

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION
D'UN DIPLOME – UNE STARTUP /UN BREVENT D'INVENTION

Filière : Sciences Biologiques
Option : Microbiologie Fondamentale et Appliquée

THEME

**Développement d'un système à base de molécules bioactives pour
la prolongation de la durée de conservation de la viande de
poulet**

Présenté par :

- Djaid Chaima
- Djaid Yassmine
- Djellaoui Fadoua

Devant le jury :

Président	Dr. Benaceur Farouk	MCA
Rapporteur	Dr. Benamar Ibrahim	MCB
Examineur	Dr. Messaoudi Omar	MCA
Représentant de l'incubateur	Dr. Rahmani youcef zakaria	
P. socioéconomique	Choualhi Abderazzak	Insp. Vétérinaire DSA

Soutenu publiquement le 06/07/2024

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout-puissant et miséricordieux de nous avoir donné l'opportunité de réaliser ce travail. La recherche n'est pas une activité solitaire, et ce qui peut être présenté comme un travail individuel est toujours dû en grande partie à de nombreuses collaborations. En achevant ce travail, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre sincère gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Nous souhaitons exprimer nos remerciements spécifiques à M. BENAMAR IBRAHIM, notre promoteur, enseignant/chercheur à l'Université de Laghouat, pour avoir accepté de diriger ce travail. Sa patience, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de ce processus ont été d'une valeur inestimable. Nous sommes reconnaissants pour les précieux conseils qu'il nous a prodigués et pour sa prévenance dans le suivi et la réalisation de ce mémoire. Sa guidance éclairée a grandement contribué à notre réussite, et nous lui en sommes profondément reconnaissants.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude aux ingénieurs des laboratoires du département de biologie, CRAPC (Centre de Recherche en analyses physicochimiques) unité de Laghouat, pour leur disponibilité et leur précieuse contribution à notre travail. Leur expertise et leur soutien ont été essentiels pour mener à bien nos expériences et analyses. Leur collaboration et leur dévouement ont grandement enrichi notre recherche. Nous leur sommes reconnaissants pour leur engagement et leur aide tout au long de ce projet.

Nous exprimons notre gratitude envers nos familles en général (DJAIID DJELLAOUI), et en particulier envers nos pères et nos mères, qui ont fait de nombreux sacrifices pour nous.

ملخص

لحم الدجاج ضروري في نظامنا الغذائي بسبب قيمته الغذائية العالية ، وخاصة محتواه العالي من البروتين. ومع ذلك ، فإن هذا اللحم يخلق بيئة مواتية لانتشار الملوثات الميكروبية المختلفة ، مما يؤدي إلى مشاكل صحية واقتصادية خطيرة. يركز هذا العمل على تطوير أفلام نشطة جديدة تعتمد على النشا والبكتين من مخلفات الفاكهة والخضروات والتي تم فيها دمج الجسيمات النانوية والأحماض العضوية للمساهمة في إطالة عمر لحوم الدجاج المطروحة في السوق. تم أخذ عينات من قشر البرتقال والبطاطس في مدينة الأغواط لاستخراج السكريات لإنتاج غشاء قابل للتحلل. تم تصنيع الجسيمات النانوية بواسطة سلالتين من *Bacillus spp*. تمت إضافة E4 و E2 بالإضافة إلى حمض الخليك وحمض الستريك وحمض اللاكتيك للحصول على فيلم نشط يعتمد على عدة تركيبات. ثم تعرض هذا الفيلم للعديد من التحليلات الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية المضادة للميكروبات. تم إنتاج الأغشية البلاستيكية بطريقة فعالة واقتصادية وكانت خصائصها مرضية للغاية. أظهرت اختبارات نفاذية بخار الماء والتورم أن الأفلام المكونة من البكتين والنشا تتمتع بنفاذية أفضل وقوة انتفاخ أكبر من أفلام النشا وحدها. كشف التحليل الطيفي عن تفاعلات بين الجزيئات النشطة ومكونات الفيلم. أظهرت تحليلات الفحص المجهر الإلكتروني تجانساً ملحوظاً للفيلم ، بينما أظهر اختبار مضادات الميكروبات نشاطاً قوياً مضاداً للميكروبات للأغشية ضد البكتيريا موجبة الجرام وسالبة الجرام. في الختام ، حقق هذا العمل أهدافه من خلال تزويد الأفلام النشطة بيولوجياً بخصائص ميكانيكية محسنة وفعالية واعدة في مضادات الميكروبات للتطبيقات المختلفة. يمكن أن يؤدي استخدام هذه الأفلام النشطة إلى انخفاض أسعار لحوم الدجاج. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن أن تقلل هذه العبوات النشطة من التلوث الميكروبي الذي ينطوي عليه التسمم الغذائي ، مما يؤدي إلى الحد من المخاطر على صحة الإنسان. من ناحية أخرى ، ستساهم في الحد من النفايات البلاستيكية التي أصبحت جزءاً مهماً من التلوث.

