les solvants organiques usuels sont connus pour être souvent toxiques et polluants. En raison de leur volatilité, ils peuvent s'évaporer dans l'atmosphère et générer en conséquence des désordres environnementaux mais aussi de santé publique. Depuis une dizaine d'années, les liquides ioniques apparaissent comme une nouvelle génération très prometteuse de solvants pour une synthèse organique respectueuse de l'environnement. Ces composés très particuliers présentent en effet des propriétés très intéressantes et originales. [2]

Les liquides ioniques qui sont clairement établis comme ayant un impact sur différents niveaux biologiques, notamment dans les mécanismes d'activité biologique [3]. Cependant, leur efficacité peut varier d'un organisme à l'autre. Alors il est crucial de continuer à explorer de nouveaux moyens de lutte contre les maladies bactériennes, d'autant plus que la résistance aux antibiotiques continue de se propager à travers le monde [4]

Les liquides ioniques sont des sels fondus à la température ambiante dont le point de fusion doit être inférieur à 100 degrés Celsius. Leur aspect est celui d'un liquide classique un peu visqueux, mais ils sont constitués uniquement d'ions. La structure des liquides ioniques est complètement différente de celle des solvants moléculaires classiques. [5]

Des études explorent que ces derniers offrent des avantages potentiels dans ces domaines en raison de leur faible toxicité, leur compatibilité biologique et leur capacité à stabiliser les nanoparticules [6].

En somme, les liquides ioniques continuent d'être un domaine de recherche en constante évolution avec un potentiel énorme pour des applications futures [7]. Ce dernier est d'une importance particulière dans la microbiologie car ces solvants peuvent être utilisés pour traiter les infections causées par des bactéries pathogènes [8]. Dans le monde de la recherche scientifique, l'utilisation de liquides ioniques en biologie est devenue une avenue de recherche vitale. Leur capacité à être synthétisés et leur influence positive en activité antibactérienne, antioxydante et antifongique en font un sujet d'étude clé [9].

L'objectif de cette étude vise à découvrir une nouvelle composition de nouveaux liquides ioniques par la méthode ultrasonique, et évaluant l'activité antibactérienne de ces liquides pour deux souches (*E.coli* /*S.aureus*) afin de comparer son effet avec les antibiotiques spécifiques de chaque souche.

Dans le premier chapitre, nous exposons une analyse approfondie de la littérature sur les liquides ionique, en mettant l'accent sur leur définition, leurs méthodes de synthèse surtout par l'étape ultrasonique et leurs diverses caractéristiques physico-chimiques.

Dans le chapitre deuxième nous présenterons les matériaux et les produits requis pour la synthèse du liquide ionique en utilisant un protocole expérimental, ainsi que l'impact de l'activité antibactérienne.

Et dans le troisième chapitre, nous représente les différents résultats de la partie expérimentale ainsi les résultats des spectres infrarouge IR avec une discussion détaillée

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale sur notre sujet, comprenant une brève synthèse résumant tout ce que nous avons examiné dans les trois chapitres.

CHAPITRE I

Synthèse Bibliographique.

I.1. Introduction :

Les liquides ioniques sont des composés organiques constitués uniquement d'ions. Ces liquides peuvent également être des sels organiques liquides à température ambiante et se distinguent des autres par une température de fusion inférieure à 100 degrés. Le terme « liquide ionique » a été introduit au début des années 1990 par le chimiste K. Seddon, pour distinguer ces nouveaux matériaux des sels fondus classiques, ces matériaux sont visqueux et corrosifs avec un point de fusion plus élevé. [10]

Des sels LIs de nitrate d'alkylmonium ont été découverts au début du XXe siècle, notamment du nitrate d'éthylammonium (Walden, 1914) avec un point de fusion de 12 ° C. Ces découvertes ont marqué le début de l'ère des liquides ioniques tels qu'ils sont connus aujourd'hui. Un programme visant à développer ce type de véhicule sera lancé dans des applications telles que les fluides de propulsion pour l'artillerie navale et conduira à la découverte de nitrates plus complexes et à l'acquisition de nombreux brevets. [11]

Il est fascinant de constater la croissance spectaculaire du nombre d'articles sur les liquides ioniques (LI), dépassant même d'autres domaines scientifiques populaires. Cette augmentation témoigne de l'intérêt croissant des chercheurs pour ce domaine et des nombreuses découvertes qui en résultent. Les liquides ioniques offrent une gamme de propriétés, allant de la stabilité à l'instabilité, en fonction des combinaisons de cations et d'anions. Malgré ces variations, ils demeurent une alternative attrayante aux solvants volatils et aux catalyseurs conventionnels dans de nombreux processus, souvent associés à des propriétés respectueuses de l'environnement. [12]

I.2. Définition :

Les liquides ioniques (LIs) sont des sels liquides se différenciant de l'ensemble des sels fondus par une température de fusion inférieure à 100°C à la température d'ébullition de l'eau). La plupart d'entre eux sont liquides à température ambiante. [13] A l'heure actuelle, les liquides ioniques les plus utilisés ont une structure Composée de cations centrés sur l'azote (tétraalkylammonium, alkylpyridinium, Alkylimidazolium), le phosphore (phosphonium), ou le soufre (sulfonium). Les anions ont la Plus grande diversité structurale peut être trouvée et sont régulièrement employés comme des Ions halogénures, acétate, trifluoroacétate, triflate, bitrifilimide, alkylsulfate, sulfonate, Tetrafluoroborate, tétraarylborate, hexafluorophosphate, etc... [14]

I.3. La synthèse de liquide ionique :

La préparation des liquides ioniques s'effectue suivant deux méthodes : [15]

- La première étape de synthèse consiste en une réaction de quaternisation d'une amine (ou d'une phosphine, ou d'un sulfure) par un halogénoalcane. Les sels d'imidazolium ou de pyridinium par exemple, sont préparés selon cette méthode et en général, la réaction de quaternisation nécessite de chauffer le milieu réactionnel au reflux de l'halogénoalcane ou d'un solvant.
- La deuxième étape de métathèse anionique (échange d'anion) d'un halogénure ionique avec, soit un sel d'argent, soit un sel d'un métal du groupe I : Li, Na ou K, soit un sel d'ammonium de l'anion considéré

I.3-1. Réactions de quaternisation :

La formation des cations peut être réalisée soit par protonation avec un acide libre comme indiqué ci-dessus, soit par quaternisation d'une amine ou d'une phosphine, le plus souvent avec un haloalcane. La réaction de protonation, telle qu'utilisée dans la formation de sels tels que le nitrate d'éthylammonium, implique l'ajout d'acide nitrique 3 M à une solution aqueuse refroidie d'éthylamine. Il doit rester un léger excès d'aminé qui est éliminé avec l'eau par chauffage à 60 °C sous vide. Le même procédé général peut être employé pour la préparation de tous les sels de ce type, mais lorsque des amines de poids moléculaire plus élevé sont utilisées, il existe clairement un risque de contamination par l'amine résiduelle. Une méthode similaire a été rapportée pour la formation de sels de chlorure, de nitrate et de tétrafluoroborate de 1-alkylimidazolium à faible point de fusion, cristallins liquides, à longue chaîne alkyle substituée. Pour ceux-ci, un léger excès d'acide a été utilisé, car les produits étaient généralement cristallins à température ambiante. Dans tous les cas, il est recommandé d'ajouter de l'acide en refroidissant la solution d'amine, car la réaction peut être assez exothermique. [16]

I.3-2. Échange de réaction de l'anion :

On peut distinguer deux types de réactions d'échange de l'anion : le traitement direct du sel d'imidazolium par un acide de Lewis ou la réaction d'échange par métathèse d'anions. [17].

a- Liquides ioniques acides de Lewis :

L'acide de Lewis, le sel d'halogénure et le liquide ionique de première génération sont les mélanges les plus courants. En général, cette réaction se produit de manière exothermique et il est important d'ajouter les réactifs de manière lente afin d'éviter une surchauffe localisée qui pourrait décomposer et colorer le liquide ionique. En outre, en raison de la fragilité des composés de départ à l'eau, la réaction se déroule habituellement dans une boîte à gants ou en

présence d'un solvant non-réactif sec (généralement un alcane) pour éviter toute hydrolyse.[18]

B - La métathèse anionique :

Est la méthodologie de choix pour la préparation de liquides ioniques stables dans l'eau et l'air à base de cations 1,3-dialkylimidazolium. Ce procédé implique le traitement du sel halogénure avec les sels d'argent/sodium/potassium de , , , et/ ou avec l'acide libre de l'anion approprié Il ressort clairement de la discussion ci-dessus qu'un grand nombre de liquides ioniques peuvent être envisagés par une simple combinaison de différents cations et anions. Le nombre estimé d'IL simples est de 10¹⁸, ce qui augmente encore si l'on inclut les liquides ioniques binaires et ternaires. En raison de leur nature « sur mesure », les liquides ioniques trouvent des applications comme supports de stockage de gaz toxiques, catalyseurs/solvants dans les synthèses organiques, additifs de performance dans les pigments et matrices [19-20-21].

I.4. Propriétés physico-chimiques des liquides ioniques :

I.4.1. Point de fusion et de congélation bas :

Un sel fondu est considéré comme un liquide ionique lorsque sa température de fusion est inférieure à 100 °C.

La distribution de charge sur les ions, les capacités de liaison hydrogène, la symétrie des ions et les interactions de Van der Waals ont un impact sur la température de fusion. Waals.

