

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA -



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : sciences biologiques

Spécialité : microbiologie appliquée

Intitulé :

**Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait
hydrométhanolique et de la macération huileuse de la
soie de maïs (*Zea mays* L.)**

Présenté Par :

Mohamed Ben Ali Meriem Malake ; Nacer Chouiter Boutheyna ;
Sahraoui Zakaria ; Yassine Ahmat Abdramane

Membre de Jury :

Dr. Bouhayene Saleh (MCA)	Président	Université 20 Août 1955 Skikda
Dr. Becheker Imène (MCA)	Promotrice	Université 20 Août 1955 Skikda
Dr. Laïb Messaoud (MCA)	Examineur	Université 20 Août 1955 Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciements



Nous rendons grâce à Allah l'omniscient, l'omnipotent, maître des cieux et de la terre, de nous avoir comblé de ses faveurs et bienfaits nécessaires à la réalisation de ce modeste travail.

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer, particulièrement, nos remerciements et notre profonde gratitude à **Dr. BECHEKER Imène**, notre promotrice, d'avoir accepté de nous encadrer et nous avoir suivi tout au long de la réalisation de ce travail. Nous la Remercions également pour sa confiance, sa grande disponibilité, ses efforts et surtout sa gentillesse et sa patience. Ce fut un privilège de bénéficier de votre savoir. Nous tenons à remercier **Dr. Bouhayene Saleh** d'avoir accepté de présider notre jury.*

*Un grand merci à **Dr. Laïb Messaoud** d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

Nous remercions vivement le personnel du Laboratoire de microbiologie médicale de L'hôpital les frères Saad Guermech- Skikda, pour leur patience et leur précieuse aide pendant l'élaboration de ce travail, En particulier,

***Mr BELKAMEL**, responsable du laboratoire de microbiologie médicale de l'hôpital Les frères Saad Guermech-Skikda.*

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux et celles qui, de près ou de loin, se sont Associé pour l'élaboration de ce travail, merci du fond du cœur.



Dédicace

C'est avec grand plaisir que nous dédions ce mémoire à nos très chers parents source de nos vies, d'amour et d'affection.

À nos frères et sœurs qui nous ont soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

À tous nos familles de loin où de près qui ont partagés avec nous tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

À tous nos amis qui nous ont toujours encouragés et à qui nous souhaitons plus de succès. A tous ceux que nous aimons.

*A notre groupe ;**Mohamed Ben Ali Meriem Malak – Nacer Chouiter Boutheyne – Sahraoui Zakaria – Yassine Ahmat Abdramane**, on se souhaite bonne chance et à la réalisation de nos prochains projets.*

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	01
Chapitre I : La plante testée : la soie de maïs (<i>Zea mays</i> L.)	03
1. Le maïs	03
1.1. Origine et généralités	03
1.2. Utilisation et intérêts	04
2. La soie de maïs	04
2.1. Généralités et définition	04
2.2. Composition de la soie de maïs	05
2.3. Intérêts et bienfaits de la soie de maïs	05
Chapitre II : Les microorganismes testés	07
1. <i>Staphylococcus aureus</i>	07
1.1. Généralités	07
1.2. Habitat	07
1.3. Pouvoir pathogène	07
2. <i>Escherichia coli</i>	07
2.1. Généralités	07
2.2. Habitat	08
2.3. Pouvoir pathogène	08
3. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	08
3.1. Généralités	08
3.2. Habitat	08
3.3. Pouvoir pathogène	09

4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	09
4.1. Généralités	09
4.2. Habitat	09
4.3. Pouvoir pathogène	09
5. <i>Morganella morganii</i>	10
5.1. Généralités	10
5.2. Habitat	10
5.3. Pouvoir pathogène	10
6. <i>Candida albicans</i>	10
6.1. Généralités	10
6.2. Habitat	10
6.3. Pouvoir pathogène	10
Chapitre III : La résistance bactérienne aux antibiotiques	12
1. Les antibiotiques	12
1.1. Historique et généralités	12
1.2. Modes d'action des antibiotiques	12
2. L'antibiorésistance	13
2.1. Historique et généralités	13
2.2. Définition	13
2.3. La résistance naturelle et la résistance acquise aux antibiotiques	14
3. Les différents mécanismes de la résistance bactérienne aux antibiotiques	14
3.1. Mécanismes génétiques de l'antibiorésistance	14
3.2. Mécanismes biochimiques de l'antibiorésistance	14
Matériel et méthodes	16
1. Matériel	16
1.1. Les souches microbiennes	16
1.2. Le matériel végétal	16

1.2.1. Critères de choix de la plante	16
1.2.2. Séchage et conservation	16
2. Méthodes	17
2.1. Préparation de l'extrait hydro-méthanolique de la soie de maïs	17
2.2. Préparation de la macération huileuse de la soie de maïs	18
2.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne des deux extraits de la soie de maïs	19
2.3.1. Détermination des diamètres des zones d'inhibition (ZI)	19
2.3.2. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)	20
2.3.3. Détermination de la Concentration Minimale Bactéricide (CMB)	21
Résultats.....	22
1. Les caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs	22
2. Évaluation de l'activité antimicrobienne des deux extraits de la soie de maïs	22
2.1. Détermination des zones d'inhibition et des CMI de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs vis-à-vis des souches cliniques testées	22
2.2. Détermination des zones d'inhibition et des CMI de la macération huileuse de la soie de maïs vis-à-vis de ssouches cliniques testées	24
3. Évaluation de la CMB des deux extraits testés de la soie de maïs	26
Discussion.....	27
Conclusion et perspectives	30
Références Bibliographiques.....	31
Résumé	

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

AEM : L'agence européenne des médicaments

ARN : Acide ribonucléique

Ca: Calcium

CMB : Concentration minimale bactéricide

CMI : Concentration minimale inhibitrice

CMP : Comité des médicaments à base de plantes

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DO : Densité Optique

ETA : Toxines Exfoliatives A

ETB : Toxines Exfoliatives B

Fe : Fer

GN : Gélose nutritive

H₂O : Eau

K : Potassium

MeOH : Méthanol

Mg : Magnesium

MH: Muller Hinton

Na: Sodium

OMS : Organisation mondiale de santé

P : Phosphore

PLP : Protéine de liaison des pénicillines

Si : Silicium

ZI : Zone inhibitrice

Zn : Zinc

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Étapes de la pollinisation du maïs	03
02	La soie de maïs	04
03	Les bienfaits de la soie de maïs	06
04	Les différents modes d'action des antibiotiques	13
05	La soie de maïs sèche (Prise personnelle)	16
06	Macération hydrométhanolique de la soie de maïs (Prise personnelle)	17
07	Filtration sur papier buvard de la macération (Prise personnelle)	17
08	Élimination du solvant par le rota-vapeur et récupération de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (Prise personnelle)	18
09	Macération huileuse de soie de maïs (Prise personnelle)	18
10	La série de dilutions de l'extrait de la soie de maïs (Prise personnelle)	19
11	Détermination des diamètres des zones d'inhibition	20
12	Détermination de la CMI et CMB	21
13	Les diamètres des zones d'inhibition de la souche <i>S. aureus</i> 1 vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (Prise personnelle)	23
14	Les diamètres des zones d'inhibition de la souche <i>C. albicans</i> 1 vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (Prise personnelle)	24
15	Les diamètres des zones d'inhibition de la souche <i>K. pneumoniae</i> 1 vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs (Prise personnelle)	25
16	Les diamètres des zones d'inhibition de la souche <i>P. aeruginosa</i> 1 vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs (Prise personnelle).	26

Liste des Tableaux

Numéro	Titre	Page
01	Les valeurs nutritionnelles de certains nutriments dans la soie de maïs	05
02	Caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs	22
03	Caractéristiques organoleptiques du macérât huileux de la soie de maïs	22
04	Les diamètres des zones d'inhibition et les valeurs des CMI des souches cliniques testées vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.	23
05	Les diamètres des zones d'inhibition et les valeurs des CMI des souches cliniques testées vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs.	25

Introduction

Les bactéries sont omniprésentes dans notre environnement et sont pour la plupart primordiales pour notre physiologie. Malheureusement, certaines d'entre elles provoquent également diverses maladies infectieuses que nous traitons par l'utilisation des antibiotiques. Dans certaines situations ces bactéries pathogènes ont développé la capacité de survivre aux antibiotiques, cela est possible grâce à un ensemble de mécanismes de résistance suite à la surutilisation des antibiotiques qui a contribué donc à l'accélération de ce processus (**Leroy, 2021**).

Dès la découverte clé des antibiotiques pendant le 20^{ème} siècle, l'antibiothérapie a largement réduit la mortalité provoquée par les bactéries pathogènes. Néanmoins, lors de ces dernières décennies, la communauté humaine a été opposée d'une façon continue à de nouvelles situations de résistance aux antibiotiques et à l'apparition de clones multirésistants dans le monde entier ce qui engendre comme résultat l'échec de l'antibiothérapie et le début d'une ère post antibiotiques (**Sanchez-Cid Torres, 2021**).

Depuis longtemps, les humains découvrirent les plantes médicinales et ont rassemblé donc un ensemble de connaissances sur leurs usages thérapeutiques. Les connaissances sur les plantes ont été transmises au fil des générations et ont été partagées entre les populations voisines.

Actuellement, malgré que la médecine moderne soit accessible, l'utilisation des plantes pour traiter les maladies est encore très répandue à l'échelle mondiale. Les plantes médicinales sont utiles à la santé car elles possèdent des principes actifs responsables de leurs différents effets thérapeutiques. Ces substances ont des effets biologiques divers, ils permettent à l'organisme de combattre divers microbes et infections, de soigner et prévenir plusieurs maladies prenant comme exemple le diabète et l'hypertension, mais aussi la protection des organes vitaux comme le foie, les reins et le cœur. Elles permettent aussi la régulation du métabolisme et l'amélioration de la santé mentale en supplément d'une variété d'autres bienfaits sur la santé et le bien-être (**EL Alami, 2021**).

Prenons l'exemple du maïs : (*Zea mays L.*) qui occupe une place prépondérante parmi les cultures céréalières à travers le monde. Parmi ses résidus, auparavant considéré comme un déchet, on peut citer la soie de maïs qui a gagné une énorme popularité dans les pays de l'Asie et l'Afrique et qui présente plusieurs propriétés médicinales (**Singh et al., 2022 ; Zhang et al., 2023**).

Dans ce contexte, nous avons choisi de tester l'activité antimicrobienne de deux extraits préparés à partir de la soie de maïs, à savoir l'extrait hydrométhanolique ainsi que la macération huileuse vis-à-vis de souches cliniques isolées à partir de différents prélèvements biologiques (urines, prélèvements vaginaux et pus).

Afin de réaliser ce travail, nous avons :

- Préparé l'extrait hydrométhanolique ainsi que la macération huileuse à partir de la soie de maïs.
- Déterminé les diamètres des zones d'inhibition.
- Déterminé les CMI et la CMB.

*Chapitre I : La plante testée : la soie de maïs
(Zea mays L.)*

1. Le maïs :

1.1. Origine et généralités :

La culture du maïs occupe une position de premier plan en tant que culture essentielle pour l'alimentation de base à travers le monde (**Mulyati et al., 2021**).

Zea mays L., communément appelé maïs, appartenant à la famille des *Poacées*, est une céréale essentielle à l'échelle mondiale (**Figure 1**), classée troisième en termes de production derrière le blé et le riz (**Bocchini et al., 2018**).

C'est une plante herbacée tropicale annuelle largement cultivée pour ses grains riches en amidon et pour sa valeur comme plante fourragère. Cet aliment de base est cultivé dans un large éventail de zones agro écologiques et de divers systèmes agricoles (**Gul et al., 2021**).

Le maïs a fait son apparition en Afrique et aussi au Sahara dès le 16^{ème} siècle. Sa culture a été introduite par les arabes en Algérie et en Espagne. Cette plante est cultivée dans les régions tribales ainsi que dans les oasis du Sahara. Il est vraiment nécessaire de soutenir le développement de cette culture car elle présente un grand intérêt économique visant à satisfaire les besoins de notre pays tout en diminuant la dépendance aux importations (**Boukar, 2017**).

