



Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie

Laboratoire des Produits Naturels « LAPRONA »

Mémoire de fin de cycle

Présenté par

Melle. BOUHEDDADJ Khadidja

Melle. OUDJEDI DAMERDJI Fatima Zohra

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Science Biologique

Option : Microbiologie et Contrôle de Qualité

THEME

**Évaluation de l'activité antimicrobienne des champignons isolés
d'algue marine *Ulva compressa* récoltée sur la plage de Mkhalled
(Tlemcen, Ouest Algérien)**

Soutenu le 30 juin 2025 devant les membres du Jury:

Président :	Mr REBIAHI Sid Ahmed	Professeur	<i>Université de Tlemcen</i>
Encadrant :	Mr BELYAGOUBI Larbi	Professeur	<i>Université de Tlemcen</i>
Co-encadrante :	Mme. BELYAGOUBI- BENHAMMOU Nabila	Professeur	<i>Université de Tlemcen</i>
Examinatrice :	Mme BOUBLENZ A Nesrine	M.C.A	<i>Université de Tlemcen</i>
Invitée d'honneur :	Mme BENGUEDDA-RAHAL Wacila	Professeur	<i>Université de Tlemcen</i>

Année universitaire :2024-2025



Remerciement

Avant tout, nous rendons grâce à **Dieu, le Très-Haut**, pour nous avoir accordé la force, la santé et la patience nécessaires à la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadrant, **Monsieur Belyagoubi Larbi**, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de la préparation de ce mémoire.

Nous remercions également **Madame BELYAGOUBI-BENHAMMOU Nabila**, pour son aimable co-encadrement, ses conseils avisés et sa disponibilité.

Nous tiendrons à remercier sincèrement les membres du jury **Monsieur REBIAHI Sid Ahmed** et **Mme BOUBLENZIA Nesrine** pour le temps qu'ils m'ont accordé, pour leurs remarques constructives et pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nos remerciements vont également à **Madame Benguedda Rahal Wassila** pour son aide précieuse et son entière disponibilité.

Un grand merci à **l'ensemble du corps enseignant de la Faculté des Sciences de la Vie et de la Nature de Tlemcen** pour la qualité de l'enseignement reçu tout au long de notre parcours universitaire.

Nous témoignons également notre reconnaissance à **toutes les personnes** qui nous ont apporté leur aide, leur soutien ainsi que leur motivation, que ce soit lors des recherches, de la rédaction du mémoire, ou tout simplement dans les moments de doute.

Enfin, nous adressons nos plus vifs remerciements à **nos familles et à nos amis** pour leur amour, leurs encouragements constants et leurs prières. Votre soutien a été, tout au long de ce travail, notre plus grande force.



Dédicace

Avant tout, je rends grâce à **Dieu**, source de toute sagesse, force et patience.

Sans Lui, rien n'aurait été possible.

À mes **grand-mères** ;

Merci pour vos prières et votre amour.

À mes **chers parents**,

Merci pour votre amour, vos sacrifices et vos prières. Vous êtes ma bénédiction et mon refuge. Que Dieu vous protège et vous récompense pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes **frères Ahmed et Aboubekr** ;

Merci pour votre soutien constant, votre présence rassurante et vos encouragements silencieux mais puissants.

À ma **belle-sœur Hadjer** ;

Merci pour ton affection, ton soutien et ta bienveillance.

À ma petite nièce **Meriem Layane** ;

Tu es une source de bonheur et de motivation pour moi.

À mon oncle **Hadj Mohammed** et sa femme **hadja Wahiba** ;

Merci pour votre présence chaleureuse et vos encouragements.

À ma cher amie mon **binôme Tema** ;

Grâce à toi, les défis sont devenus plus légers, et les réussites, bien plus belles à partager. Ce mémoire est le reflet de notre confiance et de notre amitié précieuse.

À mes **amies Sara et Zineb** ;

Que Dieu vous bénisse pour votre amitié sincère.

Ce travail est dédié à ceux qui ont été des instruments de paix, de foi et d'amour dans ma vie.

Khadidja



Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu, source de toute force, de patience et de sagesse.
Sans Lui, rien de tout cela n'aurait été possible.

À mes parents

Merci pour l'amour profond que vous m'avez toujours porté, pour vos innombrables sacrifices et votre soutien constant.

Par votre force, votre patience et votre bienveillance, vous avez été les fondations de mon parcours. Vous êtes mon repère, mon exemple et ma plus grande source de motivation.

À mes frères Amine et Yacine,

Merci pour votre présence rassurante, vos encouragements sincères et vos gestes affectueux tout au long de ce parcours.

À ma grand-mère,

Merci pour tes prières chaleureuses, ta tendresse infinie et tout l'amour que tu m'as transmis.

À mes tantes, à mon oncle Lotfi ainsi qu'à son épouse Fatima,

Merci pour vos encouragements constants, vos conseils précieux et votre bienveillance tout au long de mes études.

À ma famille maternelle,

Merci pour votre soutien, vos encouragements et vos gestes affectueux.

Votre amour a été une force pour moi tout au long de ce chemin.

À ma tante Fouzia et sa fille Sabrina,

Même si vous êtes loin, vous êtes toujours avec nous par la pensée.

Merci pour votre présence, votre gentillesse et votre soutien.

À ma binôme Khadidja,

Merci pour ta collaboration, ta patience, ta confiance et tous les moments partagés ensemble.

Ce travail est le fruit de notre amitié sincère et de nos efforts communs.

À mes amies Sarah, Samira et Hadjer.

Merci pour vos sourires, vos encouragements et votre amitié tout au long de ce chemin.

Ce travail est dédié à toutes les personnes qui ont été pour moi des modèles de force, de solidarité et d'amour.

Fatima zohra



ملخص

تعد الموارد البحرية مجالاً رئيسياً في التكنولوجيا الحيوية الزرقاء، حيث توفر إمكانيات كبيرة لاكتشاف جزيئات نشطة بيولوجياً جديدة، لا سيما ذات الخصائص المضادة للميكروبات. وتُعتبر الكائنات الدقيقة البحرية من المصادر الواعدة لإنتاج المستقلبات الثانوية ذات الأهمية الصيدلانية.

في هذا السياق، ركزت هذه الدراسة على عزل وتعريف الفطريات المرتبطة بالطحلب الأخضر، *Ulva compressa* الذي جُمع من السواحل الجزائرية، بهدف تقييم قدرتها المضادة للميكروبات. تم الحصول على خمسة عزلات فطرية وتحديدها مورفولوجياً على أنها تنتمي إلى الجنس *Trichoderma* ثلاث عزلات (*و*) *Penicillium* عزلتان، وهما معروفان بقدرتهما على إنتاج مركبات نشطة بيولوجياً. لم يتم عزل أي أكتينومييسيت، ويُحتمل أن يكون ذلك بسبب ظروف الزرع غير الملائمة أو قلة كثافتها في العينة.

تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات لمستخلصات الفطريات باستخدام طريقتي الأسطوانات والأوساط المتقوية ضد عدة سلالات بكتيرية موجبة وسالبة لصبغة غرام، بالإضافة إلى الخميرة *Candida albicans*. أظهرت النتائج تثبيطاً ملحوظاً لـ *Bacillus subtilis* خاصةً من قبل عزلات *Trichoderma*. في المقابل، لوحظ نشاط متوسط ضد *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa* ولم تُسجل أي فعالية كبيرة ضد *Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* و *TEM* و *Candida albicans*.

تشير هذه النتائج إلى وجود خصوصية في التأثير موجهة بشكل رئيسي ضد بعض البكتيريا موجبة غرام، وتبرز إمكانيات الفطريات البحرية المرتبطة بـ *Ulva compressa* كمصادر واعدة لجزيئات جديدة مضادة للميكروبات قد تُستخدم في تطبيقات علاجية أو صناعية.

الكلمات المفتاحية: *Ulva compressa*: الفطريات البحرية، العزل، التعريف، النشاط المضاد للميكروبات.

Abstract

Marine resources represent a major field in blue biotechnology, offering significant potential for the discovery of new bioactive molecules, particularly with antimicrobial properties. Among these resources, marine microorganisms are considered a promising source of pharmaceutically valuable secondary metabolites.

In this context, the present study focused on the isolation and identification of fungi associated with the green alga *Ulva compressa*, collected from the Algerian coastline, in order to evaluate their antimicrobial potential. Five fungal isolates were obtained and morphologically identified as belonging to the genera *Trichoderma* (3 isolates) and *Penicillium* (2 isolates), both known for their ability to produce bioactive compounds. No actinomycetes were isolated, likely due to unsuitable culture conditions or their low abundance in the sample.

The antimicrobial activity of the fungal extracts was evaluated using agar cylinder and well diffusion methods against several Gram-positive and Gram-negative bacterial strains, as well as *Candida albicans*. The results revealed notable inhibition of *Bacillus subtilis*, especially by *Trichoderma* strains. In contrast, a more moderate activity was observed against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*, and no significant inhibition was detected against *Escherichia coli* TEM, *Klebsiella pneumoniae*, and *Candida albicans*.

These results suggest a specific action primarily targeting certain Gram-positive bacteria and highlight the potential of marine fungi associated with *Ulva compressa* as promising sources of new antimicrobial molecules for therapeutic or industrial applications.