الكلمات المفتاحية

لحم ؛ دجاج ؛ البلاستيك القابل للتحلل ؛ فيلم نشط ؛ الجسيمات النانوية ؛ النشاط المضاد للميكروبات

Abstract

Chicken meat is essential in our diet due to its high nutritional value, especially its high protein content. However, this meat creates an environment conducive to the spread of various microbial contaminations, which leads to serious health and economic problems. This work focuses on developing new active films based on starch and pectin from fruit and vegetable waste and in which nanoparticles and organic acids have been incorporated to contribute to the extension of the life of chicken meat placed on the market. Orange and potato peel samples were taken in the city of Laghouat to extract polysaccharides to create a biodegradable film. Nanoparticles synthesized by two strains of *Bacillus* spp. E4 and E2 as well as ac. Acetic, the ac. Citric and ac. Lactic, were added to obtain an active film based on several formulations. This film was then subjected to several mechanical, physicochemical and antimicrobial analyses. The plastic films were produced using an efficient and economical process and their properties were very satisfactory. Water vapor permeability and swelling tests have shown that films composed of pectin and starch have better permeability and greater swelling power than films of starch alone. Spectroscopic analysis revealed interactions between active molecules and film components. Scanning electron microscopy analyzes showed remarkable film homogeneity, while antimicrobial testing demonstrated strong antimicrobial activity of the films against Gram-positive and Gram-negative bacteria. In conclusion, this work achieved its objectives by providing bioactive films with improved mechanical properties and promising antimicrobial efficacy for various applications. The use of these active films can lead to lower chicken meat prices. In addition, these active packaging can reduce the microbial contamination involved in food poisoning, which leads to limiting the risks to human health. On the other hand, will contribute to the reduction of plastic waste, which has become an important part of pollution.

Keywords: Meat; chicken; biodegradable plastic; movie active; Nanoparticles; antimicrobial activity

Résumé

La viande de poulet est essentielle dans notre alimentation en raison de sa valeur nutritive élevée, notamment sa richesse en protéines. Cependant, cette viande crée un environnement propice à la propagation de diverses contaminations microbiennes, ce qui entraîne des problèmes sanitaires et économiques graves. Ce travail s'intéresse à développer des nouveaux films actifs à base d'amidon et de pectine issues des déchets des fruits et légumes et dans lesquels les nanoparticules et les acides organique ont été incorporés pour contribuer à l'extension de la durée de vie de la viande de poulet mise sur le marché. Des échantillons d'écorces d'orange et de pomme de terre ont été prélevés dans la ville de Laghouat en vue d'extraire des polysaccharides afin de créer un film biodégradable. Des nanoparticules synthétisées par deux souches de *Bacillus* spp. E4 et E2 ainsi que l'ac. Acétique, l'ac. Citrique et l'ac. Lactique, ont été ajoutés pour obtenir un film actif basé sur plusieurs formulations. Ce film a ensuite été soumis à plusieurs analyses mécaniques, physicochimiques et antimicrobien. Les films plastiques ont été élaborés en utilisant un procédé efficace et économique et leurs propriétés étaient très satisfaisantes. Les tests de perméabilité à la vapeur d'eau et de gonflement ont montré que les films composés de pectine et d'amidon présentent une meilleure perméabilité et un plus grand pouvoir gonflant que les films d'amidon seul. L'analyse spectroscopique a révélé des interactions entre les molécules actives et les composants des films. Les analyses par microscopie électronique à balayage ont montré une homogénéité remarquable des films, tandis que les tests antimicrobiens ont démontré une forte activité antimicrobienne des films contre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif. En conclusion, ce travail a atteint ses objectifs en fournissant des films bioactifs aux propriétés mécaniques améliorées et une efficacité antimicrobienne prometteuse pour diverses applications. L'utilisation de ces films actifs peut entraîner une baisse des prix de la viande de poulet. En outre, ces emballages actifs, peuvent réduire les contaminations microbiennes impliqués dans les toxi-infections alimentaires, ce qui conduit à limiter les risques pour la santé humaine. D'autre part, contribuera à la réduction des déchets de plastique, qui sont devenus une part importante de la pollution.

Mots clés : Viande ; poulet ; plastique biodégradable ; film actif ; Nanoparticules ; activité antimicrobienne

-Liste des abréviations-

ACA :Acide acétique

ACC :acide citrique

ACL :Acide lactique

BHIB : Bouillon cœur-cervelle.