La valeur des points de fusion de liquides ioniques issus de la littérature est très incertaine, car certains liquides ioniques ont la caractéristique d'être surfondus, c'est-à-dire qu'ils ont une plage de température dans laquelle ils passent par une phase cristalline vitreuse. Effectivement, Ngo et ses collègues ont démontré que le point de fusion de certains liquides interstitiels pouvait être considérablement différent en fonction de leur chauffe ou de leur refroidissement [22]. La présence d'un état surfondu est une propriété liée à de nombreux liquides ioniques contenant des cations imidazolium. [23-24]

Selon la littérature, les cations imidazolium associés aux anions Tf₂N sont habituellement liquides au-dessus de (30°C à 50 °C), mais ils deviennent très visqueux jusqu'à atteindre l'état vitreux sans que leur point de fusion soit visible [24].

I.4.2. La stabilité thermique des liquides ioniques :

Dans la majorité des situations, les LIs ont une stabilité thermique exceptionnelle, dépassant les 200 °C. La décomposition du LI à base d'imidazolium est une méthode de décomposition généralement très stable. L'alkylation de l'anion en retour [25]

En général, les températures de décomposition des cations imidazolium sont plus élevées que celles des cations ammonium. L'utilisation des cations ammonium est possible à des températures supérieures à 250°C et dans certains cas à plus de 400°C.[26]

La résistance thermique d'un LI composé d'un cation imidazolium repose principalement sur la configuration de l'anion. Les anions qui entraînent les interactions intermoléculaires les plus faibles sont donc responsables des températures de décomposition les plus élevées, dans l'ordre suivant .[27] $PF_6 = Tf_2N^- > BF_4 = I = Br = Cl$

I.4.3. La solubilité ionique :

Les propriétés de solubilité des liquides ioniques sont influencées par les cations ou les anions, et elles peuvent être totalement différentes en changeant l'un ou l'autre des cations ou des anions. Les liquides ioniques agissent de manière non polaire avec les solutés non polaires et de manière polaire avec les solutés polaires. Les interactions entre les liquides ioniques et les solutés se font principalement par des forces de dispersion et des forces dipolaires.

Tous les liquides ioniques présentent des forces de dispersion constantes, mais ce n'est pas le cas des forces dipolaires. La capacité des liquides ioniques à se mélanger avec de l'eau est extrêmement captivante. Dans le cas où certains se mêlent avec de l'eau dans toutes les proportions, d'autres se saturent et se divisent en deux phases. L'anion du liquide ionique est principalement responsable de ce problème, tandis que le cation exerce un effet secondaire.

Cela s'explique par la possibilité de former de fortes liaisons hydrogène entre l'eau et l'anion du liquide ionique. [28]

I.4.4. Viscosité :

En général, la viscosité des liquides ioniques est plus élevée que celle des solvants organiques classiques. La viscosité des liquides ioniques 1,3-dialkylimidazolium Entre 40 et 1000 mPas à température ambiante, les valeurs sont comprises. Les viscosités de l'eau, de l'éthylène glycol et du glycérol à 25 °C sont supérieures à celles de l'eau, correspondant respectivement à 0,89 ; 16,1 et 934 mPas. L'évaluation de la viscosité repose principalement sur leur aptitude à établir des liens hydrogène et sur la force des interactions de Van der Waals.[29].

I.4.5. Densité :

La propriété physique la moins sensible aux variations de température semble être la densité des liquides ioniques. Elle varie en fonction du cation et de l'anion. La densité des liquides ioniques de la classe 1,3-dialkylimidazolium est généralement supérieure à celle de l'eau (0,9 à 1,6 g.cm⁻³) à température ambiante.[30].

I. 5. Les applications de l'ultrason dans la synthèse de liquide ionique :

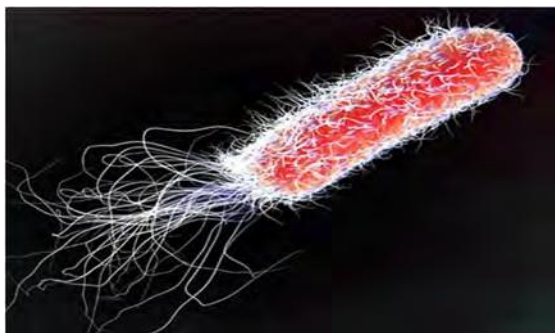
Celles-ci incluent des caractéristiques utiles en termes de durabilité chimique organique pour explorer la synthèse organique par fluide ionique à l'aide d'une irradiation par ultrasons, par conséquent, dans le passé, il y avait d'énormes applications pour les vagues au-dessus de la voix et du fluide ionien pour diverses transformations organiques. Récemment, Gregory Châtel. Affiche les applications ultrasonores pour dérouler et analyser différents fluides ioniques. L'effet commun des ultrasons et des liquides ioniques décrivait également divers points de vue tels que les préparations de matériaux, l'exercice, l'épuisement, le traitement électrochimique, la biomasse, etc. [31]

La combinaison IL / US s'est de plus en plus développée pour préparer les matériaux, l'extraction exacte, l'extraction et le traitement de la biomasse. Ainsi, depuis la première décennie du XXI^e siècle, l'attention a considérablement augmenté l'utilisation courante des IL et des États-Unis. Dans cette revue, nous examinons les espèces aux avantages et restrictions de IL / US dans diverses applications de chimie et identifions des moyens prometteurs pour le développement futur. [32]

I. 6. Les Bactéries :

Tableau N° 01 : Généralités sur Les Bactéries.

E. coli	S. aureus
<p>Escherichia coli est l'espèce type des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles Gram négatif à respiration aérobie anaérobie, 70% d'entre eux possèdent un flagelle, ils peuvent donc être mobiles ou immobiles. Cette espèce représente un hôte commun de la microflore commensale intestinale de l'Homme et des animaux à sang chaud, son établissement dans le tractus s'effectue durant les premières heures ou journées qui suivent la naissance.[33]</p>	<p>Le staphylocoque doré est l'espèce la plus pathogène du genre Staphylococcus, ce sont des bactéries Gram positif aéro-anaérobies facultatifs, ces cellules bactériennes ont la forme de coques regroupées en amas, ayant la forme d'une grappe de raisin, elles sont immobiles et non sporulées .[33]</p>



CHAPITRE II

Matériels et méthodes :

II.1. Introduction :

Les liquides ioniques se démarquent des autres liquides en raison de leurs caractéristiques particulières et de leur potentiel dans différents domaines, allant de la chimie à l'ingénierie. Il est essentiel de sélectionner la méthode de fabrication de manière précise afin de personnaliser les caractéristiques du liquide ionique en fonction de l'utilisation prévue. En règle générale, la synthèse des liquides ioniques se déroule en deux étapes : la quaternisation afin d'obtenir le cation désiré, et l'échange des anions de la manière secondaire.

II.2. L'objectif :

Le but de notre expérimentation repose généralement sur la formulation des liquides ioniques à base de cation pipéridine et de 1-méthylimidazole par la méthode des ultrasons, dans le but d'évaluer leur effet antibactérien contre les souches de *Staphylococcus aureus* et d'*Escherichia coli*. Il s'agit d'une approche prometteuse pour la recherche d'agents antibactériens.






II.3. Lieu du travail :

Notre étude repose sur deux étapes distinctes : la première partie se concentre sur la synthèse chimique au laboratoire de biochimie et agroalimentaire, tandis que la deuxième partie se concentre sur la microbiologie au laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn Khaldoun Tiaret. Ces travaux se sont déroulés du 15 avril 2024 au 5 mai 2024.

II.4. Matériels et méthodes de la partie expérimentale :

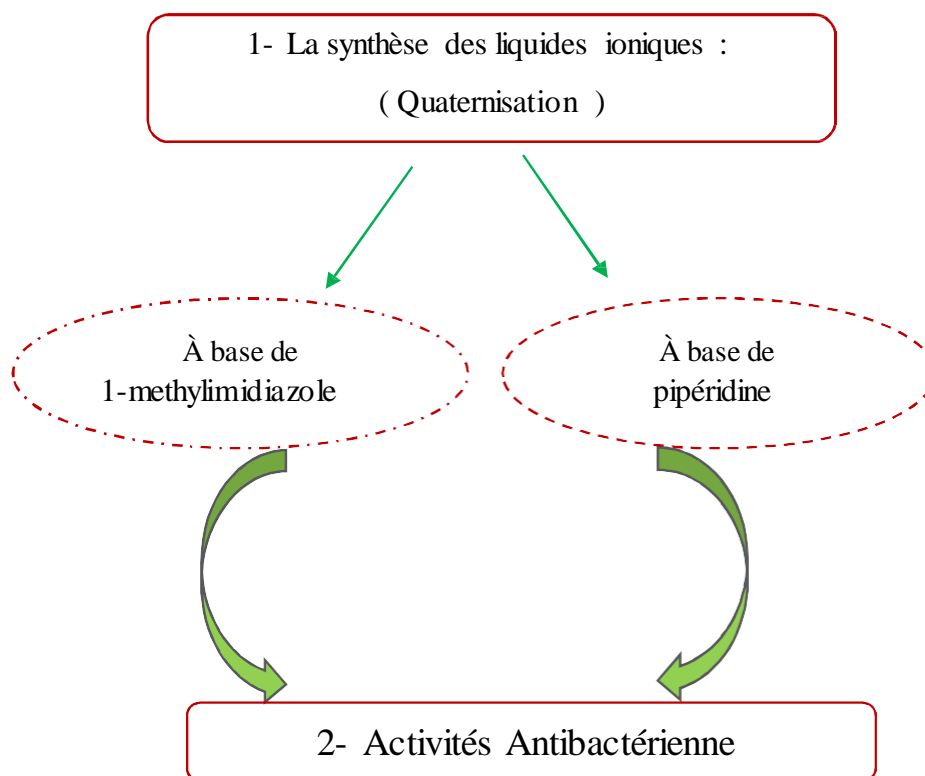
II.4.1. Matériels et les appareils utilisés :

Tableau N°02 : Matériels et appareillages par leurs caractéristiques :