Keywords: *Ulva compressa*, Marine fungi, Isolation, Identification, Antimicrobial activity

Résumé

Les ressources marines constituent un champ majeur de la biotechnologie bleue, offrant un fort potentiel pour la découverte de nouvelles molécules bioactives, notamment à visée antimicrobienne. Parmi ces ressources, les microorganismes marins représentent une source prometteuse de métabolites secondaires d'intérêt pharmaceutique.

Dans ce cadre, ce travail a porté sur l'isolement et l'identification de champignons associés à l'algue verte *Ulva compressa*, collectée sur le littoral algérien, afin d'évaluer leur potentiel antimicrobien. Cinq isolats fongiques ont été obtenus et identifiés morphologiquement comme appartenant aux genres *Trichoderma* (3 isolats) et *Penicillium* (2 isolats), connus pour leur capacité à produire des composés bioactifs. Aucun actinomycète n'a été isolé, probablement en raison de conditions de culture non adaptées ou d'une faible densité dans l'échantillon.

L'activité antimicrobienne des extraits fongiques a été évaluée par les méthodes des cylindres d'agar et des puits, contre plusieurs souches bactériennes Gram positif et Gram négatif, ainsi que *Candida albicans*. Les résultats ont montré une inhibition notable de *Bacillus subtilis*, en particulier par les souches de *Trichoderma*. En revanche, une activité plus modérée a été observée contre *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, et aucune inhibition significative contre *Escherichia coli* TEM, *Klebsiella pneumoniae* et *Candida albicans*.

Ces résultats suggèrent une spécificité d'action dirigée principalement contre certaines bactéries à Gram positif et soulignent le potentiel des champignons marins associés à *Ulva compressa* comme sources de nouvelles molécules antimicrobiennes d'intérêt pour des applications thérapeutiques ou industrielles.

Mots-clés: *Ulva compressa*, Champignons marins, Isolement, Identification, Activité antimicrobienne

Table des matières

<i>I. Remerciements</i>	
<i>II. Dédicace</i>	
<i>III ملخص</i>	
<i>IV. Abstract</i>	
<i>V. Résumé</i>	
<i>VI. Liste des abréviations</i>	
<i>VII. Liste des figures</i>	
<i>VIII. Liste des tableaux</i>	
PREMIERE PARTIE	1
Introduction	1
Généralités	3
DEUXIEME PARTIE	8
Matériel et méthodes	8
1-Echantillonnage	9
1-1 Situation géographique	9
1-2 Récolte de l'algue	10
2- Identification de l'algue	11
3- Isolement	11
3.1 Milieux d'isolement	11
3-2 Méthodes d'isolement	12
4- Identification des isolats	12
4-1 Identification macroscopique	12
4-2 Identification microscopique	13
5- Évaluation de l'activité antimicrobienne	14
5-1 Étapes préliminaires à l'étude	14
5-1-1 Préparation de l'inoculum	14
5-1-2 Ensemencement	14
5-2 Evaluation de l'activité antimicrobienne	15
5-2-1 Technique des cylindres d'agar	15
5-2-2 Technique des puits	15
TROISIÈME PARTIE	16
Résultats et discussions	16
1- Isolement des souches	17
2-Identification des isolats	18
2-1 Identification macroscopique	18
2-2 Identification microscopique	19
3-Analyse de l'activité antimicrobienne	21
3-1 Méthode des cylindres d'agar	21
3-2 Méthode des puits	22
Conclusion	23
Perspectives	24
Références	25
Annexes	30

Liste d'abréviations

MEA: Malt Extract Agar

MEAal: Malt Extract Agar +acide lactique

CDA: Czapek Dextrose Agar

CDAr: Czapek Dextrose Agar + roge bengal

PDA: Potato Dextrose Agar

PDAr: Potato Dextrose Agar +rouge bengal

PDAac: Potato Dextrose Agar +acide citrique

ISP2: International Streptomyces Project Medium 2

BMH: Bouillon Muller-Hinton

BS: Bouillon Sabouraud

mg/L : Milligramme par litre

µg/mL: Microgramme par millilitre

UFC/mL : Unité Formant Colonie par millilitre

nm: Nanomètre

min: Minute

°C: Degré Celsius

% : Pourcentage

CO₂ : Dioxyde de carbone

ATCC : American Type Culture Collection

Liste des Figures

Figure 01 : Photo de la plage Mkhalled.

Figure 02 : Localisation géographique du site d'échantillonnage.

Figure 03 : Site d'échantillonnage des algues sur la plage de Mkhalled.

Figure 04 : Algue prélevée.

Figure 05 : Technique du ruban adhésif.

Figure 06 : Nombre de souches fongiques isolées à partir de l'algue *Ulva compressa* selon les milieux de culture utilisés.

Figure 07 : Genres fongiques isolés a partir d'*U.compressa*.

Figure 08 : Mise en évidence de l'effet antibactérien contre *(A ;B) B.subtilis (C ;D) S. aureus (E) P.aeruginosa*

Liste des tableaux

Tableau 01 : Souches utilisées dans les différents tests d'activité antimicrobienne.

Tableau 02 : Étude Macroscopique des souches isolées à partir d'U.compressa.

Tableau 03 : Étude Microscopique des souches isolées à partir d'algue.

Tableau 04 : Diamètre de la zone d'inhibition (mm) sur les bactéries test.

Introduction

La biotechnologie marine s'appuie sur la valorisation des ressources biologiques uniques présentes dans les écosystèmes marins afin de développer des solutions innovantes dans des domaines variés tels que la santé, l'agroalimentaire ou encore la préservation de l'environnement. Grâce à la diversité exceptionnelle des organismes marins, qui couvrent plus des deux tiers de la surface terrestre, ces milieux constituent un réservoir précieux de composés bioactifs présentant un fort potentiel pour des applications biotechnologiques. Cette interaction entre la biotechnologie marine et les écosystèmes marins est cruciale pour relever les défis contemporains tels que la pollution et la gestion des ressources . Ces écosystèmes marins renferment en effet plus de 1,4 million d'espèces, dont bon nombre sont capables de produire des molécules bioactives aux propriétés thérapeutiques **(Stone, 2023)**.

Parmi les organismes marins d'intérêt, les micro-organismes occupent une place particulière en raison de leur aptitude à survivre dans des conditions environnementales extrêmes. Cette capacité favorise l'émergence de voies métaboliques originales, qui peuvent être exploitées dans le cadre de la recherche pharmaceutique et d'applications industrielles diverses **(FONSÊCA, 2023)**.

Dans ce contexte, *Ulva compressa*, une algue verte largement répandue, joue un rôle écologique fondamental dans les zones côtières. Elle agit à la fois comme producteur primaire, participant au soutien des réseaux trophiques marins, et comme acteur du cycle biogéochimique en contribuant à la régulation des nutriments dans les eaux littorales. Par ses multiples fonctions, *Ulva compressa* favorise la biodiversité et le bon fonctionnement des écosystèmes marins, tout en présentant un intérêt économique croissant en raison de ses applications potentielles dans le domaine de la santé animale et humaine **(Mantri et al., 2020)**.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail, qui vise à évaluer l'activité antimicrobienne des moisissures isolées à partir de l'algue *Ulva compressa*, récoltée sur la plage de Mkhllled Tlemcen.

Introduction

Le mémoire est structuré en trois parties complémentaires :

La première partie est consacrée à une introduction générale sur les algues, les moisissures marines et leur potentiel antimicrobien.

La seconde partie est de nature expérimentale. Elle détaille les différentes méthodologies mises en œuvre, incluant :

- L'isolement et l'identification des microorganismes à partir des algues marines.
- L'évaluation de leur activité antimicrobienne

La troisième partie est l'interprétation des résultats obtenus, accompagnée d'une analyse critique de leurs performances biologiques.

Enfin, une conclusion générale de l'ensemble des travaux réalisés clôturera ce manuscrit, ouvrant la voie à de futures perspectives.

Généralités

Les écosystèmes marins abritent une biodiversité exceptionnelle, dans laquelle chaque organisme joue un rôle écologique spécifique. Parmi eux, les algues marines occupent une place essentielle. Bien qu'elles soient souvent sous-estimées, elles constituent pourtant une ressource naturelle précieuse aux multiples potentialités **(Wozniak, 2024)**. Principalement présentes dans les milieux marins et sous-marins, les algues sont des organismes complexes et variés, bien plus difficiles à étudier que les plantes terrestres. Leur grande diversité rend leur classification délicate, mais leur intérêt biologique et écologique est indéniable **(Person & Lando, 2010)**.

Ce sont des organismes primitifs, principalement eucaryotes, thalloïdes, sans fleurs, ni graines, ni embryons, non vasculaires, et essentiellement aquatiques (eau douce ou marine). Elles sont chlorophylliennes, donc photosynthétiques et autotrophes, avec des organes sexuels unicellulaires ; lorsqu'elles sont multicellulaires, ces organes ne possèdent pas de couche de cellules stériles. Elles peuvent être de deux types tels que les macroalgues : macroscopiques et multicellulaires, souvent appelées algues marines, regroupant certaines algues vertes (*Chlorophycophyta*), brunes (*Phaeophycophyta*) et rouges (*Rhodophycophyta*), et les microalgues : microscopiques et unicellulaires, elles font partie du phytoplancton. Elles comprennent plusieurs groupes, comme les cyanobactéries, les algues vertes microscopiques, les diatomées, et les dinoflagellés **(Salve, 2023)**. Elles s'attachent à des surfaces solides comme les rochers, les coraux morts, les coquillages ou même d'autres plantes **(Kumar et al., 2009)**.