BN : Bouillon nutritive.

DRX : Diffraction des rayons X

E. coli :*Escherichia coli*

EPS: Eau physiologique stérile

F : Film

FA : Film actif

FAO: Food and Agriculture Organization

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale

FTIR : Spectroscopie infrarouge a transformée de Fourier

GN : Gélose nutritive

Hek :Hektoen

Ig : Indice de gonflement

ISO :International Organization for Standardization

MAC :Mac Conkey

NPS : Nanoparticules

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

S. aureus :*Staphylococcus aureus*

PCA: gélose Plate Count Agar

UFC : Unité Formant Colonie

PVE : Perméabilité à la vapeur d'eau

-Liste des figures-

Figure n°01. Différentes méthodes de fabrication d'emballages alimentaires à base de polysaccharides. **P12**

Figure n°02. Tailles des nanoparticules comparées aux tailles des principales structures chimiques et biologiques . **P13**

Figure n°03. Méthodes de synthèse typiques des NP pour les approches (a) descendante et (b) ascendante .**P14**

Figure n°04. Biosynthèse AgNps .**P16**

Figure n°05. structure de acide citrique monohydrate **P17**

Figure n°06. Formule semi-développée de l'acide lactique. **P18**

Figure n°07. structure chimique d'acide acétique .**P19**

Figure n°08. Préparation des solutions mères de viande poulet. **P23**

Figure n°09. préparation des dilutions décimales .**P23**

Figure n°10. Préparation du bouillon Rappaport .**P24**

Figure n°11. Isolement des souches bactériennes sur les milieux de culture . **P 24**

Figure n°12 les étapes d'extraction de l'amidon . **P27**

Figure n°13. les étapes d'extraction de pectine .**P27**

Figure n°14. Structure de Glycérol .**P28**

Figure n°15. A, B, C et D sont des images représentant différentes étapes de plastification a base amidon .**P28**

Figure n°16. A, B, C ,D ,E , F et G sont des images représentant différentes étapes de plastification a base pectine . **P29**

Figure n°17. A, B, C ,D, et E sont des images représentant différentes étapes de fabriqué un plastique actif .**P30**

Figure n°18. A, B, C ,D, E, F, G, H, et I sont des images représentant différentes étapes de biosynthèse des nanoparticules .**P31**

Figure n°19. A, B, C sont des images représentant différentes étapes de test du pouvoir gonflant .**P32**

Figure n°20. test perméabilité à la vapeur d'eau .**P32**

Figure n°21. Réflexion des rayons X par une famille de plans réticulaires espacés d'une distance d .**P34**

Figure n°22. préparation des suspensions .**P 36**

Figure n°23. méthode antibiogramme. **P 36**

Figure n°24. Préparation des solutions mères de molécules bioactives .**P 37**

Figure n°25. Plaque de micro titration plaque de 96puits.**P 37**

Figure n°26. Aspect macroscopique des colonies isolées à partir des échantillons de viande de poulet .**P39**

Figure n°27. Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons de la viande de poulet prélevée .**P39**

Figure n°28 Apparence visuelle des films plastifiés en amidon (A), en pectine (B) et en composite (C). .**P 41**

Figure n°29 Test de perméabilité à la vapeur d'eau .**P45**

Figure n°30 .Test de l'indice de gonflement I_g .**P46**

Figure n°31. Représentation schématique de la transition de phase de l'amidon pendant la gélatinisation et la rétrogradation .**P 47**

Figure n°32. Résultats de DRX. **P48**

Figure n°33 .résultat UV-Visible des Mg Nps .**P49**

Figure n°34. Les résultat DRX de nanoparticules .**p 51**

Figure n° 35 résultat DRX des différent films actif .**P53**

Figure n°36 . images des films actifs observé d'un MEB. P 54

Figure n° 37: Résultats des zones d'inhibitions obtenir par technique antibiogramme. P55

-Liste des tableaux-

Tableau n°01. Valeurs nutritionnelles pour 100 g de poulet . P4

Tableau n°02. Projections de la viande de volaille . P5

Tableau n°03. Méthodes de modification physique et effets de divers polysaccharides. P10

Tableau n°04. représentatif des propriétés de MgNps . P15

Tableau n°05. Collecte des échantillons. P22

Tableau n°06. Propriétés de glycérol. P28

Tableau n°07. les différents films actifs élaborés et leurs caractéristiques . P42

Tableau n°08. Composition élémentaire des Nanoparticules issues de la souche E4 .P50

Tableau n°09. Composition élémentaire des Nanoparticules issues de la souche E2 .P50

