



DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE

N°...../SNV/2025

MEMOIRE

Présenté par

Bouguandoura Soundous Anfal

Bouchahma Amina Malak

Haouassine Meriem

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

THEME

*Les Substances Exo Polymériques Bactériens : Synthèse,
Extraction et Applications.*

Soutenu le 30/06/2025

Membres du Jury :

Président

Mr. Yahiaoui Bilal

Pr. UFA Sétif 1

Promoteur

Mme. ARIF Fouzia

MCA.UFA Sétif 1

Examineur

Mme. Bakli Sabrina

MCA.UFA Sétif 1

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

*Nos remerciements s'adressent tout d'abord à **ALLAH** le tout puissant, de nous avoir guidées vers le chemin du savoir et donné le courage pour pouvoir réaliser ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer nos profondes gratitudee à notre encadreur **Dr. ARIF Fouzia**, de nous avoir proposé le sujet de notre mémoire. Nous la remercions infiniment aussi pour son suivi permanent de notre travail, ses remarques et suggestions et ses précieux conseils.*

*Nous tenons aussi à remercier les membres du jury **Professeur Yahiaoui Bilal** **Dr Bakli Sabrina** (MCA) pour leur présence, pour leur lecture attentive de notre mémoire ainsi que pour les remarques qu'ils nous adresseront lors de la soutenance afin d'améliorer notre travail.*

Nous tenons enfin à remercier tous ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

À moi-même,

Pour chaque nuit blanche, chaque larme retenue, chaque moment de doute surmonté. Pour ne pas avoir abandonné. Aujourd'hui, je me rends hommage. Bravo à moi, pour cette force qui m'a portée jusqu'ici.

À mon père Rachid,

Chaque page de ce mémoire a été écrite avec toi dans mes pensées. Papa, j'espère que là où tu es, tu es fier de moi. Ce diplôme, c'est notre victoire.

À ma chère maman Sihem,

Tu es ma force tranquille, mon repère, celle qui m'a portée quand je n'en pouvais plus, celle qui m'a relevée sans un mot, juste avec ton regard et ton amour. À chaque moment difficile. Tu as été tout à la fois : une maman, un papa, une amie, une source inépuisable de courage. Sans toi, rien de tout cela n'aurait été possible. Ce mémoire, c'est un bout de toi, un reflet de tous les sacrifices que tu as faits pour moi. Merci pour ta tendresse, ton écoute, ta patience... et surtout pour ton amour.

À mes oncles, Khali Halim et Khali Khaled,

Vous avez réussi, Par votre présence discrète mais précieuse, chacun à votre manière, combler un vide immense laissé par l'absence de mon père. Par vos conseils, votre bienveillance et votre tendresse, vous m'avez entourée d'un amour sincère et d'un soutien précieux. Merci d'avoir été là dans les moments où j'avais besoin de force et de guidance. Ce succès est aussi le vôtre.

À mes frères Anis et Ayoub,

Mes bras droits, ma force, ceux sur qui je peux toujours compter sans condition. Votre présence m'a portée plus d'une fois. Merci d'être là, avec tout votre amour et votre énergie.

À ma chère Alaâ ma princesse,

Ma plus belle sœur, ma complice de chaque instant. Merci pour ton amour constant.

Inshallah, on se verra au sommet, comme on l'a toujours rêvé.

À mes compagnons de route, mes amies,

Votre présence a allégé les moments difficiles et rendu les beaux jours encore plus lumineux. Merci pour les rires partagés, le soutien sincère, et cette belle amitié qui a marqué mon cœur.

« À ma twin, mon amie intime, ma sœur de cœur Kaouther, Rahma serin Chaïma et roufiada » Sans oublier mes partenaires dans ce mémoire AMINA et MERIEM, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail. À tous ceux que j'aime.

SOUNDOS

Dédicace

Je dédie du profond de mon cœur ce mémoire :

*A l'homme de ma vie, mon cher père **BOUCHAHMA EL-KHIER** pour son soutien, son encouragement, sa confiance et qui a été toujours à mes côtés pour me pousser à la hauteur.*

*A ma première enseignante, la bougie de mon chemin la femme qui m'a tout donnée et elle n'a épargnée aucun effort pour me rendre heureuse, ma chère mère **MAMI ZIDOUNA**.*

De vous rendre fiers de moi était toujours mon objectif, j'espère que vous l'êtes aujourd'hui.