La classification des algues repose sur certaines caractéristiques spécifiques telles que les composants de la paroi cellulaire, les pigments présents (la couleur), le cycle de vie ainsi que le type de substances utilisées pour la conservation de la nourriture. En effet, les algues sont un groupe d'organismes très diversifiés qui varient en forme et en taille : unicellulaire, multicellulaire, coloniale, filamenteuse, amas de protoplastes **(Memory, 2006)**.

Ce sont des algues d'eau douce ou marine, unicellulaires ou pluricellulaires. Elles forment des thalles variés : filaments simples ou ramifiés (ex. *Cladophora*), en lames (*Ulva*) ou en tubes (*Enteromorpha*), ou encore des filaments siphonnés associés (ex. *Codium*, *Halimeda*) **(Jean Feldmann & Francis Magne, 2025)**.

Certaines algues sont principalement marines, comme les Rhodophycées, parfois en eau douce ou saumâtre. Elles sont principalement pluricellulaires, rarement au-delà d'un mètre, avec quelques espèces unicellulaires. Elles vivent fixées sur des substrats durs (ex. roches). Caractérisées par l'absence de centrioles et de flagelles, elles réalisent la photosynthèse grâce à la chlorophylle a, aux caroténoïdes et aux phycobiliprotéines **(Gall, 2012)**. D'autres comme les Phéophycées sont exclusivement pluricellulaires. Leur taille varie de microscopique à très grande, et leur couleur est due à la fucoxanthine, un pigment xanthophylle dominant, qui masque la chlorophylle a, c et le bêta-carotène. Elles sont presque toutes marines **(Garon-Lardière, 2004)**.

Les algues sont riches en composés bioactifs tels que les polysaccharides, les protéines, les caroténoïdes et les polyphénols, qui ont démontré diverses activités pharmacologiques telles que des effets antioxydants, antibactériens, anti-inflammatoires, antiviraux, anticoagulants et potentiellement anticancéreux **(Emin Cadar et al., 2025)**. Les polysaccharides d'algues marines (MAP) sont des composants nutritionnels essentiels présents dans toutes les algues **(Emin Cadar et al., 2025)**. Ces composés présentent des effets immunomodulateurs et peuvent améliorer la santé intestinale **(Sedyaaw et al., 2024)**. Les composés terpéniques, ainsi que d'autres métabolites secondaires, sont importants dans les macroalgues marines **(Emin Cadar et al., 2025)**. Les lipides, tels que les acides gras et stérols extraits des algues **(Emin Cadar et al., 2025)**, présentent des propriétés anti-inflammatoires potentielles **(Jaworowska & Murtaza, 2022)**. Les protéines et acides aminés sont des ingrédients clés dans les aliments, les nutraceutiques et les aliments fonctionnels pour les humains et les animaux **(Emin Cadar et al., 2025)**. Les algues marines produisent également des pigments sous forme de métabolites secondaires, qui possèdent des propriétés bioactives importantes et diverses applications dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Ces pigments

présentent des avantages thérapeutiques, notamment des activités anticancéreuses, antioxydantes et anti-inflammatoires (**Emin Cadar et al., 2025**). Les polyphénols, quant à eux, sont essentiels à la défense et à la survie des organismes marins. Ils présentent diverses activités biologiques, telles que des effets anti-inflammatoires, des propriétés anticancéreuses et des activités antioxydantes (**Emin Cadar et al., 2025**).

Ces composés naturels font des algues un objet d'étude majeur en biotechnologie. Elles sont utilisées en pharmacie et biomédecine comme sources d'agents antimicrobiens, antiviraux, antifongiques et anticancéreux (**Siriwardhana et al., 2023; Wijesekara et al., 2011**). Dans l'agroalimentaire, elles sont exploitées comme additifs (gélifiants, épaississants) et source nutritionnelle (**Holdt & Kraan, 2011; Siriwardhana et al., 2023**). En cosmétique, elles offrent des produits hydratants, anti-âge et antioxydants (**Holdt & Kraan, 2011**). En agriculture, elles sont utilisées comme biofertilisants, biostimulants et agents de protection contre les maladies (**Wijesekara et al., 2011**). Enfin, elles sont aussi étudiées dans des applications environnementales, notamment pour la bioremédiation et la production de biocarburants (**Siriwardhana et al., 2023**).

Le genre *Ulva*, communément appelé laitue de mer, est un groupe de macroalgues vertes de distribution mondiale, connues pour leur importance écologique et économique. Les espèces d'ulves se caractérisent par leur taux de croissance élevé et leur capacité à prospérer dans divers environnements. Les *Ulva*, appartenant à la famille des Ulvaceae, sont un genre d'algues marines largement distribuées dans les océans et les estuaires, avec 128 espèces reconnues (**Ktari, 2017**). Parmi elles, *Ulva compressa* (aussi appelée *Enteromorpha compressa*), se distingue par un thalle tubulaire vert émeraude, fixé au substrat par un crampon discoïdal composé de rhizoïdes. Le thalle est généralement simple, peu ramifié, et peut atteindre 40 cm de long. Les cellules sont alignées en rangées, de forme losangique arrondie, et possèdent un chloroplaste lamellaire renfermant un pyrénoloïde unique (**Rachel, 2016**). Cette algue se développe en milieu marin, saumâtre ou même en eau douce, colonise les substrats rocheux jusqu'à 10 mètres de profondeur, et peut s'ancrer sur des supports variés (rochers, digues, jetées) ou flotter librement (**Simon, 2016**).

Les bactéries, les champignons et les cyanobactéries obtenus à partir de sources marines sécrètent également des composés bioactifs utiles à l'industrie, présentant des propriétés antibactériennes, antifongiques et antimycobactériennes (**Habbu et al., 2016**).

Les moisissures et les levures sont des champignons aquatiques, eucaryotes, hétérotrophes, dotés de parois cellulaires riches en chitine, se nourrissant par absorption et se reproduisant par spores. Leur croissance se fait par bourgeonnement ou allongement des hyphes. Leur activité dépend de la salinité, de la température, des nutriments et des substrats disponibles (**Belyagoubi et Belyagoubi-Benhammou, 2023**). Ils colonisent des substrats très variés, tels que les macroalgues, les coraux, les bois submergés, ou les éponges. Des études de séquençage ont également révélé leur présence dans des habitats extrêmes comme les sédiments profonds ou les sources hydrothermales (**Gonçalves et al., 2022**).

Les champignons marins associés aux algues ou aux invertébrés marins produisent des métabolites secondaires à propriétés antimicrobiennes et cytotoxiques. Les alcaloïdes, produits notamment par le genre *Penicillium*, sont largement distribués dans la nature et dotés d'une forte valeur pharmacologique: morphine, quinine, caféine, etc. Certains ont également des propriétés insecticides (**Zhou et al., 2024; Wang et al., 2025**). Les polycétides, quant à eux, sont des lipides complexes biosynthétisés par des voies spécifiques. Ils possèdent des activités antibactériennes, antifongiques, anticancéreuses et immunomodulatrices (**Wang et al., 2025**). Les terpénoïdes, composés d'unités isoprène, sont également produits par certaines espèces fongiques et présentent des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens et antitumoraux (**Wang et al., 2025**).

Penicillium est un genre de champignons filamenteux appartenant aux Ascomycota, caractérisé par ses structures conidiophores en forme de pinceau (**Roquebert et al., 1998**). Ils forment de petites colonies circulaires, sporulées, de couleur gris-vert (**Pitt, 2014**). *Trichoderma*, un autre genre fréquent, est connu pour sa croissance rapide, sa tolérance aux toxines et sa capacité à coloniser divers substrats, notamment les sols riches en matière organique (**Kubicek et al., 2003**).

Les actinomycètes sont des bactéries filamenteuses Gram positif, proches morphologiquement des champignons, célèbres pour la production de métabolites secondaires. Le genre *Streptomyces*, en particulier, produit des composés aux propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et antitumorales (**Chen et al., 2021 ; Dhaini et al., 2025**). Les actinomycètes marins vivent dans des milieux variés (sédiments, symbioses, eau de mer), et génèrent des alcaloïdes, polykétides et peptides. Ces composés présentent des activités cytotoxiques et antimicrobiennes, utiles pour la recherche pharmaceutique (**Chen et al., 2021 ; Dhaini et al., 2025**). Les terpènes marins, produits par ces bactéries, montrent aussi des effets antimicrobiens et antitumoraux (**Tarasova et al., 2023**). Les polykétides, produits par polykétide synthases à partir d'acyl-CoA, sont étudiés pour leurs effets thérapeutiques (**Lu et al., 2020**). Les macrolides, composés par des cycles lactones liés à des sucres, présentent un large spectre d'activités, mais ceux issus d'actinomycètes marins sont encore peu exploités cliniquement (**Al-Fadhli et al., 2022**).