Tableau n°10. Composition élémentaire du film plastique de formulation F0 (Contrôle).P51

Tableau n°11. pourcentages de l'efficacité de chaque film actif . P55

-Table des matières-

المخلص.....	I
Abstract	II
Résumé	III
Liste des abréviations	IV
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux	X

Introduction générale

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur la viande de volaille.....	3
I.1 valeur nutritionnelle des viandes de volailles.....	3
I.2. La qualité organoleptique	4
I.3. Production et consommation de viande avicole	5
I.3.1. Dans le monde.....	5
I.3.2. En Algérie	5
I.3.3. Qualité hygiénique et microbiologique de la viande de poulet	5
I.3.3.1. La flore mésophile aérobie totale (FMAT)	6
I.3.3.2. <i>Salmonella spp</i>	6
I.3.3.3. <i>Staphylocoques</i>	6
I.3.3.4. <i>Campylobacter spp</i>	7
I.3.3.5. <i>Listeria monocytogenes</i>	7
I.3.3.6. <i>Escherichia coli</i>	8
II Généralités sur les emballages	8
II .2. Importance D’emballage Alimentaire.....	8
II.3. Modifications chimiques des matériaux à base de polysaccharides	9

II.4. Applications des différents matériaux à base de polysaccharides dans l'emballage comestible.....	12
III. Le Film-bio actif.....	12
III.1. principe et importance d'un film actif.....	13
III.2. Source d'Activité.....	13
III. 2.1 les nanotechnologies.....	13
III.2.1.1. Définition UE 2011/696/UE.....	13
III.2.1.2. Synthèse de nanoparticules.....	14
III.2.1.3. Nanoparticules de Magnésium.....	14
III.3.1.3.1. Propriétés théoriques des nanoparticules de magnésium.....	15
III.3.1.3.2. propriétés antibactériennes.....	15
III.2.1.4. Les nanoparticules d'argent (AgNPs).....	15
III.2.1.4. 1. propriétés antibactériennes.....	16
III. 2.2 .Les acides organiques.....	16
III.2.2.1. Acide Citrique.....	17
III.2.2.1.1. Importance de l'Acide Citrique.....	17
III.2.2.2. Acide Lactique.....	18
III.2.2.2.1. Importance de l'Acide Lactique.....	18
III.2.2.3. Acide Acétique.....	19
III.2.2.3. 1. Importance de l'acide acétique.....	19
III.2.2.4. Activité antibactérienne des acides organiques étudiés.....	20

Matériel et méthodes

I Analyses bactériologie de viande de poulet.....	20
I.1. Origine des échantillonnages.....	20
I.2. Recherche et dénombrement des différents microflores de la viande de poulet.....	22
I.2.1. Préparation de solution mère.....	23
I.2.2.Préparation des dilutions décimales.....	23

I.2.3. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT	24
I.2.4. Dénombrement de la flore psychrophile aérobie	24
I.2.5. Recherche et dénombrement de la flore sporulée	24
I.2.6. Recherche de <i>Salmonella spp</i>	24
I.2.7 Recherche d' <i>E. coli</i>	25
I.2.8. Dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	25
II. Elaboration du plastique	26
II.1. Extraction des polysaccharides	26
II.1.1 Extraction de l'amidon	26
II.1.2 Extraction de Pectine	27
II.1.3. Plastifiants	27
II.1.4. Plastique à partir de l'amidon.....	28
II.1.5. Plastique à partir de pectine.....	29
II.1.6. Préparation des matériaux composites	29
III. Elaboration du film actif	30
III.1. La biosynthèse des nanoparticules	30
IV. Caractérisation des films actif	32
IV.1. Détermination du pouvoir gonflant.....	32
IV.2. La perméabilité à la vapeur d'eau (WVP)	32
IV.3. Caractérisation spectroscopique Infrarouge (FTIR).....	33
IV.4. Caractérisation spectroscopique par UV-Visible	33
IV.5. Diffraction de rayons X (DRX)	34
IV.6. Microscopie électronique à balayage (MEB).....	35
IV.7. Analyse élémentaire par fluorescence des rayons X (XRF).....	35
V. Mise en évidence de l'activité antimicrobienne	36
V.1. Souches microbiennes utilisées	36
V.2. Méthode de diffusion en milieu solide	36

