

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE, DE LA VIE DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Laboratoire de microbiologie appliquée à l'agroalimentaire, au biomédical et à l'environnement
« LAMAABE »

Mémoire de MASTER

Présenté par

DAHAOUI DOUAE
FATMI AYA

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques
Option : Microbiologie Fondamentale

Effet de certains miels Algériens sur la formation de biofilm des bactéries d'origine hospitalière

Soutenu le 18/06/2026, devant le jury composé de :

Président	Mr BELYAGOUBI Larbi	Professeur	Université de Tlemcen
Examinatrice	Dr AYAD Amel	MCB	Université de Tlemcen
Encadrante	Dr GAOUAR Sara	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2025-2026

Remerciements

Avant tout, on remercie Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la force et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire, au Biomédical et à l'Environnement « LAMAABE » de l'Université Abou Berk Belkaid sous la direction de Monsieur **REBIAHI Sid Ahmed**, professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen.*

*Nous tenons à adresser notre profonde gratitude à Mme **HAMEDI-GAOUAR Sara**, notre encadrante, qui a accepté de nous prendre en charge pour réaliser cette étude dont le mérite lui revient grâce à son accompagnement constant, sa disponibilité, sa patience, sa bienveillance et ses judicieux conseils. Son soutien a grandement nourri notre réflexion et enrichi notre parcours.*

*Nous remercions également Mr **BELYAGOUBI Larbi**, président du jury, pour avoir accepté d'évaluer notre travail. Nous lui sommes profondément reconnaissants pour son engagement en tant que président du jury, ainsi que pour sa précieuse contribution à notre formation académique durant toutes ces années d'enseignement.*

*Nos sincères remerciements vont également à Mme **AYAD Amel** pour le temps qu'elle a consacré à la lecture et à l'évaluation de ce mémoire.*

Nous exprimons notre reconnaissance à Madame l'ingénieure de laboratoire pour son aide précieuse au cours de nos expériences pratiques.

Nous diéserons remercier très sincèrement toutes nos familles et nos amis pour leur encouragements et leur soutien inestimable.

Enfin, nous remercions du fond du cœur toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, et la patience d'aller jusqu'au bout de ce rêve.
Du fond de mon cœur, je dédie ce travail*

*À ma très chère mère et à ma très chère grand-mère,
Aucune parole ne saurait exprimer toute ma gratitude et mon amour envers vous. Merci pour vos sacrifices, votre affection, votre soutien inconditionnel et vos prières qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours. Vous avez été mon pilier et ma source de force et de motivation. Ce succès est le fruit de votre amour, de vos efforts et de vos encouragements.
Que Dieu vous protège et vous accorde santé, bonheur et longue vie.*

*À toute ma famille
aux grands comme aux petits, pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leur encouragement à chaque étape de ce parcours.*

Je tiens également à remercier sincèrement toute personne, proche ou lointaine, qui m'a apporté un mot gentil, un sourire ou un geste de soutien, car cela a compté plus que tout dans ce chemin.

*À ma chère binôme Douae,
Merci pour ta collaboration et les efforts que nous avons partagés tout au long de ce travail.
Je suis heureuse d'avoir vécu cette expérience à tes côtés et je te souhaite beaucoup de réussite et de bonheur pour la suite.*

*À mon cher oncle défunt,
Que Dieu te fasse miséricorde, mon cher oncle. Qu'Allah illumine ta tombe et t'accorde une place parmi les bienheureux au paradis. Tu resteras à jamais dans mon cœur, et ton souvenir m'accompagnera toujours.*

AYA

Dédicace

*Merci **Allah** de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail

À mon très chère père Abdelkader

Aucune parole ne saurait exprimer toute ma gratitude pour ton soutien, tes sacrifices et ta confiance en moi. Merci d'avoir toujours été à mes côtés et d'avoir cru en mes capacités. Que

Dieu te protège et te récompense pour tout ce que tu as fait pour moi.

À ma très chère mère Malika

Merci pour ton amour, tes prières et ton soutien sans faille. Tes encouragements m'ont donné la force d'avancer dans les moments les plus difficiles. Que Dieu t'accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes frères, Mouhamed, Oussama, Sidahmed

À ma sœur et mes belle-sœur, Asmaa, Imene, Chaima

Merci pour votre présence, votre affection et vos encouragements. Votre soutien a été une source de motivation tout au long de mon parcours.

À mes amies, Sara, Aya, Kheira

Merci pour votre aide, votre écoute et tous les moments partagés, votre présence a rendu ce parcours plus agréable et plus beau.

À ma chère enseignante, GAOUAR Sara

Je vous adresse mes plus sincères remerciements pour votre patience et votre soutien tout au long de cette année. Merci pour vos précieux conseils, votre bienveillance et tous les efforts que vous avez consacrés à notre réussite. Je vous témoigne tout mon respect, mon estime et ma profonde reconnaissance.

À moi-même, *Merci d'avoir été forte malgré les obstacles, patiente malgré les difficultés et courageuse dans les moments de doute. Merci de ne jamais avoir abandonné et d'avoir continué à avancer jusqu'à atteindre cet objectif. Cette réussite est le fruit de mes efforts, de ma persévérance et de ma confiance en Allah.*

Douae

أعوذ بالله السميع العليم من الشيطان الرجيم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ
﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ
بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

صَلَّى اللَّهُ الْعَظِيمِ

الْأَيَاتُ 68 ، 69 سورة من النحل

« O Prophète, ton Seigneur a inspiré aux abeilles leur mode de vie et leurs moyens de subsistance. Il leur a inspiré de prendre les cavernes des montagnes, les cavités des arbres et les treilles pour demeures (68). -Puis Allah - qu'Il soit exalté- leur a inspiré de se nourrir de tous les fruits des arbres et des plantes; Il leur a rendu disponibles, à cette fin, des moyens que leur Seigneur leur avait préparés et rendus faciles. De leurs estomacs sort un liquide de différentes couleurs, qui apporte une guérison pour les hommes. Il y a dans cette chose merveilleuse des preuves évidentes de l'existence d'un Créateur Tout-Puissant et Sage, pour un peuple qui réfléchit pour en tirer profit et gagner ainsi un bonheur permanent (69) » (Sourate El Nahl verset 68 – 69)

الملخص

تُمثل العدوى المرتبطة بأنابيب التنفس تحديًا كبيرًا في وحدات العناية المركزة نظرًا لقدرة بعض أنواع البكتيريا على الالتصاق بأسطح الأجهزة الطبية وتكوين الأغشية الحيوية. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم قدرة سلالات بكتيرية معزولة من أنابيب التنفس على تكوين الأغشية الحيوية، ودراسة النشاط المضاد للبكتيريا لأنواع مختارة من العسل الجزائري ضد كلٍ من الخلايا العائمة والأغشية الحيوية المتكونة مسبقًا. تم استخلاص 24 عزلة بكتيرية من أنابيب التنفس التي جُمعت في المؤسسة العمومية الاستشفائية بندرومة ومن مصلحتي الإنعاش والاستعجالات الطبية بالمركز الاستشفائي الجامعي لتلمسان. أظهرت النتائج أن 99% من العينات كانت ملوثة، غالبيتها ببكتيريا كليبسيلا الرئوية (50%) والمكورات العنقودية الذهبية (33.33%). باستخدام طريقة طبق زراعة الأنسجة تبين أن 60% من العزلات كانت منتجة قوية للبيوفيلم. أظهرت أنواع العسل الجزائري (عسل الشوك، وعسل الزعتر، وعسل العناب، وعسل الجبل، والعسل متعدد الأزهار) فعالية واحدة كمضادات للبكتيريا، لا سيما ضد سلالات بكتيريا كليبسيلا الرئوية والمكورات العنقودية الذهبية. علاوة على ذلك، قللت جميع أنواع العسل المختبرة بشكل ملحوظ من الكتلة الحيوية للأغشية الحيوية المختلطة التي تشكلها هاتان البكتيريتان. تُبرز هذه النتائج إمكانات العسل الجزائري كعوامل طبيعية مضادة للميكروبات قادرة على العمل ضد كل من البكتيريا العائمة والمستقرة. وقد يُمثل استخدامها استراتيجية تكميلية للوقاية من العدوى المرتبطة بأنابيب التنفس.

الكلمات المفتاحية: الأنبوب الرغامي، التلوث، بيوفيلم، المكورات العنقودية الذهبية، ببكتيريا كليبسيلا الرئوية، العسل الجزائري، النشاط المضاد للبكتيريا.

Résumé

Les infections liées aux sondes endotrachéales (SET) constituent un problème fréquent en réanimation, notamment en raison de la capacité de certaines bactéries à former des biofilms à la surface de ces dispositifs. L'objectif de notre travail vise à étudier la capacité de la formation de biofilm chez des souches isolées des SET par la méthode de culture de tissu en plaque (TCP), ainsi d'étudier les propriétés antibactériennes de certains miels Algériens sur les souches planctoniques et sur les biofilms préformés des souches isolées des SET. 24 souches bactériennes étaient isolées à partir des SET prélevés dans EPH de Nedroma et dans le service de réanimation et celui des urgences médicales du CHU de Tlemcen. 99% des prélèvements étaient contaminés principalement par *Klebsiella pneumoniae* (50%) et *Staphylococcus aureus* (33.33%). Selon la technique TCP, 60% des isolats étaient de bons producteurs de biofilm *in vitro*. Les miels de Chardon, de Thym, du Jujubier, de montagne et du miel multifloral, possèdent une activité antibactérienne intéressante, notamment contre les souches de *K. pneumoniae* et de *S. aureus*. Tous les miels étudiés réduisent la biomasse des biofilms mixtes de *S. aureus* et *K. pneumoniae*. Les miels Algériens constituent une source naturelle capable d'agir à la fois contre les bactéries planctoniques et sessiles ; leur utilisation constitue une approche complémentaire contre les infections liées aux sondes endotrachéales.

Mots clés : sonde endotrachéale, contamination, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, biofilm, miel Algérien, activité antibactérienne.

Abstract

Endotracheal tube-associated infections represent a major challenge in intensive care units due to the ability of certain bacterial species to adhere to medical device surfaces and form biofilms. The aim of this study was to evaluate the biofilm-forming capacity of bacterial strains isolated from endotracheal tubes and to investigate the antibacterial activity of selected Algerian honeys against both planktonic cells and preformed biofilms. A total of 24 bacterial isolates were recovered from endotracheal tubes collected at Nedroma EPH and from the intensive care and emergency departments of Tlemcen University Hospital. The results showed that 99% of the samples were contaminated, predominantly by *Klebsiella pneumoniae* (50%) and *Staphylococcus aureus* (33.33%). Biofilm formation assessed using the Tissue Culture Plate (TCP) method revealed that 60% of the isolates were strong biofilm producers *in vitro*. The antibacterial activity of Algerian honeys (thistle honey, thyme honey, jujube honey, mountain honey, and multifloral honey) demonstrated promising efficacy, particularly against *K. pneumoniae* and *S. aureus* strains. Furthermore, all tested honeys significantly reduced the biomass of mixed biofilms formed by these two bacterial species. These findings highlight the potential of Algerian honeys as natural antimicrobial agents capable of acting against both planktonic and sessile bacteria. Their use may represent a complementary strategy for the prevention of infections associated with endotracheal tubes.

Keywords: endotracheal tube, contamination, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, biofilm, Algerian honey, antibacterial activity

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
Première partie : Synthèse bibliographique	4
Chapitre 1 : Risque infectieux lié aux sondes endotrachéales	4
1. Définition de la sonde endotrachéale	5
2. Structure de la sonde endotrachéale.....	5
3. Risque infectieux associé aux sondes endotrachéales.....	6
3.1.Pneumonie associée à la ventilation mécanique.....	6
3.2.Les principaux contaminants de la sonde endotrachéale.....	7
3.2.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	7
3.2.2. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	8
3.3.Biofilms associés aux sondes endotrachéales.....	8
3.3.1. Etapes de formation du biofilm.....	9
3.3.1.1. L'adhésion réversible.....	9
3.3.1.2.L'adhésion irréversible.....	9
3.3.1.3.Le développement et la maturation du biofilm.....	9
3.3.1.4.La dispersion.....	10
3.4.Biofilms bactériens sur les sondes endotrachéales.....	10
Chapitre 2:Généralités sur le miel	11
1.Définition du miel.....	12
2.Origine du miel.....	12
2.1.Nectar.....	12
2.2.Miellat.....	12
3.Classification de miel.....	13
3.1.Les miels mon-floraux.....	13

3.2. Les miel poly-floraux.....	13
4. Composition chimique de miel.....	13
5. Les propriétés du miel.....	14
5.1. Propriétés organoleptiques du miel.....	14
5.2. Propriétés thérapeutiques du miel.....	14
5.3. Propriétés antimicrobiennes du miel.....	15
5.4. Propriétés anti-biofilms du miel.....	15
6. Les mécanismes antimicrobiens du miel.....	15
6.1. pH.....	16
6.2. Osmolarité.....	16
6.3. Le peroxyde hydrogène.....	16
6.4. Polyphénols du miel.....	16
6.5. Lysozyme, enzymes et protéines du miel.....	16
6.6. Le méthylglyoxal.....	17
Deuxième partie : Matériel et méthodes.....	18
1. Les prélèvements.....	19
2. Ensemencement et isolement.....	19
3. Identification des souches isolées.....	19
4. Conservation des souches.....	20
5. Étude de la formation de biofilm <i>in-vitro</i> des souches isolées.....	20
6. Effet de quelques miels Algériens sur des souches planctonique et sessiles.....	21
6.1. Méthode de diffusion sur gélose.....	21
6.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices des miels sélectionnés....	22
6.3. Effet des miels sélectionnés sur des biofilms mixtes préformés.....	22
Troisième partie : Résultats et discussion.....	23
1. Prélèvement et isolement.....	24
2. Caractères bactériologiques des souches isolées.....	26
2.1. Aspect macroscopique des souches isolées sur les milieux sélectifs.....	26
2.2. Aspect microscopique des souches isolées.....	27

2.3. Étude des caractères biochimiques des souches isolées.....	27
3. Évaluation de la formation de biofilm <i>in-vitro</i> par la technique TCP.....	28
4. Effet de quelques miels Algériens sur des souches planctoniques et sessiles.....	30
4.1.Méthode de diffusion sur gélose.....	32
4.2.Détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices des miels sélectionnés.....	34
4.3.Effet des miels sélectionnés sur des biofilms mixtes préformés.....	35
Conclusion	39
Références bibliographiques	41
Annexe	43

Liste des abréviations

DO : Densité optique

CHU : Centre hospitalo- universitaire.

EPH : établissements publics hospitaliers.

EPS : Exopolyssacharide

IAS : Les infections associées aux soins.

MGO : Le Méthylglyoxal

PAVM : Les pneumonies associées à la ventilation mécanique.

PVC : Chlorure polyvinyle

SET : sonde endotrachéale

TCP : Méthode de plaque de culture de tissus

.