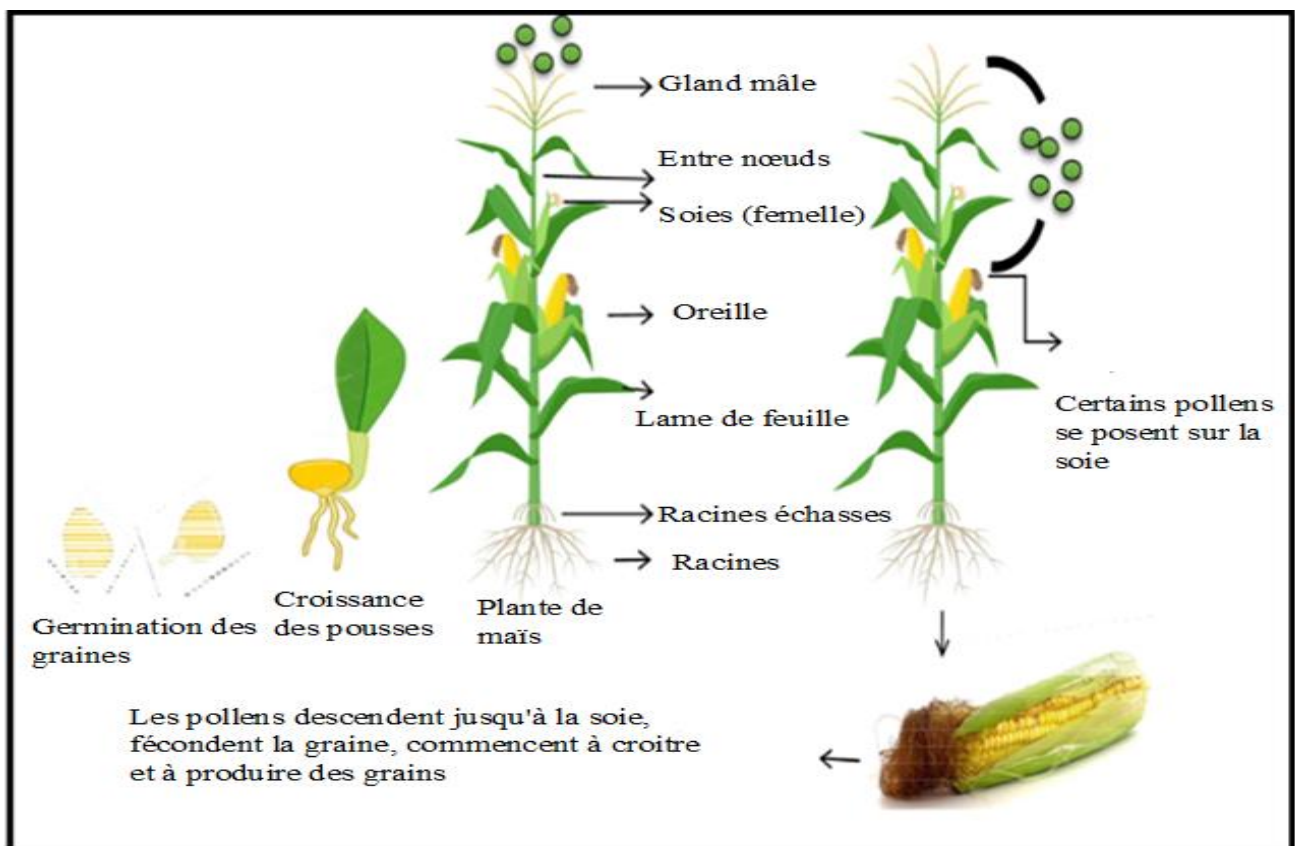


Figure 1 : Étapes de la pollinisation du maïs (**Kaur et al., 2022**).

1.2. Utilisation et intérêts :

Au niveau mondial, 67 % du maïs est destinée à l'alimentation animale tandis que 25% est pour la consommation humaine et le reste est pour divers utilisations (Gálvez,2020).

Le maïs a un rôle primordial comme un aliment de base pour plus de 4.5 milliards de personnes dans le monde spécifiquement dans les pays en développement, dont il représente au moins 30 % des calories consommées (Bocchini et al., 2018).

Il est très utilisé dans l'industrie pour diverses applications intéressantes comme la préparation d'amidon de maïs, de sirop de maïs, de dextrose et des flocons de maïs (Gul et al.,2021).

2. La soie de maïs :

2.1. Généralités et définition :

Les soies de maïs sont les stigmates des fleurs femelles de la plante *Zea mays L.* (Figure 2) (Nessa et al., 2021). Pendant longtemps, la soie de maïs était perçue comme étant un déchet puis elle a connu une énorme popularité dans les pays asiatiques et africains (Singh et al., 2022).

C'est une composante de la plante de maïs et elle est considérée comme un sous-produit de la transformation de cette dernière. Mais il a été reconnu que la soie a le potentiel de valorisation comme un ingrédient alimentaire fonctionnel et/ou nutraceutique. Ses diverses utilisations ayant beaucoup d'avantages sur l'être humain sont étroitement liés à sa composition chimique et aux mécanismes d'action de ses composés bioactifs comme les composés phénoliques par exemple les flavonoïdes (Haslina et al., 2017).



Figure 2 : La soie de maïs (Kaur et al., 2022).

2.2. Composition de la soie de maïs :

La soie de maïs est située à l'extrémité du maïs dont ses principaux constituants sont les flavonoïdes, l'acide chlorogénique, la lutéoline et la maysine (Tian *et al.*, 2021).

On trouve également différents composants chimiques (les vitamines par exemple la vitamine B, C et K, les hydrates de carbone, les fibres, diverses protéines, les huiles essentielles et divers sels minéraux (Na, Fe, Si, K, Zn, Ca, Mg et P)) ainsi que divers composés phytochimiques citons comme exemple le Sitostérol, stigmastérol, dérivés de l'hespéridine et la quercétine (Wang *et al.*, 2019 ; Limmatvapirat, 2020).

La soie de maïs comporte aussi des composés bioactifs (stéroïdes, huiles volatiles, alcaloïdes ainsi que des tanins et des flavonoïdes) (Haslina et Eva, 2017).

2.3. Intérêts et bienfaits de la soie de maïs :

Plusieurs constituants bioactifs et extraits de la soie de maïs ont été prouvés ayant des propriétés antidiabétiques, anti-obésité, anticancéreuses, antiinflammatoires, antihépatiques et aussi antihépatotoxiques, antihyperlipidémiques et antinéphrotoxiques (Figure 03) (Mada *et al.*, 2020).

La soie de maïs possède aussi divers avantages nutritionnels, vu sa richesse en plusieurs vitamines (B, C et K), fibres, huile volatile, gommés, résines, stérols, potassium et calcium (Tableau 1) (Parihar *et al.*, 2022).

L'utilisation de la soie de maïs sert à améliorer globalement la santé, favorise le développement économique des agriculteurs et permet sa promotion comme un produit alimentaire fonctionnel à forte valeur ajoutée (Kaur *et al.*, 2022).

Tableau 1 : Les valeurs nutritionnelles de certains nutriments dans la soie de maïs (Sivakami, D.P.2017).

Nutriments	Valeur nutritionnelle (soie de maïs fraîche)
Teneur en eau (humidité)	57.50 g
Carbohydrates	27.80 g
Protéines	5.78 g
Graisses	0.36 g
Fibres brutes	6.00 g
Sodium	720.27 mg
Potassium	107.08 mg

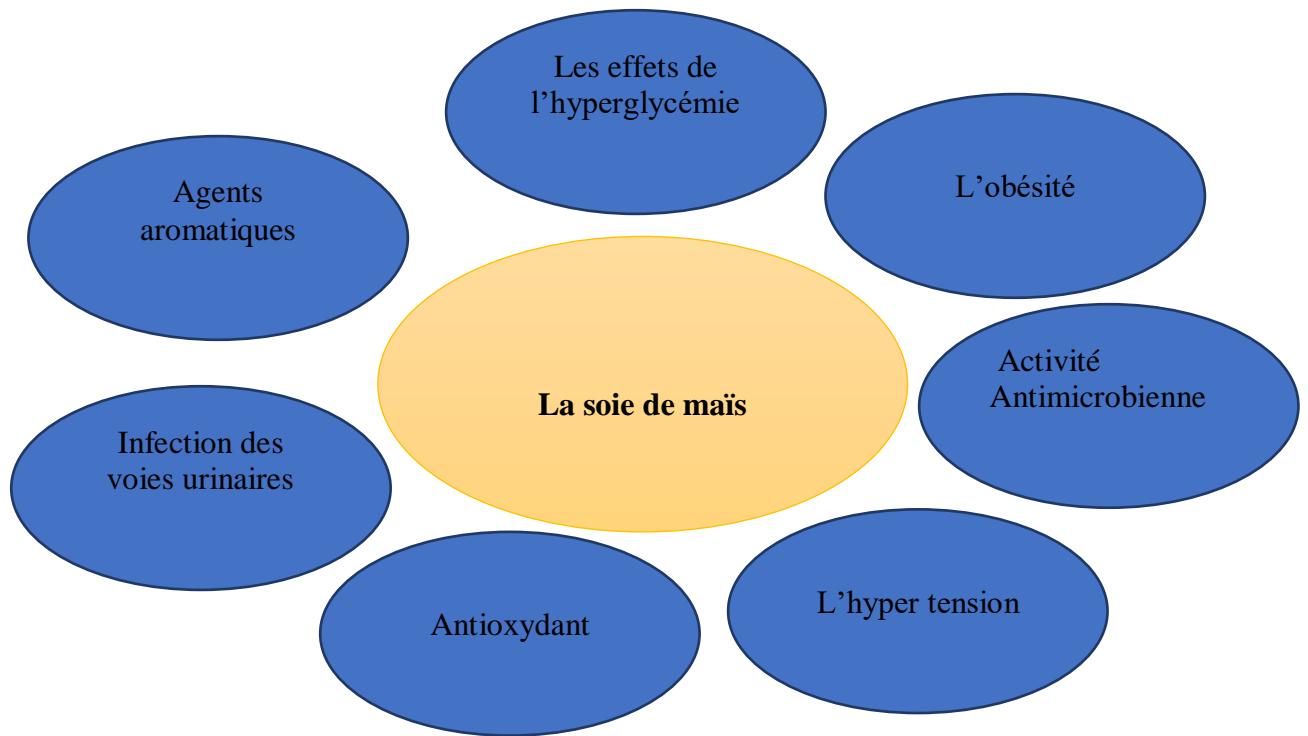


Figure 3 : Les bienfaits de la soie de maïs (Samee et *al.*, 2023).

Chapitre II : Les microorganismes testés

Dans ce chapitre, on a défini les différentes espèces microbiennes isolées et identifiées lorsque on a réalisé ce travail.

Les 6 espèces isolées sont :

1. *Staphylococcus aureus* :

1.1. Généralités :

Selon l'Organisation mondiale de la santé, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) est classé comme un agent pathogène hautement prioritaire pour lequel de nouvelles solutions thérapeutiques sont nécessaires (**Pinto et al., 2019**).

Les infections causées par *S. aureus* peuvent varier de simples infections cutanées à des infections systémiques plus graves. Sa dangerosité en tant qu'agent pathogène est en grande partie liée à sa résistance aux antibiotiques et à sa capacité à former des biofilms (**Vandecandelaere et al., 2017**).

1.2. Habitat :

Les staphylocoques sont des micro-organismes omniprésents et peuvent être trouvés dans différentes niches écologiques (**Zarazaga et al., 2018**).

C'est un pathogène opportuniste qui colonise habituellement les narines antérieures des êtres humains (**Kwieceński et Horswill, 2020**).

Ces bactéries sont présentes dans l'air, la poussière, les eaux usées et les surfaces environnementales (**Hennekinne, 2018**).

1.3. Pouvoir pathogène :

S. aureus est un pathogène connu pour produire plusieurs toxines, telles que la toxine alpha, les toxines exfoliatives (ETA, ETB, etc.), les entérotoxines et la leucocidine de Panton-Valentine (**Hischebeth et al., 2019**).

S. aureus est l'un des principaux agents pathogènes responsables d'infections hospitalières et communautaires. Il peut causer diverses maladies infectieuses, notamment des infections cutanées, respiratoires, ostéoarticulaires et septicémiques (**Guo et al., 2020**).

2. *Escherichia coli* :

2.1. Généralités :

E. coli est une bactérie appartenant à la classe des Gamma-protéobactéries et à la famille des Enterobacteriaceae. Elle a été décrite pour la première fois en 1885 par le pédiatre allemand Théodore Escherich (1857-1911) chez des enfants atteints d'entérite et c'est l'une des premières espèces dont le séquençage de génome a été réalisé et demeure l'un des organismes modèles les mieux caractérisés (**Hemm et al., 2020**).