Verreries et autres		L'appareil	Le type	Caractéristiques
Becher Flacon bouchonnée (200ml) Ballon (250ml) Eprouvette graduée Propipette Tubes à essais Verre de montre Pipette pasteur	Micropipette Picet Boites petri Bec bunsen L'anse de latine Pincés Spatule Parafilm L'eau distillée Portoir des tubes Les Embouts Les disques wattman Les disques antibiotiques	Agitateur de type vortex		Modèle : Techno Kartel _TK 3S -VTX420-Excellente stabilité/vitesse réglable de 0 à 3000 tr /min. Puissance : 15w / IP42. Vibreur avec fréquence de vibration 0-40Hz
		Balance électronique		Modèle :13 AVR 24 Une précision et des résultats fiables. Leur capacité de pesée est adaptée à différents besoins.
		Etuve		MEMMERT et HERUS
		Autoclave		SANOCLAVE
		Spectrophotomètre UV		Modèle : JENWAY 7305 avec une gamme spectrale 198-1000nm et bande passante 5nm
				Evaporateur rotatif
Ultrason				Modèle : SONOREX BANDELIN électronique tupe TK52 avec fréquence de sonication fixe 35 kH et puissance entre 120-240 W

II.5. Partie Chimique :

II.5.1. Le protocole expérimental :



II.5.2. Partie chimique :

II.5.2.1. Les produits utilisés :

Tableau N°03 : Les produits et leurs identifications :

Les produits		
Formule chimique	Masse Molaire	Masse Volumique
1-méthyle imidazole ($C_4H_6N_2$)	82,10 g/mol	1,03 g/cm ³
1-bromobutane (C_4H_9Br)	137,01 g/mol	1,27 g/cm ³
1-bromoheptane ($C_7H_{15}Br$)	179,10 g/mol	1,14 g/cm ³
Acétate d'éthyle ($C_4H_8O_2$)	88,11 g/mol	1,05 g/cm ³
Acétone (C_3H_6O)	58,08 g/mol	0,785 g/cm ³
Pipéridine ($C_5H_{11}N$)	85,15 g/mol	0,862 g/cm ³

II.5.3. La synthèse des liquides ioniques :



Figure N° 01 : Les liquides ioniques

II.5.3.1. Synthèse par quaternisation :

II. 5.3.1. 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide

La production de liquide ionique a été effectuée selon le protocole suivant: dans un flacon bouchonné de 200 ml, un équimolaire de 1-méthylimidazole (1.2×10^{-2} mole) 7,9ml a été mélangé avec du 1-bromoheptane 15,7 ml ($6,3 \times 10^{-3}$ mole) par la méthode ultrasonique pendant 3 heures, créant ainsi un liquide ionique visqueux avec 2 phases. La micropipette a été utilisée pour éliminer la première phase, tandis que la deuxième phase a été placée dans un ballon et a été lavée avec 3 x 25 ml d'acétate d'éthyle à une température de 60 C° pendant une heure. Cette rotation a pour but d'évaporer le solvant et à éliminer les traces de 1-bromoheptane, un liquide visqueux jaune foncé a été récupéré.



Figure N°02 : 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide

II.4.3. 1-butyl-3-méthyl imidazolium bromure :

Afin de préparer le liquide ionique 1-butyl-3-méthyl imidazolium bromure, une solution de 1-méthyle imidazole ($1,2 \cdot 10^{-2}$ mole) de volume 7,9 ml et 1-bromobutane ($9,2 \cdot 10^{-3}$ mole) 10,7 ml, ont été mélangés dans un flacon bouchonné de 200 ml. sans mélanger et irradiés dans un appareil de ultrason pendant 4h nous obtenons un liquide ionique visqueux blanc jaunâtre. Cette solution a été lavée 3 fois à l'aide de 25ml l'acétate d'éthyle pour chaque fois, la première fois pendant 15 minutes, une deuxième fois pendant 30 minutes et 3^{ème} fois presque 1h à température de 60 C°. Cette rotation a été utilisée pour évaporer et éliminer les traces du bromobutane. Le produit obtenu est un liquide visqueux jaune clair.



Figure N°03 : 1-butyl-3-méthyl imidazolium bromure

II.4.3.1.3. 1-butyl-Pipéridinium bromide :

Au sein d'un flacon bouchonné de 200 ml, une solution de ($1 \cdot 10^{-2}$) 9.8 ml de piperidine et de ($9,2 \cdot 10^{-3}$) 10,7 ml de 1-bromobutane ont été agités avec un appareil d'ultrasons pendant 8 h, on obtient un solide blanc jaunâtre clair. Cette solution a été placée dans un ballon de 250 ml et a été lavée à plusieurs reprises avec de l'acétate d'éthyle (25 ml) afin d'évaporer le solvant et d'éliminer les traces du bromobutane, qui se présente sous forme d'un solide jaune moutarde.



Figure N°04 : 1-butyl-Pipéridinium bromide

II.4.3.1. 4. 1-heptyl-Pipéridinium bromide :

Dans ce processus de quaternisation, la quaternisation a été réalisée en prenant un équimolaire de pipéridine ($1 \cdot 10^{-2}$) 9,8 ml avec 1-bromoheptane ($6,3 \cdot 10^{-3}$) 15,7 ml dans un flacon à bouchon. En suite la technique ultrasonique pendant 3 h 40 min, nous a permis de récupérer un solide jaune a été scellé avec le parafilm.

Cette solution est lavée trois fois avec de l'acétate d'éthyle pendant une durée de 2 heures à une température de 60°C . Pour éliminer les excès de 1 -bromoheptane et prévenir l'évaporation du solvant. Un solide jaune a été produit.



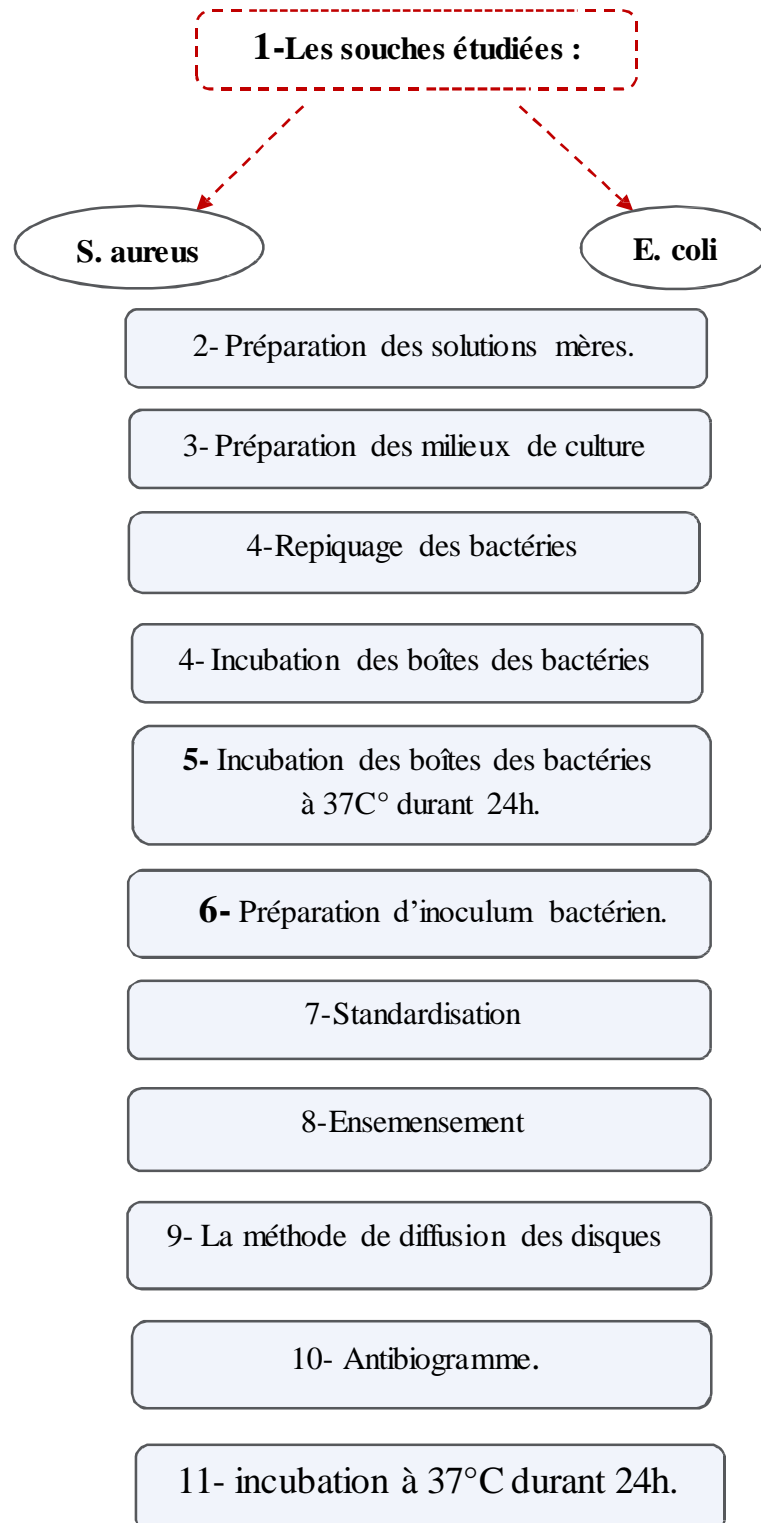
Figure N°05 : 1-heptyl-Pipéridinium bromide

Tableau N°04 : Les caractéristiques des liquides ioniques synthétisés :

Le nom	Apparence	Formule chimique	Masse Molaire
1-Heptyl-3-méthyle imidazolium bromide	liquide visqueux jaune foncé.	$\text{C}_{11}\text{H}_{21}\text{N}_2\text{Br}$	260g/mol
1-Butyl-Pipéridinium bromide	solide jaune	$\text{C}_9\text{H}_{20}\text{NBr}$	221g/mol
1-Butyl-3-méthyle imidazolium bromide	liquide visqueux jaune clair	$\text{C}_8\text{H}_{15}\text{N}_2\text{Br}$	218g/mol
1-heptyl-Pipéridinium bromide	Un solide jaune	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{NBr}$	263g/mol

II.6. Partie microbiologique :

II.6.1. protocole expérimental :



II.6.2.1. Les produits et les souches utilisés :

Tableau N°05 : Les produits et les souches.