DEUXIEME PARTIE

Matériel et méthodes

1-Echantillonnage

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de la recherche des Produits Naturels LAPRONA Université Tlemcen. Il porte sur l'isolement et l'identification des moisissures marines isolées à partir d'algue marine, ainsi que l'étude de leurs activité antimicrobienne. En effet l'échantillon d'algue utilisé a été prélevé de la plage Mkhalled Tlemcen.



Figure 01 : Photo de la plage Mkhalled (prise par **Belyagoubi, Mai 2025**)

1-1 Situation géographique

Mkhalled plage est située dans le Mer Méditerranée et se classe 10e parmi les 11 plages de la région de Tlemcen. La distance jusqu'à sa ville principale - Tlemcen est de 46 km.



Figure 02 : Localisation géographique du site d'échantillonnage
(GOOGLE MAPS ;20.05.2025)

1-2 Récolte de l'algue

L'échantillonnage de l'algue a été effectué en mars 2025 sur la plage rocheuse de Mkhalled (**Figure 03**), par temps calme et ensoleillé. L'échantillon a été prélevée manuellement à l'aide d'outils propres, placée dans des sacs stériles étiquetés, puis transportée jusqu'au laboratoire dans des conditions stériles.



Figure 03 : Site d'échantillonnage de l'algue sur la plage de Mkhalled (Tlemcen, Algérie)
(prise par Belyagoubi, mars 2025).

2- Identification de l'algue

Au laboratoire, l'algue a été triées pour éliminer les débris, puis rincées à l'eau de mer et à l'eau distillée afin de retirer le sable (**Figure 04**). L'échantillon d'algue a été identifié par Madame BENGUEDDA-RAHAL Wacila, Professeur au département d'écologie et d'environnement.



Figure 04 : Algue prélevée

3- Isolement

3.1 Milieux d'isolement

Pour l'isolement des moisissures, plusieurs milieux de culture ont été utilisés: PDA, PDAR et PDAac (Annexe 01), CDA et CDAR (Annexe 02), ainsi que MEAac (Annexe 03). L'ajout d'acide lactique (à 25 %) ou de rose bengal, à raison de 1 à 1.5 mL par flacon 200 mL de milieu, permet de limiter la croissance bactérienne. De plus, le rose bengal a l'avantage de ralentir le développement des moisissures à croissance rapide, facilitant ainsi l'isolement de celles à croissance lente.

Les milieux utilisés pour l'isolement des actinomycètes dans cette étude sont la gélose ISP2 (Annexe 04), la gélose Amidon-Caseine (Annexe 05) et la gélose de Gause (Annexe 06).

Afin de favoriser la croissance sélective des actinomycètes, tous les milieux ont été enrichis avec deux agents sélectifs, dont la **nystatine** (50 µg/mL), un antifongique couramment utilisé pour inhiber la croissance des champignons (**Goodfellow & Williams, 1983**), et l'acide nalidixique (10 µg/mL), un antibactérien permettant de limiter la prolifération des bactéries à Gram négatif (**Aouar, 2006**).

3-2 Méthodes d'isolement

Deux méthodes ont été utilisées pour l'isolement des micro-organismes à partir de l'algue.

Par fragments : L'algue a été soigneusement rincée à l'eau stérile afin d'éliminer les impuretés, puis découpée en petits fragments. Ces fragments ont ensuite été déposés directement sur les milieux de culture.

Par dilutions: Une suspension mère a été préparée en mélangeant 10 g d'algue avec 90 mL d'un mélange composé à parts égales d'eau distillée stérile (50 %) et d'eau de mer (50 %). Après homogénéisation par agitation du flacon, 1 mL de la suspension mère a été prélevé et ajouté à 9 mL d'eau de mer pour obtenir une dilution 10^{-1} . Ensuite, 1 mL de cette dilution a été transféré dans un autre tube contenant 9 mL d'eau distillée stérile pour obtenir une dilution 10^{-2} , et ainsi de suite jusqu'à atteindre la dilution 10^{-4} .

Une fois les milieux solidifiés, chaque boîte est uniformémentensemencée avec 1 mL de dilution préparée. Le surnageant est éliminé après 10 à 15 minutes.

Les boîtes sont ensuite incubées pour les moisissures 25 °C pendant une période de 5 à 7 jours. Pour les actinomycètes à 28°C pendant une période allant de 14 à 28 jours.

4- Identification des isolats

4-1 Identification macroscopique

Caractéristiques morphologiques : Les observations comprennent la couleur de la colonie, la texture de la surface (par exemple, veloutée, poudreuse) et la présence d'hyphes aériennes ou de fructifications (**Gorthi, 2019**).

4-2 Identification microscopique

L'analyse microscopique a permis d'observer des éléments structuraux importants tels que le thalle, la présence ou l'absence de cloisons (septum), ainsi que les types et caractéristiques des structures de fructification et des spores (Samson & Hoekstra., 1998 ; Hawksworth et al., 1995). La méthode utilisée : La technique du ruban adhésif.

➤ Technique du ruban adhésif

Préparation de la lame :

La méthode du ruban adhésif consiste à appliquer un morceau de ruban transparent sur une colonie fongique, puis à le fixer sur une lame contenant une goutte de bleu de méthylène. Observation au microscope avec des objectifs 10x et 40x pour examiner les structures fongiques (Figure 05) (Chabasse et al., 2002 ; Guezlane et al., 2011).

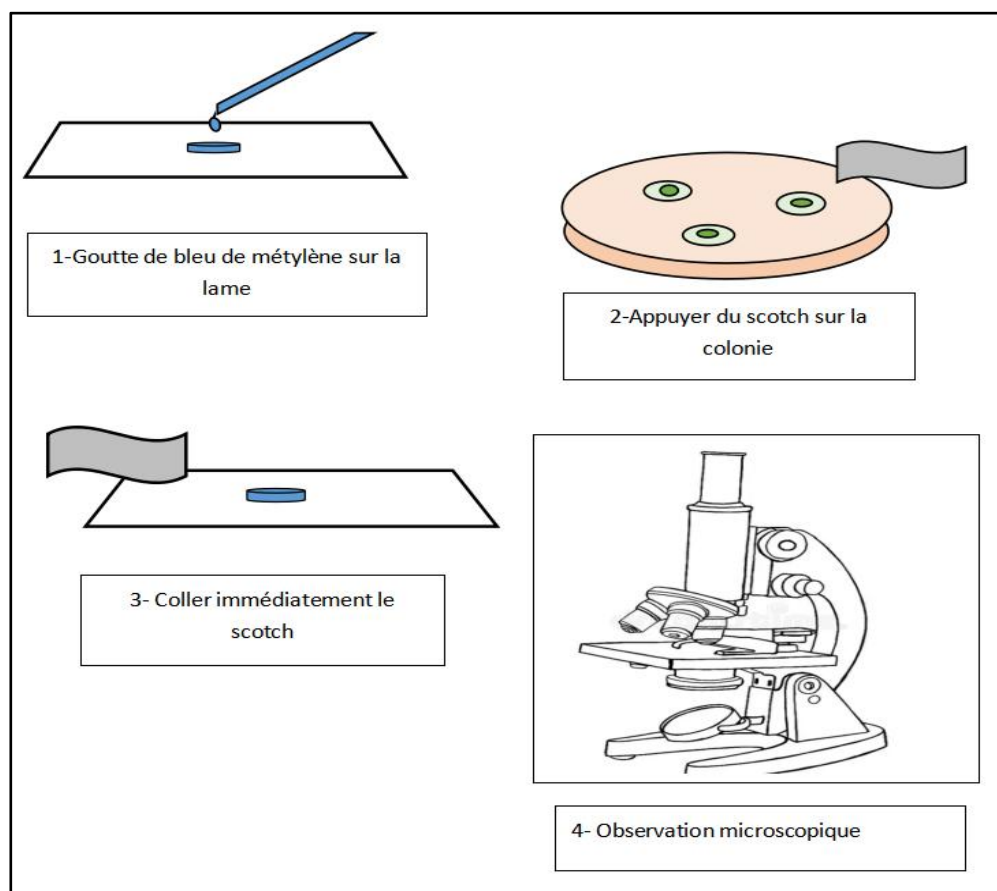


Figure 05 : Technique du ruban adhésif photo personnelle

5- Évaluation de l'activité antimicrobienne

Afin de tester l'effet antimicrobien des moisissures isolées de l'algue marine, plusieurs souches bactériennes de référence ont été sélectionnées (**tableau 01**).

Tableau 01 : Souches utilisées dans différents tests d'activité antimicrobienne

	Microorganismes	Gram	Code
Bactéries	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i>	Positif	ATCC 29213 ATCC 6633
Bactéries	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Négatif	ATCC 27853 ATCC 35218 ATCC 700603
Levure	<i>Candida albicans</i>		ATCC 10231

5-1 Étapes préliminaires à l'étude

5-1-1 Préparation de l'inoculum

L'inoculum est une suspension de micro-organismes introduite dans un milieu de culture pour favoriser leur croissance. Une préculture a été réalisée dans des bouillons adaptés: BMH pour les bactéries (Annexe 07) et BS pour la levure (Annexe 08). Après incubation (18–24 h à 37 °C pour les bactéries, 48 h à 30 °C pour la levure), la turbidité a été ajustée au standard de McFarland 0,5 à l'aide d'un colorimètre, correspondant à une charge $\approx 10^8$ UFC/mL pour les bactéries et $\approx 10^6$ UFC/mL pour les levures (DO: 0,08–0,1 à 625 nm). L'ensemencement a été réalisé dans les 15 minutes suivant la préparation (**Rahal et al., 2008**).