Liste des figures

Figure1 : Les composants d'une sonde endotrachéales.....	6
Figure2 :Étapes de formation de biofilm.....	9
Figure 3 :Biofilms bactériens sur sondes endotrachéales.....	10
Figure 4 :Protocole de la formation du biofilm sur microplaque 96 puits.....	21
Figure 5 :Prélèvements des sondes endotrachéales.....	24
Figure 6 : Aspect macroscopique de souches isolées sur les milieux sélectifs.....	26
Figure 7 : Résultats du test coagulase.....	27
Figure 8 :Aspect microscopique des souche étudiées après coloration de Gram.....	27
Figure 9 :Résultats de l'identification des souches par la galerie API.....	28
Figure 10 : Résultats de la quantification de la formation de biofilm par les souches <i>K. pneumoniae</i> isolées des SET.....	29
Figure 11 :Résultats de la quantification de la formation de biofilm par les souches de <i>S. aureus</i> isolées des SET.....	29
Figure 12 :Les différents types de miel sélectionnés.....	31
Figure 13 :Le pouvoir antibactérien des miels testés vis-à-vis les souche de <i>S. aureus</i> et... <i>K.pneumoniae</i> (méthode des puits).....	32
Figure 14 :Diamètres des zones d'inhibition obtenus des différents miels testés sur les souches <i>S. aureus</i> et <i>K. pneumoniae</i>	33
Figure 15 : Effet inhibiteur des différents miels sur les biofilms mixtes de <i>S. aureus</i> et <i>K. pneumoniae</i>	36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie de <i>Staphylococcus aureus</i>	7
Tableau 2 : Taxonomie de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	8
Tableau 3 : Principales différences entre miel du nectar et de miellat.....	12
Tableau 4 : Les caractéristiques des patients, la durée du sondage et la répartition des souches isolées des SET.....	25
Tableau 5 : Résultats de la technique de TCP.....	30
Tableau 6 : Classification, date de récolte et origine botanique et géographique des miels étudiés.....	31
Tableau 7 : Détermination des CMI des miels sélectionnés sur les bactéries planctoniques...	34

INTRODUCTION

Les infections associées aux soins (IAS) constituent un enjeu majeur de santé publique. Elles correspondent aux infections qui apparaissent généralement à partir du troisième jour suivant l'admission d'un patient à l'hôpital **(Maldiney, 2024 ; Sandu et al., 2025)**.

Parmi les IAS les plus fréquentes en milieu hospitalier figurent les pneumonies associées à la ventilation mécanique (PAVM); qui sont liées à l'utilisation prolongée des sondes endotrachéales (SET). Une gestion inadéquate de ces dispositifs entraîne une ventilation mécanique plus prolongée, un séjour plus long, une augmentation des coûts thérapeutiques, et accroît la morbidité et la mortalité **(Concannon et al., 2023 ; Zhang et al., 2025 ; Iroumé et al., 2026)**.

Les complications cliniques associées à la PAVM sont attribuées à la formation de biofilms à la surface des SET. Ces structures microbiennes constituent le mode de vie prédominant des micro-organismes et contribuent de manière significative à leur survie, à leur persistance dans divers environnements ainsi qu'à leur résistance aux agents antimicrobiens **(Vani et al., 2023 ; Liu et al., 2024)**.

Le traitement des infections repose sur l'utilisation de désinfectants, d'antiseptiques, et d'antimicrobiens tels que les antibiotiques. Cependant, leur efficacité reste limitée contre les bactéries sessiles, favorisant ainsi la persistance des infections et le développement de phénomènes de résistance. Cette situation souligne la nécessité de développer de nouvelles approches thérapeutiques **(Ventola, 2015 ; Bjarnsholt et al., 2022)**.

Le miel est une substance naturelle reconnue pour ses effets biologiques notamment ses propriétés antimicrobiennes et antibiofilm. Sa composition riche en molécules bioactives lui permet d'agir contre diverses bactéries impliquées dans les IAS **(Aburayyan et al., 2024 ; Luca et al., 2024)**.

C'est dans ce contexte que nous avons été amenés à entreprendre ce présent travail qui a pour objectifs :

- D'isoler des souches bactériennes à partir de sondes endotrachéales.
- D'évaluer *in-vitro* la capacité de souches isolées à former un biofilm.

-D'étudier les propriétés antibactérienne et antibiofilm decertains miels Algériens notamment le miel de Thym, de Jujubier, de Chardon, de Sidr ainsi le miel multifloral, sur les souches planctoniques et sessiles isolées des sondes endotrachéales.

CHAPITRE 01 :
RISQUE INFECTIEUX LIÉ AUX SONDES
ENDOTRACHÉALES

Introduction

1. Définition de la sonde endotrachéale

La sonde endotrachéale (SET) est un instrument tubulaire inséré entre les cordes vocales dans la trachée afin de garantir l'apport d'oxygène et de gaz, tout en préservant l'appareil respiratoire contre des contaminations telles que le contenu de l'estomac (**Miller et al., 2020 ; Hagberg et Artime, 2021**).

2. Structure de la sonde endotrachéale

La SET est un dispositif médical constitué d'un tube cylindrique transparent flexiblefabriqué en polychlorure de vinyle (PVC) (**Hagberg et Artime,2021**). Ce dispositif est composé de l'association de plusieurs pièces (**Figure 1**) dont :

- Une ligne radio-opaque intégrée permettant la vérification radiologique de son positionnement ainsi que des graduations en centimètres pour contrôler la profondeurd'insertion (**Daugherty et Jones, 2022**).
- Une extrémité distale biseautée qui facilite le passage à travers les cordes vocales.
- Un œil de Murphy, orifice latéral de sécurité assurant la ventilation en casd'obstruction de l'extrémité principale (**Miller et al, 2020**).
- Les sondes à ballonnet possèdent un cuff distal gonflable permettant d'assurer l'étanchéité trachéale, de prévenir les fuites d'air et de limiter le risque d'aspiration des sécrétions (**Klompas et al,2022**).
- Le ballonnet est relié à une ligne de gonflage externe munie d'un ballon pilote et d'une valve anti-retour (**Hagberg et Artime,2021**).
- La partie proximale de la SET se termine par un connecteur standardisé de 15 mm permettant la connexion au circuit de ventilation mécanique ou au ballon auto-remplisseur (**Daugherty et Jones, 2022**).

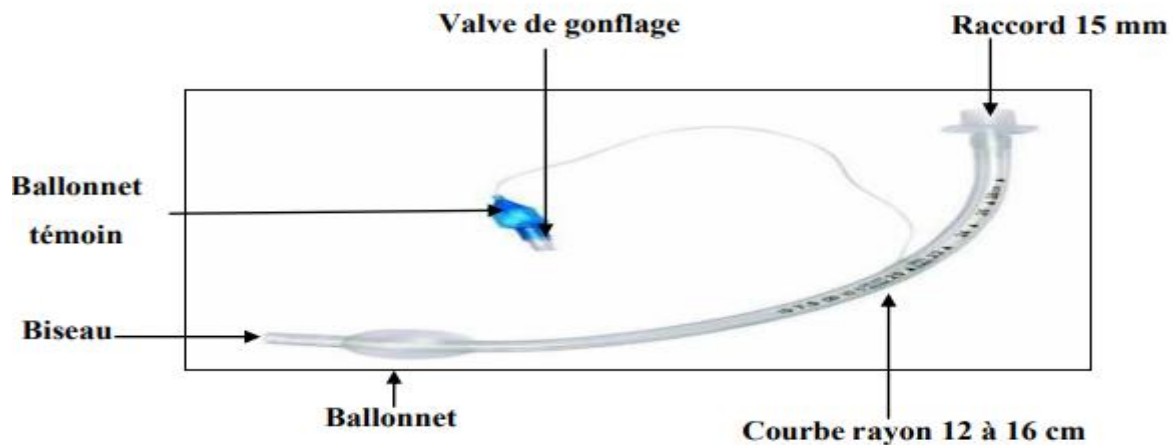


Figure 1 : Les composants d'une sonde endotrachéale (Gresser,2010)

3. Risque infectieux associé aux SET

L'intubation endotrachéale constitue une procédure médicale fondamentale en soins intensifs, car elle permet d'assurer la ventilation mécanique chez les patients atteints d'insuffisance respiratoire aiguë (Jabaley et al., 2023 ; Mosier, 2024).

La présence de la SET elle-même favorise la colonisation microbienne et expose le patient à diverses complications infectieuses des voies respiratoires inférieures, ce qui constitue un risque d'apparition de la pneumonie liée à la ventilation mécanique (PAVM) (Kreitmann et al,2023 ; Curlis et al.,2025).

3.1. Pneumonie associée à la ventilation mécanique

La PAVM est définie comme une pneumonie qui survient au moins 48 à 72 heures après l'intubation endotrachéale chez des patients sous ventilation mécanique invasive. Elle représente l'une des infections nosocomiales les plus fréquentes chez les patients en unité de soins intensifs et constitue un marqueur majeur de mauvaise prise en charge clinique (Papazian et al., 2024 ; Bayrakçi, 2025).

Une gestion inadéquate ou insuffisante de la SET favorise la survenue de la PAVM, entraînant une ventilation mécanique plus prolongée, un séjour plus long en réanimation, une augmentation des coûts thérapeutiques, ainsi qu'une augmentation de la morbidité et de la mortalité (Concannon et al., 2023 ; Zhang et al, 2025).

Des études récentes indiquent aussi que la PAVM est liée à un risque plus élevé de résistance bactérienne. Le taux de mortalité associée à la PAVM varie de 24 % à plus de 50 %

ces taux sont encore plus élevés (jusqu'à 70%) lorsque l'infection est causée par des pathogènes extrêmement multi résistants (**Ferrer et Torres, 2023 ; Belem et al, 2024; Kalil et al, 2024**).

Le blocage partiel ou complet de la SET par l'accumulation de sécrétions ou de dépôts bactériens constitue une complication grave, ce qui provoque une perturbation de la ventilation, une intensification de l'effort respiratoire et, dans certains cas, une réintubation augmentant par conséquent le danger de traumatisme des voies respiratoires et d'infections secondaires (**Curlis et al.,2025**).

3.2. Les principaux contaminants de la sonde endotrachéale

Les principaux pathogènes responsables de la contamination des SET sont principalement des bacilles à Gram négatif (comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacterales*) et *Staphylococcus aureus*, avec une prévalence croissante de souches multirésistantes aux antibiotiques. D'autres microorganismes opportunistes peuvent également contaminer la sonde endotrachéale, notamment *Escherichia coli*, *Candida albicans* et *Proteus mirabilis*, particulièrement chez les patients hospitalisés en soins intensifs et sous ventilation mécanique prolongée (**Benbrahim et al., 2023 ; Zhang et al., 2024**).

Parmi les bactéries marqueurs qui contaminent les sondes endotrachéales et qui nous interpellent dans cette étude sont *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae*.

3.2.1. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie à Gram positif non sporulé et non mobile, de forme cocci regroupés en grappes, elle se distingue par sa positivité aux tests de catalase et de coagulase (**Pal et al., 2021 ; Murray et al., 2023**). *Staphylococcus aureus* est une bactérie appartenant à la famille des Staphylococcaceae et au genre Staphylococcus (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Taxonomie de *Staphylococcus aureus* (**Murray et al., 2023**)

Classe	Bacilli
Ordre	Bacillales
Famille	Staphylococcaceae
Genre	<i>Staphylococcus</i>
Espèce	<i>Staphylococcus aureus</i>

Cette espèce représente l'une des principales bactéries impliquées dans les infections nosocomiales, notamment chez les patients intubés en réanimation. *S. aureus* peut s'adhérer à la surface de la SET et former un biofilm protecteur, ce qui facilite sa persistance et conduit à l'échec thérapeutique. Cette bactérie est la principale cause de pneumonies associées à la ventilation mécanique, une complication grave des soins intensifs. La transmission peut être endogène (flore du patient) ou exogène via le personnel soignant ou le matériel médical contaminé (Clavet et al., 2023 ;Torres et al., 2023).

3.2.2. *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae est une bactérie de forme bacille à Gram négatif, appartenant à la famille des Enterobacterales (Tableau 2).

Tableau 2 : Taxonomie de *Klebsiella pneumoniae* (Murray et al., 2023)

Classe	Gammaproteobacteria
Ordre	Enterobacterales
Famille	Enterobacteriaceae
Genre	Klebsiella
Espèce	<i>Klebsiella pneumoniae</i>

La virulence de cette bactérie est liée à sa capsule polysaccharidique et à sa capacité à produire des enzymes de résistance, notamment les β -lactamases à spectre étendu, ainsi qu'à former des biofilms protecteurs (Khalefa et al., 2024). *Klebsiella pneumoniae* est responsable de nombreuses infections nosocomiales telles que les infections urinaires et de pneumonies sous ventilation mécanique, avec une forte capacité de colonisation des voies respiratoires et des dispositifs invasifs (Andleeb et al., 2024 ; Popa et al., 2024).

3.3. Biofilms associés aux sondes endotrachéales

Un biofilm est une communauté microbienne encapsulée dans une matrice d'exopolymères et fixée à une surface biotique ou abiotique (Wang et al.,2024 ;Haval et al.,2025).Le processus de formation du biofilm se déroule en plusieurs étapes (Figure2).

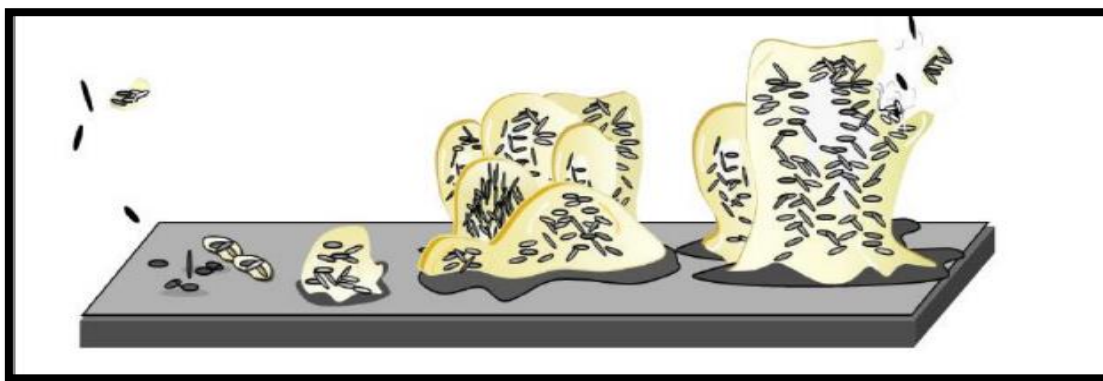


Figure 2 : Étapes de formation de biofilm (Sauer et coll, 2022)

3.3.1. L'adhésion réversible

Au cours de cette phase, les bactéries s'adhèrent de manière réversible à une surface biotique ou abiotique. Des interactions physicochimiques de faible énergie telles que les forces de Van Der Waals, les interactions hydrophobes et électrostatiques favorisent l'adhésion microbienne aux surfaces et contribuent à la formation de biofilm (**Khatoon et al., 2018 ; De Silva et Heo 2022**).