Les produits		Les souches		
Muller Hinton	Antibiotiques	La souche	Famille	Gram
Chapman	Macconkey	E.coli	Entérobactériaceae	Négatif
Les liquides ioniques	L'eau distillée	S.aureus	Micrococaceae	Positif

II.6.3. L'activité Antibactérienne :

Deux méthodes de diffusion (diffusion des disques de Watman et antibiotiques) ont été utilisées pour étudier l'activité antibactérienne de ces souches en milieu de Muller Hinton, en utilisant deux bactéries-tests (*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*). Cette section se concentre sur la création de suspensions bactériennes.

II.6.3.1. La préparation des solutions mère des liquides ioniques :

Dans un tube stérile contenant 1,8 ml d'eau distillée stérile, on ajoute 0,2 g de chaque liquide ionique (1-heptyl-Pipéridinium bromide et 1-butyl-Pipéridinium bromide). Cette solution est agitée avec un agitateur de type vortex pendant 5 minutes afin d'obtenir des solutions mère de chaque liquide.



Figure n°06 : Dillution des liquides ioniques

II.6.3.2. La préparation des milieux de culture :



Figure N°07 : Les milieux de culture.

II.6.3.2.1 Le milieu Muller Hinton :

On a mélangé 38 g de Muller Hinton avec 1000 ml d'eau distillée, et qui ont été mis dans un autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Il a subi un refroidissement et a été placé dans les boîtes pétries avec une épaisseur de 4 mm.



Figure N°08 : Le milieu de culture Muller Hinton

II.5.3.2.2. les milieux de culture de repiquage des bactéries

Tableau N°06 : Préparation des milieux de repiquage

Le milieu Mac conkey (E.coli)	Le milieu Chapman (S.aureus)
L'agitation un mélange de 15 g d'agar Macc et de 300 ml d'eau distillée à 500 Hz à une température de 200°C jusqu'à ce que la dissolution soit totale. - Le mélange a été stérilisé à 121°C pendant 15 minutes dans un autoclave. - Une fois refroidi, les flacons ont été remplis et les boîtes pétries ont été coulées.	Ajouter 111 grammes de poudre à un litre d'eau distillée. Faire bouillir jusqu'à ce qu'il se dissolve complètement. Désinfecter pendant 15 minutes à une température de 121°C dans un autoclave.



Figure N°9 : le milieu macc



Figure N°10 : le milieu Chapman

II.6.3.3. Repiquage des bactéries :

Dans des conditions stérile on prenant les boîte de pétrie stérile qui contient le milieu de culture de chaque souche bactériennes (E.coli / Macc et S.aureus/ Chap). les boîtes sont ensuite étalées et ensemencées avec des suspensions bactériennes conservées, puis incubées à une température de 37°C pendant 18 heures.



Figure N°11 : Repiquage de bactérie Escherichia coli par le milieu Macc



Figure N°12: Repiquage de bactérie S.aureus par le milieu Chapman

II.6.3.4. La préparation des inoculum bactériens :

Après le repiquage des bactéries en prenant des tube à essai stérile qui continent une quantité de l'eau physiologie stérile puis on ajoute les souche de (S.aureus/jaune) et (E.coli/rouge), puis une agitation de cette solution bactérienne quelque minute dans le vortex.



Figure N°13: inoculum bactériens

II.6.3.5. La standardisation :

L'utilisation d'un spectrophotomètre permet d'obtenir une densité comprise entre 0,08 et 0,13 nm. La densité de cette solution est mesurée en ajoutant une quantité de inoculum bactérienne dans un cuve avec un spectre de 625nm avec un trajet de 1cm et une densité de 108UFC/ml.



Figure N° 14 : Le Spectrophotométrie (E.Coli / S.Aureus)

II.6.3.6. Ensemencement:

À l'aide d'une micropipette, 100 UI de la suspension bactérienne sont prélevées et ajoutées dans des boîtes de Pétri contenant du milieu MH. Ensuite, on a été étalé et nous le laissons sécher dans des conditions stériles.



Figure N°15 : l'ensemencement

II.6.3.7. La méthode de diffusion des disques :

Nous apportons les boîtes qui contenant le milieu MH et la suspension après avec une pincettes stérile puis placé les disques de wattman dans le centre de la boîte. A l'aide d'une micropipette on a prélevé 10UL de solution mère du chaque liquide ionique et se mettre sur le disque suivi d'une incubation des boîtes à 37°C pendant 18 heures.



Figure n°16 : L'application des disques

II.6.3.8. La méthode de diffusion des AB :

L'efficacité des deux antibiotiques contre l'E.coli et deux contre S.aureus a été évaluée en utilisant le milieu MH préparé pour chaque souche dans des conditions stérile. Ils ont ensuite été incubés à une température de 37°C pendant 18 heures.

Tableau N°07 : les types des antibiotiques de chaque souche

AB de la souche E.coli	AB de la souche S.aureus
Collistine (CT 50)	Streptomycine (S10)
Gentamicin (CN10)	Penicillin (P10)



Figure n°17 : Diffusion des antibiotiques de la souche E.coli



Figure N°18 : Diffusion des antibiotiques de la souche S.aureus

II.6.3.9. La lecture des résultats :

Après l'incubation des boites, nous avons mesuré les diamètres de la zone d'inhibition des souches qui ont été évalués par l'utilisation d'une règle.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

III.1. Introduction:

Dans ce chapitre, en suivant les méthodes des expériences précédentes, nous fournissons une brève explication de l'analyse des résultats spectroscopiques infrarouges pour ces liquides ioniques [1-heptyl-3-methylimidazolium bromide], [1-Butyl-3-methylimidazolium bromide], [1-heptylpépiréidinium bromide], [1-butylpipéridinium bromide] avec une étude de l'effet de l'activité antibactérienne entre deux souches (*S.aureus* / *E. coli*) pour permettre une comparaison avec l'effet des antibiotiques pour chaque souche (Collistin / Streptomycine) / Gentamicine / Pénicilline) dans le but de déterminer l'activité antibactérienne de chaque composé liquide ionique.

III.2. Les résultats de spectroscopie infrarouge des échantillons :

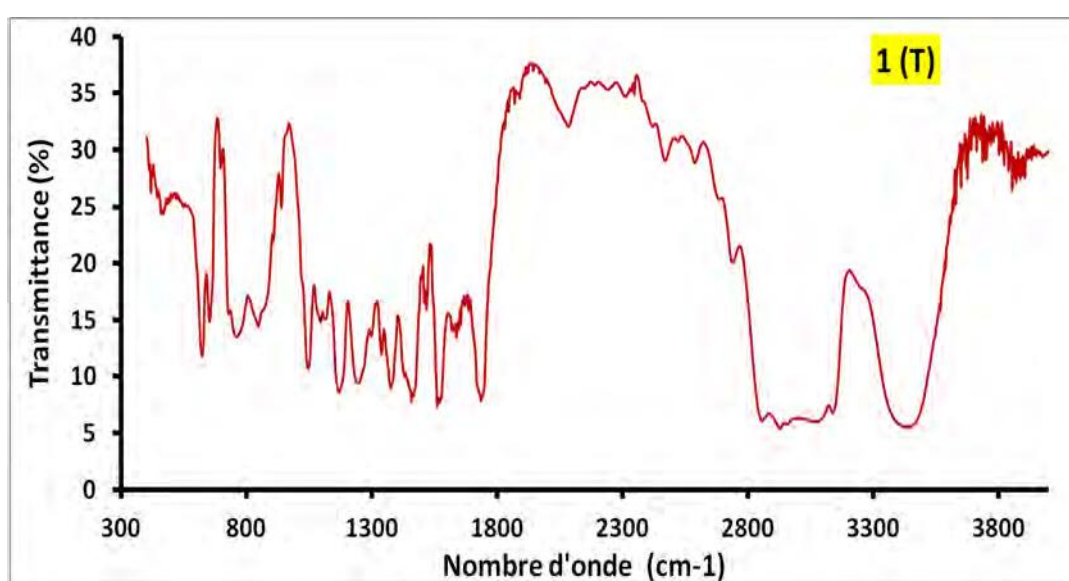


Figure N°19 Le spectre IR de 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide

Vous trouverez ci-dessous les résultats de l'analyse du spectre infrarouge (IR) du composé [1-heptyl-3-methylimidazolium bromide] basée sur l'image ci-jointe :

(nombre de cm^{-1}) axe x ; Le nombre d'onde (cm^{-1}) est une mesure de la longueur d'onde et est inversement proportionnel à celle-ci. La plage habituelle du spectre infrarouge se situe entre 4000cm^{-1} et 400cm^{-1} . Chaque numéro d'onde reflète différentes vibrations moléculaires.

Axes-Y (perméabilité) : représente ; Le taux de transmission fait référence à la quantité de rayonnement infrarouge qui traverse l'échantillon sans être absorbé. Les pics du graphique reflètent les fréquences absorbées par un échantillon indiquant la présence de certains groupes fonctionnels.

3800-3600 cm^{-1} : Cette zone est souvent Les vibrations d'étirement O-H ou N-H du 1-méthylimidazole apparaissent comme des vibrations se produisant entre 3300 et 2500 cm^{-1} . La liaison C-H, représente notamment les alcanes, les alcènes et les composés aromatiques.