5-1-2 Ensemencement

Un écouvillon stérile est trempé dans la suspension bactérienne, puis essoré contre la paroi du tube pour enlever l'excès. Onensemence la gélose en striant toute la surface de haut en bas, puis on répète l'opération deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois. Ensuite, on passe l'écouvillon sur les bords de la gélose (**Rahal et al., 2008**).

5-2 Evaluation de l'activité antimicrobienne

5-2-1 Technique des cylindres d'agar

Les souches fongiques isolées sont cultivées par stries serrées sur un milieu PDA, puis incubées à 25 °C pendant 5 à 7 jours. Ensuite, des cylindres d'agar contenant ces souches sont déposés sur des boîtes de gélose Muller-Hinton (Annexe 09) déjàensemencées avec les bactéries à tester. Après incubation à 37 °C pendant 24 heures, on mesure les zones d'inhibition (**Pazhanimurugan et al., 2012**). L'ampicilline (10 µg/disque) est utilisée comme antibiotique témoin (**Belyagoubi, 2014**). La même méthode est utilisée pour *Candida albicans*, sauf que la préculture se fait dans un bouillon Sabouraud, puis l'ensemencement sur gélose Sabouraud (Annexe 10). L'incubation dure de 24 à 48 h à 37 °C. La nystatine (10 µg/disque) sert alors d'antifongique de référence (**Belyagoubi, 2014**).

5-2-2 Technique des puits

Cette méthode permet d'évaluer l'activité antibactérienne du filtrat fongique. Des boîtes de Pétri contenant de la gélose Mueller-Hinton sontensemencées avec les bactéries à l'aide d'un écouvillon stérile. Après environ 5 minutes de séchage, des puits de 5 mm de diamètre sont creusés dans la gélose. Chaque puits est ensuite rempli avec 100 µL du filtrat brut obtenu après culture des moisissures. Les boîtes sont placées à 4 °C pendant 2 heures pour favoriser la diffusion du filtrat, puis incubées à 37 °C pendant 18 à 24 heures pour les bactéries, et jusqu'à 48 heures pour les levures (**Tortorano et al., 1979**). L'apparition de zones claires autour des puits indique une activité antibactérienne plus la zone est large, plus l'effet est important.

TROISIÈME PARTIE

Résultats et discussions

Cette étude est portée sur l'isolement et l'identification des champignons à partir de l'algue *Ulva* (*Enteromorpha*) *compressa* identifiée par madame BENGUEDDA-RAHAL wacila professeur du laboratoire d'écologie et environnement.

1- Isolement des souches

L'isolement des souches fongiques à partir d'*U.compressa* a permis d'obtenir plusieurs colonies sur différents milieux de cultures(**Figure 06**)

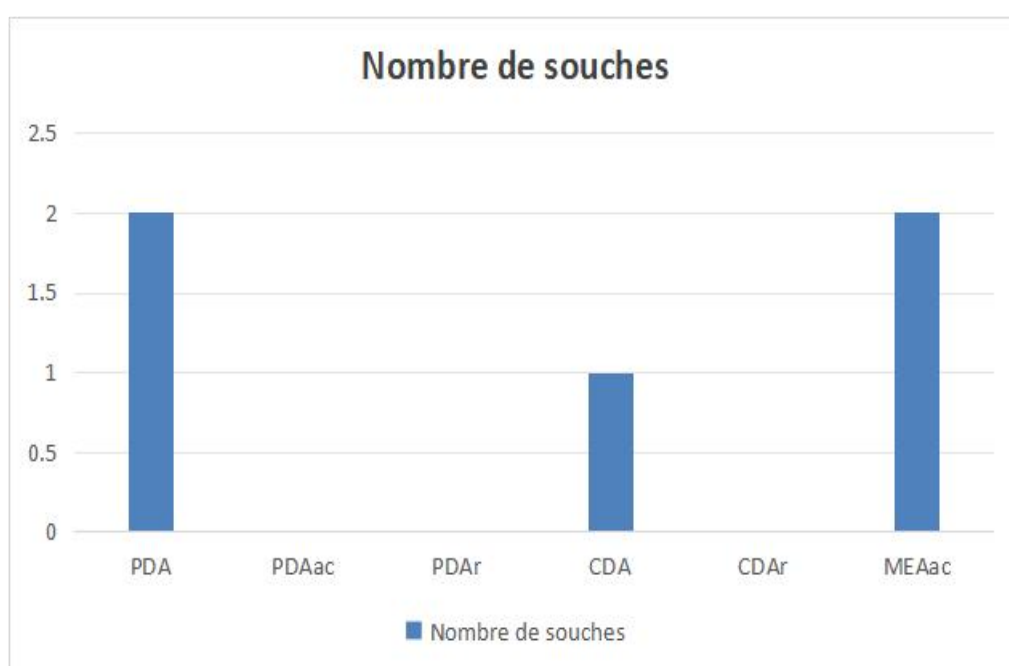


Figure 06 : Nombre de souches fongiques isolées à partir de l'algue *Ulva compressa* selon les milieux de culture utilisés.

L'algue *Ulva compressa* a permis l'isolement de cinq souches fongiques à partir de différents milieux de culture ,2 souches PDA ,2 souches isolées MEAac ,une souche CDA,et aucun isolement sur PDAac, PDAr, CDAr (**Figure 06**).

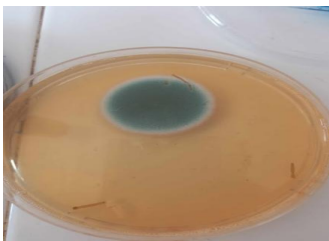
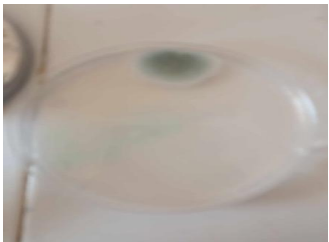
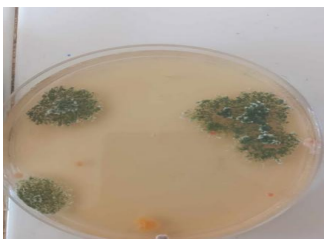

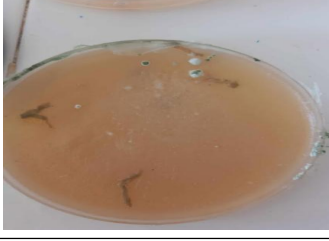
Selon **Bugni & Ireland (2004)**, le milieu PDA est couramment utilisé pour l'isolement des champignons marins en raison de sa richesse nutritive, facilitant la croissance de plusieurs genres.Le MEA favorise la croissance des moisissures productrices de métabolites secondaires. Comme rapporté par **Nicoletti & Trincone (2016)**, ce milieu est souvent utilisé pour stimuler la biosynthèse chez les champignons marins.

2-Identification des isolats

2-1 Identification macroscopique

Les résultats des observations macroscopiques observés sont résumés dans le **tableau 02**.

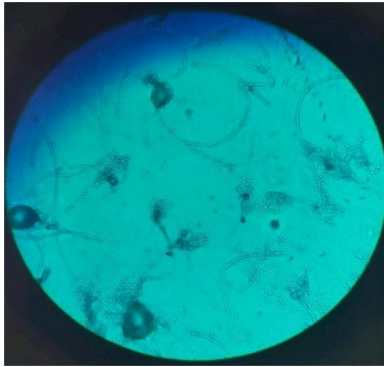
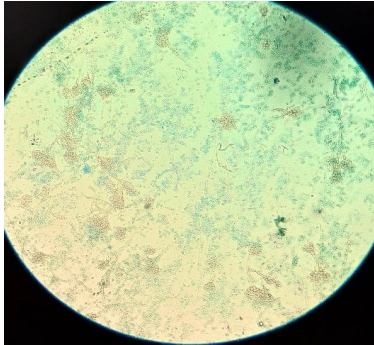
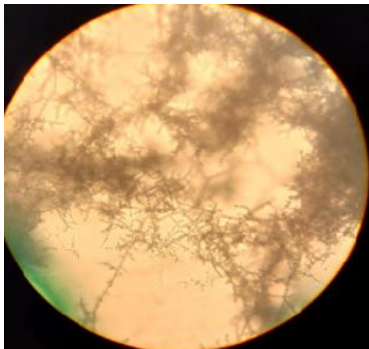
Tableau 02 : Étude macroscopique des souches isolées de champignons à partir d'*U. compressa*.

Code	Milieu	Description	Aspect macroscopique
A1.1	PDA Fragments d'algue	Couleur : brun Verdâtre Aspect : lisse à rugueuse	
A1.2	CDA 10⁻³	Couleur : brun Verdâtre Aspect:veloutée Poudreuse	
A2.1	PDA 10⁻²	Couleur : vert foncé. Aspect : duveteuses un peu mousseuse	
A2.2	MEA 10⁻¹	Couleur : vert autour blanche Aspect : granuleux presque poudreux	
A2.3	MEA Fragments d'algue	Couleur:blanche légèrement verdâtre Aspect:légèrement cotonneuse	

2-2 Identification microscopique

Les résultats des observations microscopiques observés sont résumés dans le **tableau 03**.