Escherichia coli est l'espèce type du genre *Escherichia*. Ces espèces ont été isolées de manière anecdotique dans la pathologie humaine et ont leurs propres caractéristiques biochimiques uniques qui permettent de les distinguer les unes des autres. C'est l'organisme le mieux étudié et compris dans le monde grâce à sa polyvalence, sa rusticité et sa facilité de manipulation (**Blount, 2015**).

2.2. Habitat :

E. coli a une préférence pour le mucus qui recouvre les cellules épithéliales de la paroi du tube digestif, car cet environnement fournit des conditions écologiques favorables à sa croissance, telles que la température, l'humidité et la disponibilité en nutriments. Après avoir été excrété dans les selles à une concentration d'environ 10^8 UFC/g de matières fécales, il se répand dans l'environnement par le biais de divers effluents tels que les eaux usées, les lisiers ou les fumiers des animaux d'élevage ou encore les déjections des animaux d'élevage ou sauvages (**Smati et al., 2015**).

2.3. Pouvoir pathogène :

E. coli est une bactérie ubiquitaire que l'on trouve couramment dans le tube digestif des humains et des animaux à sang chaud. Bien que la plupart des souches soient inoffensives, certaines comme la souche productrice de Shiga-toxines, peuvent causer des maladies graves d'origine alimentaire chez l'homme. La transmission de cette bactérie pathogène à l'homme se fait principalement par la consommation d'aliments contaminés (**OMS, 2018 ; Riley, 2020**).

3. *Klebsiella pneumoniae* :

3.1. Généralités :

Le genre *Klebsiella* a été baptisé en l'honneur au microbiologiste allemand du 19^{ème} siècle, Klebs Edwin, par Trevisan en 1887. L'espèce type de ce genre est *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) également connue sous le nom de pneumobacille de Friedländer. Cette bactérie a été décrite par Friedländer dans les poumons d'un patient décédé de pneumonie (**Belbel, 2013 ; Martin et Bachman, 2018**).

3.2. Habitat :

K. pneumoniae est une bactérie ubiquitaire qui se trouve dans la flore fécale de 30 à 40% des animaux et des êtres humains. Elle est considérée comme une bactérie commensale qui colonise notamment le tube digestif et l'appareil respiratoire. Elle peut également se développer sur la peau et les muqueuses ainsi que les voies respiratoires supérieures (**Gonzalez-Ferrer et al., 2021**).

En raison de sa capacité à persister dans l'environnement hospitalier, *K. pneumoniae* peut être trouvée sur les surfaces et les dispositifs médicaux, ce qui facilite sa transmission entre les patients et le personnel soignant (Joseph, 2022).

3.3. Pouvoir pathogène :

K. pneumoniae est un pathogène opportuniste qui peut infecter les patients immunodéprimés hospitalisés ou souffrant de maladies sous-jacentes graves. Cette bactérie peut entraîner des complications telles que des infections des voies urinaires, des septicémies et des pneumonies en particulier chez les personnes âgées ou chez les patients présentant des facteurs prédisposants et elle est également responsable des infections du site opératoire, infections des voies urinaires et infections associées à l'utilisation de cathéters (Wang et al., 2020 ; Arato et al., 2021).

4. *Pseudomonas aeruginosa* :

4.1. Généralités :

Pseudomonas aeruginosa (*P. aeruginosa*) a été identifié par le chercheur allemand Schroeter sous le nom de *Bacterium aeruginosum*, après avoir remarqué une coloration bleutée du pus en présence de cette bactérie. C'est une bactérie opportuniste à gram négatif, largement utilisé comme un modèle dans l'étude de virulence (Diggle et Whiteley, 2020).

Cette espèce est la plus importante du genre *Pseudomonas* et représente 90% des bactéries de ce groupe isolées en milieu clinique humain (Chevalier et al., 2017).

4.2. Habitat :

P. aeruginosa est une bactérie répandue dans l'environnement et que l'on trouve couramment un peu partout (Magalhães et al., 2020).

L'hôpital peut offrir un environnement propice à sa prolifération où elle peut trouver refuge dans différentes sources, notamment les réseaux d'eau. C'est pourquoi l'identification des réservoirs de cette bactérie est un enjeu important pour prévenir les infections nosocomiales qui lui sont associées. Elle peut persister sur des surfaces inertes pendant une période allant de 6 heures à 6 mois (Pachori et al., 2019).

4.3. Pouvoir pathogène :

P. aeruginosa est un pathogène opportuniste impliqué dans divers types d'infections qui peuvent être particulièrement graves dans les conditions favorables à son développement. Cette bactérie est connue pour causer des infections nosocomiales, c'est-à-dire des infections contractées à l'hôpital mais peut également être responsable d'infections communautaires sévères (Skariyachan et al., 2018 ; Diggle et Whiteley, 2020).

5. *Morganella morganii* :

5.1. Généralités :

Morganella morganii est une bactérie anaérobie facultative, en forme de bâtonnet asporulée Gram-négative et mobile (Zaric et al., 2021).

Elle a été découverte pour la première fois par Morgan et al. En 1906, lors d'une culture fécale d'un patient pédiatrique (Liu et al., 2016).

5.2. Habitat :

M. morganii est une espèce qui se développe dans les intestins humains, les cavités buccales des animaux et divers milieux environnementaux (Rahman et al., 2020 ; Mbelle et al., 2020).

5.3. Pouvoir pathogène :

C'est un agent pathogène bactérien zoonotique opportuniste important qui peut entraîner de graves complications cliniques. Les voies urinaires, la peau et les tissus mous sont les cibles les plus fréquentes de *M. morganii*, ainsi que les voies hépatobiliaires (Li et al., 2018).

6. *Candida albicans* :

6.1. Généralités :

Candida albicans (*C. albicans*) est un organisme fongique appartenant à la famille des champignons. C'est l'espèce de levure la plus connue et la plus importante du genre *Candida* et elle est naturellement présente sur la peau, les muqueuses et dans l'intestin. Cependant lorsqu'il y a un déséquilibre immunitaire ou hormonal, il peut se développer de manière excessive et libérer des toxines, ce qui le rend pathogène. Ce phénomène est connu sous le nom de "candidose" (Arkowitz et Bassilana, 2019).

6.2. Habitat :

C. albicans est un champignon présent partout dans le monde, et les taux d'isolement indiquent qu'il est réparti différemment selon les sites de prélèvement chez les personnes en bonne santé, en effet, on retrouve cette levure sur la peau (3%), dans le vagin (13%), le tractus anorectal (15%) et la cavité buccale (18%) (Lohse et al., 2018 ; Lok et al., 2021).

6.3. Pouvoir pathogène :

Elle a la capacité d'exprimer de nombreux facteurs de virulence qui favorisent sa colonisation et son invasion chez l'hôte. Cette colonisation commence très tôt, car une étude a montré que 7,1% des enfants étaient déjà colonisés par *Candida* ou d'autres levures le jour de leur naissance. De plus 96% des enfants présentaient une colonisation buccale au cours du premier mois

de leur vie ce qui montre l'importance de cette levure dès les premiers stades de la vie (Poulain, 2015 ; Allison et *al.*,2016).

Chapitre III : La résistance bactérienne aux antibiotiques

1. Les antibiotiques :**1.1. Historique et généralités :**

La découverte des antibiotiques dans le siècle précédent est souvent citée comme étant l'un des progrès majeurs de l'histoire de la médecine. Leur utilisation a énormément réduit la morbidité ainsi que la mortalité liée aux infections bactériennes (**Ghosh et al., 2020**).

Un antibiotique est une substance naturelle ou synthétique qui détruit ou bloque la croissance bactérienne. Il existe des antibiotiques bactéricides qui possèdent le pouvoir de tuer les bactéries tandis que d'autres qui sont bactériostatiques inhibent la multiplication bactérienne sans les tuer (**Bouaziz, 2018**).

Ils sont utilisés pour le traitement et la prévention contre les infections bactériennes comme les bronchites, les otites, les méningites (**Veyssiere, 2019**).

1.2. Modes d'action des antibiotiques :

L'accent est mis sur les divers modes d'action qui impliquent (**Figure 4**) (**Audrey, 2019**).

- L'inhibition des voies métaboliques de la synthèse des folates comme l'acide folique.
- La réplication de l'ADN peut être affectée par différents mécanismes, tels que la fixation de certaines molécules sur des enzymes comme l'ADN gyrase ou les topoisomérases.
- Action sur la synthèse protéique c'est-à-dire sur la traduction.
- Action sur la transcription.
- Action sur la synthèse de la paroi bactérienne qui est un processus vital pour la survie des bactéries. La pénicilline est un antibiotique qui agit en se fixant sur la protéine de liaison des pénicillines (PLP) et en inhibant, ainsi, la synthèse du peptidoglycane un composant essentiel de la paroi bactérienne.
- Certains composés, tels que la colistine, peuvent augmenter la perméabilité membranaire en affectant la structure de la membrane cellulaire.

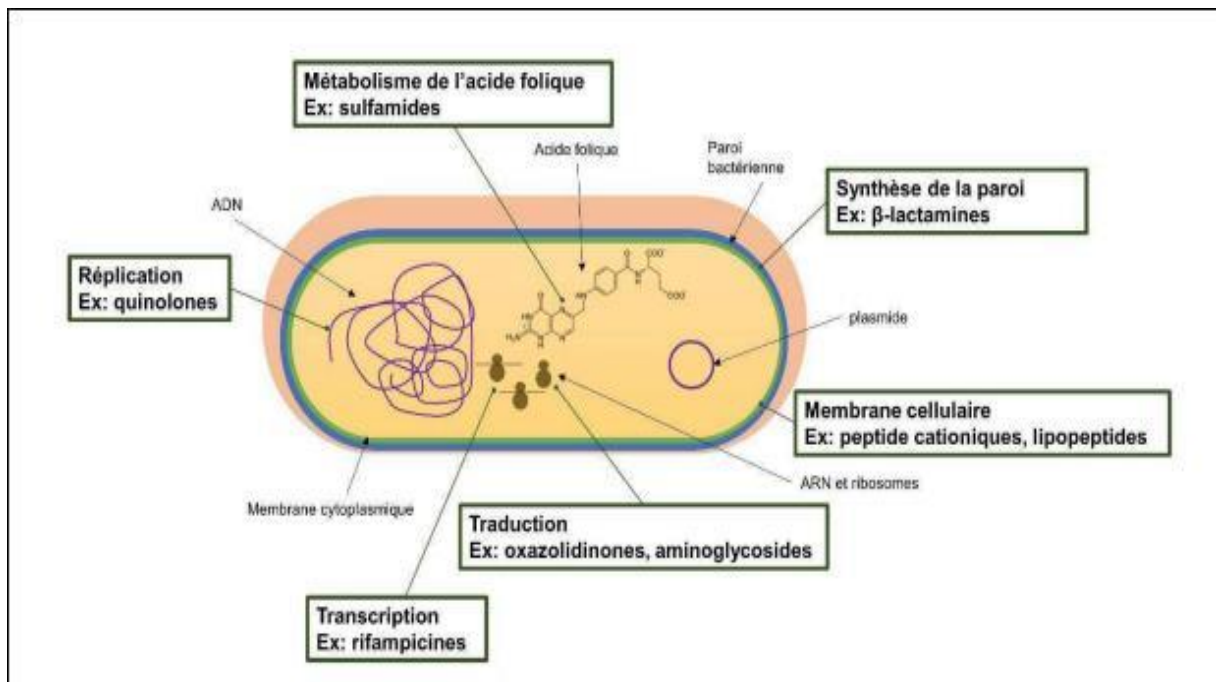


Figure 4 : Les différents modes d'action des antibiotiques (Audrey, 2019).

2. L'antibiorésistance :

2.1. Historique et généralités :

L'antibiorésistance est aujourd'hui l'un des plus grands défis de la santé publique à l'échelle mondiale. Cette résistance aux antibiotiques peut toucher n'importe qui, quel que soit l'âge ou le pays d'origine et représente une menace grave pour la santé, la sécurité alimentaire et le développement, en effet, elle entraîne une prolongation des hospitalisations, une augmentation des dépenses médicales et une hausse de la mortalité (OMS, 2020).

Certaines résistances bactériennes peuvent rendre le traitement d'une infection, même bénigne, plus complexe. Elles peuvent affecter n'importe qui, même les personnes en bonne santé et pas seulement les patients les plus vulnérables ou ceux qui sont hospitalisés (Maugat Sylvie et al., 2019).