1500-1800 cm^{-1} Cette région est connue sous le nom de région d'empreinte digitale représentant l'heptane et est unique à chaque molécule. Les vibrations d'étirement C = O sont représentées ici en présence de groupes carbonyle

1000 et 500 cm^{-1} : Peut indiquer des vibrations extensionnelles et d'autres mono-communication.

Le spectre présente plusieurs pics, dont chacun reflète les vibrations Différents groupes fonctionnels dans une molécule. Faibles valeurs de perméabilité. Faibles valeurs de perméabilité.

À certains nombres d'onde, une absorbance plus élevée indique que l'échantillon absorbe plus de rayonnement infrarouge Rouge à ces fréquences

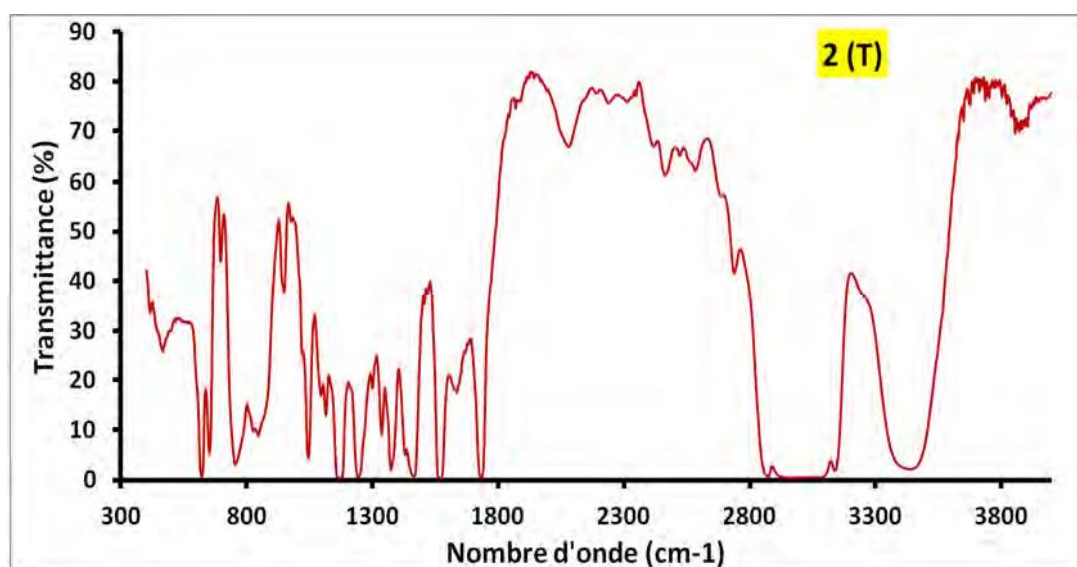


Figure N°20 : Le spectre IR de 1-Butyl-3-méthylimidazolium bromide

Le graphique montre le spectre infrarouge (IR) du liquide ionique 1-butyl-3-méthylimidazolium bromide. Ce spectre peut être analysé pour déterminer les groupements fonctionnels présentés dans la molécule en fonction des pics d'absorption caractéristiques. Un aperçu des résultats possibles : Le large pic à 3400 cm^{-1}

Ce pic indique généralement des vibrations d'étirement O-H, confirme la présence d'amas Hydroxyles (tels que les alcools ou les acides carboxyliques).

Les pics entre 2800 et 3000 cm^{-1} représentent le 1-méthylimidazole. Ces pics indiquent des vibrations d'étirement C-H, indiquant la présence d'alcane ou d'autres hydrocarbures.

– Pics entre 1600-1700 cm^{-1} Ces pics indiquent les vibrations d'étirement du C=O indiquant la présence de groupes carbonyle tels que les cétones, les aldéhydes ou les acides carboxyliques.

– Les pics entre 1000-1500 cm^{-1} représentent l'éthane. Ces pics peuvent résulter de vibrations de flexion du C-H, ce qui indique la présence d'hydrocarbures. Surface d'empreinte (600-1500 cm^{-1}) Cette région est complexe et contient de nombreux pics, caractéristiques de la structure moléculaire du composé.

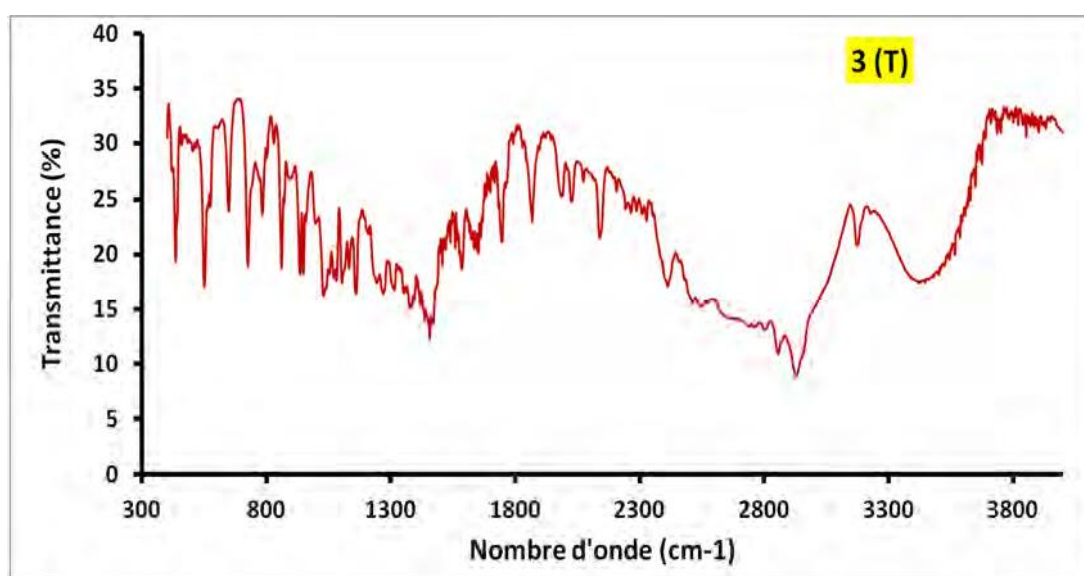


Figure N°21 Le spectre IR de 1-heptylpéridinium bromide

Le graphique montre le spectre infrarouge (IR) d'un échantillon. [1-heptylpéridinium bromide] La hauteur des sommets est d'environ 3200-3550 cm^{-1}

Cette gamme fait généralement référence aux extensions O-H (comme les alcools ou les acides carboxyliques) ou N-H (comme les amines ou les amides).

– La hauteur des sommets est d'environ 2850-2960 cm^{-1} .

Cette bande indique l'étirement du C-H représentant la pipéridine indiquant la présence d'alcane et d'hydrocarbures saturés).

– Pics à environ 1650 – 1750 cm^{-1} .

Cette bande indique un étirement spécifique à C=O, indiquant la présence de groupes carbonyle (tels que les cétones, les aldéhydes, les acides carboxyliques ou Esters).

– Pics dans la zone d'empreinte inférieurs à 1500 cm^{-1} .

Ces pics peuvent donner des détails plus précis sur la structure moléculaire et aider à identifier le composé avec plus de précision. Les pics dans la zone d'empreinte sont inférieurs à 1500 cm^{-1}). Ces pics peuvent donner des détails plus précis sur la structure moléculaire et aider à identifier avec précision le composé Plus grand.

Sur la base du spectre analysé, les composés liquides ioniques [pipéridine + 1-bromoheptane] semblent contenir des composants contenant des groupes hydroxyle (O-H) ou des amines (N-H), en plus des alcanes (C-H) et des groupes amine. Carbonyle (C=O).

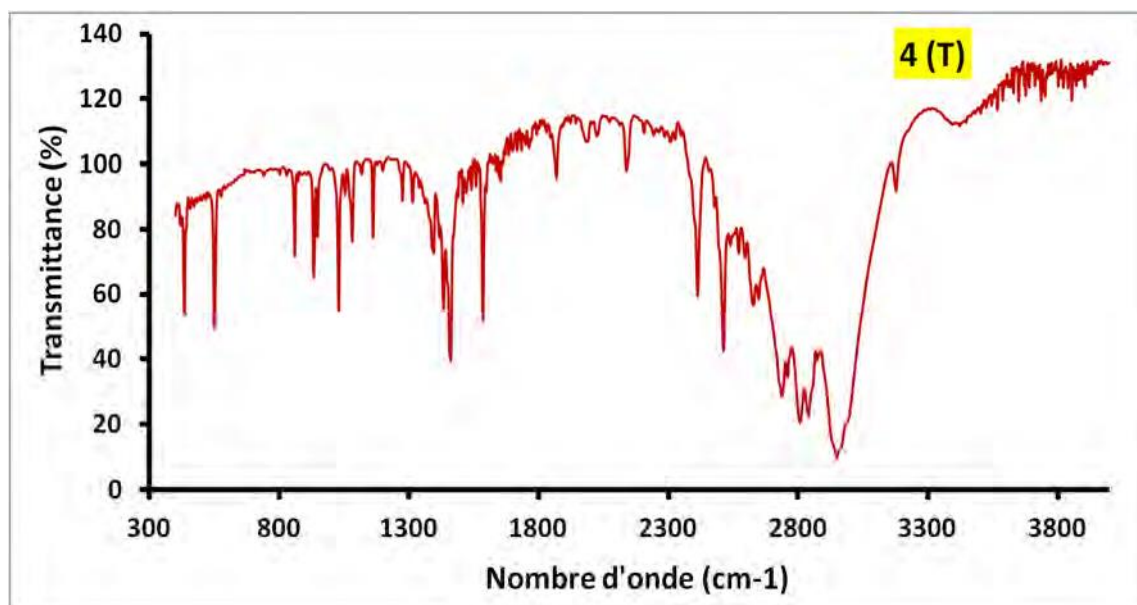


Figure N°22 Le spectre IR de 1-butylpipéridinium bromide

Le graphique montre le spectre infrarouge (IR) d'un échantillon.[1-butylpipéridinium bromide]

La région de $4000\text{ à }3000\text{ cm}^{-1}$ contient généralement des absorptions de vibrations d'étirement O-H, N-H et C-H.