Tableau 03 : Étude Microscopique des souches isolées à partir d'U.compressa

Espèce	Description	Aspect microscopique
A1.1	Présence de conidiophores ramifiés en forme de pinceau (<i>penicille</i>), portant des chaînes de conidies rondes et lisses	
A1.2	Conidiophores ramifiés à l'extrémité, formant des structures typiques conidies sphériques disposées en chaînes.	
A2.1 A2.2 A2.3	conidiophores courts et ramifiés, conidies ovales à subglobuleuses.	

Sur la base des caractères morphologiques observés, certaines souches isolées présentent une forte ressemblance avec des genres fongiques bien décrits dans la littérature.

les souches (A2.1; A2.2; A2.3) se distinguent par une colonie de couleur verte, avec une texture cotonneuse en surface, et des conidiophores ramifiés visibles au microscope.

Ces caractéristiques sont typiques du genre *Trichoderma*, telles que décrit par **Harman et al. (2004)**, qui souligne également ses propriétés de biocontrôle et de production de métabolites antifongiques.

Les autres souches (**A1.1; A1.2**) présentent des colonies brun-vert, à bordure blanchâtre, avec une texture poudreuse et une structure microscopique composée de conidiophores ramifiés en pinceaux. Ces traits sont caractéristiques du genre *Penicillium*, conformément aux descriptions de **Pitt et Hocking (2009)**, qui précisent également sa capacité à produire des composés bioactifs comme la pénicilline.

Ainsi, en se basant sur ces critères morphologiques et microscopiques, il est probable que les souches isolées appartiennent aux genres *Trichoderma* et *Penicillium*.

D'après nos résultats nous constatons que *Trichoderma* est majoritaire, représentant 60 % des isolats (3 sur 5), tandis que *Penicillium* représente 40 % (2 sur 5).

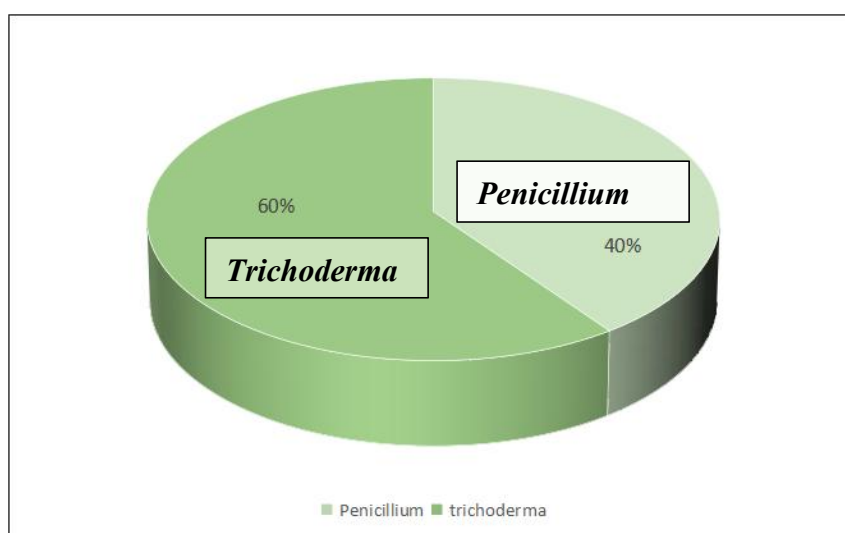


Figure 07 : Genres fongiques isolés à partir de l'*U.compressa*.

Cela signifie que *Trichoderma* a une grande capacité d'adaptation aux substrats riches en matière organique, comme les algues, ainsi que par sa croissance rapide et sa forte compétitivité (**Figure 07**). Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Deshmukh et al. (2023)**, qui ont montré que *Trichoderma* et *Penicillium* figurent parmi les genres de champignons les plus fréquemment isolés dans les environnements marins, en particulier à proximité des macroalgues. De même, **Raghukumar (2017)** souligne que des genres comme *Penicillium*, *Aspergillus* et *Trichoderma* sont couramment retrouvés dans les habitats côtiers.

3-Analyse de l'activité antimicrobienne

3-1 Méthode des cylindres d'agar

Les résultats obtenus par la méthode de cylindres d'agar sont représentés dans le diagramme (Tableau04).

Tableau 04:Diamètre de la zone d'inhibition (mm) sur les bactéries test.

Souches	<i>B.subtilis</i>	<i>S.aureus</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>C. albicans</i>
A1.1	8	0	0	0	0	0
A1.2	12	0	0	0	0	0
A2.3	13	0	0	0	0	0
A2.1	11	8	7	0	0	0
A2.2	14	0	6	0	0	0
A2.1	7	0	6	0	0	0
Antibiotique	31	6	0	0	0	0

Les résultats de notre étude montrent que les métabolites secondaires des champignons Isolés à partir de *Ulva compressa* ont montré une activité antibactérienne notable, surtout contre *Bacillus subtilis*, avec des zones d'inhibition atteignant 14 mm (souche A2.2).

Ce résultat souligne la sensibilité de *B. subtilis*, généralement plus vulnérable à cause de la structure de sa paroi Gram-positive. Ce constat rejoint les études de **Boukou & Itgarets (2013)** ainsi que de **Kardache & Khoualdi (2016)**, qui avaient montré que les extraits d'algues marines avaient un effet important contre *B. subtilis*, suggérant que les métabolites naturels marins ciblent efficacement ce type de bactéries.

Pour *Staphylococcus aureus*, une activité plus faible a été observée uniquement avec la souche A2.1 de *Trichoderma* (8 mm). Ce résultat est similaire à celui des deux mémoires précités, où l'effet des extraits d'algues était généralement limité contre *S. aureus*, probablement en raison de la capacité de ce pathogène à résister à certains métabolites naturels.

Quant à *Pseudomonas aeruginosa*, l'effet inhibiteur a été modéré (6–7 mm) uniquement pour les souches de *Trichoderma*, tandis qu'aucune activité n'a été notée pour celles de *Penicillium*. Ce résultat est comparable à ce que décrivent **Boukou & Itgarets (2013)** ainsi que **Kardache & Khoualdi (2016)**, où l'inhibition de *P. aeruginosa* était généralement faible à modérée, en lien avec la forte capacité de résistance de ce pathogène Gram-négatif.

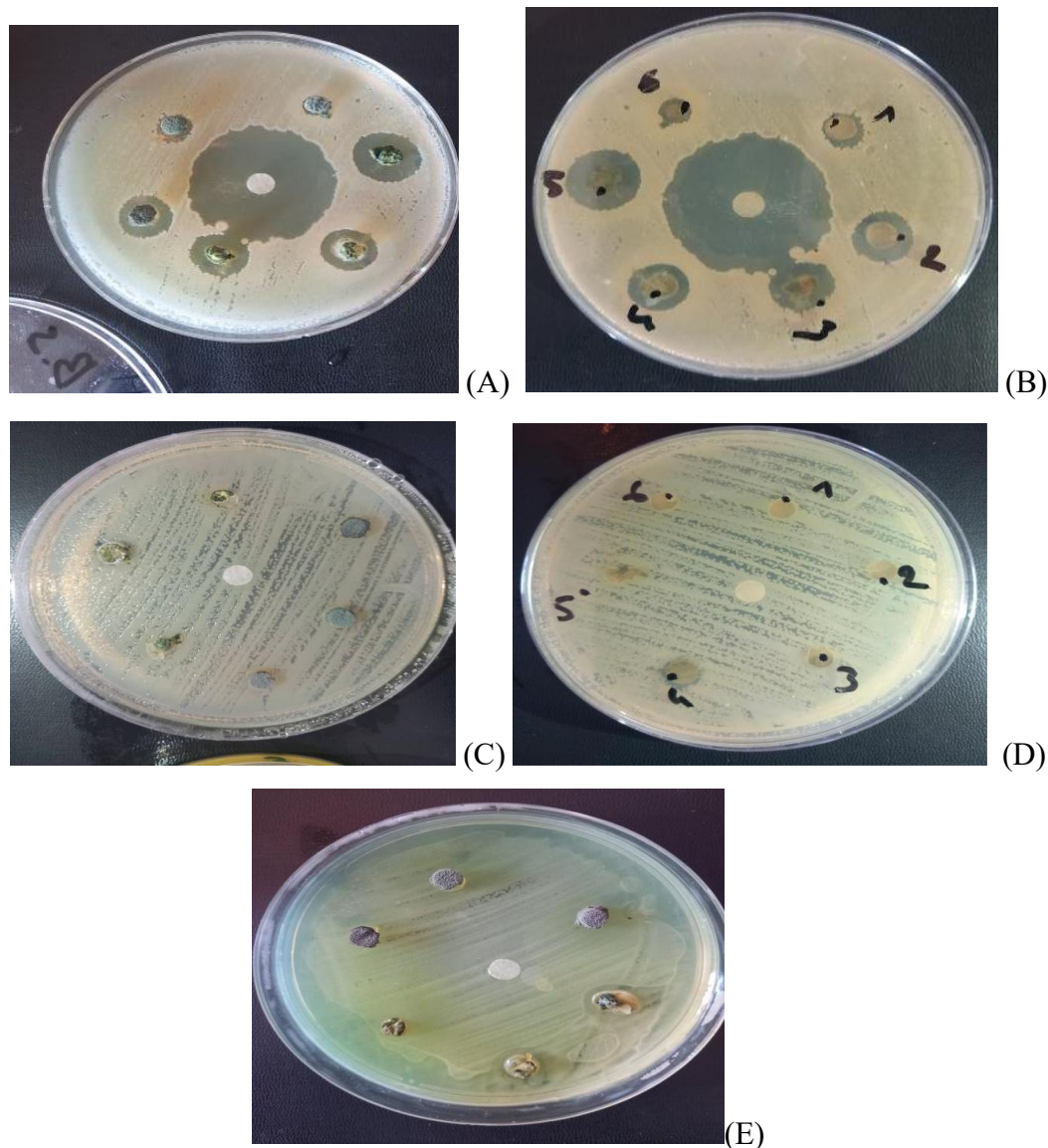


Figure 08 : Mise en évidence de l'effet antibactérien contre (A ;B) *B.subtilis* (C ;D) *S. aureus* (E) *P.aeruginosa*

3-2 Méthode des puits

Lors de l'application de la méthode des puits, aucune zone d'inhibition n'a été observée autour des puits contenant les extraits fongiques.