2.2. Définition :

L'antibiorésistance est l'aptitude d'un microorganisme à résister à l'action d'un antibiotique et au cours des dernières années, il y a eu un développement croissant de l'antibiorésistance qui touche la plupart des bactéries pathogènes (Souvignet, 2022).

2.3. La résistance naturelle et la résistance acquise aux antibiotiques :**a. La résistance naturelle :**

C'est l'aptitude de toutes les souches d'une bactérie de survivre lors de la présence d'un antibiotique. Elle est donc une caractéristique intrinsèque de l'espèce bactérienne et généralement héritée par la descendance, mais sa transmission entre les bactéries de la même espèce ou entre espèces différentes est souvent difficile (Veyssiere, 2019).

b. La résistance acquise :

Elle ne concerne que certaines souches spécifiques au sein d'une espèce bactérienne donnée (Muller, 2017).

Donc c'est une résistance qui n'est plus spécifique à l'espèce mais propre à chaque souche (Souvignet, 2022).

3. Les différents mécanismes de la résistance bactérienne aux antibiotiques :

L'antibiorésistance peut se produire de divers mécanismes, Ces mécanismes peuvent se manifester d'une façon indépendante ou combinée, dans ce cas ils deviennent plus difficiles à contourner (Veyssiere, 2019).

3.1 Mécanismes génétiques de l'antibiorésistance :

La résistance acquise résulte d'une modification génétique qui peut être de 2 types :

3.1.1 Chromosomique :

Par la mutation génétique touchant un gène de structure ou bien un gène de régulation. Ce phénomène est rare (10 à 20%), il se réalise de manière spontanée et reste stable au cours du temps, sa transmission se fait verticalement (Mangin, 2016).

3.1.2 Extra-chromosomique :

À travers l'acquisition de gènes de résistance. Ce phénomène est plus fréquent (80 à 90%) et les éléments génétiques sont mobiles et portés par des plasmides, des intégrons ou des transposons pouvant se transmettre de manière horizontale aux autres bactéries par simple contact ou bactériophage, expliquant qu'il puisse toucher plusieurs familles d'antibiotiques et entraîner une multi résistance (Fosseprez, 2013).

3.2 Mécanismes biochimiques de l'antibiorésistance :

La résistance aux antibiotiques peut trouver son origine dans six paramètres distincts :

1. L'inactivation de l'antibiotique par la production d'enzymes bactériennes qui le dégradent.
2. La modification de la cible par la bactérie qui perturbe ainsi l'interaction avec l'antibiotique
3. Le mécanisme d'efflux actif qui permet à certaines bactéries de synthétiser des canaux pour rejeter l'antibiotique à l'extérieur.

4. Une diminution de la perméabilité membranaire à l'antibiotique qui de ce fait, ne peut plus atteindre sa cible.
5. La protection de la cible par un encombrement stérique ribosomal.
6. Le piégeage de l'antibiotique par superproduction de la cible ou par la synthèse de molécules capables de le leurrer. Dans les deux cas, la molécule antibiotique est incapable d'interagir avec sa cible et donc d'exercer son activité (**Muylaert et al.,2015**).

Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie médicales à l'hôpital les frères Saad guermech (Skikda) dont le but est l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs vis-à-vis de souches cliniques pathogènes.

1. Matériel :

1.1. Les souches microbiennes :

11 souches bactériennes et deux souches de levure (*Candida albicans*) ont été isolées et identifiées au niveau du laboratoire d'analyses médicales du Dr Bendjama, Wilaya de Skikda et ont été utilisées pour la réalisation de notre travail.

1.2. Le matériel végétal :

Nous avons choisi une partie d'une plante connue pour ses vertus médicinales, il s'agit de la soie de maïs.

1.2.1. Critères de choix de la plante :

Le choix de cette plante est basé sur une enquête ethno-pharmacologique avec usage en médecine traditionnelle, présentant des propriétés antioxydantes, anti-obésité, antimicrobienne mais aussi anti-diabète et anti-inflammatoires. Ses peptides peuvent également aider à réduire le taux de cholestérol dans le sang et à améliorer la santé digestive.

1.2.2. Séchage et conservation :

La soie de maïs, fraîchement récoltée, est laissée sécher à l'ombre dans un endroit sec et aéré et lorsqu'elle est devenue sèche, elle est récupérée dans une boîte propre pour servir ultérieurement à l'extraction (**Figure 5**).



Figure 5 : La soie de maïs sèche (**Prise personnelle**).

2. Méthodes :

2.1. Préparation de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs :

Dans cette partie, nous avons procédé à l'extraction du maximum de composés bioactifs à partir de la soie du maïs (Michel, 2011).

- 60 g de la poudre de la plante est macéré dans un mélange hydroalcoolique (MeOH-H₂O : 70 : 30%) (Figure 6).
- La macération est effectuée 2 fois avec renouvellement du solvant toutes les 24h.
- La filtration (Figure 7) et l'évaporation du solvant à l'aide du rota vapeur ont permis d'obtenir un extrait aqueux (Figure 8).
- L'extrait est récupéré dans un flacon sombre et gardé à l'abri de la lumière dans le réfrigérateur.

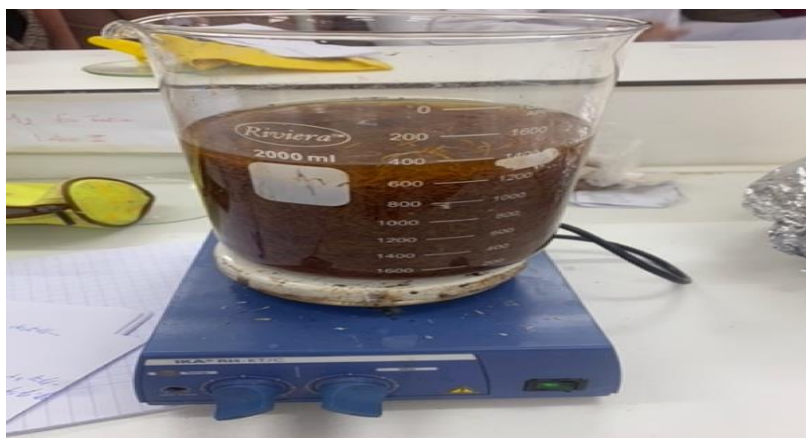


Figure 6 : Macération hydrométhanolique de la soie de maïs (Prise personnelle).



Figure 7 : Filtration sur papier buvard de la macération (Prise personnelle).



Figure 8 : Élimination du solvant par le rota-vapeur et récupération de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

2.2. Préparation de la macération huileuse de la soie de maïs :

La préparation de l'extrait huileux a été effectuée comme suit (**Kraft et Hobbs, 2004**).

-10 g de la poudre de la soie de maïs sont mis en macération avec 100 ml de l'huile de tournesol pendant 20 jours à l'ombre à température ambiante.

-L'extraction est réalisée par filtration.

-L'extrait est conservé à 4 °C dans un flacon hermétiquement fermé jusqu'à utilisation (**Figure 9**).

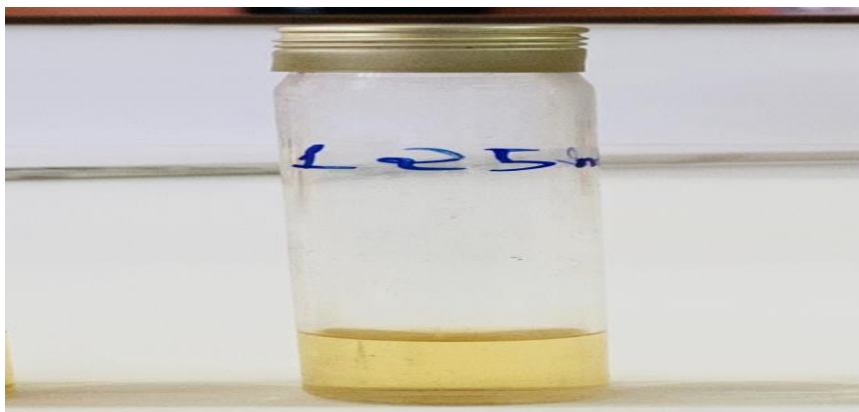


Figure 9 : Macération huileuse de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

A partir des extraits obtenus, plusieurs concentrations, utilisant le DMSO et le méthanol comme solvants, ont été préparées et testées : 1000 µg/ml, 500 µg/ml, 250 µg/ml, 125 µg/ml, 62.5 µg/ml, 31,25 µg/ml et 15.62 µg/ml (**Figure 10**).



Figure 10 : La série de dilutions de l'extrait de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

2.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne des deux extraits de la soie de maïs :

2.3.1. Détermination des diamètres des zones d'inhibition (ZI) :

➤ **Protocole expérimental :**

- Préparer un inoculum à partir d'une culture pure de 18h sur milieu d'isolement, bien homogénéiser la suspension bactérienne (son opacité doit être équivalente à une DO de 0,08 lue à 625nm).
- L'ensemencement doit se faire dans les 15min qui suivent la préparation de l'inoculum.
- L'inoculum a été ensemencé sur des boites de Pétri contenant le milieu Mueller Hinton (MH) pour les bactéries et le milieu sabouraud pour les levures par la méthode d'écouvillonnage.
- Une fois que les boites sont ensemencées, déposer quatre disques de papier buvard stérile dans chaque boîte.
- 30µl de l'extrait sont déposés sur chaque disque en utilisant la micropipette munie d'embout stérile.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 18h.
- La lecture se fait en mesurant avec précision les diamètres, en mm, des zones d'inhibition (**Rahal, 2005**) (**Figure 11**).

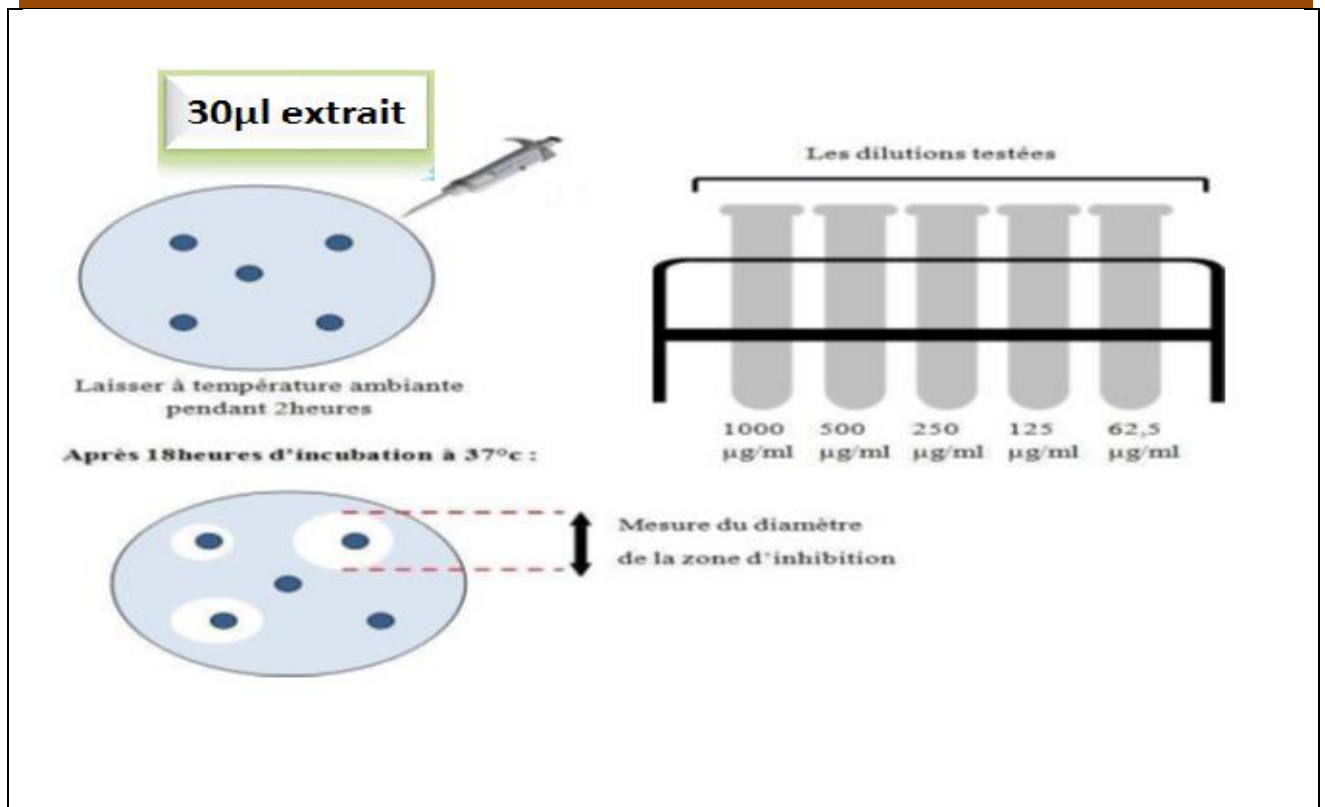


Figure 11 : Détermination des diamètres des zones d'inhibition.