V.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice	37
---	----

Résultats et discussion

I. Analyse microbiologique de la viande de poulet	39
II. Elaboration du plastique	40
II . Elaboration du film actif	42
IV . Caractérisation des films actifs	43
IV.1. Perméabilité à la vapeur d'eau (PVE)	43
IV.2. Détermination du pouvoir gonflant.....	45
IV.3. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)	47
IV.4. Caractérisation spectroscopique par UV-Visible	49
IV.5. Analyse élémentaire par fluorescence des rayons X (XRF).....	50
IV.6. Diffraction des rayons X (DRX)	51
IV.6.1 Caractérisation par la Microscopie Electronique à Balayage (MEB)	53
Test de l'effet antimicrobien des films actifs	54

Conclusion

Introduction générale

La viande de poulet est essentielle dans l'alimentation humaine en raison de sa valeur nutritive, notamment sa teneur élevée en protéines. Cependant, elle est également sujette à de nombreuses contaminations microbiennes, ce qui entraîne des problèmes sanitaires et économiques graves (Jehl et al, 2003).

L'incidence croissante des maladies d'origine alimentaire, au cours des dernières décennies, semble être liée dans de nombreux pays à l'infection microbienne d'origine alimentaire. Le rapport 2015 de l'OMS sur les estimations de la charge mondiale de morbidité due aux maladies d'origine alimentaire a présenté les premières estimations de cette charge due à 31 agents transmis par les aliments (bactéries, virus, parasites, toxines et produits chimiques) aux niveaux mondial et régional. Chaque année, près de 600 millions de personnes, soit près de 1 sur 10 dans le monde, tombent malade après avoir consommé des aliments contaminés, surtout les viandes et les produits à base de viande. Afin de préserver la qualité hygiénique et la fraîcheur de la viande de poulet, il est nécessaire de trouver des méthodes pour conserver ses qualités hygiéniques, nutritionnelles et organoleptiques. C'est pourquoi les emballages alimentaires actifs ont émergé comme une solution.

Les emballages bioactifs ont la capacité d'inhiber et de retarder la croissance microbienne présente dans les aliments emballés ou les matériaux d'emballage eux-mêmes. Ils permettent également de prolonger la durée de conservation des aliments tout en maintenant et en améliorant leurs propriétés organoleptiques (Yahyaoui,2020).

En parallèle, environ 296 millions de tonnes de plastiques ont été produits en 2018 dans le monde entier (soit 9100 kg/s), et leur production ainsi que leur consommation continuent d'augmenter. La plupart de ces plastiques sont à base de pétrole brut et une augmentation de leur production conduit à une augmentation de la consommation de pétrole. Les déchets issus de ces plastiques provoquent une grave pollution de l'environnement.

Parmi les biopolymères naturels, l'amidon est considéré comme la matière première la plus prometteuse pour l'élaboration de nouveaux matériaux plus respectueux de l'environnement, en particulier pour les applications de matériaux d'emballage et de matériaux jetables (Mutungi et al., 2011 ; Ma et al., 2010 ; Hughes et al., 2009). Ceci est dû à sa faible densité, à son caractère renouvelable et à sa biodégradabilité complète, à sa disponibilité dans le monde entier sous différentes formes et à faible coût. Les emballages biodégradables sont conçus pour se décomposer naturellement et rapidement dans l'environnement, sans laisser de résidus nocifs. Ils sont fabriqués à partir de matériaux organiques d'origine naturelle, tels que

des polymères végétaux, qui peuvent être décomposés par des micro-organismes présents dans le sol ou dans l'eau. Cette approche réduit l'impact environnemental en évitant l'accumulation de déchets plastiques non dégradables.

Le premier objectif de notre étude a consisté à extraire les polymères polysaccharidiques, à savoir ; l'amidon et la pectine des déchets des fruits et légumes. Parmi les multiples sources d'amidon et de pectine, on retrouve les pommes de terres et les oranges, respectivement. Ensuite, élaborer des films plastique à base de ces polymères naturels.

Le deuxième objectif de notre travail a été de développer des films antimicrobiens actifs et l'amélioration de leurs propriétés barrières et leurs propriétés mécaniques. Pour y parvenir, nous avons incorporé des molécules bioactives d'origine microbienne et des acides organiques. Les films obtenus ont été caractérisés en utilisant plusieurs techniques et méthodes.

Le troisième objectif de notre travail a été de tester ces films actifs contre différentes souches bactériennes pathogènes et d'altérations, isolées de la viande de poulet, pour trouver la meilleure formulation en terme de ces propriétés antibactériennes.

Ce document est structuré en plusieurs parties : une partie bibliographique qui présente la viande de poulet, les films biodégradables et leurs différentes sources d'activité, une autre partie décrivant les méthodes de travail utilisées et les expérimentations effectuées. Ensuite, les résultats d'étude sont discutés et serviront de base pour résumer les conclusions, les perspectives, les recommandations et les orientations futures de ce travail.