3.3.2. L'adhésion irréversible

Lors de cette étape, les cellules bactériennes deviennent fermement attachées à la surface d'une manière permanente et l'adhésion devient irréversible. Les cellules bactériennes synthétisent des exopolysaccharides (EPS) qui renforcent leur fixation sur la surface (**Pierratet al., 2022; Pietrocola et al., 2022**).

3.3.3. Le développement et la maturation du biofilm

La synthèse des EPS se poursuit pendant la maturation du biofilm et la matrice peut alors occuper jusqu'à 75 à 95% du volume d'un biofilm mature (**Baudin, 2017 ; Abebe, 2020**). Ces substances polymériques assurent la stabilité structurale du biofilm et le protègent contre l'action des agents antibactériens ainsi que des cellules du système immunitaire (**Fu et al., 2022**). Ce processus conduit ensuite à la formation de micro-colonies qui peuvent collaborer entre elles par l'échange de substrats, et l'excrétion de produits métaboliques (**kranjecet al., 2021 ; Araújo et al., 2024 ; Erkihun et al., 2024**).

3.3.4. La dispersion

Les bactéries au sein du biofilm retournent à leur état planctonique lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (Coenye, 2020).

3.4. Biofilms bactériens sur les sondes endotrachéales

Les complications cliniques chez les patients sous ventilation sont souvent liées aux biofilms qui se forment sur les SET (**Figure 3**). Ces biofilms servent de réservoir à des micro-organismes pathogènes susceptibles de s'installer dans les voies respiratoires inférieures, contribuant au développement de la PAVM, cette pneumonie peut affecter presque 40% des patients sous ventilation compliquant ainsi la prise en charge des infections respiratoires chez les patients hospitalisés en soins intensifs (Codru et al., 2024 ; Deshmukh et al.,2025).

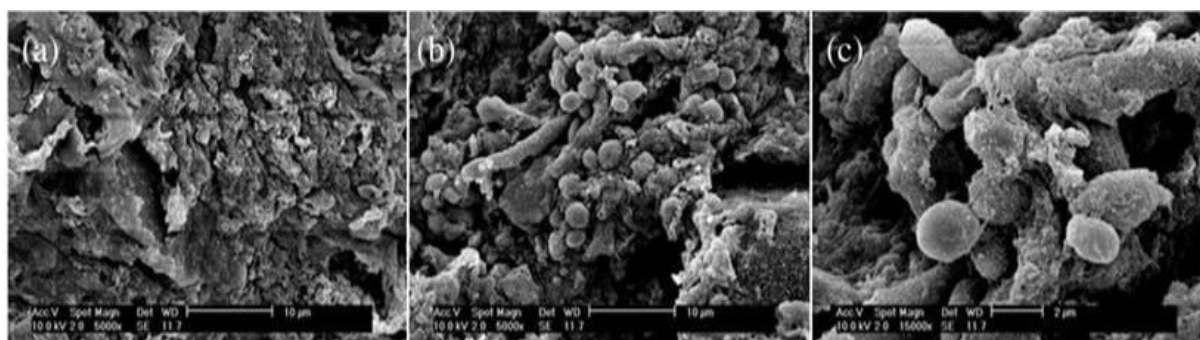


Figure 3 : Biofilms bactériens sur sondes endotrachéales (Heidari et al., 2015)

(a) et (b) : biofilm de *S. aureus* ; (c) : biofilm de *K. pneumoniae*

Les bactéries présentes dans le biofilm sont protégées par une matrice extracellulaire qui agit comme une barrière physique empêchant la pénétration des agents antimicrobiens ce qui réduit l'efficacité des antibiotiques. En outre, les infections associées aux biofilms peuvent entraîner une augmentation des coûts de santé, une prolongation du séjour en unité de soins intensifs et une utilisation plus importante d'antibiotiques à large spectre. Cette résistance complique considérablement le traitement et augmente la morbidité et la mortalité des patients (Mulunehet Azanaw,2022 ; Bouhrour,2024; Codru et al., 2024).

Les biofilms présents sur les SET constituent un réservoir important de pathogènes respiratoires tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichiacoli*, *Serratiaspp*, *Klebsiella pneumoniae* ; qui sont fréquemment impliqués dans les pneumonies nosocomiales (Marcut et al., 2023 ; Mishra et al.,2024).

CHAPITRE 02 :

GENERALITES SUR LE MIEL

1. Définition du miel

Le miel est une substance naturelle produite par les abeilles (*Apis mellifera*) à partir du nectar des fleurs ou des excréments végétales, transformée par leurs enzymes digestives puis stockée et déshydratée dans les rayons de la ruche jusqu'à maturation. Il s'agit d'une matrice complexe composée majoritairement de sucres, ainsi que de composés mineurs tels que les acides organiques, enzymes, vitamines et polyphénols (Berti et al., 2023).

2. Origine du miel

Le miel provient des plantes par l'intermédiaire des abeilles à partir de nectar ou de miellat. Le **tableau 3** met en évidence les principales différences entre ces deux sources de production du miel.

2.1. Nectar

Le nectar est un fluide sucré sécrété par les nectaires. Il est constitué de trois unités de sucre (principalement le glucose, le saccharose et le fructose), de l'eau, ainsi que diverses substances spécifiques telles que les vitamines ou les protéines (Santos-Buelga et al., 2025).

2.2. Miellat

Le miel issu du miellat a une teinte sombre sucré sécrété par certains insectes tels que les pucerons. Il est abondant en sels minéraux et recèle de nombreux éléments difficilement assimilables pour l'abeille (Quirantes-Piné et al., 2024).

Tableau 3 : Principales différences entre miel du nectar et de miellat (Rani et Verma,2025)

Composants		Miel de Miellat	Miel nectar
Ph		4,5	3,9
Minéraux		0,58 %	0,26 %
Fructose et glucose		61,6 %	74 %
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux	Mélicitoze	8.6%	0,2 %
	Raffinose	0.84%	0,3 %
	Maltose+ Iso maltose	9.6%	7,8 %

3. Classification du miel

Les miels peuvent être classés en deux types : les miels mono-floraux, également appelés miels de cru, qui proviennent principalement d'une seule espèce de fleur, et les miels poly-floraux qui sont issus du butinage des abeilles sur diverses espèces florales.

3.1. Les miels mono-floraux

Les miels mono-floraux sont produits à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule variété de plante. Pour obtenir ce type de miel, les ruches sont généralement installées à proximité de la plante ciblée. Cependant, il est rare que les abeilles butinent exclusivement une seule source florale. Ainsi, même si ces miels sont dits mono-floraux et dominés par une plante spécifique, ils ne sont pas totalement purs à 100 %, car ils peuvent contenir de petites quantités de nectar provenant d'autres fleurs (**Kabiche et Zerrouki, 2022**).

3.2. Les miels poly-floraux

Appelés aussi miels multi-floraux, sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de différentes espèces végétales, sans prédominance d'une seule source florale. Un bon exemple est le miel de forêt, issu d'un mélange de nectars et de miellats provenant de plantes variées telles que l'épilobe, la ronce, les bruyères, le lierre, ainsi que d'arbres comme le chêne, le hêtre, le tilleul et divers conifères. Cette diversité d'origine confère au miel multifloral une composition variable ainsi que des caractéristiques organoleptiques spécifiques en termes de couleur, d'arôme et de saveur (**Kabiche et Zerrouki, 2022 ; Maes, 2022**).

4. Composition chimique de miel

Le miel est une substance complexe contenant plusieurs composés dont l'eau, les sucres, les protéines, les lipides, les sels minéraux et les oligo-éléments.

Le niveau d'humidité du miel joue un rôle crucial dans sa préservation. En général, un miel de bonne qualité renferme moins de 18 % d'eau (**Novak et al., 2025 ; Shrestha et al., 2025**).

Les sucres représentent environ 80 à 85% de la composition du miel ; les principaux sucres dominants sont majoritairement le fructose (38%) et glucose (31%) (**Hernández et al., 2025 ; Shrestha et al., 2025**) ; en plus le saccharose, du maltose constituent les sucres mineurs.

Le miel contient environ 0.5% de protéines, essentiellement représentées par des enzymes et des acides aminés. En effet, La proline est l'acide aminé prédominant, qui est utilisé comme référence pour déterminer la maturité du miel. L'amylase, l'invertase et la glucose oxydase génère du peroxyde d'hydrogène, qui est à l'origine des propriétés antibactériennes du miel (**Patel et al., 2024 ; Hernández et al., 2025**).

Le miel est pauvre en lipides, on y retrouve principalement les acides palmitiques et oléiques, ainsi que de très faibles quantités d'acides l'aurique, l'acide gluconique, l'acide ellagique et d'acide caféique (**Alvarez-Suarez et al., 2024 ; Singh et al., 2024**).

Les miels contiennent principalement du Potassium, Sodium, Magnésium et Calcium ainsi que certains oligo-éléments comme le cuivre, feret zinc (**Novak et al., 2025**).

5. Propriétés du miel

5.1. Propriétés organoleptiques du miel

Les caractéristiques organoleptiques du miel correspondent aux propriétés sensorielles perçues par les consommateurs, notamment la couleur, l'odeur, l'arôme, le goût, la texture, la viscosité et la cristallisation. Ces caractéristiques varient selon l'origine botanique et géographique du miel, les conditions climatiques, les espèces d'abeilles ainsi que les conditions de stockage. La couleur du miel peut varier du jaune clair au brun foncé, tandis que sa texture peut être fluide, visqueuse ou cristallisée selon sa teneur en eau et sa composition en sucres. Les composés volatils et phénoliques jouent également un rôle important dans les propriétés aromatiques et sensorielles du miel (**Da Silva, 2022 ; Ciulu,2023**).

5.2. Propriétés thérapeutiques du miel

Le miel constitue une source d'antioxydants naturels, notamment des flavonoïdes et des composés phénoliques. Ces composés ont la capacité d'inactiver les radicaux libres et de diminuer le stress oxydatif au sein du corps (**Džugan et al.,2023 ; González-Pérez et al., 2024**).

Le miel possède également des propriétés anti-inflammatoires. Il agit en réduisant la production de médiateurs inflammatoires et en modulant la réponse immunitaire. Cette activité contribue à diminuer la douleur, l'œdème et l'inflammation, notamment dans les plaies et les infections cutanées (**Zaharieva et al., 2024 ; Ogwuetizah, 2025**).

Ainsi, le miel stimule la régénération des tissus, limite les infections et agit comme une barrière protectrice contre la contamination externe, ce qui contribue globalement à accélérer et améliorer la cicatrisation cutanée (**Mieles et al., 2022 ; OgwuetIzah, 2025**).

En plus, le miel contient des composés bioactifs capables d'exercer un effet inhibiteur sur le développement de différents cancers en freinant la prolifération cellulaire, en induisant l'apoptose, en perturbant le cycle cellulaire et en régulant le stress oxydatif. Par ailleurs, ses propriétés protectrices et immunomodulatrices expliquent également son utilisation comme agent d'accompagnement dans la prise en charge du cancer **(Nabti et Lazhari, 2022)**.

5.3. Propriétés antimicrobiennes du miel

Le miel possède une activité antibactérienne contre plusieurs bactéries pathogènes telles que *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*. Il possède aussi une action antimicrobienne étendue, contre diverses souches résistantes aux antibiotiques **(Alvarez-Suarez, 2024 ; Machado, 2025 ; Owu et Izah, 2025)**.

Le miel possède aussi des propriétés antifongiques contre différents champignons pathogènes, notamment *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus* ainsi que certaines espèces de *Penicillium* **(Waeng, 2024)**.

De plus, quelques recherches indiquent une action antivirale, même si elle est moins souvent étudiée. Elle serait associée à la présence de flavonoïdes et d'autres composés naturels susceptibles de bloquer la reproduction virale **(Zaharieva et al., 2024 ; Ogwu et Izah, 2025)**.

5.4. Propriétés anti-biofilms du miel

Le miel peut inhiber l'adhésion bactérienne, perturber le quorum sensing et limiter la formation ainsi que la maturation des biofilms **(Machado et al., 2023)**. De nombreuses publications ont décrit les effets de différents miels sur les biofilms bactériens spécifiquement de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, et de *Klebsiella pneumoniae* **(Lu et al., 2019 ; Balazs et al., 2021 ; Hamedi-Gaouar, 2022)**.

Des miels spécifiques comme le miel de châtaignier et le miel de Manuka ont aussi démontré leur aptitude à diminuer ou éliminer des biofilms créés par des staphylocoques, y compris ceux résistants aux antibiotiques **(Koloh et al., 2024 ; Onyango et al., 2024)**.

6. Les mécanismes antimicrobiens du miel

Selon **Machado et al., (2025)**, l'activité antimicrobienne du miel est liée à plusieurs facteurs, notamment sa forte teneur en sucres, son pH acide, la production de peroxyde d'hydrogène ainsi que la présence de composés phénoliques.

6.1. Le pH

Le pH du miel se situe généralement entre 3,2 et 4,5. Cette acidité joue un rôle important dans son activité antimicrobienne en limitant la croissance de nombreux micro-organismes pathogènes (**Hamitouche et Landri, 2020**).

6.2. Osmolarité

La forte concentration en sucres du miel lui confère une osmolarité élevée, responsable d'un effet antimicrobien important. Cette hyperosmolarité provoque une déshydratation des cellules microbiennes par pression osmotique, ce qui limite leur croissance et leur multiplication bactérienne (**Abdellah, 2023 ; Machado et al., 2025**).

6.3. Le peroxyde hydrogène

Le miel exerce une activité antimicrobienne grâce à la production de peroxyde d'hydrogène, issu de l'action enzymatique de la glucose oxydase (**Terbagou et Hacini, 2024**).

6.4. Polyphénols du miel

Ce sont des composés bioactifs issus principalement du nectar des plantes et jouent un rôle essentiel dans l'activité antimicrobienne du miel. La teneur en polyphénols varie fortement selon l'origine botanique, géographique et la couleur du miel. Les miels foncés présentent des concentrations plus élevées en composés phénoliques. Les polyphénols regroupent principalement les flavonoïdes (quercétine, kaempférol, lutéoline, chrysin) et les acides phénoliques (acide caféique, acide férulique, acide p-coumarique et acide gallique), responsables de la neutralisation des radicaux libres grâce à leurs groupements hydroxyles (**Wilczyński et Żak, 2024**).

6.5. Lysozyme, enzymes et protéines du miel

Certaines enzymes telles que la glucose oxydase, la diastase, l'invertase et le lysozyme contribuent directement aux caractéristiques antimicrobiennes du miel. Après la dilution du

miel, la glucose oxydase facilite la production de peroxyde d'hydrogène, tandis que le lysozyme opère en détériorant la paroi cellulaire de certaines bactéries. D'autres protéines, bien que présentes en petites quantités, participent aussi à l'effet protecteur et antimicrobien du miel (**Wang et al., 2023**).