2.3.2. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) :

- Chaque tube contenant 1 ml de bouillon MH est inoculé par la suspension bactérienne ou fongique puis un volume de 100 µl de chaque concentration de l'extrait a été ajouté.
- Un tube contenant l'inoculum et non traité par l'extrait, a été préparé et considéré comme témoin.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 18 h.
- La lecture se fait par comparaison avec le tube témoin : la dilution qui donne le premier tube clair c'est-à-dire pas de croissance bactérienne ou fongique, détermine la CMI (Rahal, 2005) (Figure12).

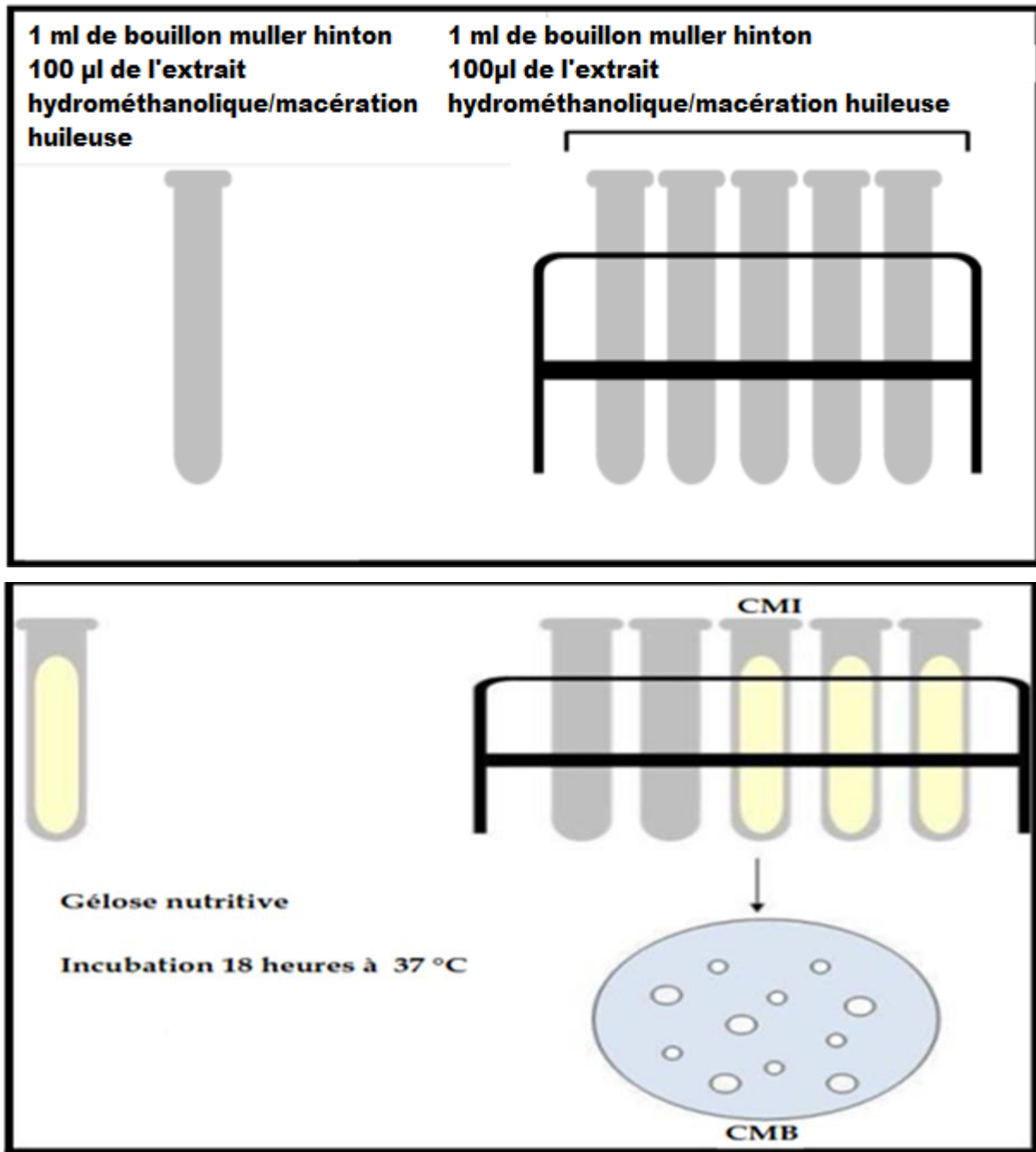


Figure 12 : Détermination de la CMI et la CMB.

2.3.3. Détermination de la Concentration Minimale Bactéricide (CMB) :

- A partir du tube de la CMI qui ne montre pas de turbidité, un volume de 100 µl est déposé sur une boîte contenant de la gélose nutritive.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 18h.
- La lecture de la CMB correspond à la plus petite concentration d'extrait pour laquelle aucune croissance n'est observée et qui correspond à un dénombrement bactérien inférieur à 10^2 UFC/ml (Ganiere et al., 2004) (Figure 12).

Résultats

1. Les caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs :

Tableau 2 : Caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.

Extrait Hydrométhanolique	Caractéristiques
Aspect	Visqueux
Couleur	Maron
Odeur	Caramélisée

Tableau 3 : Caractéristiques organoleptiques du macérât huileux de la soie de maïs.

Macérât huileux	Caractéristiques
Aspect	Visqueux
Couleur	jaunâtre
Odeur	Caractéristique de la plante

2. Évaluation de l'activité antimicrobienne des deux extraits de la soie de maïs :

2.1. Détermination des zones d'inhibition et des CMI de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs vis-à-vis des souches cliniques testées :

Les résultats de l'évaluation de l'effet antimicrobien de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs vis-à-vis des souches cliniques sont présentés dans le **tableau 4**.

Les diamètres des zones d'inhibition varient, d'une façon générale, entre 10 et 16 mm et les CMI varient entre 31,25 et 500 µg/ml (**Figures 13 et 14**).

Les résultats les plus faibles ont été obtenus avec les souches d'*E. coli* avec un diamètre égal à 10 mm et CMI égale à 500 µg/ml pour deux d'entre elles et la résistance de la troisième ainsi que les deux souches de *P. aeruginosa* où les diamètres varient entre 10 et 11 mm et les CMI entre 500 et 1000 µg/ml.

Pour *S. aureus* les diamètres de zone d'inhibition varient entre 10 et 12 mm et les CMI sont moyennement variant entre 250 et 500 µg/ml.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec la souche de *Morganella morganii* avec un diamètre de zone d'inhibition égale à 16mm et une CMI faible égale à 31,25 µg/ml et les deux souches de *Candida albicans* avec un diamètre égal à 15 mm et une CMI égale à 31,25µg/ml.

Tableau4 : Les diamètres des zones d'inhibition et les valeurs des CMI des souches cliniques testées vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.

Souches microbiennes	Diamètres des zones d'inhibition (mm)	CMI (µg/ml)
<i>S. aureus</i> 1	10	500
<i>S. aureus</i> 2	12	250
<i>S. aureus</i> 3	12	250
<i>E. coli</i> 1	R	/
<i>E. coli</i> 2	10	500
<i>E. coli</i> 3	10	500
<i>K. pneumoniae</i> 1	11	125
<i>K. pneumoniae</i> 2	12	125
<i>M. morganii</i>	16	31,25
<i>P. aeruginosa</i> 1	10	1000
<i>P. aeruginosa</i> 2	11	500
<i>C. albicans</i> 1	15	31,25
<i>C. albicans</i> 2	15	31,25



Figure 13 : Les diamètres des zones d'inhibition de la souche *S. aureus* 1 vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

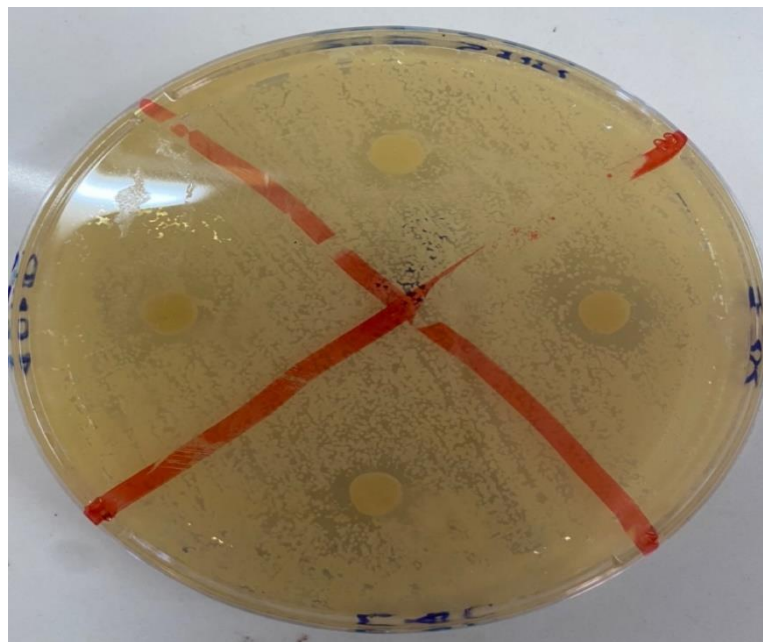


Figure 14 : Les diamètres des zones d'inhibition de la souche *C. albicans* 1 vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

2.2. Détermination des zones d'inhibition et des CMI de la macération huileuse de la soie de maïs vis-à-vis des souches cliniques testées :

D'une façon générale, des résultats très intéressants sont obtenus avec la macération huileuse vis-à-vis des souches cliniques testées. Les résultats sont présentés dans le **tableau 5**.

Les diamètres des zones d'inhibition varient entre 13 et 38 mm et les CMI varient entre 15,62 et 250 µg/ml (**Figures 15 et 16**).

Les résultats pour *E. coli* sont meilleurs par rapport à l'extrait hydrométhanolique. Les diamètres varient entre 13 et 20 mm et les CMI entre 31,25 et 250 µg/ml. La souche *E. coli* 1 qui s'est montré résistante au précédent extrait s'est montrée sensible à la macération huileuse.

Les souches de *K. pneumoniae* ont montré une forte sensibilité vis-à-vis de l'extrait huileux testé avec des diamètres de 31 et 38 mm et une CMI faible égale à 15,62 µg/ml.

P. aeruginosa et *C. albicans* ont présenté des résultats très importants avec des zones d'inhibition allant de 29 à 35 mm et une CMI faible égale à 15,62 µg/ml pour toutes les souches.

Tableau 5 : Les diamètres des zones d'inhibition et les valeurs des CMI des souches cliniques testées vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs.