Conclusion

La résistance antimicrobienne est aujourd'hui l'un des plus grands défis de santé à l'échelle mondiale, réduisant l'efficacité des traitements classiques et incitant à rechercher de nouvelles molécules bioactives. Dans ce contexte, les ressources marines, notamment les métabolites secondaires extraits des champignons isolés à partir de l'algue *Ulva compressa*, représentent une source prometteuse de nouvelles substances antimicrobiennes.

Ce travail avait pour objectif d'étudier l'activité antimicrobienne de champignons isolés à partir d'*Enteromorpha compressa* prélevée à la plage de Mkhalled (Tlemcen), vis-à-vis de souches bactériennes pathogènes Gram positives (*S.aureus*, *B.subtilis*), Gram négatives (*P.aeruginosa*, *E.coli TEM*, *K.pneumoniae*) ainsi que d'une levure (*C. albicans*).

Les moisissures isolées ont été cultivés sur des milieux tels que MEA et PDA, tandis que l'ajout d'antibiotiques a permis de limiter la croissance bactérienne indésirable, facilitant ainsi l'obtention de cultures fongiques pures. Leur identification, basée sur des observations macroscopiques et microscopiques, a permis de les attribuer principalement aux genres *Trichoderma* et *Penicillium*.

Les métabolites secondaires produits par ces champignons ont montré une activité inhibitrice notable, principalement contre *Bacillus subtilis*, ainsi qu'une activité plus limitée contre *S.aureus* et *P.aeruginosa*. Aucune activité significative n'a été observée contre *E.coli TEM*, *K.pneumoniae* et *C.albicans*.

En conclusion, *U.compressa* et la microflore fongique qu'elle héberge constituent une piste prometteuse pour la recherche de nouvelles molécules antimicrobiennes naturelles, ouvrant ainsi la voie à de futures applications en biotechnologie et en pharmacologie.

Perspectives

- Analyser la composition chimique de l'algue elle-même, car *Ulva compressa* est connue pour contenir des composés aux propriétés antioxydantes, antimicrobiennes ou immunomodulatrices, qui pourraient agir en synergie avec les métabolites microbiens.
- Étudier plus en profondeur la microflore associée à *U.compressa*, en élargissant l'échantillonnage à différentes zones géographiques et saisons, afin de mieux comprendre la diversité microbienne liée à cette algue.
- Utiliser des extraits d'*U.compressa* comme substrat ou inducteur dans des cultures fongiques ou bactériennes, afin de stimuler la biosynthèse de nouveaux métabolites bioactifs ou d'accroître leur rendement.
- Valoriser la biomasse de *U.compressa* de manière intégrée, en associant sa transformation industrielle (alimentation, agriculture, cosmétique) avec la mise en valeur des souches microbiennes qui lui sont associées (antibiotiques, enzymes).
- Conduire des études toxicologiques et pharmacologiques préliminaires sur les extraits obtenus de l'algue et de ses microorganismes afin d'envisager des applications concrètes dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire ou environnemental.

Références

- Al-Fadhli, A. A., Threadgill, M. D., Mohammed, F., Sibley, P., Al-Ariqi, W., & Parveen, I. (2022). Macrolides from rare actinomycetes: Structures and bioactivities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, *106*, 106523. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2022.106523>
- Aouar, L. (2006). *Mise en évidence des actinomycètes aérobies pathogènes impliqués dans les infections traitées au service des maladies infectieuses du CHU de Constantine* [Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine]. <https://bit.ly/3VKQzPo>
- Belyagoubi, L. (2014). *Antibiotiques produits par des bactéries (actinomycètes et bactéries lactiques) issus de différents écosystèmes naturels algériens* [Thèse de doctorat, Université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen, Algérie].
- Belyagoubi, N., & Belyagoubi-Benhammou, N. (2023). Aquatic fungi and their biotechnological importance. In E. Ö. Arslan Aydoğdu, N. Doğruöz Güngör, & Y. K. Haspolat (Eds.), *Mega Alliances with the Micro-Worlds: The Biotechnological Importance of Aquatic Microorganisms*. Orient Publications.
- Boukou, A., & Itgarets, S. (2013). Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de trois algues marines de la côte de Béjaïa. Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira– Béjaïa
- Bugni, T. S., & Ireland, C. M. (2004). Marine-derived fungi: a chemically and biologically diverse group of microorganisms. *Natural Product Reports*, *21*(1), 143–163.
- Chabasse, D., Bouchara, J. P., & Chauvigny, C. (2002). *Les mycoses humaines* (3e éd.). Masson.
- Chen, J., Xu, L., Zhou, Y., & Han, B. (2021). Natural products from actinomycetes associated with marine organisms. *Marine Drugs*, *19*(11), 629. <https://doi.org/10.3390/md19110629>
- Deshmukh, S. K., et al. (2023). Study of marine microorganism metabolites: New resources for bioactive natural products. *Frontiers in Microbiology*.
- Dhaini, H. K., Khalil, M. I., & El Hajj, R. (2025). The antimicrobial potential of actinomycetes isolated from marine soils in Tyre City Beach, Lebanon: A promising source of novel bioactive metabolites. *Applied Microbiology*, *5*(1), 27. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5010027>
- Emin Cadar, Popescu, A., Dragan, A. M. L., Pesterau, A. M., Pascale, C., Anuta, V., Prasacu, I., Velescu, B. S., Tomescu, C. L., Andreescu, B., Sirbu, R., & Ionescu, A. M. (2025).

- Bioactive compounds of marine algae and their potential health and nutraceutical applications: A review. *Marine Drugs*, 23(4), 152. <https://doi.org/10.3390/md23040152>
- Fonsêca, N. C. (2023). Marine Biotechnology and Its Applications in Drug Discovery (pp. 189–208). https://doi.org/10.1007/978-981-99-0624-6_9
- Gall, L. L. (2012). *Évolution et systématique des algues rouges* [Thèse de doctorat, HAL Science]. <https://mnhn.hal.science/tel-03631355>
- Garon-Lardièrre, S. (2004). *Étude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge Asparagopsis armata (Bonnemaisoniales)* [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale].
- Gonçalves, M. F. M., Esteves, A. C., & Alves, A. (2022). Marine fungi: Opportunities and challenges. *Encyclopedia*, 2(1), 559–577. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010037>
- Goodfellow, M., & Williams, S. T. (1983). *Ecology of actinomycetes*. Annual Review of Microbiology, 37, 189–216. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.37.100183.001201>
- Gorthi, L. V. (2019). Morphological classification of fungal infections (Yeasts, Mold, Dimorphic). In *Medical Mycology* (pp. 23–30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06088-6_3
- Guezlane, B., Tbibel, N., Kahlouche, B., & Atmani, G. S. (2011). *Microbiologie – Travaux pratiques* (2e année TCB et LMD, 4e éd. corrigée).
- Habbu, P., Warad, V., Shastri, R., Madagundi, S., & Kulkarni, V. H. (2016). Antimicrobial metabolites from marine microorganisms. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 14(2), 101–116. [https://doi.org/10.1016/s1875-5364\(16\)60003-1](https://doi.org/10.1016/s1875-5364(16)60003-1)
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56.
- Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton, B. C., & Pegler, D. N. (1995). *Dictionary of the Fungi* (8th ed.). CAB International.
- Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543–597.
- Jaworowska, A., & Murtaza, A. (2022). Seaweed-derived lipids are a potential anti-inflammatory agent: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 730. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010730>
- Jean Feldmann, & Magne, F. (2025). *Encyclopædia Universalis*. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/chlorophycees/>