6.6.Le Méthylglyoxal (MGO)

MGO est un composé carbonylé naturellement présent dans certains miels en faibles quantités. Il provient surtout de la décomposition des sucres, en particulier de la dihydroxyacétone contenue dans le nectar. Le MGO est connu pour ses propriétés antibactériennes, en particulier contre les bactéries pathogènes responsables d'infections chez l'homme. Ce composé modifie les structures cellulaires des bactéries et empêche la création de biofilms. Son efficacité est grandement liée à sa concentration et de la composition générale du miel, y compris les composés phénoliques et le pH (**Clare et al., 2024 ; Halwani et al., 2024**).

MATERIEL ET METHODES

1. Les prélèvements

Durant le mois d'avril 2026, 3 sondes endotrachéales ont été prélevés de patients hospitalisés plus de 48h au sein de l'établissement publics hospitalier (EPH) de Nedroma Tlemcen. Ces dispositifs médicaux ont été prélevés dans des conditions d'asepsie, placées dans des pots stériles puis transportés au laboratoire pour être analysé.

Et afin d'obtenir une collection bactérienne plus importante, nous avons également travaillé sur une collection de souches de *Staphylococcus aureus* ; *Klebsiella pneumoniae* et de *Pseudomonas aeruginosa*, isolées des sondes endotrachéales provenant des deux services du CHU de Tlemcen (service de réanimation et les urgences médicales) durant l'année 2025.

2. Ensemencement et isolement

L'extrémité distale de la SET est mise dans un tube contenant 5ml de bouillon nutritif stérile puis agitée au vortex pendant 1min et incubé à 37C/ 24h.

Un volume de 20 µL est ensuite ensemencé sur trois différents milieux spécifiques :

- Le milieu Chapman pour la recherche des bactéries à Gram positif et plus spécifiquement, les staphylocoques, grâce à la présence d'une forte concentration en NaCl.
- Le milieu Mac Conkey pour la recherche de bactéries à Gram négatif et plus spécifiquement les entérobactéries, grâce à la présence d'agents sélectifs (cristal violet et sels biliaries).
- Le milieu Cétrimide pour la recherche des *Pseudomonas*, ce milieu est un ammonium quaternaire qui inhibe la croissance de la plupart des autres espèces bactériennes.

Les souches bactériennes conservées ont été d'abord enrichies dans le bouillon nutritif, puis incubées à 37 °C pendant 24 heures. Par la suite, un ensemencement a été réalisé sur différents milieux de culture (Chapman, MacConkey et Cetrimide). L'incubation était réalisée à 37°C pendant 24 à 48h.

Après incubation, on a procédé à la purification des colonies bactériennes par ré-isolement sur les mêmes milieux sélectifs afin d'obtenir des souches pures.

3. Identification des souches isolées

L'identification des souches était réalisée par :

- Étude des caractères macroscopiques : taille, forme, couleur et aspect.
- Étude des caractères microscopiques : Gram, morphologie, arrangement des cellules.

-Étude de tests phénotypiques : le test de coagulase ; a été réalisé uniquement sur les souches de *Staphylococcus* afin de mettre en évidence leur capacité à produire la coagulase. Le test a été effectué en mélangeant des volumes égaux de plasma et d'une suspension bactérienne jeune. Le mélange a ensuite été incubé à 37 °C pendant 24 heures. Un témoin négatif est préparé en mélangeant le bouillon nutritif au plasma. La formation d'un caillot a été interprétée comme un résultat positif, indiquant la présence d'une coagulase.

-Étude des caractères biochimiques API (Biomérieux®, France) : la galerie API est un ensemble de tubes permettant l'identification des bactéries par réalisation rapide de tests biochimiques miniaturisés. Cette technique consiste à inoculer dans les microtubes une suspension homogène qui reconstitue les milieux déshydratés. Les réactions produites se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactif. Après l'incubation, la lecture de la galerie est faite en se référant au tableau de lecture.

4. Conservation des souches

Toutes les souches identifiées ont été conservées en double réplique sur gélose nutritive inclinée à 4°C et dans le glycérol à -20°C.

5. Étude de la formation de biofilm *in-vitro* des souches isolées des SET

La détection de la formation de biofilm de toutes les souches isolées réalisée par la technique de microplaque de titration (méthode quantitative).

Le test TCP décrit par **O'Toole et al., (2000)** permet une évaluation quantitative de la formation du biofilm. A partir d'une culture de 18h, les puits d'une microplaque de 96 puits sont inoculés avec 150 µL de la suspension bactérienne ajustée à une DO de 0,1. Les microplaques sont incubées pendant 24h à 37°C. Les puits sont ensuite lavés trois fois avec l'eau distillée stérile afin d'éliminer les bactéries planctoniques. Les puits sont colorés avec du cristal violet (0,1%) pendant 15 min. L'excès de colorant est ensuite rincé et les plaques sont séchées pendant quelques minutes. Les microplaques sont ensuite solubilisées avec l'éthanol (95%), la densité optique est mesurée à 490 nm à l'aide d'un lecteur ELISA (**Figure 4**).

Selon **Christensen et al., (1985)**, les souches ont été classées comme suit :

- DO ≤ Dot (Témoin) : non-formatrice du biofilm.
- $DO \times 2 \leq DO \leq DO \times 4$: modérément formatrice du biofilm.
- $DO \times 4 \leq DO$: fortement formatrice du biofilm.

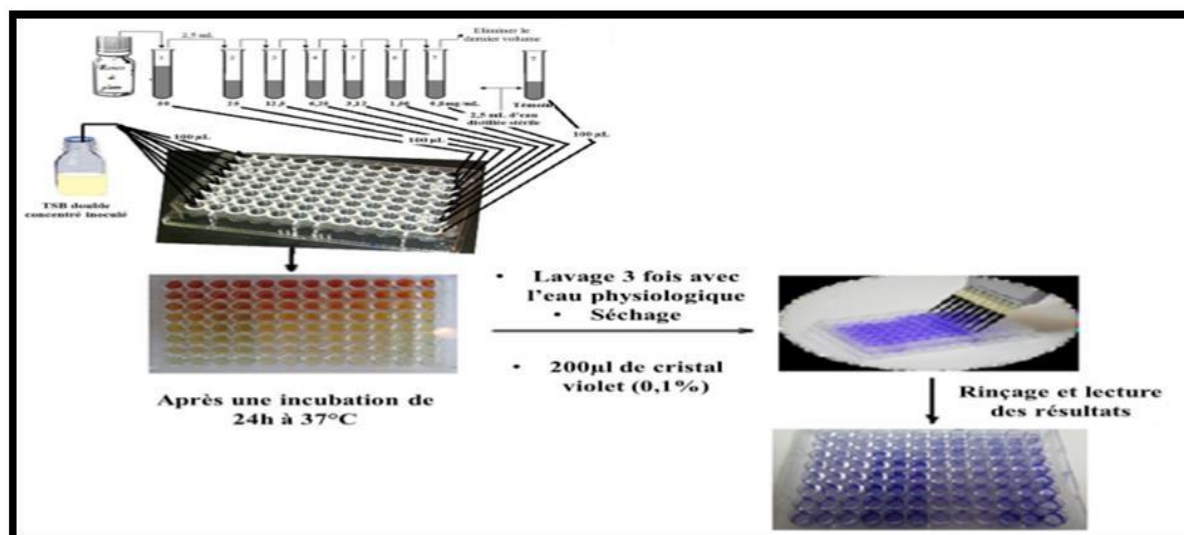


Figure 4 : Protocole de la formation du biofilm sur microplaque 96 puits
(LATTAB, 2018)

6. Effet de quelques miels Algériens sur des souches planctoniques et sessiles

Cinq différents miels récoltés de différentes régions du nord et du sud d'Algérie ont été testés vis-à-vis des souches planctoniques et sessiles isolées des SET.

6.1.Méthode de diffusion sur gélose

L'activité antibactérienne du miel a été évaluée par la méthode des puits de diffusion sur gélose Mueller-Hinton.

Une suspension bactérienne est préalablement préparée dans 4mL de BN à partir d'une culture jeune. Après 24h incubation à 37C° cette suspension est ajustée à une concentration 10^8 UFC/m. L'ensemencement de l'inoculum est réalisé par écouvillonnage sur des boîtes contenant de la gélose Mueller-Hinton.

Pour le test de criblage, des puits de 5mm de diamètre ont été creusés à la surface des milieux inoculés à l'aide de la partie supérieure d'une pipette Pasteur stérile, puis remplis de 80µL de miel pur. Les boîtes ont été maintenues à 4°C pendant 2h afin de favoriser la diffusion, avant d'être incubées à 37C° pendant 24 heures.

La présence d'une activité antimicrobienne était mise en évidence par l'apparition de zones d'inhibition claires autour des disques. Les diamètres de ces zones ont été mesurés en millimètres **Ahmed et al.,2012).**

6.2.Détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices des miels sélectionnés

La sensibilité de souches bactériennes en mode planctonique a été évaluée en déterminant la concentration minimale inhibitrice (CMI). Les valeurs CMI ont été déterminées selon les indications du Comité européen sur les tests de sensibilité aux antimicrobiens (**EUCAST**), par la méthode de microdilution en bouillon.

Dans le premier puits (témoin négatif), 100µl de bouillon Mueller-Hinton ont été distribués, tandis que 50µl du même bouillon ont été déposés dans les autres puits. Ensuite, 50µl de miel pur ont été ajoutés dans le deuxième puits. Après homogénéisation, des dilutions successives au 1/2 ont été réalisées en transférant 50µl d'un puits au suivant jusqu'au dernier puits, où les 50µl restants ont été éliminés. Puis, 50µl de l'inoculum bactérien standardisé à 10^8 UFC/mL ont été ajoutés dans chaque puits, à l'exception du témoin négatif. Les concentrations finales de miel obtenues après ajout de l'inoculum variaient de 33,3 à 0,065 %. Les microplaques ont été incubées à 37°C/24 h. Les CMI sont déterminées comme les plus petites concentrations avec absence de croissance visible.

6.3.Effet des miels sélectionnés sur des biofilms mixtes préformés

Des biofilms mixtes (50-50%) de *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae* ont été développés sur microplaques à 96 puits à partir d'un volume de culture final de 150mL. La concentration initiale des bactéries a été ajustée à 10^8 UFC/mL. Après incubation pendant 24h à 37°C, les microplaques ont été soigneusement rincées avec l'eau distillée stérile sans perturber le biofilm adhérent puis séchées en position inversée pendant 15 min.

Les biofilms préformés ont été traités par cinq miels à différentes concentrations (50, 32, 16, 8, 4 ; 2%) préalablement préparée dans de l'eau distillée stérile.

Après incubation 24h à 37°C, les puits ont été soigneusement rincés, séchés et colorés au cristal violet suivant la technique standard. La densité optique est mesurée à 490 nm par le lecteur ELISA. L'élimination de la formation de biofilm par les agents antimicrobiens se traduit par une densité optique inférieure à celle de la DO initiale.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Prélèvement et isolement

Durant le mois d'avril 2026, 3 sondes endotrachéales (SET 1, SET 2, SET 3) (**Figure 5**) ont été prélevés de patients hospitalisés plus de 48h au sein de l'établissement publics hospitalier (EPH) de Nedroma, Tlemcen.



Figure 5 : Prélèvements des sondes endotrachéales

En plus ; 20 souches bactériennes sont incluses dans cette étude soit 7 souches de *S. aureus* (S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7), 10 souches de *K. pneumoniae* (Kp1, Kp2, Kp3, Kp4, Kp5, Kp6, Kp7, Kp8, Kp9 et KP10) et 3 souches de *P. aeruginosa* (P1, P2 et P3) isolées de 10 sondes endotrachéales provenant des deux services du CHU de Tlemcen (service de réanimation et les urgences médicales) durant l'année 2025.

Les caractéristiques de ces patients, la durée de sondage et la répartition des souches sont résumées dans le **Tableau 4**.

Au total sur les 13 SET analysées, 24 souches bactériennes ont été isolées, soit : 12 souches de *k. pneumoniae* (50%), 8 souches de appartenant au genre *Staphylococcus* (33.33%), suivi par 4 souches de *P. aeruginosa* (16.66%).

Tableau 4: Les caractéristiques des patients, la durée du sondage et la répartition des souches isolées

	Année	Service	Sexe	Age	Durée de sondage	Souches isolées
SET 1	2026	EPH Nedroma	/	/	/	KP11 S8
SET 2	2026	EPH Nedroma	H	38	/	PS4 KP12
SET 3	2026	EPH Nedroma	/	/	/	-
SET 4	2025	Réanimation-Tlemcen	H	66	7 jours	Kp1 S1
SET 5	2025	Réanimation-Tlemcen	F	31	10jours	Kp4 S2
SET 6	2025	Urgences- Tlemcen	H	47	2mois	Kp2 S3
SET 7	2025	Réanimation- Tlemcen	H	64	1mois	Kp6 S6
SET 8	2025	Réanimation- Tlemcen	H	52	7 jours	PS1 KP10
SET 9	2025	Urgences- Tlemcen	H	35	52jours	Kp7
SET 10	2025	Réanimation- Tlemcen	H	59	45jours	Kp9
SET 11	2025	Réanimation- Tlemcen	H	/	/	Kp3 S7 PS4
SET 12	2025	Réanimation- Tlemcen	H	/	/	Kp5 S5 PS2
SET 13	2025	Réanimation- Tlemcen	F	49	1mois	Kp8 S7

Sur l'ensemble des bactéries isolées des SET, nous constatons que *klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus sp* sont les plus contaminants. Nos résultats concordent avec les travaux de **Benmehdi** en (2017) et ceux de **Thorarinsdottir et al., (2020)** ou les bactéries les plus fréquemment impliqués dans la PAVM étaient *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella sp.*

De même, les principaux pathogènes responsables de la contamination des SET sont principalement des bacilles à Gram négatif et *Staphylococcus aureus* particulièrement chez les patients hospitalisés en soins intensifs sous ventilation mécanique prolongée (**Benbrahim et al., 2023 ; Zhang et al., 2024**).

2. Caractères bactériologiques des souches isolées

2.1. Aspect macroscopique des souches isolées sur les milieux sélectifs

L'examen des caractéristiques macroscopiques a été effectué sur 3 différents milieux de culture (Cetrimide, MacConkey et Chapman) suivi par une incubation à 37°C pendant 24h. Les caractères macroscopiques des souches dominantes sont montrés en **figure 6**.

- ***K. pneumoniae***: forme des colonies arrondies, muqueuses, généralement bombées et brillantes sur milieu MacConkey après incubation à 37°C 24h.
- ***S. aureus*** : après ensemencement sur gélose Chapman et incubation de 48 h à 37° C, les colonies de staphylocoques présentaient l'aspect macroscopique du genre *Staphylococcus*, arrondies à bords régulier de 1 à 2 mm de diamètre.
- ***P. aeruginosa***: présente des colonies muqueuses bombées avec une pigmentation verte sur gélose cétrimide après incubation de 24h à 37°C.