Souches microbiennes	Diamètres des zones d'inhibition (mm)	CMI (µg/ml)
<i>S. aureus</i> 1	23	15,62
<i>S. aureus</i> 2	20	15,62
<i>S. aureus</i> 3	32	15,62
<i>E. coli</i> 1	13	250
<i>E. coli</i> 2	19	31,25
<i>E. coli</i> 3	20	31,25
<i>K. pneumoniae</i> 1	38	15,62
<i>K. pneumoniae</i> 2	31	15,62
<i>M. morgani</i>	16	31,25
<i>P. aeruginosa</i> 1	29	15,62
<i>P. aeruginosa</i> 2	30	15,62
<i>C. albicans</i> 1	35	15,62
<i>C. albicans</i> 2	33	15,62

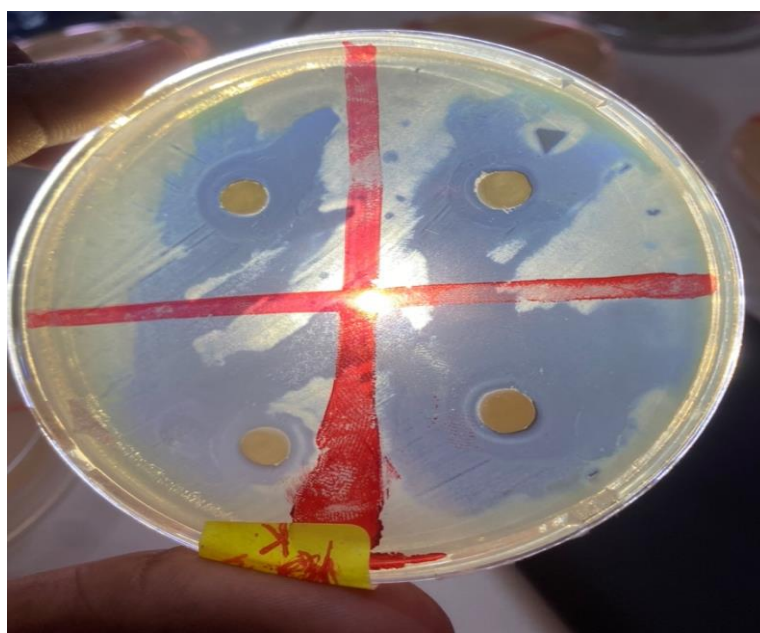


Figure 15 : Les diamètres des zones d'inhibition de la souche *K. pneumoniae* 1 vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

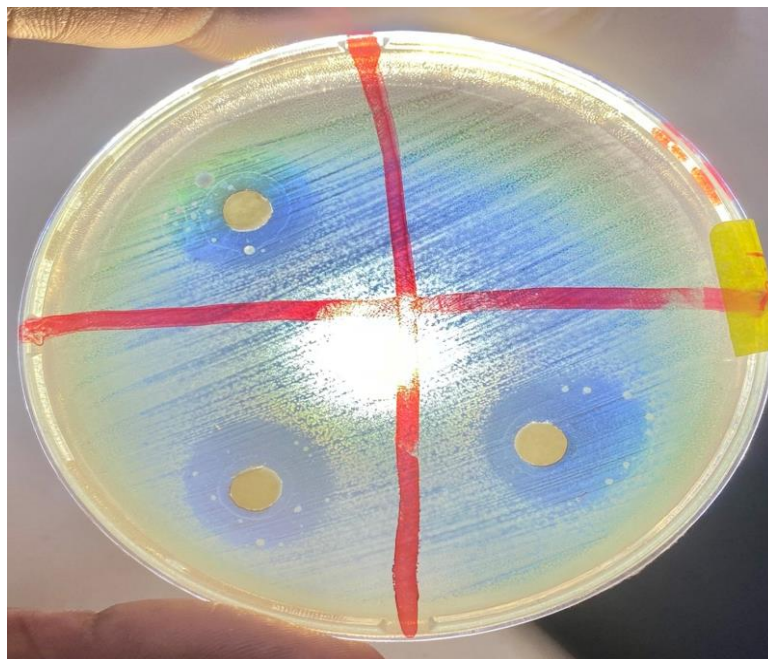


Figure 16 : Les diamètres des zones d'inhibition de la souche *P. aeruginosa* 1 vis-à-vis de la macération huileuse de la soie de maïs (**Prise personnelle**).

3. Évaluation de la CMB des deux extraits testés de la soie de maïs :

Aucune croissance observée sur les boîtes de GNensemencées, ce qui reflète l'effet bactéricide des deux extraits de la soie de maïs testées.

Discussion

La résistance aux antibiotiques est devenue une menace inévitablement alarmante pour la communauté mondiale. Les principaux facteurs sont la surutilisation, l'abus d'antibiotiques et le manque de nouveaux médicaments en cours de développement, l'accent mis par l'industrie des soins de santé sur le profit et l'absence de tests diagnostiques avant la prescription d'antibiotiques (**Akram et al., 2023**).

En outre, au cours de cette dernière décennie, les principaux facteurs contribuant à la propagation mondiale de la résistance aux antibiotiques sont : la surutilisation d'antibiotiques chez le bétail et d'autres animaux, l'inefficacité des médicaments, le développement de moins de nouveaux vaccins, la toxicité environnementale, la transmission par les voyages et le manque de financement pour la recherche et le développement en soins de santé. Ces facteurs ont accéléré la résistance des micro-organismes par le biais de modifications structurelles et fonctionnelles chez les bactéries telles que la réduction de la perméabilité aux médicaments, l'augmentation des pompes à efflux, la modification enzymatique des antibiotiques et le changement de la cible du médicament l'infection intracellulaire et la création de biofilm. Il y a eu une augmentation de la résistance pendant la pandémie et chez les patients atteints de cancer en raison de prescriptions inappropriées (**Akram, et al., 2023**).

Afin de remédier à tout ça et essayer de trouver de nouvelles solutions à ce problème, la communauté scientifique a eu recours aux plantes médicinales et dérivés.

Le législatif européen dans le domaine des produits naturels à usage médical constitué par l'Agence européenne des médicaments (AEM), sur la base des travaux scientifiques de son Comité des médicaments à base de plantes (CMP) a établi des monographies européennes couvrant les utilisations thérapeutiques et les conditions de sécurité des substances et des préparations à base de plantes, principalement basées sur la médecine populaire, mais incluant des données issues de la recherche scientifique (**Bittner et al., 2021**).

Le maïs (*Zea mays* L.), appartenant à la famille des Poacées, est la 3ème céréale importante dans le monde. Il est utilisé comme aliment humain, aliment pour animaux et matière première pour la fabrication d'un nombre de produits industriels et est considérée comme un biocarburant et une culture fourragère potentiellement précieuse. Il a des activités antimicrobiennes qui préviennent diverses maladies causées par des virus, des bactéries et des champignons (**Morshed et Islam, 2015**).

Certaines propriétés médicinales attribuées à la soie de maïs comprennent des propriétés antioxydantes (**El-Ghorab et al., 2007**). Effets antidiabétiques (**Guo et al., 2009**). Activités antibiotiques vis-à-vis du ver de l'épi du maïs (**Waiss et al., 1979**). Résistance aux insectes (**Guevara et al., 2000**) et une activité antitumorale. Le criblage de diverses espèces de plantes pour

leurs propriétés médicinales est important pour surmonter ces problèmes émergents, puisque la soie de maïs contient un certain nombre de flavonoïdes, acide chlorogénique, p-coumarique, acide férulique, saponines, phytostérols, huile volatile, huile fixe, résine, sucres, allantoïne, tanin et minéraux (Ebrahimzadeh et al., 2008).

Dans ce travail nous avons utilisé un total de 11 souches bactériennes et 2 souches de la levure *C. Albicans*, isolées et identifiées au niveau du laboratoire d'analyses médicales du Dr.Bendjama wilaya de Skikda. Les souches cliniques sont les suivantes : *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeuruginosa*, *M. morgani* et *C. albicans*. Sur ces souches isolées, nous avons testé l'activité antimicrobienne de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs en mesurant les diamètres des zones d'inhibition et en déterminant la CMI et CMB.

En ce qui concerne l'extrait hydrométhanolique nous avons obtenus des diamètres des zones d'inhibition qui varient entre 10 et 16 mm et des CMI entre 31.25 et 1000 µg/ml et une seule souche d'*E. coli* s'est montrée résistante. Le meilleur résultat a été obtenu avec la souche de *Morganella morgani*.

De meilleurs résultats ont été obtenus avec la macération huileuse où les diamètres des zones d'inhibition varient entre 13 et 38mm et les CMI entre 15,62 et 250 µg/ml. Le meilleur résultat a été obtenu avec les souches de *K. pneumoniae* 1 et *C. albicans* 1.

Plusieurs études ont évalué l'activité antimicrobienne de différents extraits de la soie de maïs comme l'étude faite par **Morshed et Islam, (2015)**, basée sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne de trois extraits préparés à partir de la soie de maïs : il s'agit de l'extrait éthanolique, méthanolique et l'extrait chlorophorm. Les résultats montrent que les diamètres des zones d'inhibition sont faibles pour l'extrait éthanolique et méthanolique variant entre 13.17 and 12.27 mm, un résultat similaire aux notre avec les bactéries Gram positif et Gram négatif. Par contre les CMI sont plus importantes variant entre 13.17 to 9.45 mg/ml.

Abirami et al., (2021) a testé plusieurs activités biologiques de l'extrait éthanolique de la soie de maïs et en ce qui concerne l'activité antibactérienne, la CMI est égale à 900 µg/ml, seule concentration ayant donné un résultat positif. Contrairement à nous où la CMI varie entre 15,62 et 500 µg/ml. La même étude a montré que l'action biologique du *Zea mays L.* peut être due à la présence de composés bioactifs comme les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes et les protéines, les vitamines, les glucides et les minéraux, les huiles volatiles et les stéroïdes et les alcaloïdes présents dans cette plante.

Par rapports aux travaux qu'on a pu trouver sur les extraits de la soie de maïs, la macération huileuse préparée et testée lors de la réalisation de notre travail a donné

des résultats bien meilleurs et reste une technique simple avec un très bon rendement. Cet extrait présente un vrai espoir thérapeutique mais qui mérite d'être mieux caractérisé.

Conclusion et perspectives

Dans les dernières décennies, les infections bactériennes causées par des bactéries résistantes aux antibiotiques constituent un problème de santé publique, provoquant des échecs thérapeutiques. Pour faire face à ce problème, des recherches scientifiques se sont dirigées vers l'utilisation de nouvelles alternatives thérapeutiques. La recherche clinique dans le domaine de la microbiologie a permis d'améliorer notre compréhension de la pathophysiologie des infections bactériennes et autorisera à l'avenir des traitements davantage ciblés. De nombreuses recherches ont porté sur les extraits de plantes et les macérations afin de trouver de nouvelles sources d'agents antimicrobiens naturels et remplacer ainsi les antibiotiques devenus inactifs.

Dans ce contexte, nous avons essayé d'évaluer l'activité antimicrobienne, *in vitro* de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs (*Zea mays L.*).

L'évaluation de l'activité antimicrobienne nous a permis de mettre en évidence l'effet antimicrobien de l'extrait hydrométhanolique vis-à-vis des différentes bactéries et levures isolées où les diamètres des zones d'inhibition sont compris entre 10 et 16mm et les CMI entre 31.25 et 1000 µg/ml, avec la résistance de la souche *E. coli* 1. Un résultat très intéressant a été obtenu avec la macération huileuse où les diamètres des zones d'inhibition varient entre 13 et 38 mm et les CMI entre 15,62 et 250 µg/ml. Enfin, nos résultats indiquent que la macération huileuse présente une forte activité antimicrobienne présentant ainsi un réel espoir thérapeutique dans la lutte contre les bactéries multirésistantes surtout.

Perspectives :

A la lumière de ces résultats obtenus et en tenant compte de la problématique du sujet il nous semble judicieux d'approfondir le présent travail par :

- La caractérisation phytochimique et la comparaison entre les différents composants de l'extrait hydrométhanolique ainsi que le macérat huileux.
- Tester les différents extraits sur un large éventail de souches cliniques et leur effet synergique avec d'autres plantes médicinales.
- Tester d'autres activités biologiques, à savoir : l'activité antifongique, antiparasitaire et anticancéreuse.
- Evaluer la cytotoxicité et la génotoxicité des extraits.

Références Bibliographiques

A

Abirami S., Priyalakshmi M., Soundariya A., Samrot A.V., Saigeetha S., Emilin R.R., Dhiva S., Inbathamizh L., (2021). Antimicrobial activity, antiproliferative activity, amylase inhibitory activity and phytochemical analysis of ethanol extract of corn (*Zea mays* L.) silk. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*.4 : 100089.

Akram, F., Imtiaz, M., &Haq, I. U. (2023). Emergent crisis of antibiotic resistance: A silent pandemic threat to 21 century. *Microbial pathogenesis*, 174, 105923. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105923>st

Allison, D. L., Willems, H. M. E., Jayatilake, J. A. M. S., Bruno, V. M., Peters, B. M., &Shirliff, M. E. (2016). Candida-Bacteria Interactions: Their Impact on Human Disease. *Microbiology spectrum*, 4(3), 10.1128/microbiolspec.VMBF-0030-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.VMBF-0030-2016>

Arato, V., Raso, M. M., Gasperini, G., Berlanda Scorza, F., &Micoli, F. (2021). Prophylaxis and Treatment against *Klebsiella pneumoniae*: Current Insights on This Emerging Anti-Microbial Resistant Global Threat. *International journal of molecular sciences*, 22(8), 4042. <https://doi.org/10.3390/ijms22084042>

Arkowitz, Robert &Bassilana, Martine. (2019). Recent advances in understanding *Candida albicans* hyphal growth. *F1000Research*. 8. 700. 10.12688/f1000research.18546.1. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.18546.1>

Audrey D., (2019). Comprendre et contrôler la transmission des bactéries multi résistantes par l'analyse et la modélisation des réseaux d'interactions interindividuelles en milieu hospitalier. Médecine humaine et pathologie. Université Paris-Saclay, 2019. Français. NNT : 2019SACLV075. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02448298>

B

Belbel Z. (2013). Evaluation de la résistance aux antibiotiques des souches de *Klebsiella Pneumoniae* isolées dans les hôpitaux de la ville d'Annaba. Thèse de doctorat d'état, Université Badji Mokhtar, Annaba, 146p.