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur la viande de volaille

La viande est généralement définie comme les parties comestibles des animaux abattus destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des abats et des sous-produits tels que le sang, les reins et la graisse" (FAO, 2009).

Les volailles englobent tous les oiseaux qui sont élevés ou gardés en captivité dans le but de produire des produits animaux destinés à la consommation humaine. Elles constituent une excellente source de protéines animales et elles sont très appréciées car elles peuvent être produites rapidement. De plus, leur coût est très attractif ce qui les rendent plus compétitives sur le marché de la viande (Kennedy *et al.*, 2004).

I.1 valeur nutritionnelle des viandes de volailles

Les viandes de volaille jouent un rôle essentiel dans l'alimentation humaine en fournissant une importante source de protéines tout en ayant une faible teneur en matières grasses (Brunel *et al.*, 2010). En particulier, la viande de poulet est faible en lipides, mais surtout en cholestérol et naturellement riche en vitamines et minéraux, ce qui en fait l'une des viandes les plus équilibrées sur le plan nutritionnel. Elle est considérée comme diététique, offrant un apport énergétique modéré (Roger, 2011). La viande de poulet est caractérisée par une faible teneur en acides gras saturés, ce qui est bénéfique pour la santé. Elle est proche de l'équilibre idéal, avec environ 25% d'acides gras saturés (AGS), 55% d'acides gras mono insaturés (AGMI) - qui aident à réduire le taux de cholestérol LDL (mauvais cholestérol) - et 20% d'acides gras polyinsaturés (AGPI). De plus, elle fournit des quantités significatives d'acides gras polyinsaturés (AGPI), de vitamines (B3, B5, B6, B12...), de minéraux et d'oligo-éléments (fer, magnésium, sélénium, phosphore), ainsi que des protéines de haute qualité riches en acides aminés essentiels. A noter que, tout comme les autres viandes, celle de poulet ne contient pas de glucides (Roger, 2011).

I.2. La qualité organoleptique

Les principaux éléments de qualité de la viande de poulet incluent son aspect visuel, sa texture, sa jutosité, sa saveur et sa fonctionnalité. Traditionnellement, l'aspect visuel et la texture ont été considérés comme les plus importants, car ils influencent le choix initial des

consommateurs et leur satisfaction finale envers les produits de viande de volaille traditionnels(Fletcher,2002).

Tableau n°01: Valeurs nutritionnelles pour 100 g de poulet (Barroeta, 2007).

Constituants	Teneur
Eau	70.3
Energie	167
Protéine	20.0
Lipides	9.7
Cholestérol	110
Calcium	13
Fer	1.1
Magnésium	22
Zinc	1
Sélénium	6
Sodium	64
Potassium	248
Phosphore	147
Vitamine B1	0.1
Vitamine B2	0.15
Vitamine B6	0.3
Biotine	2.0
acide folique	10
Vitamine B12	0.4
Vitamine D	0.2

I.3. Production et consommation de viande avicole

I.3.1. Dans le monde

En 2019, la viande de volaille représentait environ 39 % de la production mondiale de viande, et sa production a connu une forte croissance au fil des années, passant de 9 millions de tonnes en 1961 à 132 millions de tonnes en 2019. En 2023, la production de viande de

volaille devrait atteindre environ 134,5 millions de tonnes. Cette croissance est principalement due à l'évolution des préférences alimentaires. (OCDE/FAO, 2014).

Tableau n°02: Projections de la viande de volaille(OCDE/FAO,2016)

Pays	Production kt pa	Consommation kt pa
Monde	127 889	127 888
Pays développés	51 694	48 652
Pays en développement	76 195	79 236

I.3.2. En Algérie

La filière avicole en Algérie a connu un développement notable depuis 1980, principalement en raison de la croissance démographique et du changement des habitudes alimentaires liés à l'urbanisation. Chaque année, l'industrie avicole produit environ 340.000 tonnes de viande de poulet et plus de 4,8 milliards d'œufs en moyenne. Elle comprend environ 20.000 agriculteurs, ce qui représente environ 500.000 emplois directs et indirects. La consommation de viande de volaille est estimée à environ 15 kg par habitant par an en Algérie (Betraoui ,2021).

I.3.3. Qualité hygiénique et microbiologique de la viande de poulet

La qualité hygiénique de la viande constitue l'exigence élémentaire du consommateur. Elle peut être altérée par la prolifération de microorganismes néfastes, ou la présence de composés toxiques. La viande peut être contaminée par des microorganismes à différentes étapes de la chaîne de transformation. (Chougui,2015).