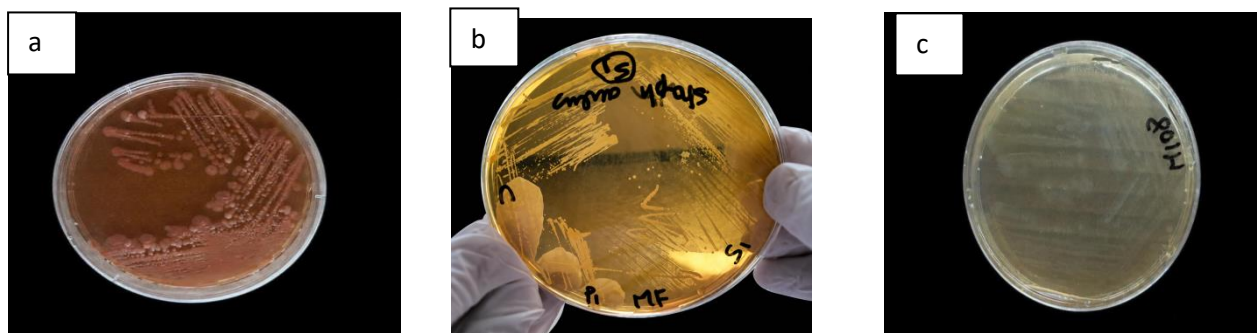


Figure 6: Aspect macroscopique de souches isolées sur les milieux sélectifs
(a) *K. pneumoniae* ; (b) *S. aureus* ; (c) *P. aeruginosa*

Le test de coagulation ; test de confirmation de *S. aureus* a permis d'identifier 5(5/8) souches à coagulase positive (S1, S3, S6, S7, S8). Le plasma est converti en un gel rigide qui reste en place lorsque le tube est incliné (**Figure 7**).



Figure 7: Résultats du test coagulase

2.2. Aspect microscopique des souches isolées

Une coloration de Gram a été effectuée afin d'identifier le type de paroi bactérienne des souches isolées. La coloration de Gram des souches a mis en évidence des bacilles à Gram négatif colorées en rose et des cocci à Gram positif (**Figure 8**).

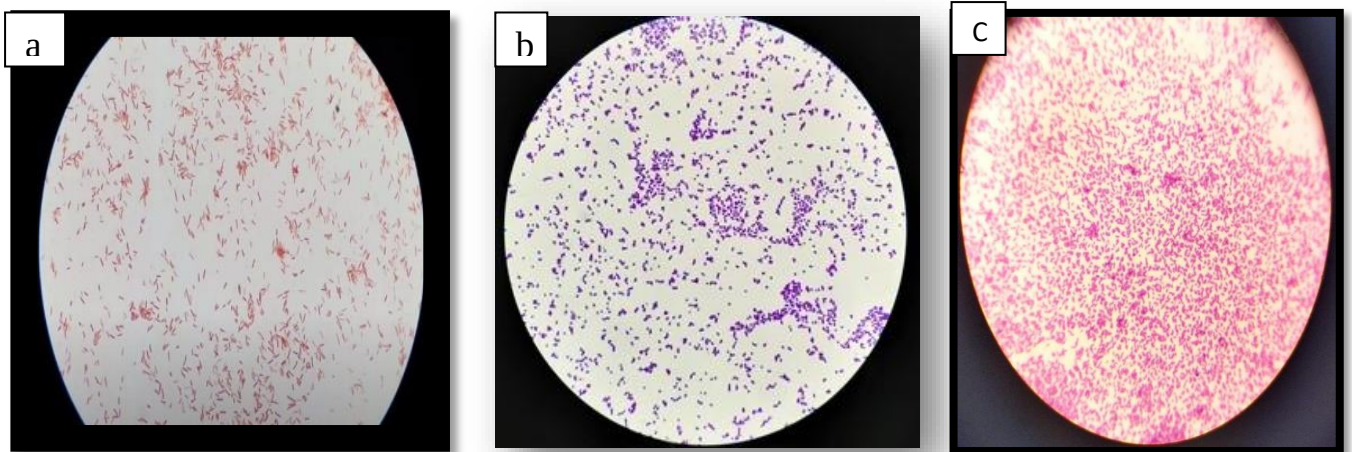


Figure 8: Aspect microscopique des souches étudiées après coloration de Gram

(a) Bacilles à Gram négatif (*K. pneumoniae*) ; (b) Cocci à Gram positif (*S. aureus*) ;
(c) Bacilles à Gram négatif (*P. aeruginosa*).

2.3. Etude des caractères biochimiques des souches isolées

L'identification bactérienne réalisée par galerie API 20^E et API Staph nous a permis de mettre en évidence les principaux caractères biochimiques des souches étudiées (**Figure 9**)



Figure 9 : Résultats de l'identification des souches par la galerie API
(a) *K. pneumoniae* (5243337) ; (b) *S. aureus* (673375)

Dans son étude, **Codru et al., 2024** a mis en évidence la présence fréquente de bactéries du groupe ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterobacter spp.*) dans les infections associées aux soins et surtout celles associées aux sondes endotrachéales.

3. Evaluation de la formation de biofilm *in-vitro* par la technique TCP

Dans cette partie nous avons présélectionné 20 bactéries, soit 12 souches de *Klebsiella pneumoniae* et 8 souches du genre *Staphylococcus*, le critère de sélection était basé sur la dominance de ces souches sur les SET analysées.

La technique TCP permet une détermination quantitative de l'adhésion des différentes souches (**Kara-Terki et al., 2020**). La détermination quantitative de la formation de biofilm chez les souches isolées a été réalisée par la technique TCP sur microplaques 96 puits, les résultats sont montrés par **figure 10, 11et le tableau 5**.

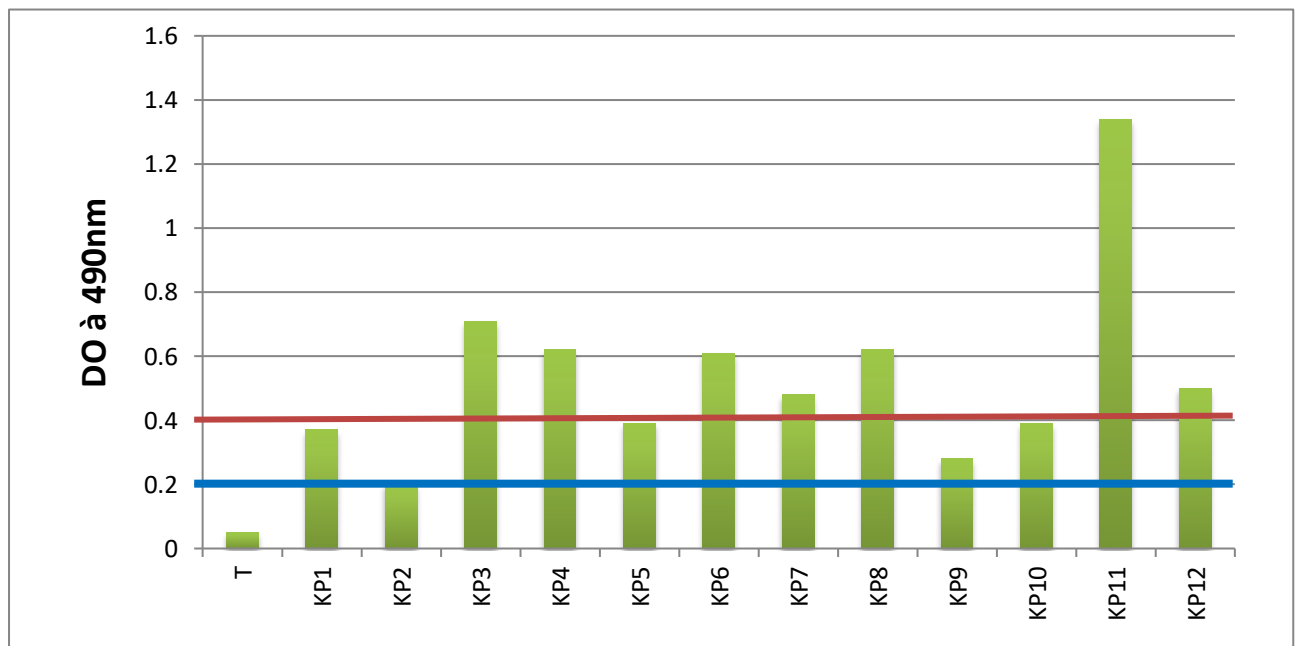


Figure10: Résultats de la quantification de la formation de biofilm par les souches *K. pneumoniae* isolées des SET

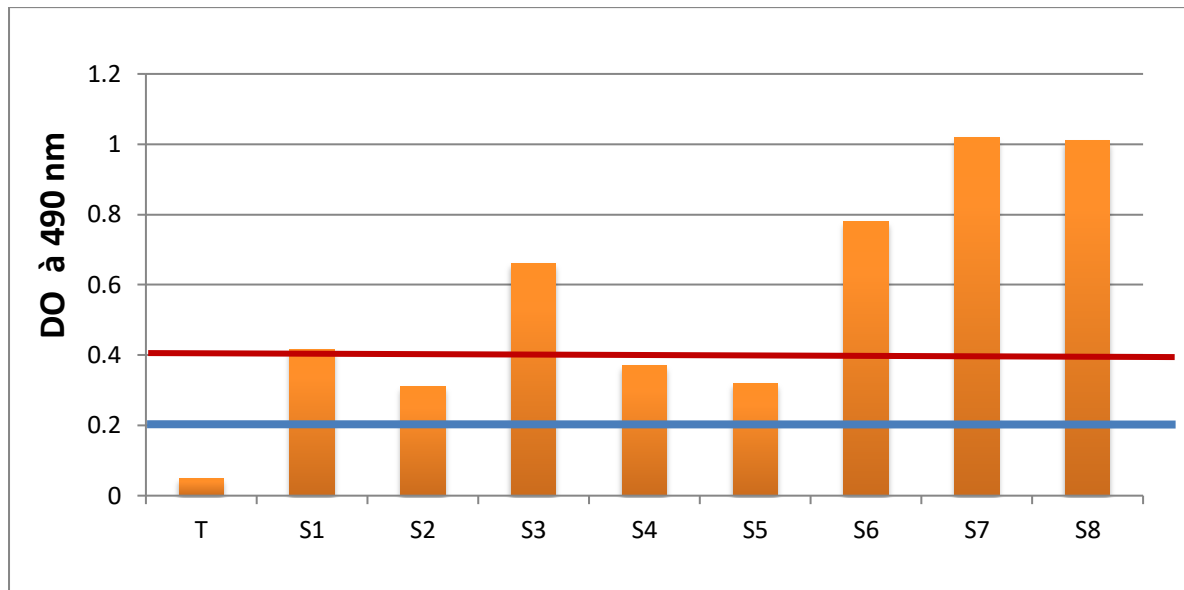


Figure 11 : Résultats de la quantification de la formation de biofilm par les souches de *S. aureus* isolées des SET

Tableau 5 : Résultats de la technique de TCP

Souches bactériennes/Biofilm	Fort	Modéré	Faible
<i>Staphylococcus aureus</i> (n=5)	5	0	0
<i>Staphylococcus sp</i> (3)	0	3	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (n=12)	7	4	1
Total (n=20)	12	7	1

Suite aux résultats des **figures 10 et 11** et le **tableau 5**, nous remarquons que 19/20 des bactéries isolées des sondes endotrachéales sont fortement ou modérément formatrices de biofilm, confirmant leur capacité significative à former des biofilms sur les surfaces des SET.

Selon la **figure 10**, 5 souches de *S. aureus*(S1, S3, S6, S7, S8) sont fortement formatrice de biofilm, la DO de la souche S7 et S8 sont 5 fois plus élevée que la DO de témoin. En plus 3 souches de *S. non aureus*(S2, S4, S5) sont modérément formatrices de biofilm avec des DO allant de 0.31 jusqu'au 1.02.

De même, selon la **figure 11 et le tableau 5**, sur les 12 souches de *K. pneumoniae*, 7 d'entre elles (KP3, KP4, KP6, KP7, KP8, KP11, KP12) sont fortement formatrices de biofilm. La DO de la souche KP11 est 7 fois plus élevée que la DO témoin. De même, 4 souches de *K. pneumoniae* sont classées modérément formatrices de biofilm.

Les biofilms présents sur les SET sont fréquemment impliqués dans les pneumonies nosocomiales, ils constituent un réservoir important de pathogènes respiratoires tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* (Marcut et al., 2023 ; Mishra et al., 2024).

Selon Codru et al., (2024), plusieurs bactéries dont *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* peuvent coloniser les SET en formant des biofilms, contribuant ainsi à la persistance des infections respiratoires associées aux soins.

4.Effet de quelques miels Algériens sur des souches planctoniques et sessiles

Nous avons choisi de tester le potentiel antibactérien et l'activité anti-biofilm des miels de Chardon (M1), de Thym (M2), du Jujubier (M3), de montagne (M4) et du miel multifloral (M5), cinq miels bien connus et disponibles en Algérie (Figure 12 et Tableau 6), contre les bactéries très souvent responsables de contaminations et de formation de biofilm sur SET soit *K. pneumoniae* et *S. aureus*.

Pour cela, nous avons sélectionné 6 souches soit 3 souches de *S. aureus* (S6, S7, S8) et 3 souches de *K. pneumoniae* (KP3, KP6, KP11) ; ces dernières ont la capacité à former *invitro* un bon biofilm.



Figure12 : Les différents types de miel sélectionnés

4.1. Méthode de diffusion sur gélose

L'activité antibactérienne des 5 miels a été évaluée par la méthode des puits de diffusion sur gélose Mueller-Hinton. La présence d'une activité antimicrobienne était mise en évidence par l'apparition de zones d'inhibition claires autour des disques (**Figure 13 ; 14 et Annexe 4**).