BittnerFialová S., Rendeková K., Mucaji P., Nagy M., SlobodníkováL.,(2021).Antibacterial Activity of Medicinal Plants and Their Constituents in the Context of Skin and Wound Infections, Considering European Legislation and Folk Medicine—A Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 10746

Blount Z. D. (2015). The unexhausted potential of *E. coli*. *eLife*, 4, e05826.
<https://doi.org/10.7554/eLife.05826>

Bocchini, M., D'Amato, R., Ciancaleoni, S., Fontanella, M. C., Palmerini, C. A., Beone, G. M., Onofri, A., Negri, V., Marconi, G., Albertini, E., &Businelli, D. (2018).Soil Selenium (Se) Biofortification Changes the Physiological, Biochemical and Epigenetic Responses to Water Stress in *Zea mays* L. by Inducing a Higher Drought Tolerance. *Frontiers in plant science*, 9, 389.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00389>

Bouaziz, Z. (2018). L'élaboration des nouveaux (Bio)-matériaux et leurs applications dans le domaine médical [Thèse de doctorat, Université Montpellier ; Université de Carthage (Tunisie)]. NNT : 2018MONTS115. Tel-02180552.

Boukar, I. (2017). Comportement De Quelques Variétés Importées Du Mais Vis A Vis Des Conditions Du Milieu De La Région D'adras [Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem].

C

Chevalier, S., Bouffartigues, E., Bodilis, J., Maillot, O., Lesouhaitier, O., Feuilleley, M. G. J., Orange, N., Dufour, A., & Cornelis, P. (2017). Structure, fonction et régulation des porines de *Pseudomonas aeruginosa*. *FEMS microbiology reviews*, 41(5), 698-722.
<https://doi.org/10.1093/femsre/fux020>

D

Diggle, S. P. et Whiteley, M. (2020). Profil microbien : *Pseudomonas aeruginosa*: pathogène opportuniste et rat de laboratoire. *Microbiology (Reading, Angleterre)*, 166(1), 30-33.
<https://doi.org/10.1099/mic.0.000860>

E

Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. 2008. Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish Journal of Biology*, 32: 43-49.

El Alami, Abderrazak. (2021). Bienfaits et dangers des plantes médicinales : Substances bioactives, effets thérapeutiques et toxicité des plantes.

El-Ghorab A., El-Massry K.F., Shibamoto T., (2007). Chemical composition of the volatile extract and antioxidant activities of the volatile and nonvolatile extracts of Egyptian corn silk (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 9124-9127.

F

Fosseprez P., (2013). Antibiothérapie en pratique de ville : Constat et réflexions sur le rôle du pharmacien d'officine dans la lutte contre l'antibiorésistance. [Nancy] : Faculté de Pharmacie.

G

Gálvez Ranilla L. (2020). The Application of Metabolomics for the Study of Cereal Corn (*Zea mays* L.). *Metabolites*, 10(8), 300. <https://doi.org/10.3390/metabo10080300>

Ganier J.P., Mangion C., Peridy M., (2004). Détermination des concentrations minimales inhibitrices et bactéricides de la cefquinome, la marbofloxacin, la tylosine et la spiramycine en solution dans du lait vis-à-vis de bactéries isolées de mammites bovines. *Revue vétérinaire*. 155,8(9):411-416.

Ghosh, D., Veeraraghavan, B., Elangovan, R., & Vivekanandan, P. (2020). Antibiotic Resistance and Epigenetics: More to It than Meets the Eye. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 64(2), e02225-19. <https://doi.org/10.1128/AAC.02225-19>

Gonzalez-Ferrer, S., Peñaloza, H. F., Budnick, J. A., Bain, W. G., Nordstrom, H. R., Lee, J. S., & Van Tyne, D. (2021). Finding Order in the Chaos: Outstanding Questions in *Klebsiella pneumoniae* Pathogenesis. *Infection and immunity*, 89(4), e00693-20. <https://doi.org/10.1128/IAI.00693-20>

Guevara P., Perez-Amador M.C., Zuniga B., Snook M., (2000). Flavones in corn silks and resistance to insect attacks. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 69: 151- 156.

Gul, H., Rahman, S., Shahzad, A., Gul, S., Qian, M., Xiao, Q., & Liu, Z. (2021). Maize (*Zea mays* L.) Productivity in Response to Nitrogen Management in Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 12, 1173-1179. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.128081>

Guo J., Liu T., Han L., Liu Y., (2009).The effects of corn silk on glycemic metabolism. *Nutrition and Metabolism*, 6: 47-52.

Guo, Y., Song, G., Sun, M., Wang, J., & Wang, Y. (2020). Prevalence and Therapies of Antibiotic-Resistance in *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10, 107. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00107>

H

Haslina, Haslina& Eva, Murtiari. (2017). Extract Corn Silk with Variation of Solvents on Yield, Total Phenolics, Total Flavonoids and Antioxidant Activity. *Indonesian Food and Nutrition Progress*. 14. 21. 10.22146/ifnp.24280.

Haslina, Haslina&Praseptianga, Danar&Bintoro, V.Priyo&Pujiasmanto, Bambang. (2017). Chemical and Phytochemical Characteristics of Local Corn Silk Powder of Three Different Varieties. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 7. 1957. 10.18517/ijaseit.7.5.2932. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.7.5.2932>

Hemm, M. R., Weaver, J., & Storz, G. (2020). *Escherichia coli* Small Proteome. *EcoSal Plus*, 9(1), 10.1128/ecosalplus.ESP-0031-2019. <https://doi.org/10.1128/ecosalplus.ESP-0031-2019>

Hennekinne, Jacques-Antoine. (2018). *Staphylococcus aureus* as a Leading Cause of Foodborne Outbreaks Worldwide. 10.1016/B978-0-12-809671-0.00007-3. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809671-0.00007-3>

Hischebeth, G. T., Randau, T. M., Ploeger, M. M., Friedrich, M. J., Kaup, E., Jacobs, C., Molitor, E., Hoerauf, A., Gravius, S., &Wimmer, M. D. (2019). *Staphylococcus aureus* versus *Staphylococcus epidermidis* in periprosthetic joint infection-Outcome analysis of methicillin-resistant versus methicillin-susceptible strains. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 93(2), 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2018.08.012>

J

Joseph, L. (2022). Étude de nouveaux facteurs de pathogénicité de *Klebsiella pneumoniae* : caractérisation du fimbriae de type "chaperone-usher" Kpg et de la pompe à efflux MdtJI (Thèse de doctorat, Microbiologie et Parasitologie, Université Clermont Auvergne). NNT: 2022UCFAC041.

K

Kaur, Puneet & Singh, Jyoti & Kaur, Mansehaj & Rasane, Prasad & Kaur, Sawinder & Kaur, Jaspreet & Nanda, Vikas & Mehta, Chandra & Sowdhanya, D. (2022). Corn Silk as an Agricultural Waste: A Comprehensive Review on Its Nutritional Composition and Bioactive Potential. *Waste and Biomass Valorization*. 14. 1-20. 10.1007/s12649-022-02016-0. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-022-02016-0>

Kraft K., Hobbs C, (2004). Pocket Guide to Herbal Medicine. Thieme, Stuttgart, New York. Pp16.

Kwieceński, J. M., & Horswill, A. R. (2020). Staphylococcus aureus bloodstream infections: pathogenesis and regulatory mechanisms. *Current opinion in microbiology*, 53, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2020.02.005>

L

Leroy, Élodie. (2021). Mechanisms of context-dependent translation inhibition by ribosome-targeting antibiotics.

Li, G. ; Niu, X. ; Yuan, S. ; Liang, L. ; Liu, Y. ; Hu, L. ; Liu, J. ; Cheng, Z. Emergence de *Morganella morganii* subsp. *morganii* chez Les veaux laitiers, Chine. *Emerg. Microbes Infect.* **2018**, 7, 1-12. [CrossRef] [PubMed]

Limmatvapirat, C., Nateesathittarn, C., Dechasathian, K., Moohummad, T., Chinajitphan, P., & Limmatvapirat, S. (2020). Phytochemical analysis of baby corn silk extracts. *Journal of Ayurveda and integrative medicine*, 11(3), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2019.10.005>

Liu, H., Zhu, J., Hu, Q., & Rao, X. (2016). *Morganella morganii*, a non-negligent opportunistic pathogen. *International journal of infectious diseases: IJID: official publication of the International Society for Infectious Diseases*, 50, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2016.07.006>

Lohse, M., Gulati, M., Johnson, A. et al. Development and regulation of single- and multi-species *Candida albicans* biofilms. *Nat Rev Microbiol* 16, 19–31 (2018). <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.107>

Lok, B., Adam, M. A. A., Kamal, L. Z. M., Chukwudi, N. A., Sandai, R., & Sandai, D. (2021). The assimilation of different carbon sources in *Candida albicans*: Fitness and pathogenicity. *Medical mycology*, 59(2), 115–125. <https://doi.org/10.1093/mmy/myaa080>

M

Mada, Sanusi & Sani, Lawal & Chechet, Gloria. (2020). Corn silk From Waste Material to Potential Therapeutic Agent: A Mini Review. 5. 816-820.

Magalhães, B., Valot, B., Abdelbary, M. M. H., Prod'hom, G., Greub, G., Senn, L., et al. (2020). Combining Standard Molecular Typing and Whole Genome Sequencing to Investigate *Pseudomonas aeruginosa* Epidemiology in Intensive Care Units. *Front. Public Health* 8, 3. doi :10.3389/fpubh.2020.00003.

Mangin L., (2016). Antibiotiques et résistance : enquête sur les connaissances et les comportements du grand public. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Lorraine, 104p.

Martin, R. M., & Bachman, M. A. (2018). Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 8, 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00004>

Maugat, S., Berger-Carbonne, A., Colomb-Cotinat, M., Cavalié, P., Coignard, B., et al. (2019). Antibiotiques et résistance bactérienne : une menace mondiale, des conséquences individuelles. *Santé publique France*, 1-24. (Numéro ISBN : 9979-10-289-0600-9). (Identifiant : ffanses-03514018).

Mbelle, N., OseiSekyere, J., Feldman, C., Maningi, N. E., Modipane, L., & Essack, S. Y. (2020). Analyse génomique de deux souches cliniques pharmaco résistantes de *Morganella morganii* isolées chez des patients atteints d'infections urinaires à Pretoria, en Afrique du Sud. *Letters in applied microbiology*, 70(1), 21-28. <https://doi.org/10.1111/lam.13237>

Michel T. (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et D'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (Hippophaë ramiflora). Thèse de Doctorat. Université d'Orléans.

Morshed S., Islam S.M.S., (2015). Antimicrobial Activity and Phytochemical Properties of Corn (Zea mays L.) Silk. SKUAST Journal of Research. 17(1): 8-14.

Muller, A. (2017). Bon usage des antibiotiques : résultats d'actions dans différents types d'établissements de santé [Thèse de doctorat en sciences de la vie et de la santé]. École doctorale environnement santé : Bourgogne Franche Comté.

Mulyati, Baharuddin, A. B., & Tejowulan, R. S. (2021). Improving Maize (Zea mays L.) growth and yield by the application of inorganic and organic fertilizers plus. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 712(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012027>

Muylaert A. et Mainil J.G. Résistances bactériennes aux antibiotiques : les mécanismes et leur « contagiosité » [Internet]. [Cited 2015 Mar 16]. Available from: http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2012_156_2_04.pdf

N

Nessa, Fazilatun & Khan, Saeed & George, Susan. (2021). In-vitro evaluation of xanthine oxidase inhibition and antioxidant capacity of water extracts of corn silk (Zea may L.). Pharmaceutical Sciences Asia. 48. 471-480. 10.29090/psa.2021.05.20.12. <http://dx.doi.org/10.29090/psa.2021.05.20.12>

O

OMS, 2018 : Organisation mondiale de la santé. Article sur Escherichia coli. Publié le 17/02/2018.