*A mes amours, mon frère **ABD ERRAHMENE** et mes petites sœurs **ALAE** et **RAZANE** qui me motivent et savent comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A mon deuxième père, mon cher oncle **BOUCHAHMA BACHIR** qu'il n'a jamais cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu t'offre une longue et joyeuse vie.*

*Sans oublier mes collègues **SOUNDOUS** et **MERJEM** pour leur soutien moral et compréhension.*

Bouchahma Amina Malak

Dédicace

« وآخر دعوانهم أن الحمد لله رب العالمين »

*Je remercie avant tout Allah, le tout-puissant, pour ma réussite
Maman, ma reine. La rose de ma vie et l'amour de mon cœur, merci pour
toute la peine que tu as endurée, pour chaque moment où tu as été là
pour moi et pour tous les charges que tu as portés à ma place. Sans ton
soutien, je n'aurai jamais pu arriver jusqu'ici. Ce succès est le tien avant
d'être le mien. Je t'aime beaucoup.*

*Je me remercie pour chaque fois où je suis tombée et j'ai pleuré. Mais je
me suis relevée et j'ai cru en mes capacités. Al hamdoullah.*

*Ma belle-sœur Sabrine. Je n'ai jamais oublié et n'oublierai jamais ton
soutien, ta peur pour moi et ton aide dans les moments les plus
difficiles, merci ma belle.*

Papa merci pour ton soutien et ton amour.

*Ma grand-mère, tes prières ont illuminé ma route vers la réussite, Que
Dieu te protège, te donne une longue vie et te garde comme une
couronne sur ma tête.*

Ma tante Souad, merci pour ton encouragement.

*Merci à mes collègues Amina et Soundous pour votre travail acharné
avec moi afin de réussir notre mémoire de fin d'études.*

MERJEM

Sommaire

Remerciements.....	II
Dédicace	III
ملخص.....	IX
Résumé.....	X
Abstract.....	XI
Liste des abréviations.....	XII
Liste des figures	XIII
Listes des tableaux	XIV
Introduction	1
Chapitre 01: Substance Exo polymérique	3
1 Généralités sur substances polymères extracellulaires	4
1.1 Définition des EPS	4
1.2 Classification des EPS	4
1.2.1 Selon la localisation et la nature de l'association des EPS avec les cellules	4
1.2.2 Selon les états physicochimiques et composition des EPS	5
1.3 Composition chimique des EPS	5
1.3.1 Polysaccharides	5
1.3.2 Protéines	6
1.3.3 Acides nucléiques	6
1.3.4 Lipides	6
1.4 Influence des paramètres physico-chimiques sur la productivité des EPS	7
1.5 Diversité microbiologique des bactéries productrices d'EPS	9
1.6 Exemples d'EPS produits	10
1.6.1 Cellulose bactérienne	10
1.6.2 Gomme xanthane	10
1.6.3 Lévané	10
1.6.4 Alginate	11
1.6.5 Curdlan	11
1.6.6 Dextran	11
1.7 Mécanismes de biosynthèse des EPS	11
1.7.1 Polysaccharides extracellulaires (EPS)	12
1.7.2 Biosynthèse des protéines extracellulaires	13

1.7.3	Biosynthèse de l'ADN extracellulaire (ADNe)	14
1.7.4	Biosynthèse des lipides extracellulaires	14
1.7.5	Régulation génétique de la biosynthèse des EPS :	15
1.8	Production des biofilms par les EPS	16
1.8.1	Diversité et structure des biofilms	16
1.8.2	Processus de formation du biofilm	17
1.9	Rôles des substances polymère extracellulaire (EPS)	19
1.9.1	Contribution à la formation des biofilms	19
1.9.2	Conférer un avantage sélectif pour la survie	20
1.9.3	Protection contre les conditions environnementales extrêmes :	20
1.9.4	Rôles des EPS dans la biolixiviation	20
Chapitre 02 : Extraction et caractérisation des EPS		23
1	Méthodes d'extraction des EPS	24
1.1	Extraction physique	24
1.2	Extraction chimique des EPS	25
1.3	Méthodes d'extraction combinées en séquentiel	26
1.3.1	Chauffage + agents chimiques	26
1.3.2	Agitation + EDTA + précipitation à l'éthanol.....	26
1.3.3	Sonication + lysozyme + précipitation alcoolique	27
1.3.4	Avantages et limites	27
1.3.5	Intérêt des combinaisons de méthodes	27
2	Purification des EPS	29
2.1	Précipitation par l'éthanol	29
2.2	Dialyse et ultrafiltration	29
2.3	Techniques chromatographiques	29
3	Caractérisation des EPS	30
3.1	Analyse chimique	30
3.2	Spectroscopie	30
4	Propriétés physico-chimiques des EPS	31
Chapitre 03 : Application des EPS		33
1	Applications environnementales des EPS	34
1.1	Traitement de l'eau	34
1.2	Élimination des colorants des eaux usées	34