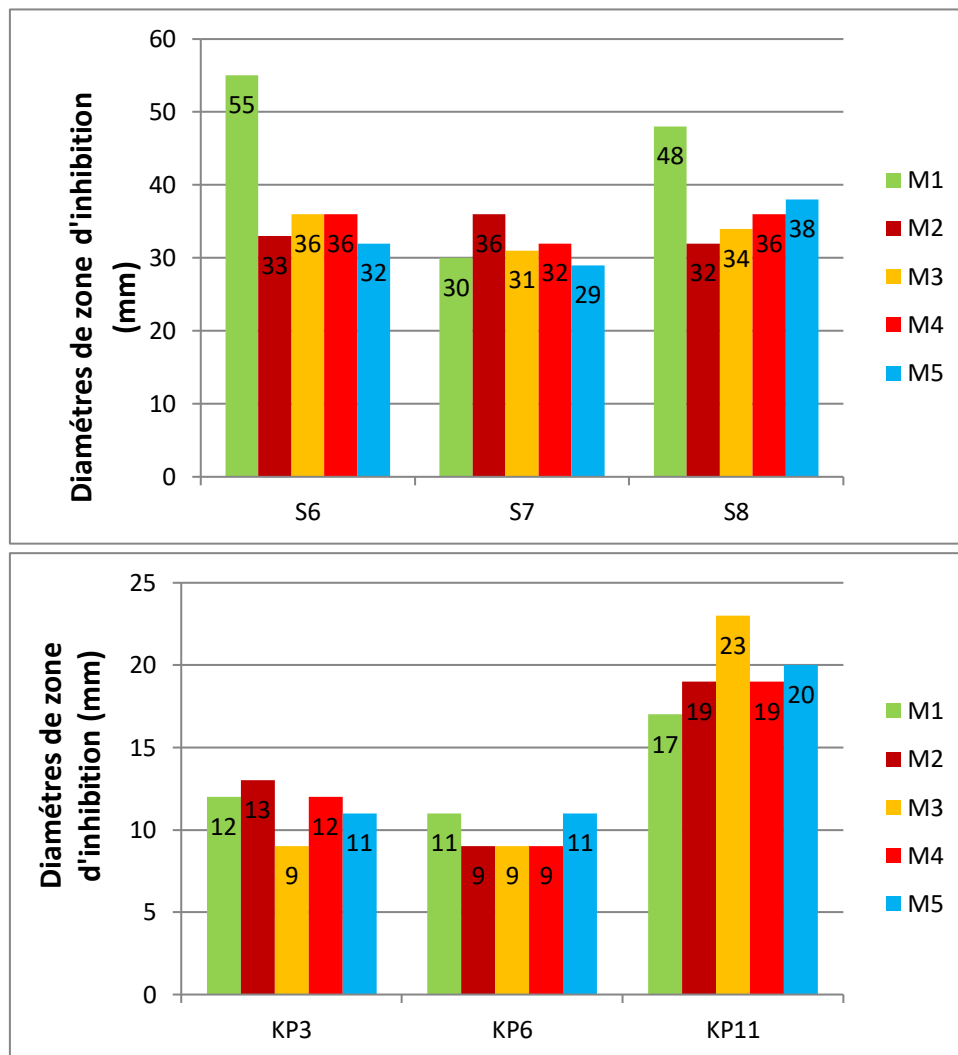


Figure14:Diamètres des zones d'inhibition obtenus des différents miels testés sur les souches *S. aureus* et *K. pneumoniae*

Les **figures 13** et **14** montrent que les cinq miels testés exercent une action antibactérienne contre les souches de *S. aureus* et de *K. pneumoniae*.

En effet, tous les miels testés présentent une excellente activité antibactérienne contre les souches de *S. aureus*, en particulier la souche S6 et S8 où le miel de chardon (M1) a engendré une zone d'inhibition de 55 et 48 mm respectivement.

En plus, les 5 miels testés exercent aussi une excellente activité surtout contre la souche KP11. Une exception est faite pour la souche KP6 où l'effet antibactérien des trois miels (M2, M3, M4) était très bas avec des zones d'inhibition qui variaient entre 9 et 11 mm.

Nos résultats concordent avec ceux de **Ahmed et al., (2024)**, qui ont trouvé une forte activité inhibitrice de divers miels naturels contre plusieurs pathogènes tels que *Staphylococcus aureus* et des entérobactéries.

L'activité antimicrobienne du miel est liée à plusieurs facteurs, notamment sa forte teneur en sucres, son pH acide, la production de peroxyde d'hydrogène ainsi que la présence de composés phénoliques. Ces composés sont capables d'altérer la membrane bactérienne, de perturber certaines activités enzymatiques essentielles et d'inhiber la multiplication cellulaire (**Bonsignore et al., 2024 ; Machado et al., 2025**).

En plus la composition botanique du miel influence fortement son pouvoir antimicrobien, certains miels monofloraux présentant une activité supérieure à celle des miels multifloraux (**Ahmed et al., 2024 ; Majtan et al., 2024**).

Nos miels exercent une activité antibactérienne surtout sur les souches de *S. aureus*, cela est due selon **Nolan et al., en (2023) ; Oryan et al., (2024)** à la paroi bactérienne de *S. aureus* qui est composée majoritairement de peptidoglycane, ce qui facilite l'infiltration des composés du miel. Au contraire *K. pneumoniae* a une membrane externe chargée de lipopolysaccharides qui offre une barrière additionnelle inhibant la propagation de multiples agents antibactériens.

4.2.Détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices des miels sélectionnés

Les résultats des CMI obtenus pour les différents types de miel testés montrent une activité antibactérienne variable selon la souche et le type de miel (**Tableau7**).

Tableau 7 : Détermination des CMI des miels sélectionnés sur les bactéries planctoniques

Souche/ Miel	M1	M2	M3	M4	M5
S6	8.32 %	33.3 %	4.16 %	33.3 %	33.3 %
S7	2.08 %	2.08 %	33.3 %	33.3 %	1.04 %
S8	2.08 %	8.32 %	33.3 %	33.3 %	33.3 %
KP3	8.32 %	16.65 %	8.32 %	16.65 %	16.65 %
KP6	16.65 %	33.3 %	-	33.3%	16.65 %
KP11	16.65 %	8.32 %	-	8.32 %	4.16 %

Les plus faibles CMI ont été observées pour le miel multifloral (M5) contre la souche S7 ainsi que pour les miels de Chardon (M1) contre les souches S7 et S8. À l'inverse, certaines souches notamment KP6 ont nécessité des concentrations plus élevées atteignant 33,3 %, ce qui traduit une moindre sensibilité aux composés antimicrobiens présents dans les miels.

Les CMI des différents miels peuvent être particulièrement faibles tels signalés dans les études de **Grecka et al., (2018)** avec les miels multif floraux de sarrasin dont la CMI était de 1,56% pour *S. aureus*. D'autres auteurs ont publié des CMI plus élevées dans une gamme allant de 3 à 32% (**Cooper et al., 2014 ; Roshan et al., 2017**).

4.3.Effet des miels sélectionnés sur des biofilms mixtes préformés

Cette partie consiste à évaluer l'activité antibiofilm de cinq miels, testés à différentes concentrations, sur des biofilms mixtes (24h) formés par *K. pneumoniae* et *S.aureus* isolées des SET.

Selon la **figure 15**, le traitement avec les cinq miels sélectionnés dilués à 50, 32, 16, 8, 4 et 2% a entraîné une réduction importante de la biomasse des biofilms mixtes (S6/KP6, S7/KP3 et S8/KP11). On assiste en aucun cas à une éradication complète du biofilm par les miels testés.

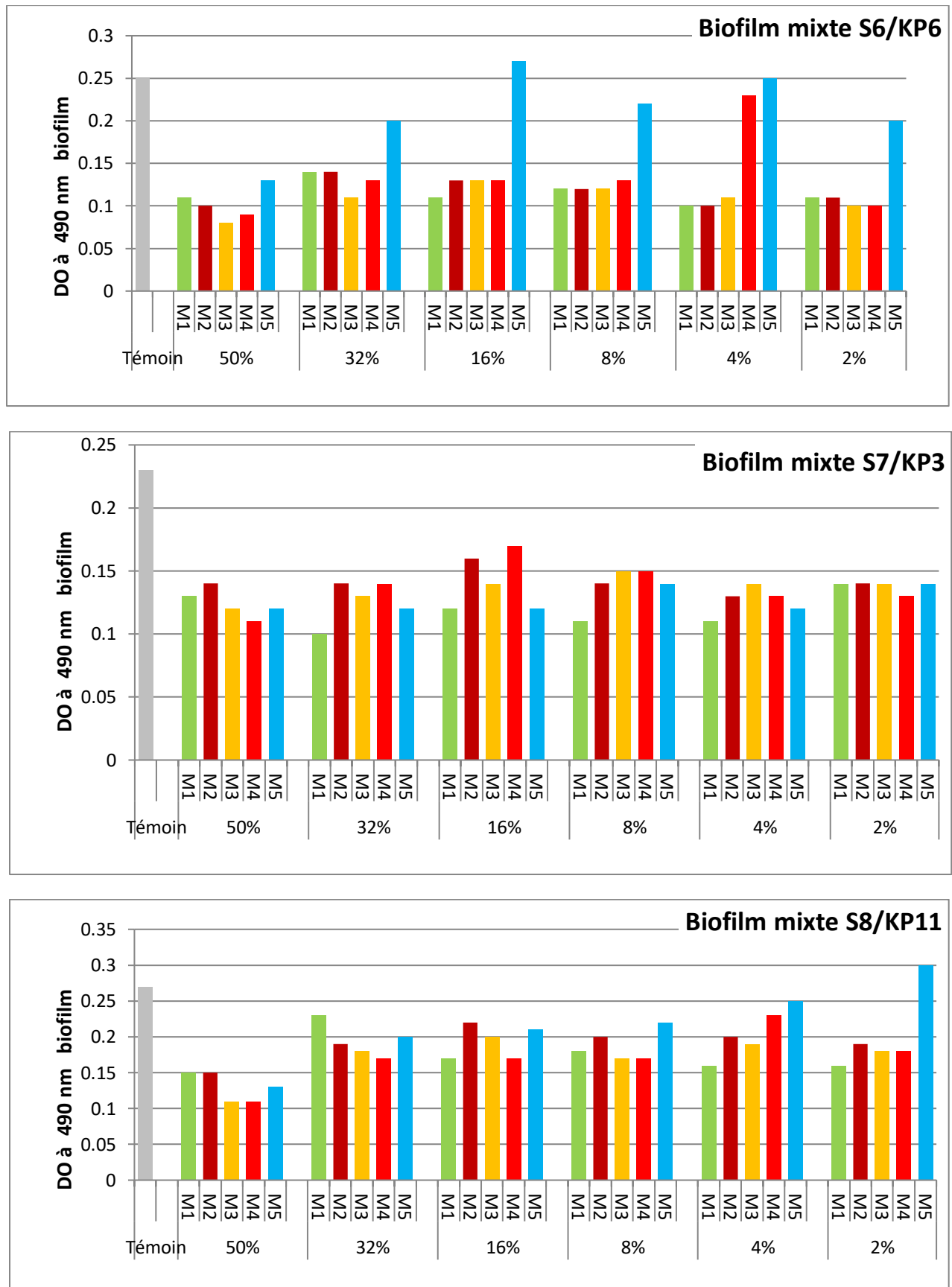


Figure 15 : Effet inhibiteur des différents miels sur les biofilms mixtes de *S. aureus* et *K. pneumoniae*

Selon **la figure 15** ; tous les miels exercent une activité antibiofilm contre le biofilm mixte de **S6/KP6** à l'exception du miel multifloral (M5) qui reste inefficace à la concentration 8 et 4%. En plus à 16% ; le M5 favorise la formation de biofilm ou la DO dépasse la DO du témoin.

A 50%, tous les miels réduisent la biomasse du biofilm formé ; une activité est particulièrement marquée pour Jujubier (M3), de montagne (M4) avec réduction de 2/3 de biofilm formé.

A de faible concentration (8, 4 et 2%), les miels de Chardon (M1), de Thym (M2), du Jujubier (M3) exercent aussi une excellente activité antibiofilm avec éradication de 50% du biofilm formé.

Tous les miels étudiés exercent une activité antibiofilm presque similaire contre le biofilm mixte de **S7/KP3**. Les meilleurs activités antibiofilm ont été observé avec le miel du Jujubier (M3), de montagne (M4) à la concentration 50%, et aussi avec le miel de Chardon (M1) à 32, 16, 8 et 4%.

Concernant le biofilm de **S8/KP11** ; les miels étaient moins efficaces sur l'élimination du biofilm cela est peut-être due à la forte capacité de ses deux souches à former un biofilm (selon les résultats antérieurs). En plus les 5 miels à la concentration 50% avaient les meilleures activités antibiofilm, particulièrement le miel du Jujubier (M3), et le miel de montagne (M4) ou 50% de la biomasse de biofilm était réduite.

Le miel de montagne (M4) a maintenu une activité inhibitrice aux faibles concentrations (32, 16, 8 et 2%). Cependant le miel multifloral (M5) a présenté des valeurs de DO plus élevées à 2% favorisant ainsi la formation de biofilm **S8/KP11**.

Nos résultats sont en accord avec ceux **Almasaudi, (2023)** et **Oryan et al., (2024)** qui ont rapporté que le miel possède une activité antibiofilm significative contre plusieurs bactéries pathogènes notamment *S.aureus* et *K. pneumoniae*. Cette activité peut être liée à l'action combinée de leur composés bioactifs, notamment les polyphénols, le peroxyde d'hydrogène et les flavonoïdes, qui peuvent perturber l'organisation du biofilm et réduire l'adhésion bactérienne (**Bucekova et al., 2024 ; Majtan et al., 2024**).

De plus certaines différences d'activité de différents miels provenant des mêmes sources botaniques, mais de différentes zones géographiques ont été également observées (**Ekhtelat et al., 2016 ; Kuš et al., 2016**).

Dans son étude **Hamedi (2021)** montre que le biofilm de la souche de *K. pneumoniae* est difficilement inhibé par les miels Algériens notamment le cèdre saharien, le thym et de Rocca avec des concentrations de 50 et 75% de miels. A de faibles concentrations de miel de thym, d'eucalyptus et de cèdre ont favorisé la formation de biofilm de *P. aeruginosa* et de *K. pneumoniae*.

L'activité antibactérienne du miel est très complexe et n'est toujours pas pleinement reconnue. Dans son étude **Kafantaris et al., (2021)** révélait que de multiples mécanismes d'action sont responsables de l'activité antibactérienne du miel et qu'ils peuvent exercer un effet inhibiteur sur le quorum, la détection, la chimiotaxie bactérienne et la formation de biofilms.

CONCLUSION

Les sondes endotrachéales sont des dispositifs médicaux essentiels qui assurent une ventilation mécanique aux patients en soins intensifs. Toutefois, leur utilisation représente une voie d'entrée pour les microorganismes pathogènes, favorisant ainsi la formation du biofilm à la surface de ces dispositifs. Cela conduit à un échec thérapeutique et expose les patients à un risque d'infections nosocomiales graves.

Dans ce contexte, 24 souches bactériennes étaient isolées à partir des sondes endotrachéales prélevées dans EPH de Nedroma et dans le service de réanimation et celui des urgences médicales du CHU de Tlemcen. 99% des prélèvements étaient contaminés principalement par *Klebsiella pneumoniae* (50%) et *Staphylococcus aureus* (33.33%). Ajouté à cela 60% de ces isolats bactériens ont présenté une grande capacité à former des bons biofilms *in-vitro*, ce qui constitue un risque infectieux important lié à ces sondes.

Le traitement des infections associées aux biofilms demeure complexe, car le biofilm confère aux bactéries une tolérance accrue aux antibiotiques, réduisant ainsi l'efficacité des thérapies antimicrobiennes. La valorisation des ressources naturelles locales, en particulier les miels Algériens, constitue une nouvelle stratégie pour la prévention et le contrôle des infections associées aux biofilms.

Bien que les propriétés antimicrobiennes du miel soient étudiées depuis des années, son activité antibiofilm suscite un intérêt croissant dans la recherche scientifique. Plusieurs études ont montré que le miel peut inhiber la formation du biofilm et limiter la croissance de certaines bactéries pathogènes.