I.3.3.1. La flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Cette flore indique le degré de contamination bactérienne globale, c'est un indicateur important pour déterminer la qualité microbiologique des produits de la viande cuite (Aygun et al., 2015). La flore mésophile totale est en relation étroite avec les bonnes pratiques de fabrication et de salubrité du produit et le dénombrement reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique d'un aliment (Bourgeois et Leveau, 1980).

I.3.3.2. *Salmonella* spp.

La volaille est un important réservoir de salmonelles (EFSA, 2010a ; FAO/WHO, 2003). Elle est considérée comme une source principale de salmonellose humaine (Capita et al., 2007 ; EFSA, 2010a ; Møller et al., 2015 ; EFSA, 2020). *Salmonella* est l'une des causes les plus courantes de maladie d'origine alimentaire chez les humains (Cardinale et al., 2005 ; EFSA, 2010a ; EFSA, 2020). Cette bactérie est résistante à la congélation et au séchage, mais elle est relativement sensible à la chaleur, elle peut être détruite à 60°C pendant 15 à 20 minutes, et également aux pH inférieurs à 4 (Forsythe, 2010 ; DeJong et al., 2012).

I.3.3.3. *Staphylocoques*

Staphylococcus aureus : cocci à Gram-positif, il mesure de 0,5 à 1 µm de diamètre, ne sporule pas, est immobile, aéro-anaérobie facultatif et possède une catalase et une coagulase . *S. aureus*, espèce type du genre *Staphylococcus*, parfois appelée staphylocoque doré, produit de nombreuses toxines dont les SE (*Staphylococcal* ,Enterotoxins) (Anses, 2011a). Plusieurs études ont révélé une prévalence élevée de souches de *S. aureus* dans les viandes de poulets commercialisées (Neyaz et al., 2020; Buzon-Duran et al., 2017 ; Aycicek et al., 2005). *S. aureus* est l'un des agents pathogènes qui causent une intoxication alimentaire aiguë. Ce germe peut être détruit à une température de 60°C à 30 minutes, car il est thermosensible, mais les entérotoxines thermostables produits pendant toutes les phases de croissance, en particulier au milieu et à la fin de la phase exponentielle (Aycicek et al., 2005). La production de toxines se produise lorsque *S. aureus* atteint environ 10⁵ ufc/g ou plus (Dupre et al., 2019 ; Bergdoll, 1989). L'entérotoxine staphylococcique est très résistante à la chaleur (Savariraj et al., 2020 ; Schelin et al., 2011 ; ICMSF, 1996).

I.3.3.4. *Campylobacter* spp.

Les infections à *Campylobacter* sont parmi les causes les plus fréquentes de l'infection entérique bactérienne chez l'homme (EFSA, 2020 ; FSA, 2015 ; EFSA, 2010b ; FAO/WHO, 2009 ; Humphrey et al., 2007 ; Snelling et al., 2005). *Campylobacter* produit à la fois des syndromes diarrhéiques de type dysentérique et des syndromes systémiques (nsw/fa, 2012 ; Phillips, 1998). Les espèces les plus importantes responsables d'infections d'origine alimentaire chez les humains sont *Campylobacter jejuni* et *Campylobacter coli*, qui sont à la fois sensibles aux conditions de stress (Efsa, 2010a ; fao/who, 2009), sensibles au chauffage (pasteurisation/cuisson) (Omurtag et al., 2013 ; Zhao et al., 2003 ; Chan et al., 2001), au

séchage, aux désinfectants et à l'irradiation (Efsa, 2010b). Les *Campylobacter* sont des microaérophiles, en présence d'O₂, elles meurent rapidement (Efsa, 2010b). Le vide ou l'emballage conditionné semble avoir peu d'effet sur leur survie (Dogan et al., 2019 ; Engel et al., 2001). La consommation de viandes de volailles contaminées et insuffisamment cuites est un facteur de risque nettement mis en évidence dans les enquêtes (Anses, 2020a ; Habib et al., 2020). De même, les contaminations croisées lors de la manipulation de carcasses de volailles non cuites apparaissent comme des facteurs de risque (Khalid et al., 2020 ; Lubber, 2009). Pour ce qui concerne les toxi-infections alimentaires collectives liées à *Campylobacter*, (Omurtag et al., 2013).