La région de $2500\text{ à }2000\text{ cm}^{-1}$ est généralement associée à des triples liaisons telles que $\text{C}\equiv\text{C}$ et $\text{C}\equiv\text{N}$.

Région de $2000\text{ à }1500\text{ cm}^{-1}$: Elle contient des doubles liaisons telles que $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}=\text{O}$ et $\text{C}=\text{N}$,

En dessous de 1500 cm^{-1} : Elle est appelée région L'empreinte contient un complexe d'absorption Et unique pour chaque molécule. Pics dans la région de $3200\text{ à }3600\text{ cm}^{-1}$. Pics dans la région de $3200\text{ à }3600\text{ cm}^{-1}$. Il y a des pics dans cette région qui indiquent souvent des vibrations d'étirement du groupe hydroxyle (H-O). Ou des amines (N-H).

Les sommets se situent dans la région de $2800\text{ à }3000\text{ cm}^{-1}$

Ces pics sont généralement associés à des vibrations d'étirement du groupe C-H dans les alcanes, qui représentent la pipéridine.

Les sommets se situent dans la région de 1600 à 1800 cm^{-1} Indique la présence de doubles liaisons telles que les carbonyles (C=O).

1500 à 1000 cm^{-1} . Il contient des pics pouvant être associés à des extensions C-N et C-O

III.3 Analyse des activités antibactériennes des liquides ioniques sur E.coli et S.aureus :

Analysez les résultats des précédentes expériences exposés dans les tableaux et images ci-dessous. :

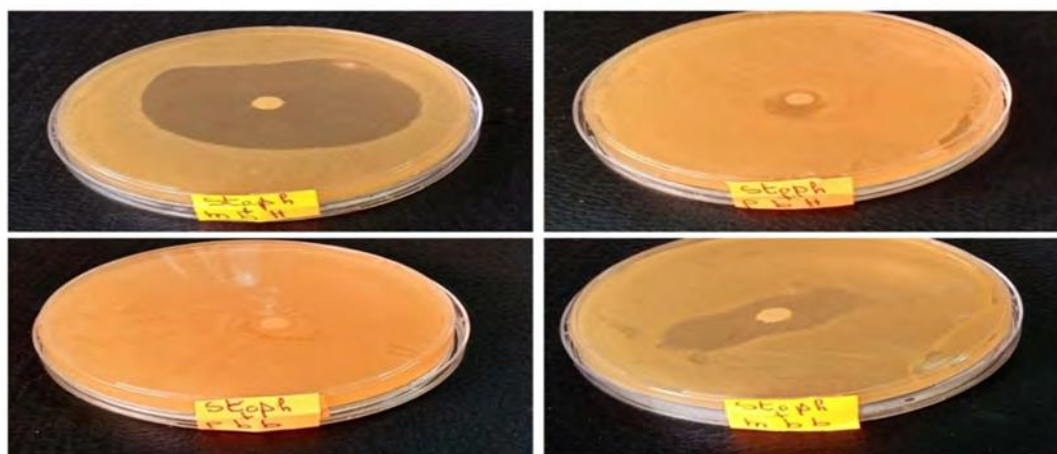


Figure N 23° : l'effet des cations piperidinium et imidazolium sur la bactérie staphylococcus aureus

Tableau N°08 : Efficacité antibactérienne des liquides ioniques pour S.aureus

Les liquides ioniques		Staphylococcus aureus		
	Le nom :	Effet positif	Effet négatif	Diamètre de la zone
1	1-heptyl-3-methylimidazolium bromide	+		5,25cm
2	1-Butyl-3-methylimidazolium bromide	+		3,25 cm
3	1-heptylpipéridinium bromide	+		1,5 cm
4	1-butylpipéridinium bromide	+		1,75 cm

Ce tableau et ces figures suivantes représentent les résultats de l'activité antimicrobienne des liquides ionique et leur influence sur la souche de Staphylococcus aureus. Le liquide ionique présentant une forte incidence positive sur S.aureus, ainsi qu'une zone de diamètre 5.25 cm contenant 1-heptyl-3-methylimidazolium bromide, sont utilisés comme

substitués pour le liquide ionique 1-heptylpipéridinium bromide. Sur la même souche, on observe un effet positif et une zone de 1,5 cm de diamètre. Et pour les liquides ioniques de la 1-butylpipéridinium bromide et de 1-Butyl-3-methylimidazolium bromide, il existe un effet bénéfique et la zone de diamètre varie de 1,75 cm à 3,25 cm.

Enfin, cette analyse nous amène à la conclusion qu'il existe des liquides ioniques plus performants qui peuvent combattre les bactéries pathogènes.

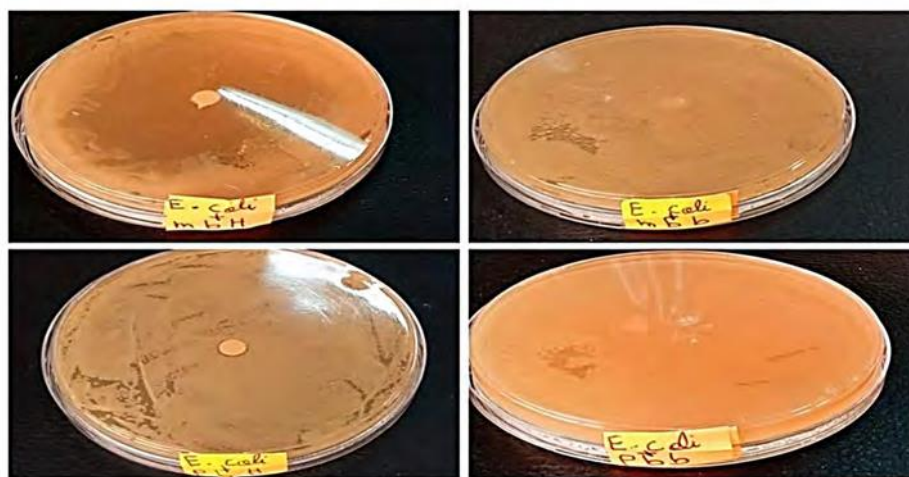


Figure N°24 : L'effet des cations piperidium et imidazolium sur la bactérie Escherichia coli

Tableau N°09 : Efficacité antibactérienne des liquides ioniques pour Ecoli :

Les liquides ioniques		Escherichia coli		
	<i>Le nom :</i>	<i>Effet positif</i>	<i>Effet négatif</i>	<i>Diamètre de la zone</i>
1	1-heptyl-3-methylimidazolium bromide	+		6 cm
2	1-Butyl-3-methylimidazolium bromide		+	
3	1-heptylpipéridinium bromide		+	
4	1-butylpipéridinium bromide		+	

Les tableaux et les figures illustrent l'effet antibactérien des liquides ioniques sur E.coli ainsi que les zones de diamètre de chaque produit.

1-heptyl-3-methylimidazolium bromide est le seul liquide ionique ayant un effet positif sur la souche.

E. coli, avec une zone de diamètre de 6 cm. Les autres liquides ioniques sont le 1-Butyl-3-methylimidazolium bromide, 1-heptylpipéridinium bromide et 1-butylpipéridinium bromide, qui ont un effet négatif sur la même souche.

Finalement, nous pouvons affirmer que l'émergence d'un seul liquide ionique a eu un impact sur le diamètre de la zone d'inhibition, ce qui est crucial contre E. coli.

III.4. Analyse des résultats de la comparaison de l'impact de divers liquides ioniques sur E.coli et S.aureus :

Présenté par les colonnes graphiques ci-dessous :

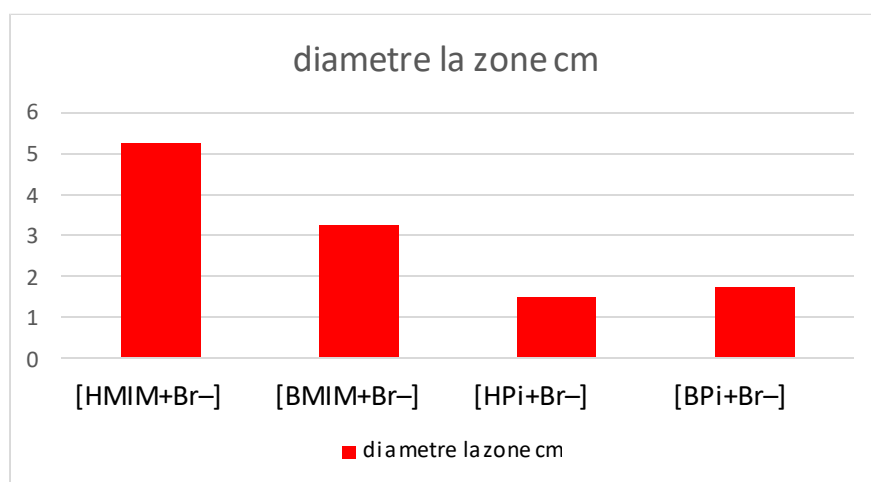


Figure N° 25 :l'impact des liquides [HMIM⁺Br⁻]; [BMIM⁺Br⁻];[HPi⁺Br⁻]; [BPi⁺Br⁻] sur S.aureus.