Les résultats obtenus ont révélé que les miels Algériens sélectionnés possèdent une activité antibactérienne intéressante, notamment contre les souches planctoniques de *K.pneumoniae* et de *S. aureus*. Cette efficacité pourrait être attribuée à leur richesse en composés bioactifs, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes et le peroxyde d'hydrogène. En plus, les résultats obtenus confirment le potentiel de ces miels étudiés dans la réduction des biofilms mixtes formés par *S. aureus* et *K. pneumoniae*, deux bactéries fréquemment impliquées dans les infections associées aux sondes endotrachéales.

D'une manière générale, les miels Algériens représentent une alternative naturelle prometteuse dans la lutte contre les biofilms bactériens. Toutefois, des études complémentaires, notamment *in vivo*, restent nécessaires afin de confirmer leur efficacité thérapeutique et de mieux comprendre leurs mécanismes d'action.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Annexe

1. **Abdellah, F. (2023).** Antimicrobial properties of natural honey. In M. A. Aziz (Ed.), *Melittology – New Advances*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1003933>
2. **Aburayyan, W. S., Al-Nabulsi, A. A., Osaili, T. M. (2024).** Antibacterial, antibiofilm and antimicrobial effects of honey types: A comparative study. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1177/2515690X24127197>
3. **Ahmed, M., Djebli, N., Hammoudi, S. M., Meslem, A., & Aissat, S. (2012).** Antibacterial activity of various honey types of Algeria against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(10), 773–776. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(12\)60141-2](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(12)60141-2)
4. **Ahmed, S., Sulaiman, S. A., Baig, A. A., Ibrahim, M., Liaqat, S., Jabeen, S., Shamim, N., & Othman, N. H. (2024).** Antibacterial properties of natural honey and its therapeutic potential. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1342568.
5. **Almasaudi, S. B. (2023).** Anti-bacterial, anti-biofilm and anti-quorum sensing activities of honey: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 317, 116830.
6. **Andleeb, S., Aslam, B., Tabassum, S., (2024).** Comprehensive insights into *Klebsiella pneumoniae*: unravelling clinical impact, epidemiological trends and antibiotic-resistance challenges. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 79(7), 1484–1492. <https://doi.org/10.1093/jac/dkae184>
7. **Araújo, T. T. (2024).** Acquired pellicle and biofilm engineering by rinsing with hemoglobin solution. *Caries Research*, 58(3), 162–172. <https://doi.org/10.1159/000537976>
8. **Balázs, V. L., Nagy-Radványi, L., Filep, R., Kerekes, E., Kocsis, B., Kocsis, M., & Farkas, Á. (2021).** In vitro antibacterial and antibiofilm activity of Hungarian honeys against respiratory tract bacteria. *Foods*, 10(7), 1632. <https://doi.org/10.3390/foods10071632>
9. **Bayrakçi, S., Şahin, A., Bayrakçi, O., & Aslan, S. (2025).** Characteristics of ventilator-associated pneumonia due to Gram-negative bacteria in the intensive care unit: A single-center experience. *Medicine*, 104(26), e42946.
10. **Belem, P.(2024).** Les pneumopathies acquises sous ventilation mécanique au CHU de Tengandogo: profil épidémiologique, clinique, bactériologique et thérapeutique. *Revue Malienne d'Infectiologie et de Microbiologie*, 19(1), 20–23.
11. **Berti, G. (2023).** Formal analyses are fundamental for the definition of honey, a product representing specific territories and their changes: The case of North Tyrrhenian dunes (Italy). *Scientific Reports*, 13.
12. **Bjarnsholt, T.(2022).** The *in vivo* biofilm. *Trends in Microbiology*, 30(5), 400–412.

13. **Bonsignore, G., Martinotti, S., & Ranzato, E. (2024).** Honey Bioactive Molecules: There Is a World Beyond the Sugars. *BioTech*, 13(4), 47.
14. **Bouhrour, N. (2024).** Medical Device-Associated Biofilm Infections and Multidrug-Resistant Pathogens. *Pathogens*, 13(5), 393. <https://doi.org/10.3390/pathogens13050393>
15. **Bucekova, M., Majtan, J., Godocikova, J., & Klaudiny, J. (2024).** Mechanisms of antibacterial activity of honey and its clinical applications. *Antibiotics*, 13(4), 356.
16. **Ciulu, M., Cadoni, M., & Tuveri, M. (2017).** Symmetries, holography and quantum phase transition in two-dimensional dilatonAdS gravity. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1711.02459>
17. **Christensen, G. D., Simpson, W. A., Younger, J. J., Baddour, L. M., Barrett, F. F., Melton, D. M., & Beachey, E. H. (1985).** Adherence of coagulase-negative staphylococci to plastic tissue culture plates: A quantitative model for the adherence of staphylococci to medical devices. *Journal of Clinical Microbiology*, 22(6), 996–1006. <https://doi.org/10.1128/jcm.22.6.996-1006.1985>
18. **Clare, J., Lindley, M. R., & Ratcliffe, E. (2024).** The antimicrobial and antibiofilm abilities of fish oil derived polyunsaturated fatty acids and manuka honey. *Microorganisms*, 12(4), 778. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12040778>
19. **Clavet, D. (2023).** Honey microbiota, antimicrobial properties and its role in biofilm inhibition: A review. *Food Chemistry X*, 23, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101524>
20. **Coenye, T., & Bjarnsholt, T. (2020).** Biofilm antimicrobial susceptibility through an experimental evolutionary lens. *Biofilms and Microbiomes*, 8, 82. <https://doi.org/10.1038/s41522-022-00346-4>
21. **Codru, I.R., Vintilă, B.I., Sava, M., Bereanu, A.S., Neamțu, S.I., Bădilă, R.M. (2024).** Optimizing diagnosis and management of ventilator-associated pneumonia: Biofilm detection methods and bacterial colonization on endotracheal tubes. *Microorganisms*, 12(10), 1966.
22. **Combarros-Fuertes, P., Estevinho, L. M., Dias, L. G., Castro, J. M., Tomás-Barberán, F. A., & Tornadijo, M. E. (2023).** Bioactive compounds and antimicrobial activity of honey: A review. *Foods*, 12(8), 1579.
23. **Concannon, C. (2023).** Endotracheal intubation and associated complications in ICU patients. *Healthcare*, 11(2), 150.
24. **Curlis, J., Charles, K.R., Royle, R., Rickard, C.M., Ball, D., Rahiman, S. (2025).** Endotracheal tube-associated complications in paediatric critical care: A systematic review and meta-analysis. *Nursing in Critical Care*, 30(4), e70066

25. Da Silva, S. M., Ramos, B. A., de Sá, R. A. Q. C., da Silva, M. V., Correia, M. T. S., & de Oliveira, M. B. M. (2022). Investigation of factors related to biofilm formation in *Providencia stuartii*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(3), e20210765. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220210765>
26. Daugherty, E.L. & Jones, G.M. (2022). Airway management and endotracheal intubation. *New England Journal of Medicine*, 386(12), 1150–1160.
27. Deshmukh-Reeves, E., Shaw, M., Bilsby, C., & Gourlay, C. W. (2025). Biofilm formation on endotracheal and tracheostomy tubing: A systematic review and meta-analysis of culture data and sampling method. *MicrobiologyOpen*, 14(4), e70032. <https://doi.org/10.1002/mbo3.70032>.
28. Dżugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., & Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules*, 23(8), 2069. <https://doi.org/10.3390/molecules23082069>
29. Ferrer, M., & Torres, A. (2018). Epidemiology of ICU-acquired pneumonia. *Current Opinion in Critical Care*, 24(5), 325–331.
30. Ferrer, M. D., García, J., Rodríguez, M., & others. (2024). Honey microbiota, methods for determining the microbiological composition and the antimicrobial effect of honey. *Food Chemistry*, 23, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101524>
31. Gresser, A. (2010). Intubation trachéale. *revue des dispositifs médicaux*, CHU bordeaux.
32. González-Pérez, L. M., Havryliuk, O., Infante, N., Muniesa, M., Morató, J., Mariychuk, R., & Tzanov, T. (2024). Biofilm prevention and removal in non-target *Pseudomonas* strain by Siphovirus-like coliphage. *Biomedicines*, 12(10), 2291. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12102291>
33. Hacini, W.N. (2024). Evaluation du pouvoir antimicrobien et de la qualité microbiologique de quelques types de miels naturels récoltés dans plusieurs régions d'Algérie. Mémoire de master, Université de Ghardaïa.
34. Hagberg, C. A., & Artime, C. A. (2021). Airway management in the adult. *New England Journal of Medicine*, 384(19), 1836–1847. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1916801>
35. Halwani, M. (2024). Enhanced antibacterial activity of manuka honey with higher methylglyoxal concentration against *Staphylococcus aureus*: in vitro study. *Journal of Contemporary Medical Sciences*, 10(4). <https://doi.org/10.22317/jcms.v10i4.1610>
36. Hamedi-Gaouar, S. (2022). Colonisation des canaux d'endoscopes : suivi bactériologique, évaluation expérimentale de la formation de biofilm et mesures correctives. Th. doct : Biologie: Université Tlemcen– Algérie.
37. Hamitouche, D., & Landri, M. (2020). Miel : propriétés, composition et qualité. Mémoire de Master, Université de Tizi-Ouzou.

38. Haval, M. (2025). Biofilms exposed: Innovative imaging and therapeutic platforms for persistent infections. *Antibiotics*, 14(9), 865. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14090865>
39. Heidari, A. E., Moghaddam, S., Truong, K. K., Chou, L., Genberg, C., Brenner, M., & Chen, Z. (2015). Visualizing biofilm formation in endotracheal tubes using endoscopic three-dimensional optical coherence tomography. *Journal of Biomedical Optics*, 20(12), 126010. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.20.12.126010>
40. Hernández, M., Langa, J., Aizpurua, O., Navarro-Noya, Y. E., & Alberdi, A. (2025). Contrasting recovery of metagenome-assembled genomes and derived bacterial communities and functional profiles from lizard fecal and cloacal samples. *Animal Microbiome*, 7, Article 15. <https://doi.org/10.1186/s42523-025-00381-4>.
41. Iroumé, C., Ntyo'o, A., Kona, S., NgaNomo, S., Daya, L., Dakleu, M., Djontu, S., Ndinchout, M., Esienne, A., BengonoBengono, R.S. & Jemea, B., (2026). Thrombophlébite Septique Jugulaire en Réanimation Post-Intubation Prolongée à Yaoundé : Un Syndrome de Lemierre Iatrogène. *Sciences de la Santé et Maladies*, 27(4), 85–89.
42. Jabaley, C. S. (2023). Airway management and mechanical ventilation in critical care. *Critical Care*, 27, 91. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04444-7>
43. Kalil, A.C., Metersky, M.L., Klompas, M., Muscedere, J., Sweeney, D.A., Palmer, L.B., Napolitano, L.M., O'Grady, N.P., Bartlett, J.G., Carratalà, J. (2016). Management of Adults With Hospital-acquired and Ventilator-associated Pneumonia: 2016 Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the American Thoracic Society. *Clinical Infectious Diseases*, 63(5), et 61et111. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw353>.
44. Kabiche, H., & Zerrouki, L. (2022). Evaluation des caractéristiques physico-chimiques, antioxydante et antibactériennes de deux miels algériens de différentes origines (botaniques, florales). Université Mouloud Mammeri, mémoire de Master.
45. Keim, N. (2023). Anti-bacterial, anti-biofilm and anti-quorum sensing activities of honey: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 317, 116830. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116830>
46. Khalefa, H. S., Arafa, A. A., Hamza, D., Abd El-Razik, K. A., & Ahmed, Z. (2025). Emerging biofilm formation and disinfectant susceptibility of ESBL-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Scientific Reports*, 15, 1599. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84149-x>
47. Khatoun, M., Shahzad, A., Ahmad, M., & Ali, S. (2018). Antibacterial activity of honey and its application against pathogenic bacteria: A review. *Microbiology Research Journal International*, 24(3), 1–12.

48. Klompas, M., Branson, R., Cawcutt, K., Crist, M., Eichenwald, E. C., Greene, L. R., Lee, G., Maragakis, L. L., Powell, K., Priebe, G. P., Speck, K., Yokoe, D. S., & Berenholtz, S. M. (2022). Strategies to prevent ventilator-associated pneumonia, ventilator-associated events, and nonventilator hospital-acquired pneumonia in acute-care hospitals: 2022 update. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 43(6), 687–713. <https://doi.org/10.1017/ice.2022.88>
49. Koloh, R.(2024). Chestnut honey is effective against mixed biofilms at different stages of maturity. *Antibiotics*, 13(3), 255. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13030255>
50. Kreitmann, L., Gaudet, A., & Nseir, S. (2023). Ventilator-associated pneumonia in immunosuppressed patients. *Antibiotics*, 12(2), 413. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020413>
51. Lattab, A. (2018). Formation et maturation du biofilm bactérien [Mémoire de Master, Université de Tlemcen]. DSpace Université de Tlemcen, 56 p.
52. Lazaridis, D. G., Kitsios, A. P., Koutoulis, A. S., Malisova, O., & Karabagias, I. K. (2024). Fruits, Spices and Honey Phenolic Compounds: A Comprehensive Review on Their Origin, Methods of Extraction and Beneficial Health Properties. *Antioxidants*, 13(11), 1335.
53. Liu, H., Prentice, E. L., & Webber, M. A. (2024). Mechanisms of antimicrobial resistance in biofilms. *npj Antimicrobials and Resistance*, 2. <https://doi.org/10.1038/s44259-024-00046-3>
54. Lu, J., Cokcetin, N. N., Burke, C. M.(2023). Honey can inhibit and eliminate biofilms produced by *Pseudomonas aeruginosa*. *Scientific Reports*, 13, 12208. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39218-4>
55. Luca, L.(2024). Honey microbiota and antimicrobial effect of honey: a review. *Food Chemistry X*, 23, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101524>
56. Luca, L., Pauliuc, D., & Oroian, M. (2024). Honey microbiota, methods for determining the microbiological composition and the antimicrobial effect of honey: A review. *Food Chemistry X*, 23, 101524.
57. Machado, A. (2023). Anti-bacterial, anti-biofilm and anti-quorum sensing activities of honey: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 317, 116830. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116830>
58. Maes Honey. (2022). Miel de mille fleurs, polyfloral ou multifloral. *Maes Honey*. <https://maeshoney.com/en/honey-flowers>