- Kardache, A., & Khoualdi, Y. (2016). Étude des activités antioxydante, antibactérienne antifongique d'extraits d'algues marines d'origine algérienne. Mémoire de Master, Université Mohammed Cherif Messaadia – Souk Ahras.
- Ktari, L. (2017). *Pharmacological Potential of Ulva Species: A Valuable Resource*. 6(1). <https://doi.org/10.15406/JAPLR.2017.06.00165>
- Kubicek, C. P., Bissett, J., Druzhinina, I., Kullnig-Gradinger, C., & Szakacs, G. (2003). Genetic and metabolic diversity of *Trichoderma*: A case study on South-East Asian isolates. *Fungal Genetics and Biology*, 38(3), 310–319. [https://doi.org/10.1016/s1087-1845\(02\)00583-2](https://doi.org/10.1016/s1087-1845(02)00583-2)
- Kumar, J. I. N., Kumar, R. N., Patel, K., Viyol, S., & Bhoi, R. (2009). Nutrient composition and calorific value of some seaweeds from Bet Dwarka, west coast of Gujarat, India. *Our Nature*, 7(1), 18–25.
- Lu, S., Wang, J., Sheng, R., Fang, Y., & Guo, R. (2020). Novel bioactive polyketides isolated from marine actinomycetes: An update review from 2013 to 2019. *Chemistry & Biodiversity*, 17(12). <https://doi.org/10.1002/cbdv.202000562>
- Mantri, V. A., Mantri, V. A., Kazi, M. A., Balar, N., Balar, N., Gupta, V., Gajaria, T., & Gajaria, T. (2020). Concise review of green algal genus *Ulva* Linnaeus. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 2725–2741. <https://doi.org/10.1007/S10811-020-02148-7>
- Memory, H. (2006). *Biologie – Module 1 : Diversité des algues et des plantes* (45 p.). <https://fr.scribd.com/document/150903436/113589916-Diversite-Des-Algues-Et-Des-Plantes-Dr-Memory-Tekere>
- Nicoletti, R., & Trincone, A. (2016). Bioactive compounds produced by marine *Aspergillus* spp. *Marine Drugs*, 14(2), 25.
- Pazhanimurugan, R., Gopikrishnan, V., Sundaram, T. S., Radhakrishnan, M., & Balagurunathan, R. (2012). Bioactive potential of actinobacteria against drug-resistant pathogens. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, (Issue), 167–173.
- Person, J., & Lando, D. (2010). *Applications des algues dans différents secteurs*. Éditions Adebitech.
- Pitt, J. I. (2014). *PENICILLIUM | Penicillium and Talaromyces: Introduction*. In C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology* (2nd ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123847300002482>
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage* (3rd ed.). Springer.

- Rahal, K. (2008). *Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale selon les recommandations de l'OMS* (5e éd.). Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière, Algérie.
- Rachel, E. (2016). *Ulva (Enteromorpha) compressa (Linnaeus) C. G. Nees*. Blue Ecosystems. <https://www.blue-ecosystems.com/racheliSeaWeed>
- Raghukumar, C. (2017). *Fungi in coastal and oceanic marine ecosystems: Marine fungi*. Springer.
- Roquebert, M. F. (1998). *Moisissures des aliments peu hydratés*. Lavoisier Tec&Doc.
- Salve, N. R. (2023). Secondary metabolites in algae. *ResearchGate*, 19, 18–28. <https://www.researchgate.net/publication/385381075>
- Samson, R. A., & Hoekstra, E. S. (1998). *Introduction to Food and Airborne Fungi* (6e éd.). Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Sedyaaw, P., Desai, A., Koli, J. M., & Sharangdhar, M. T. (2024). Extraction of bioactive compounds from seaweeds and its applications (pp. 64–79). <https://doi.org/10.58532/v3bcag15p1ch5>
- Simon, P. (2016). *Mise au point sur les algues vertes : Risques environnementaux et valorisations en 2016* [Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne].
- Siriwardhana, N., Lee, J., & Kim, S. K. (2023). Bioactive compounds from marine algae: Applications in pharmaceutical and biomedical research. *Marine Drugs*, 21(1), 11.
- Stone, J. (2023). *Biotechnological Utilization of the Marine Environment for Food, Drugs, and Energy* (pp. 23–46). https://doi.org/10.1007/978-981-99-0624-6_2
- Tarasova, E. V., Luchnikova, N. A., Гришко, В. В., & Ившина, И. Б. (2023). Actinomycetes as producers of biologically active terpenoids: Current trends and patents. *Pharmaceuticals*, 16(6), 872. <https://doi.org/10.3390/ph16060872>
- Tortorano, A. M., Cabrini, E., & Viviani, M. A. (1979). Sensibilité in vitro des levures à cinq antibiotiques. Comparaison de deux méthodes CMI en gélose et méthode des disques. *Bulletin de la Société Française de Mycologie Médicale*.
- Wang, Z., Zhao, M., Yu, Y., Kong, F., Lin, N., & Wang, Q. (2025). Marine fungal metabolites as potential antidiabetic agents: A comprehensive review of their structures and enzyme inhibitory activities. *Marine Drugs*, 23(4), 142. <https://doi.org/10.3390/md23040142>

- Wijesekara, I., Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2011). Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 14–21.
- Wozniak, W. (2024, 13 février). Le rôle des algues au sein des écosystèmes : un trésor enfoui. *César Culture G – Blog*.
- Zhou, G., Cai, J., Wang, B., Diao, W., Zhong, Y., Pan, S., Xiong, W., Huang, G., & Zheng, C. (2024). Secondary metabolites from the mangrove ecosystem-derived fungi *Penicillium* spp.: Chemical diversity and biological activity. *Marine Drugs*, 23(1), 7. <https://doi.org/10.3390/md23010007>

Annexes

Annexe 01

➤ COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURES

1-PDA (Potato Dextrose Agar) : Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phytopathogènes.

- Pomme de terre :200gr

- Dextrose :20g

- Agar :15g

- Eau distillée :1litre

-Laver et couper en petits morceaux la pomme de terre ; les mettre dans 700ml d'eau et porter à ébullition. Après filtrer et compléter a 1 litre puis ajouter les autres ingrédients.

❖ PDAr : PDA+ rouge bengal

❖ PDAac : PDA+ acide citrique

2-CDA (Czapek Dextrose Agar) : Favorise la croissance de champignons tout en limitant la contamination bactérienne.

- Sodium nitrate NaNO_3 :30g

- Potassium KH_2PO_4 :1g

- Magnésium sulfate MgSO_4 :0.5g

- Fer de sulfate FeSO_4 :0.01g

- Dextrose :20gr

- Agar :15g

- Eau distillée :1litre

❖ CDAr :CDA+ rouge bengal

2-MEA (Malt Extract Agar) : : pour la culture des levures, moisissures et champignons

- Extrait de malt :20g

- Agar :15g

- Eau distillée :1litre

❖ MEAal : MEA+ acide lactique.

4-ISP2(Projet International des Streptomyces) : C'est un milieu de culture sélectif et nutritif, utilisé surtout pour cultiver les bactéries du genre Streptomyces et d'autres actinomycètes.

- Poudre d'extrait de levure :4g

- Poudre d'extrait de malt :10g

- Dextrose :4g

- Agar :20g

- Eau distillée :1lire

5-Amidon caséine agar (SCA) : utilisé pour détecter les bactéries marines saccharolytiques (dégradent le sucre) et actinomycètes.

- Poudre de caséine :1g

- Amidon : 10g

- Eau de mer :37

- Agar :15g

6-Gélose de gause : un milieu sélectif classique utilisé pour l'isolement des actinomycètes, notamment les Streptomyces.

- Glucose :10g

- Peptone :1g

- Chlorure de sodium Na Cl :1g

- Agar :15g

- Eau distillée :1 litre

7-Mueller Hinton Broth (bouillon) : Favorise la croissance des bactéries

- Mueller Hinton :6.9g

- Eau distillée :300ml

8-Sabouraud Dextrose Broth (bouillon) : favorise la croissance rapide des levures tout en limitant celle des bactéries.

- Peptone de gélatine :1g

- Glucose :4g

- Eau distillée :100ml

9-Gélose Mueller Hinton : Cultiver des bactéries non exigeantes (comme Escherichia coli, Pseudomonas, Staphylococcus...). Réaliser des tests d'antibiogramme (tests de sensibilité des bactéries aux antibiotiques).

- Mueller Hinton :23g

- Agar :17g

- Eau distillée :1litre

10-Gélose Sabouraud : Favoriser la croissance des champignons pathogènes (ex. Candida...)

- Sabouraud :65gr

- Eau distillée :1litre

-L'ajout :

✓ Acide nalidixique :30ug par 1ml (inhibe gram -) ; ajouter 1.3ml d'acide nalidixique dans chaque flacon dans les milieux ISP2.

✓ Cycloheximide :5ml (antifongique =pour actinomycetes)

✓ amoxicilline :0.6ml dans chaque flacon de milieu PDA (amoxicilline : sensible à la chaleur, donc elle doit être ajoutée au milieu après stérilisation ; rend le milieu sélectif et éliminer la croissance des bactéries gram +)

- ✓ L'acide lactique : 1.5ml dans chaque flacon (inhibe la croissance des bactéries ; et aussi a une source de carbone pour les champignons = favorise la croissance fongique)
- ✓ bleu de coton : utilisé en microscopie pour observer Les champignons ; surtout les levures et moisissures.
- Lactophénol
- Bleu de méthylène :1g
- ✓ Rose bengal : Limiter la croissance des bactéries qui peuvent gêner l'observation des champignons.
- Rose bengel :1g
- Eau distillée :100ml

Annexes 02

Milieux de cultures	PDA	PDAac	PDAr	CDA	CDAr	MEAac
Nombre de souches	2	0	0	1	0	2