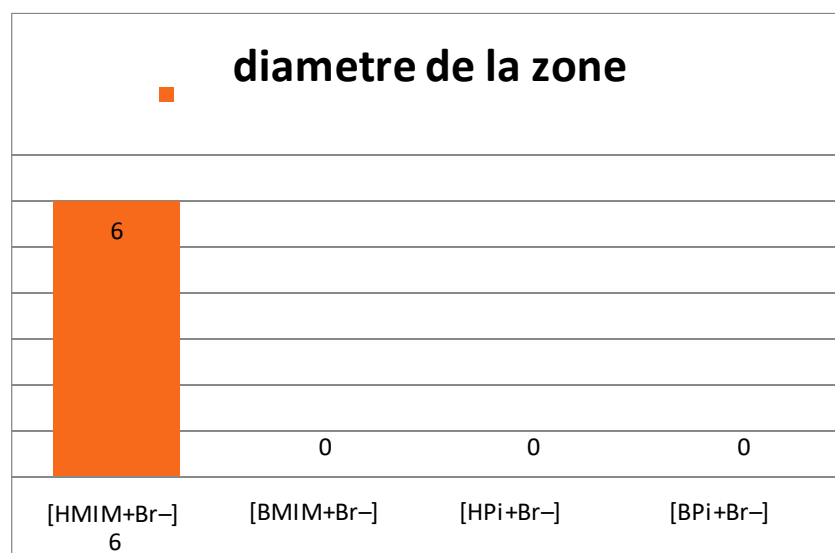


Figure N° 26: l'impact des liquides ioniques [HMIM⁺Br⁻]; [BMIM⁺Br⁻];[HPi⁺Br⁻]; [BPi⁺Br⁻] sur E.coli.

Les graphiques ci-dessous illustrent l'émergence des diamètres d'une zone d'inhibition étendue spécifique à certains liquides ioniques contre les gros staphylocoques, à la différence

d'*Escherichia coli*, avec l'effet d'un seul liquide ionique. D'après cela, nous pouvons conclure que l'influence des liquides sur. Les souches diffèrent selon leur composition chimique.

III.5.Résultats de l'antibiogramme des antibiotiques :

Représenté dans le tableau et les images suivants ;



Figure N°27 : Effet des antibiotiques sur E.coli et S.aureus

Tableau N°10: test d'antibiogramme pour *Escherichia coli* et *staphylococcus aureus* des antibiotiques

La souche	L'antibiotique	Zone d'inhibition	Observation
E.coli	Collistine (CT 50)	1,5 cm	Sensible
	Gentamicin (CN10)	2 cm	Sensible
S.aureus	Streptomycine (S10)	0	Résistante
	Penicillin (P10)	0	Résistante

Dans ce tableau, les résultats de l'analyse des antibiotiques sur deux souches différentes : (*E.coli* et *S.aureus*), montre que les deux antibiotiques utilisés pour la première souche *E.coli* présentent une observation sensible : la gentamicine :La zone d'inhibition est de 2 cm, tandis que pour la collistine, elle est de 1,5 cm. Les antibiotiques streptomycines et pénicilline ont montré une résistance à *S.aureus*

Tableau N°11 : Analyse de la performance des antibiotiques et des liquides ioniques dans la lutte contre E.coli et Saureus :

La souche	Zone de AB	Zone de LIS	Comparaison
E.coli	Collistine (CT 50) (1,5 cm)	[HMIM ⁺ Br ⁻] (6cm)	AB <LIs
		[BMIM ⁺ Br ⁻] (0)	
	Gentamicin (CN10) (2cm)	[HPi ⁺ Br ⁻] (0)	LIs < AB
		[BPi ⁺ Br ⁻] (0)	
S.aureus	Streptomycine (S10) (0)	[HMIM ⁺ Br ⁻] (5,25cm)	AB <LIs
		[BMIM ⁺ Br ⁻] (3,25cm)	
	Penicillin (P10) (0)	[HPi ⁺ Br ⁻] (1,5cm)	AB <LIs
		[BPi ⁺ Br ⁻] (1,75cm)	

Suite aux expériences mentionnées ci-dessus, le tableau ci-dessous présente une comparaison entre des tests d'effet d'antibiotiques et de liquides ioniques sur deux souches d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus aureus*.

Au départ, nous abordons *Escherichia coli*, où Le tableau met en évidence l'impact du liquide ionique composé, [HMIM⁺Br⁻], avec une zone d'inhibition de 6 cm de diamètre, à la différence des liquides ioniques restants qui n'ont montré aucun résultat ou faible sensibilité. L'effet des antibiotiques Gentamycine B est également observé avec une échelle de 2 cm, car elle est considérée comme la zone d'inhibition la plus étendue, tandis que la collistine a une échelle de 1,5 cm, ce qui indique que l'effet du liquide ionique sur cette souche est supérieur à l'efficacité des antibiotiques.

Ensuite, en examinant les données concernant *S. aureus*, nous pouvons conclure que tous les liquides ioniques ont un impact sur cette souche, car nous observons une zone d'inhibition la plus importante au niveau du [HMIM⁺Br⁻] De 5,52 cm de diamètre, à la différence des antibiotiques qui n'ont pas donné de résultats, car sans effet. Finalement, en établissant une comparaison, nous constatons que les liquides ioniques ont un impact plus significatif sur ces deux souches, à la différence des antibiotiques, avec des résultats élevés dont les diamètres ont été préalablement mesurés.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Les LIs à base d'anions organiques représentent un domaine de recherche dynamique avec un fort potentiel pour le développement de nouvelles thérapies antibactériennes efficaces. Des recherches continues et des investissements dans ce domaine pourraient conduire à des percées significatives dans la lutte contre les infections bactériennes résistantes aux antibiotiques.

Les cations de 1-méthylimidazole et de pipéridine peuvent présenter des activités antimicrobiennes différentes sur les souches *E. coli* et *S. aureus* en raison de leurs structures chimiques distinctes. Par exemple, le cation du 1-méthylimidazole, en raison de sa nature aromatique, peut interférer avec les processus métaboliques des bactéries de manière spécifique, tandis que le cation de la pipéridine pourrait agir différemment en raison de sa structure aliphatique. La variation de la structure chimique peut influencer la capacité des composés à pénétrer dans la membrane cellulaire et à perturber les processus vitaux des bactéries, ce qui pourrait conduire à des effets antimicrobiens différents sur *E. coli* et *S. aureus*.

Les cations de 1-méthylimidazole et de pipéridine présentent des différences importantes en termes de structure et de réactivité. Le cation du 1-méthylimidazole est aromatique et peut subir des réactions de substitution électrophile aromatique, tandis que le cation de la pipéridine est aliphatique et peut subir des réactions d'alkylation ou d'acylation. De plus, les propriétés physico-chimiques telles que la basicité et la solubilité peuvent varier en fonction de la structure du cation.

La comparaison entre les cations de 1-méthylimidazole et de pipéridine révèle des différences significatives en termes de structure, de réactivité et de propriétés physico-chimiques. Ces différences soulignent l'importance de prendre en compte les caractéristiques spécifiques de chaque molécule lors de leur utilisation en synthèse organique ou en biochimie.

Références bibliographiques:

- [1]. Patrice C ;Brigitte G ; Christian B ;Federico N ;Bill G . la lettre de l'institut de pasteur et l'Institut Pasteur. mai 2014.N°85 page (02).
- [2] Jean Pierre B. Les liquides ioniques : Propriétés physico-chimiques, Applications en Synthèse Organique et en Physico-Chimie Analytique.(2004)
- [3] Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic/Antimicrobial Resistance.
- [4] <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html> (accessed July 2021)
- [5] Alain B. et Samuel C .Utilisation des liquides ioniques en analyse / janvier 2004 .P (24)
- [6] Zhang, S., Zhang, X., Sun, N., Zhang, J., Wang, Q., Yan, H., ... & Cong, Y. Ionic liquids as antibacterial agents to combat drug-resistant bacteria. *Green Chemistry*, 16(2), 239-248, (2014)
- [7] Lu, J., Yan, Y., Zhang, G., Zhou, Y., & Sun, H.. Ionic liquids for antibacterial and antifungal applications: new findings, mechanisms and possible signals for future development. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(4), (2017),1443-1457.
- [8] Liu, H., Jiang, L., & Long, M.. Ionic liquids as green solvents for the synthesis of pharmaceuticals. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, 12(3), (2015), 225-235.
- [9] Plechkova, N. V., & Seddon, K. R.. Applications of ionic liquids in the chemical industry. *Chemical Society Reviews*, 37(1), (2008), 123-150
- [10] Alain B. et Samuel C .Utilisation des liquides ioniques en analyse / janvier 2004 .P (24)
- [11] Fonseca, G. S. ; Scholten, J. D. ; Dupont, J. Synlett 2004, 1525-1528.
- [12] Signification liquide ionique publiée le 09/02/2023 (mise à jour le 09/02/2023)[https://www.aquoaportail.com/liquide ionique](https://www.aquoaportail.com/liquide-ionique) .
- [13] Anne-Laure R. Etude thermodynamique des liquides ioniques : applications à la protection l'environnement. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2010. Français.Submitted on 29 Mar 2018 .
- [14]P. Dunod. (2010), 'Liquides ioniques'. [http://www. Perso.univ-rennes1.fr /mathieu.pucheault/_PDF/Publis/2010_Pucheault_Dunod.pdf](http://www.Perso.univ-rennes1.fr/mathieu.pucheault/_PDF/Publis/2010_Pucheault_Dunod.pdf) (Consulté le 03/12/2010)
- [15] Jean Pierre B. Les liquides ioniques : Propriétés physico-chimiques, Applications en Synthèse Organique et en Physico-Chimie Analytique.(2004)

Références bibliographiques:

- [16]. Peter W, Thomas W. Ionic Liquids in Synthesis Copyright © 2002 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA ISBNs : 3-527-30515-7 (Hardback) ; 3-527-60070-1 (Electronic)page (9)
- [17] MÉMOIRE DE FIN CYCLE MASTRE 2 .Etude des propriétés spectroscopiques vibrationnelles et diélectriques des liquides ioniques à base d'imidazolium .ANNÉE. 16/06/2017 RÉALISÉ PAR (R OMEIRI et H TAHI)Page 7
- [18] Gregory Ch. Liquides ioniques et ultrasons pour l'époxydation d'oléfines : combinaison synergique Plus éco-compatible. Autre. Université de Grenoble, 2012. Français. ffNNT : 2012GRENA026
- [19] ND Khupse et A. Kumar, « Liquides ioniques : nouveaux matériaux avec de larges applications », Indian Journal of Chemistry Section A : Chimie inorganique, physique, théorique et analytique , vol. 49, non. 5-6, pages 635 à 648, 2010.
- [20] P. Domínguez de María, « Applications « non-solvants » des liquides ioniques dans les biotransformations et l'organocatalyse », Angewandte Chemie International Edition , vol. 47, non. 37, pages 6960 à 6968, 2008.
- [21] V. Blasucci, R. Hart, V. L. Mestre et al., "Single component, reversible ionic liquids for energy applications," Fuel, vol. 89, no. 6, pp. 1315–1319, 2010.
- [22] Ngo, H. ; LeCompte, K. ; Hargens, L. ; McEwen, A., 'Thermal properties of Imidazolium ionic liquids'. Thermochem. Acta. 2000, 357-358, 97–102.
- [23] Huddleston, J. ; Visser, A. ; Reichert, W. ; Willauer, H. ; Broker, G. ; Rogers, R., 'Characterization and comparison of hydrophilic and hydrophobic Room temperature ionic liquids incorporating the imidazolium cation'. Green Chem. 2001, 3, 4, 156–164.
- [24] Bonhôte, P. ; Dias, A.P. ; Papageorgiou, N. ; Kalyanasundaram, K. ; Grätzel, M., 'Hydrophobic, Highly Conductive Ambient-Temperature Molten Salts'. Inorg. Chem. 1996, 35, 5, 1168–1178.
- [25] P. Wesserschield, T. Welton, Ionic liquids in synthesis, Wiley-VCH :Weirheim, 2003.
- [26] P. Bonhôte, A.P. Dias, N. Papageorgiou, K. Kalyanasundaram, M. Grätzel, Hydrophobic, Highly conductive Ambient temperature molten salts, Inorg. Chem, 1996, 35, 5, 1168-1178
- [27] H. Ngo, K. LeCompte, L. Hargens, A. McEwen, Thermal properties of imidazolium ionic liquids, Thermochem. Acta, 2000, 357-358, 97-102
- [28] Hachelafi S. These : Organo-modification d'une bentonite par des liquides ioniques, étude par Spectroscopie infrarouge et diélectrique .
- [29] K. N. Marsh, J. A. Boxall, R. Lichtenthaler, Fluid Phase Equilibria 2004, 219, 93-98

Références bibliographiques:

- [30] Haddad B. Nouveaux liquides ioniques Bis-Pipéridinium : Synthèse, Etude des propriétés thermiques et relaxation diélectrique. Matériaux. UNIVERSITE DJILLALI LIABES (Algérie), 2012.Français.
- [31] Gurpreet K, Aditi Sh, and Bubun B*[a].Ultrasound and Ionic Liquid: An Ideal Commination for Organique Transformations.(2018)
- [32] G. Chatell,* and D. R. MacFarlane2.Ionic Liquids and Ultrasound in Combination : Synergies and Challenges (2014)
- [33] DR.Nora M .Activités antibactérienne . origanum vulgare.L le 20 mars 2022 page (3)



ANNEXES



Annexe N° 01 : Composition des milieux de culture

Annexe N°02 : Produits utilisé : Annexe 02 N° produits utilisé

Annexe N °03 : Les appareils utilisés

Annexe N° 04 : l'effet antibactérien des LIs

Annexe N°05 : L'effet des antibiotiques

ANNEXE N° 01

Composition des milieux de culture

Pour 1 litre de milieu

- Gélose nutritif

Tryptone	5,0 g	Extrait de
viande	3,0 g	Agar agar
bactériologique.....	12,0 g	

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C 7,0 ± 0,2

-Muller Hinton

Hydrolysât acide de caséine	17,5 g	
Infusion de viande	2,0 g	
Amidon soluble	1,5 g	Agar agar
bactériologique.....	17,0 g	

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,3 ± 0,2.

-Gélose de MacConkey

Peptone pancréatique de gélatin.....	17,0g	
Tryptone	1,5 g	
Peptone pepsique de viande.....	1,5	
gLactose	10,0 g	Sels
biliaires.....	1,5 g	
Chlorure de sodium.....	5,0 g	
Rouge neutre	30,0 mg	Cristal
violet.....	1,0 mg	Agar agar
bactériologique.....	13,5 g	

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,1 ± 0,2

ANNEXE N° 02

Produits utilisés

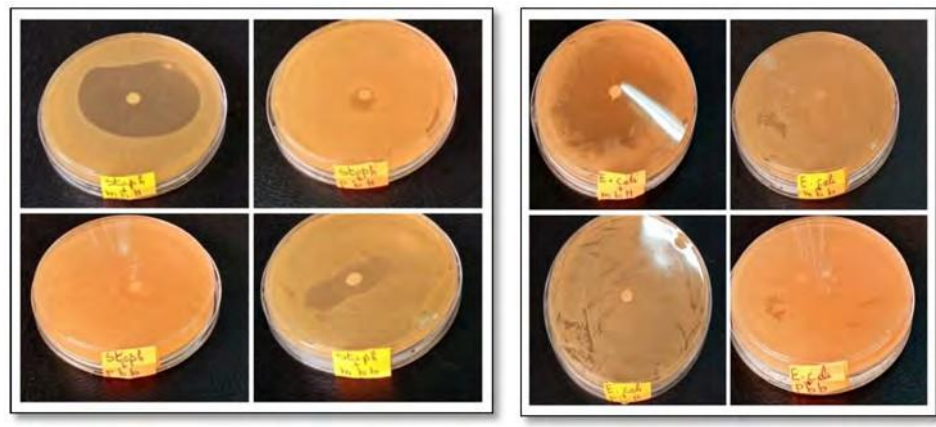


ANNEXE N° 3 Appareils utilisés



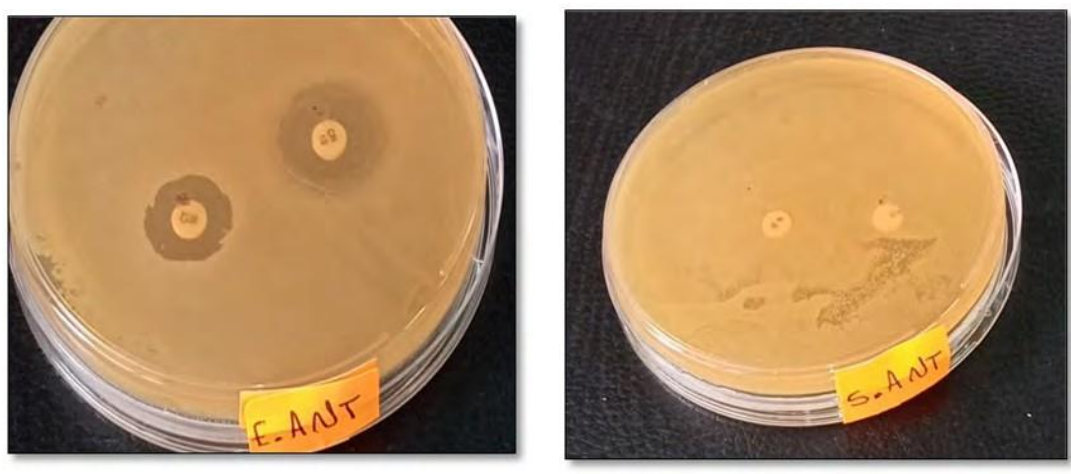
ANNEXE N° 04

L'effet antibactérien des LIs



ANNEXE N° 05

L'effet des antibiotiques



Résumé

Les liquides ioniques sont fréquemment analysés en raison de leurs potentielles propriétés antibactériennes. Plusieurs éléments influencent les activités antibactériennes, tels que la composition chimique de l'anion et du cation. Afin d'évaluer l'efficacité antibactérienne d'un nouveau liquide ionique fabriqué à partir d'un nouvel anion organique, il serait possible de réaliser des tests in vitro sur diverses souches bactériennes. Grâce aux résultats de ces tests, il serait possible de déterminer si le composé possède un potentiel d'activité antibactérienne et de saisir ses mécanismes d'action.

الملى

يتم تحليل السوائل ديونية أشغل متكرر أسوب خصائصها المضادة للبكتيريا المحتملة. تؤثر عدة عناصر على النشاط المضادة للبكتيريا، مثل الكيمياء للأنيون والكاتيون. من أجل تقييم الفعالية المضادة للبكتيريا لسائل أيوني جديد مصنوع من أنيون عضوي جديد، سيغون من الممكن إجراء اختبارات ضد سلالات بكتيرية مختلفة. وتفضل نتائج هذه الاختبارات، سيغون من الممكن تحديد ما إذا كان المركب لديه القدرة على النشاط المضاد للبكتيريا وفهم آليات عمله.

Abstract

Ionic liquids are frequently analyzed due to their potential antibacterial properties. Several elements influence antibacterial activities, such as the chemical composition of the anion and cation. In order to evaluate the antibacterial effectiveness of a new ionic liquid made from a new organic anion, it would be possible to carry out in vitro tests on various bacterial strains. Thanks to the results of these tests, it would be possible to determine whether the compound has a potential for antibacterial activity and to understand its mechanisms of action.