1.3	Déshydratation des boues	35
1.4	Élimination ou récupération des métaux	35
1.5	Nanotechnologie et biocapteurs	35
1.6	Élimination des composés organiques toxiques	35
1.7	Traitement de lixiviat des décharges	36
1.7.1	Floculation et décantation des eaux usées	36
1.7.2	Formation de bio-barrières pour piéger les polluants	36
1.8	Formation de biofilms environnementaux pour les bioréacteurs à membranes	37
2	EPS dans l'industrie agroalimentaire	37
2.1	Biofertilisants et stimulation de la croissance végétale	37
2.2	Agents épaississants et stabilisants (yaourts, sauces)	38
2.3	Remédiation et réhabilitation des sols	38
3	EPS en biotechnologie médicale et pharmaceutique	38
3.1	Utilisation en encapsulation de médicaments.....	39
3.2	Propriétés immunomodulatrices et antimicrobiennes	39
3.3	Biofilms et infections nosocomiales	40
3.3	Rôle des EPS dans les biofilms pathogènes	40
4	EPS en ingénierie des matériaux	41
4.1	Films biodégradables	41
4.2	Hydrogels pour applications biomédicales.....	42
4.3	Matériaux composites à base de biopolymères	42
	Conclusion et perspective	44
	Références Bibliographiques	46

ملخص

يعرض هذا العمل دراسة معمقة للمواد البوليمرية خارج الخلية، مع التركيز على أصلها الميكروبي، وبنيتها الكيميائية الحيوية، وقيمتها التكنولوجية. تُعرّف على أنها جزيئات ضخمة محبة للماء تُفرز في الوسط خارج الخلية من قبل مجموعة متنوعة من البكتيريا موجبة وسالبة غرام. وتتأثر عملية إنتاجها بعدة عوامل بيئية وجينية. يصف هذا البحث بدقة آليات التخليق الحيوي، وطرق الاستخلاص (الفيزيائية، الكيميائية، الإنزيمية والمجمعة)، وتقنيات التوصيف الفيزيائي والكيميائي (التحليل الطيفي، الكروماتوغرافيا، الاختبارات اللونية). ويستند إلى منشورات علمية حديثة لتوضيح مجالات التطبيق: معالجة المياه، التلبد، الامتزاز الحيوي، الصناعات الغذائية (عوامل قوام، بروبيوتيك)، التكنولوجيا الحيوية الطبية (التغليف، الأغشية الحيوية، الهلاميات المائية)، وعلوم المواد (أفلام قابلة للتحلل، مصفوفات مطبوعة ثلاثية الأبعاد). وتُبرز الدراسة الإمكانيات متعددة الوظائف كأدوات بيولوجية ذات أهمية كبيرة في استراتيجية التنمية المستدامة والاقتصاد الحيوي.

الكلمات المفتاحية: مادة البوليمرية، الأغشية الحيوية، التكنولوجيا الحيوية، الأغذية الزراعية، معالجة المياه، التنمية المستدامة .

Résumé

Ce travail présente une étude approfondie des substances polymériques extracellulaires (EPS), focalisée sur leur origine microbienne, leur structure biochimique et leur valorisation technologique. Les EPS sont définies comme des macromolécules hydrophiles sécrétées dans le milieu extracellulaire par une variété de bactéries Gram positif et Gram négatif. Leur production est influencée par de nombreux facteurs environnementaux et génétiques. Cette étude décrit avec précision les mécanismes de biosynthèse, les approches d'extraction (physiques, chimiques, enzymatiques et combinées) et les techniques de caractérisation physico-chimiques (spectroscopie, chromatographie, tests colorimétriques). Il s'appuie sur des publications scientifiques récentes pour illustrer les domaines d'application : traitement des eaux, floculation, bio sorption, agroalimentaire (agents texturants, probiotiques), biotechnologies médicales (encapsulation, biofilms, hydrogels), et science des matériaux (films biodégradables, matrices imprimées 3D). L'étude met en évidence le potentiel multifonctionnel des EPS comme outils biologiques d'intérêt majeur dans une stratégie de développement durable et de bioéconomie.

Mot clé : EPS, biofilm, biotechnologie, agroalimentaire, traitement d'eaux, développement durable.

Abstract

This work presents an in-depth study of extracellular polymeric substances (EPS), focusing on their microbial origin, biochemical structure, and technological valorization. EPS are defined as hydrophilic macromolecules secreted into the extracellular environment by a variety of Gram-positive and Gram-negative bacteria. Their production is influenced by numerous environmental and genetic factors. The thesis accurately describes the biosynthesis mechanisms, extraction approaches (physical, chemical, enzymatic, and combined), and physicochemical characterization techniques (spectroscopy, chromatography, colorimetric tests). It draws on recent scientific publications to illustrate application areas: water treatment, flocculation, biosorption, agri-food industry (texturizing agents, probiotics), medical biotechnologies (encapsulation, biofilms, hydrogels), and materials science (biodegradable films, 3D-printed matrices). The study highlights the multifunctional potential of EPS as major biological tools in a strategy for sustainable development and bioeconomy.

Keywords: EPS, biofilm, biotechnology, agri-food, water treatment, sustainable development.