OMS : Organisation mondiale de la santé (2020). Résistance aux antibiotiques. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>

P

Pachori, P., Gothwal, R., and Gandhi., P. (2019). Emergence of antibiotic resistance Pseudomonas aeruginosa in intensive care unit; a critical review. Genes Dis. 6, 109–

119. doi: 10.1016/j.gendis.2019.04.001.

Parihar, Prashant & Jindal., Palak. (2022). Corn Silk-A Natural Therapy for Curing Diseases and Its Benefits. 9. 1361.

Pinto, R. M., Lopes-de-Campos, D., Martins, M. C. L., Van Dijck, P., Nunes, C., & Reis, S. (2019). Impact of Nano systems in Staphylococcus aureus biofilms treatment. FEMS microbiology reviews, 43(6), 622–641. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuz021>

Poulain D. (2015). Candida albicans, plasticity and pathogenesis. Critical reviews in microbiology, 41(2), 208–217. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2013.813904>

R

RahalF., (2005). Standardisation de l'Antibiogramme à l'échelle nationale selon les recommandations de l'OMS.3^{ème} Edition, Algérie.

Rahman, A., Bhuiyan, O. F., Sadique, A., Afroze, T., Sarker, M., Momen, A. M. I., Alam, J., Hossain, A., Khan, I., Rahman, K. F., Kamruzzaman, M., Shams, F., Ahsan, G. U., & Hossain, M. (2020). Le séquençage du génome entier fournit des informations génomiques sur trois souches de Morganella morganii isolées à partir d'écouvillonnages rectaux bovins à Dhaka, au Bangladesh. FEMS microbiology letters, 367(6), fnaa043. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa043>

Riley L. W. (2020). Distinguishing Pathovars from Nonpathovars: Escherichia coli. Microbiology spectrum, 8(4), 10.1128/microbiolspec.AME-0014-2020. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.AME-0014-2020>

S

Samee, Abdus & AMIR, RAI & Ahmad, Asif & Ali, Mudasir & Afzal, Tayyab & Zahoor, Zunaira&Asad, Mubeen & Abbas, Mubeen & Ali, Arsalan & Fatima, Haya. (2023). A nutraceutical approach towards corn silk. International Journal of Scientific Research Updates. 5. 093-097. 10.53430/ijrsru.2023.5.1.0006. <http://dx.doi.org/10.53430/ijrsru.2023.5.1.0006>

Sanchez-Cid Torres, C. (2021). Characterization of antibiotic resistance genes in microbiomes from different ecosystems (Doctoral dissertation). Université de Lyon. (NNT : 2021LYSE1056, tel-03827338).

Singh, J., Inbaraj, B. S., Kaur, S., Rasane, P., & Nanda, V. (2022). Phytochemical Analysis and Characterization of Corn Silk (*Zea mays*, G5417). *Agronomy*, 12, 777. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040777>

Sivakami, D.P. (2017). Analysis of Nutrients and Phytochemicals content in Corn Silk (*Zea. Mays*). <https://doi.org/10.21275/art20163373>

Smati, M., O. Clermont, A. Bleibtreu, F. Fourreau, A. David, A.-S. Daubie, C. Hignard, O. Loison, B. Picard, and E. Denamur.(2015).Quantitative analysis of commensal *Escherichiacoli* populations reveals host-specific enterotypes at the intra-species level. *Microbiology Open*. 4 (4):604-615.

Souvignet, M. (2022). L'antibiorésistance à l'interface homme - animal - environnement. Sciences du Vivant [q-bio]. DUMAS-03944819.

Skariyachan, S., Sridhar, V. S., Packirisamy, S., Kumargowda, S. T., &Challapilli, S. B. (2018). Perspectives récentes sur la base moléculaire de la formation de biofilm par *Pseudomonas aeruginosa* et approches pour le traitement et la dispersion du biofilm. *Folia microbiologica*, 63(4), 413-432. <https://doi.org/10.1007/s12223-018-0585-4>

T

Tian, Shuangqi & Sun, Yue & Chen, Zhicheng. (2021). Extraction of Flavonoids from Corn Silk and Biological Activities In Vitro. *Journal of Food Quality*. 2021. 1-9. 10.1155/2021/7390425. <http://dx.doi.org/10.1155/2021/7390425>

V

Vandecandelaere, I., Van Nieuwerburgh, F., Deforce, D., Coenye, T. (2017, March 6).

Metabolic activity, urease production, antibiotic resistance and virulence in dual species biofilms of *Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus aureus*. *PLOS ONE*, pp. 1-19.

Veyssiere, A. (2019). La résistance aux antibiotiques des bactéries les plus communément rencontrées dans les infections communautaires : état des lieux en 2019 [Thèse de doctorat en pharmacie]. Bordeaux : Université de Bordeaux.

W

Waiss A.C., Chan B.G., Elliger C.A., Wiseman B.R., McMillian W.W., Widstrom N.W., Zuber M.S., Keaster A.J., (1979). Maysin, a flavone glycoside from corn silks with antibiotic activity towards corn earworm. *Journal of Economic Entomology*, 72: 256-258.

Wang, G., Zhao, G., Chao, X., Xie, L., & Wang, H. (2020). The Characteristic of Virulence, Biofilm and Antibiotic Resistance of *Klebsiella pneumoniae*. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6278. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176278>

Wang, X., & Fan, M. (2019). Interaction behaviors and structural characteristics of zein/NaTC nanoparticles. *RSC Advances*, 9(10), 5748–5755. doi:10.1039/c9ra00005d
<http://dx.doi.org/10.1039/C9RA00005D>

Z

Zarazaga M., Gomez P., Ceballos S., Torres C. (2018). Molecular epidemiology of *Staphylococcus Aureus* Lineages in the Animal-Human Interface. In : *Staphylococcus aureus*. pp.189-214.

Zaric, R. Z., Jankovic, S., Zaric, M., Milosavljevic, M., Stojadinovic, M., & Pejic, A. (2021). Antimicrobial treatment of *Morganella morganii* invasive infections: Systematic review. *Indian journal of medical microbiology*, 39(4), 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.ijmmb.2021.06.005>

Zhang, Y., Liu, J., Guan, L., Fan, D., Xia, F., Wang, A., Bao, Y., & Xu, Y. (2023). By-Products of *Zea mays* L.: A Promising Source of Medicinal Properties with Phytochemistry and Pharmacological Activities: A Comprehensive Review. *Chemistry & biodiversity*, 20(3), e202200940. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200940>

Résumé

Depuis l'utilisation excessive des antibiotiques en médecine, la résistance bactérienne à ses derniers a rapidement apparu et constitue à présent un problème majeur de santé publique et la propagation de ce phénomène a conduit à limiter le nombre d'antibiotiques actifs. Donc il est nécessaire de découvrir et de développer de nouveaux agents antibactériens. Pendant des siècles, les plantes médicinales ont été utilisées comme des alternatives naturelles aux antibiotiques à cause de leur pouvoir thérapeutique contre de nombreuses maladies infectieuses et chroniques.

Notre étude a pour objectif d'évaluer l'activité antimicrobienne de l'extrait hydrométhanolique ainsi que celle de la macération huileuse de la soie de maïs (*Zea mays L.*).

L'activité antimicrobienne a été évaluée sur un total de 11 souches bactériennes et deux souches de levure (*C. albicans*), par la méthode de diffusion sur milieu solide Mueller-Hinton en mesurant les diamètres des zones d'inhibition et par la méthode de dilution en milieu liquide en déterminant les CMI. La CMB a été également déterminée.

Les diamètres des zones d'inhibition vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique varient entre 10 et 16 mm et des CMI entre 31,25 et 1000 µg/ml. Une seule souche d'*E. coli* s'est montrée résistante et le meilleur résultat a été obtenu avec la souche de *Morganella morganii*.

Un résultat très intéressant a été obtenu avec la macération huileuse, où les diamètres des zones d'inhibition varient entre 13 et 38 mm et les CMI entre 15,62 et 250 µg/ml. Le meilleur résultat a été obtenu avec les souches de *K. pneumoniae* 1 et *C. albicans* 1.

Nos résultats montrent clairement l'importance de l'activité obtenue par la macération huileuse par rapport à celle obtenue par l'extrait hydrométhanolique, ce qui présente un espoir thérapeutique contre les maladies infectieuses.

Mots clés : Activité antibactérienne, Extrait hydrométhanolique, Macération huileuse, Souches cliniques, Soie de maïs.

Since the excessive use of antibiotics in medicine, bacterial resistance to the latter has quickly emerged and it becomes a major public health problem. The spread of this phenomenon has led to limit the number of active antibiotics. Therefore, it is necessary to discover and develop new antibacterial agents. For centuries, medicinal plants have been used as natural alternatives to antibiotics because of their therapeutic power against many infectious and chronic diseases.

Our study aims to evaluate the antimicrobial activity of hydromethanolic extract as well as the oily maceration of corn silk (*Zea mays L.*).

Antimicrobial activity was evaluated on a total of 11 bacterial strains and two yeast strains (*C. albicans*), using the Mueller-Hinton solid medium diffusion method to measure the diameters of the zones of inhibition and by the method of dilution in liquid medium the MIC and the CMB was also determined.

The diameters of the inhibition zones using the hydromethanolic extract vary between 10 and 16 mm and MIC between 31.25 and 1000 $\mu\text{g/ml}$. Only one strain of *E. coli* was resistant. The best result was obtained with the *Morganella morganii* strain.

A very interesting result was obtained with oily maceration, where the diameters of the inhibition zones vary between 13 and 38 mm and the MIC between 15.62 and 250 $\mu\text{g/ml}$. The best result was obtained with *K. pneumoniae* 1 and *C. albicans* 1 strains.

Our results clearly show the importance of the activity obtained by oily maceration compared to the activity obtained by the hydromethanolic extract, which offers therapeutic hope against infectious diseases.

Keywords: Antibacterial activity, Hydromethanolic extract, Oily maceration, Clinical strains, Corn silk.

منذ الاستخدام المفرط للمضادات الحيوية في الطب، ظهرت مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية بسرعة وهي الآن مشكلة صحية عامة و رئيسية. أدى انتشار هذه الظاهرة إلى الحد من عدد المضادات الحيوية النشطة. لذلك، من الضروري اكتشاف وتطوير عوامل جديدة مضادة للبكتيريا. لقرون، تم استخدام النباتات الطبية كبدايل طبيعية للمضادات الحيوية بسبب قوتها العلاجية ضد العديد من الأمراض المعدية والمزمنة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للميكروبات للمستخلص الهيدروميثانولي وكذلك للإستخلاص الزيتي

لحرير الذرة (*Zea mays L.*).

النشاط المضاد للبكتيريا تم تقييمه على مجموعة تتضمن 11 سلالة بكتيرية وسلالتين من الخميرة *Candida albicans*

بطريقة الانتشار على الوسط الصلب Müller Hinton عن طريق قياس أقطار مناطق التثبيط كذلك بطريقة التخفيف في وسط سائل مع تحديد الحد الأدنى من التركيز المثبط . و قد تم كذلك تحديد الحد الأدنى من التركيز المبيد للجراثيم.

أقطار مناطق التثبيط مقابل المستخلص الهيدروميثانولي تتراوح ما بين 10 – 16 ميليمتر و قيمة التراكيز الدنيا المثبطة

للبيكتيريا تتراوح ما بين 31.25 إلى 1000 ميكروغرام / الملي لتر . سلالة وحيدة فقط من *E.coli* كانت مقاومة.

النتيجة الأفضل تم التحصل عليها مع سلالة البكتيريا *Morganella morganii*.

تم التحصل على نتيجة أفضل مع الإستخلاص الزيتي أين كانت أقطار مناطق التثبيط تتراوح ما بين 13-38 ميليمتر

و قيمة التراكيز الدنيا المثبطة للبكتيريا تتراوح ما بين 15.62 إلى 250 ميكروغرام / الملي لتر و النتيجة المثلى تم التحصل عليها

مع السلالتين *Candida albicans 1* و *Klebsiella pneumoniae1*.

تظهر نتائجنا بوضوح أهمية النشاط الذي يتم الحصول عليه عن طريق الإستخلاص الزيتي مقارنة بنتائج المستخلص

الهيدروميثانولي , مما يوفر الأمل العلاجي ضد الأمراض المعدية.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للبكتيريا، المستخلص الهيدروميثانولي، الإستخلاص الزيتي، السلالات السريرية، حرير الذرة.