59. Majtan, J., Bucekova, M., Godocikova, J., & Klaudiny, J. (2024). Honey as a potential antibiofilm agent against clinically relevant bacterial pathogens. *Antibiotics*, 13(2), 145.
60. Maldiney, T., Pineau, V., Bregigeon, R., Neuwirth, C., Perraud, F., Podac, B., Blot, M., Pirot, L., Fournier, I., Clere-Jehl, R., Josse, J., Laurent, F., Masson, D., Jacquier, M., Charles, P.-E., & Quenot, J.-P. (2024). Faire la lumière sur le biofilm en soins critiques : un compartiment mésestimé pour lutter contre les infections associées aux dispositifs médicaux invasifs. *Médecine Intensive Réanimation*, 33(2), 191–204. <https://doi.org/10.37051/mir-00207>
61. Mishra, S. K., Baidya, S., Bhattarai, A., Shrestha, S., Homagain, S., Rayamajhee, B., Hui, A., & Willcox, M. (2024). Bacteriology of endotracheal tube biofilms and antibiotic resistance: a systematic review. *Journal of Hospital Infection*, 147, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2024.03.004>
62. Mosier, J. M. (2024). Advanced airway management in critically ill patients. *Current Anesthesiology Reports*, 14(3), 446–457. <https://doi.org/10.1007/s40140-024-00629-w>
63. Muluneh, B., & Azanaw, J. (2022). Biofilm formation on endotracheal tubes and its clinical impact in critically ill patients. *Infection and Drug Resistance*, 15, 5061–5068. <https://doi.org/10.2147/IDR.S379502>
64. Murray, P.R., Rosenthal, K.S. & Pfaller, M.A. (2023). *Murray's Basic Medical Microbiology* (2nd ed.). Elsevier.
65. Nabti, D., & Lazhari, T. (2022). Chemical composition, biological activity and factors influencing the quality of Algerian bee-honey (*Apis mellifera*). *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(1), 1–11. [https://doi.org/10.38150/sajeb.12\(1\).p1-11](https://doi.org/10.38150/sajeb.12(1).p1-11)
66. Nolan, V. C., Harrison, J., & Cox, J. A. G. (2023). Dissecting the antimicrobial composition of honey. *Microbiology*, 169(3), 001295.
67. Novak et 2025 Borthakur, A., Dorner, M., Johnson, K., Arnold, W. A., & Novak, P. J. (2025). Protection and enrichment: how two different carbonaceous biofilm supports improve methane yield from encapsulated anaerobic microorganisms. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 11, 1542–1553. <https://doi.org/10.1039/D4EW01043D>
68. Ogwu, M. C., & Izah, S. C. (2025). Honey as a natural antimicrobial. *Antibiotics*, 14(3), 255. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030255>
69. Onyango, L. A., & Liang, J. (2024). Manuka honey as a non-antibiotic alternative against *Staphylococcus* spp. and their small colony variant phenotypes. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1380289.
70. Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2024). Potential role of honey in combating bacterial infections and biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, 136(2), 1xad27.

71. **Papazian, L., Klompas, M., & Luyt, C.-E. (2020).** Ventilator-associated pneumonia in adults: a narrative review. *Intensive Care Medicine*, 46(5), 888–906. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05980-0>.
72. **Pal, M., Gutama, K. P., & Koliopoulos, T. (2021).** *Staphylococcus aureus*: A major pathogen of public health concern. *Journal of Emerging Environmental Technologies and Health Protection*, 4(2), 17–32.
73. **Papazian, L.(2024).**Honey microbiota, methods for determining the microbiological composition and the antimicrobial effect of honey: A review. *Food Chemistry X*, 23, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101524>
74. **Pierrat, X. (2022).** Biofilm formation and antibiotic resistance mechanisms in pathogenic bacteria: A review. *Frontiers in Microbiology*, 13, 850030. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.850030>
75. **Pietrocola, G., Campoccia, D., Motta, C., Montanaro, L., Arciola, C. R., &Speziale, P. (2022).**Colonization and infection of indwelling medical devices by *Staphylococcus aureus* with an emphasis on orthopedic implants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 5958. <https://doi.org/10.3390/ijms23115958>
76. **Popa, G.L. (2024).** Lessons from four years (2021–2024) of *Klebsiella pneumoniae* resistance surveillance: Epidemiological trends in a Romanian intensive care unit. *Journal of Clinical Medicine*.
77. **Quirantes-Piné, R., Sanna, G., Mara, A., Borrás-Linares, I., Mainente, F., Picó, Y., Zoccatelli, G., Lozano-Sánchez, J., &Ciulu, M. (2024).** Mass spectrometry characterization of honeydew honey: A critical review. *Foods*, 13(14), 2229. <https://doi.org/10.3390/foods13142229>
78. **Rani, A., & Verma, S. (2025).** Phytochemical composition, antioxidant, and antimicrobial potential of honey: A review. *International Journal of Plant and Environment*, 11(1), 10–19. <https://doi.org/10.18811/ijpen.v11i01.02>
79. **Santos-Buelga, C., & González-Paramás, A. M. (2025).** Chemical composition of honey. In J. M. Alvarez-Suarez (Ed.), *Bee Products – Chemical and Biological Properties* (pp. 47–104). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-89049-9_3
80. **Sauer, K., Stoodley, P., Goeres, D.M., Hall-Stoodley, L., Burmølle, M., Stewart, P.S. & Bjarnsholt, T., 2022.**The biofilm life cycle: expanding the conceptual model of biofilm formation. *Nature Reviews Microbiology*, 20(10), pp.608–620.
81. **Shrestha, P., Tandukar, S., Shrestha, M., Shrestha, S., Subedee, A., Shakya, J., & others. (2025).**Bacteriophage as an anti-biofilm agent against *Pseudomonas aeruginosa*

- from wound infection. *PLOS ONE*, 20(10), e0334139. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0334139>
82. Terbagou, B. N., & Hacini, W. (2024). Évaluation du pouvoir antimicrobien et de la qualité microbiologique de quelques miels naturels récoltés dans plusieurs régions d'Algérie. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa.
83. Torres, P. (2023). Antimicrobial and antibiofilm properties of honey against clinically relevant pathogens. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 3489–3501. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16460>
84. Vani, S., Vadakkan, K. & Mani, B., 2023. A narrative review on bacterial biofilm: its formation, clinical aspects and inhibition strategies. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9, p.50.
85. Ventola, C.L., 2015. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics*, 40(4), pp.277–283.
86. Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S. (2011). Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Anaerobe*, 17(6), 375–379. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.03.012>
87. Wang, H., Li, L., Lin, X., Bai, W., Xiao, G., & Liu, G. (2023). Composition, functional properties and safety of honey: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(14), 6767–6779. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12720>
88. Wang, X., Chen, C., Hu, J., Liu, J., Ning, Y., & Lu, F. (2024). Current strategies for monitoring and controlling bacterial biofilm formation on medical surfaces. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 282, 116709. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116709>
89. Wilczyńska, A., & Żak, N. (2024). Polyphenols as the main compounds influencing the antioxidant effect of honey. *Antioxidants*, 13(2), 210. <https://doi.org/10.3390/antioxidants13020210>
90. Wilczyńska, A., & Żak, N. (2024). Polyphenols as the Main Compounds Influencing the Antioxidant Effect of Honey—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(19), 1060
91. Zaharieva, A., Neugart, M., & others. (2024). Social networks, promotions, and the glass-ceiling effect. *Journal of Economic Dynamics / JEMS-related publication*, revised/accepted 2024. <https://doi.org/10.1111/jems.12603>
92. Zhang, Y. (2024). Microbial contamination associated with endotracheal tubes in intensive care units. *BMC Microbiology*, 24, 189. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03343-z>

- 93. Zhang, Y.(2025).**Clinical outcomes associated with endotracheal tube management in intensive care units. *Journal of Critical Care Medicine*, 50, 102345.

ANNEXE

Annexe1 : Préparation des milieux de culture**Bouillon Cœur-Cerveille (pH 7,4 ± 0,2)**

- Extrait cœur-cerveille	17,5 g/L
- Peptone pancréatique de gélatine	10 g/L
- Chlorure de sodium.....	5 g/L
- Phosphate disodique.....	2,5 g/L
- Glucose	2 g/L

Préparation : 3,7g/L d'eau distillé, stérilisation à 121°C pendant 15 min.

Gélose Cétrimide (pH 7,1± 0.2)

Peptone de gélatine.....	16g/L
Peptone de caséine.....	10g/L
Bromure de tétradonium (Cétrimide).....	0,2g/L
Acide nalidixique.....	15mg/L
Sulfate de potassium.....	10g/L
Chlorure de magnésium.....	1,4g/L
Agar.....	10g/L

Préparation: 45.3g /L d'eau distillée, stérilisation à 121°C pendant 15min.

Gélose de Chapman (pH 7,6± 0.2)

Extrait de viande.....	1g/L
Peptone de caséine et de viande.....	10g/L
Chlorure de sodium.....	75g/L
Mannitol.....	10g/L
Agar.....	15g/L
Rouge de phénol.....	0,025g/L

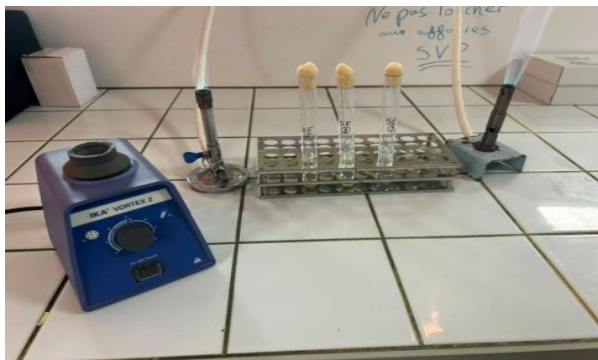
Préparation: 111g/L d'eau distillée, stérilisation à 121°C pendant 15min.

Gélose Mac Conkey (pH 7,1± 0.2 à 37°C)

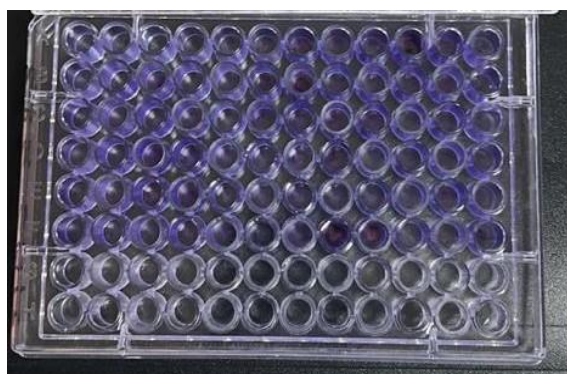
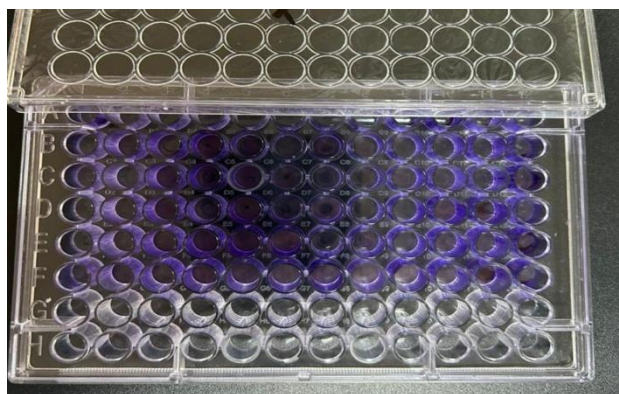
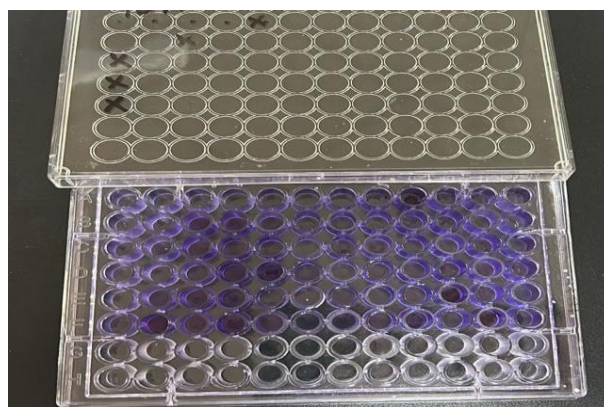
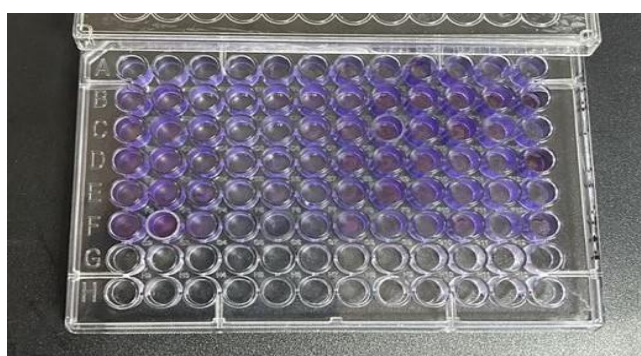
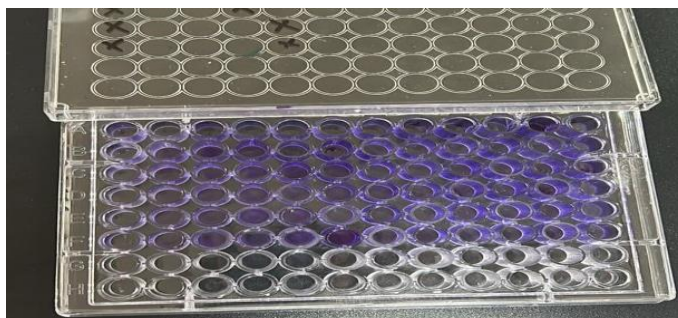
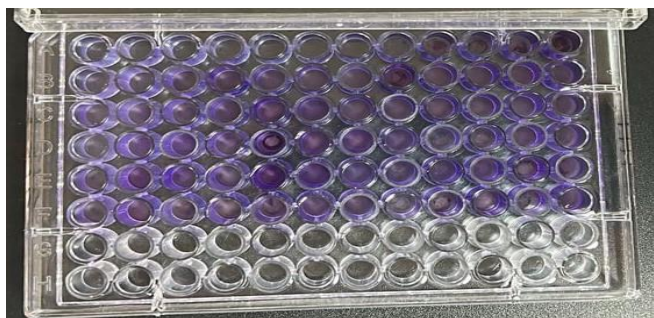
Peptone.....	20g/L
Lactose.....	10g/L
Sels biliaires.....	1g/L
Chlorure du sodium.....	5g/L
Rouge Neutre.....	0.075g/L
Agar.....	12g/L

Préparation: 52g /L d'eau distillée, stérilisation à 121°C pendant 15min.

Annexe 02: Quelques photos de manipulation



Annexe 3 : Quelques résultats de la technique TCP



Annexe 4 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus des différents miels testés sur les souches bactériennes étudiées

Souches bactériennes	M1	M2	M3	M4	M5
S6	55(EX)	33(EX)	36(EX)	36(EX)	32(EX)
S7	30(EX)	36(EX)	31(EX)	32(EX)	29(EX)
S8	48(EX)	32(EX)	34(EX)	36(EX)	38(EX)
KP3	12(M)	13(M)	9(TB)	12(M)	11(M)
KP6	11(M)	9(TB)	9(TB)	9(TB)	11(M)
KP11	17(EX)	19(EX)	23(EX)	19(EX)	20(EX)

EX : Excellente activité, M : Moyenne activité, TB : Très basse activité