I.3.3.5. *Listeria monocytogenes*

L. monocytogenes est un agent pathogène opportuniste, qui est couramment présent dans l'environnement et peut être isolé à partir de viandes et produits carnés, en particulier des produits prêts à consommer à base de viande (ECDC et EFSA, 2019 ; Mejlholm et al., 2010 ; Uyttendaele et al., 2004). C'est une bactérie à Gram positif, anaérobies facultative, psychrotrophe et peut croître et se multiplier dans un large éventail de conditions (Farber et al., 2021 ; Russell et al., 1999). Ce germe peut survivre et croître à la fois dans des conditions anaérobies et aérobies, dans une large gamme de températures (de 1,5°C à 45°C), de pH (4,0 à 9,6) et d'activité de l'eau ($\geq 0,92$). Il peut même survivre à une concentration en sel assez élevée (jusqu'à 13% en poids) (Forauer et al., 2021 ; Zhang et al., 2021 ; Giaouris et Simoes, 2018). *L. monocytogenes* reste une menace sérieuse pour la santé humaine (Lecuit, 2020 ; Guenther et al., 2009). La probabilité de développer une listériose invasive lors de l'ingestion d'une cellule de *L. monocytogenes* par un individu de la population générale est 8.10⁻¹², et 3.10⁻⁹ pour la catégorie de la population la plus sensible. La probabilité de listériose est 100 fois plus élevée avec les souches les plus virulentes (Anses, 2020b).

I.3.3.6. *Escherichia coli*

Certaines souches d'*Escherichia coli* sont pathogènes. Le sérotype *E. coli* O157: H7 est reconnu mondialement comme un agent pathogène d'origine alimentaire en particulier chez les enfants et les personnes âgées (Sharma et al., 2008 ; Hussein, 2007 ; Engel et al., 2001). *E. coli* O157: H7 a été isolé surtout des aliments non traités comme les viandes crues ou mal cuites. Les produits de volaille ont également été cités comme source potentielle de contamination par ce germe (Koohmaraie et al., 2005). *E. coli* O157: H7 est vérotoxino-gène (VTEC), ou producteur de la Shiga-like toxine (STEC) (Gyles, 1992). L'infection peut

entraîner des symptômes graves chez les humains, y compris la colite hémorragique, le syndrome hémolytique et urémique ou un purpura thrombocytopénique et dans certains cas, la mort, faisant de cet agent pathogène une préoccupation importante de santé publique (Messelhauser et al., 2007 ; Banatvala et al., 2001, Willshaw et al., 2001).

II. Généralités sur les emballages

L'emballage alimentaire impose aujourd'hui aux acteurs concernés d'importants enjeux économiques, environnementaux et de santé publique. Des avancées considérables sont actuellement en pleine évolution en matière de technologie et surtout des matériaux utilisés pour trouver des solutions plus respectueuses à la fois à la sécurité sanitaire des aliments, à la qualité de ces aliments, mais aussi à l'environnement.

L'emballage a pour fonction primaire de protéger et de stabiliser l'aliment. Qu'il soit plastique (le plus important en volume produit), papier-carton (premier matériau en valeur), verre, bois, métal ou composite (mélange de plusieurs matériaux), l'emballage est mis en œuvre, le plus souvent, à la fin de la chaîne de production de l'aliment et fait partie intégrante des technologies de conservation de l'aliment. La première fonction de l'emballage alimentaire est en effet de protéger, transporter et stocker ces denrées périssables (Gontard et al , 2017).

II .1. Importance D'emballage Alimentaire

L'emballage alimentaire est directement liée à la sécurité du consommateur et à la qualité des aliments emballés. Les principales fonctions de l'emballage sont d'isoler les aliments de leur environnement extérieur et de les protéger contre la détérioration par des processus physiques (chocs, absorption d'odeurs, transfert de vapeur d'eau...), chimiques (oxydation...etc.) et/ou biologiques (contamination par des microorganismes altérants ou pathogènes) (Lyon et al ,2015).

Les Techniques d'emballage classique de conservation des aliments sont considérées comme inertes car ils ne permettent pas de transfert moléculaire entre le matériau d'emballage et la matrice alimentaire. Cependant, des procédés pour prolonger la durée de conservation des aliments ont été utilisés en combinaison avec des matériaux d'emballage en plastique conventionnels .L'emballage sous atmosphère modifiée (MAP) et l'emballage sous vide ont traditionnellement été utilisés pour conserver commercialement les aliments. Cependant, le MAP et l'emballage sous vide, souvent à base de PET, n'éliminent pas complètement l'oxygène et l'humidité et ne protègent pas de la lumière et surtout il n'est pas biodégradable.

Avec les progrès de la technologie, de nouveaux systèmes d'emballage sont apparus, tels que les emballages alimentaires biodégradables. Ce type d'emballage vise à prolonger la durée de conservation des aliments en maintenant ou en améliorant leurs propriétés organoleptiques. D'autre part, l'utilisation des polymères biodégradables contribuera à la réduction des déchets d'emballage, dérivés de l'utilisation intensive de polymères synthétiques et non biodégradables (Tran ,2022).

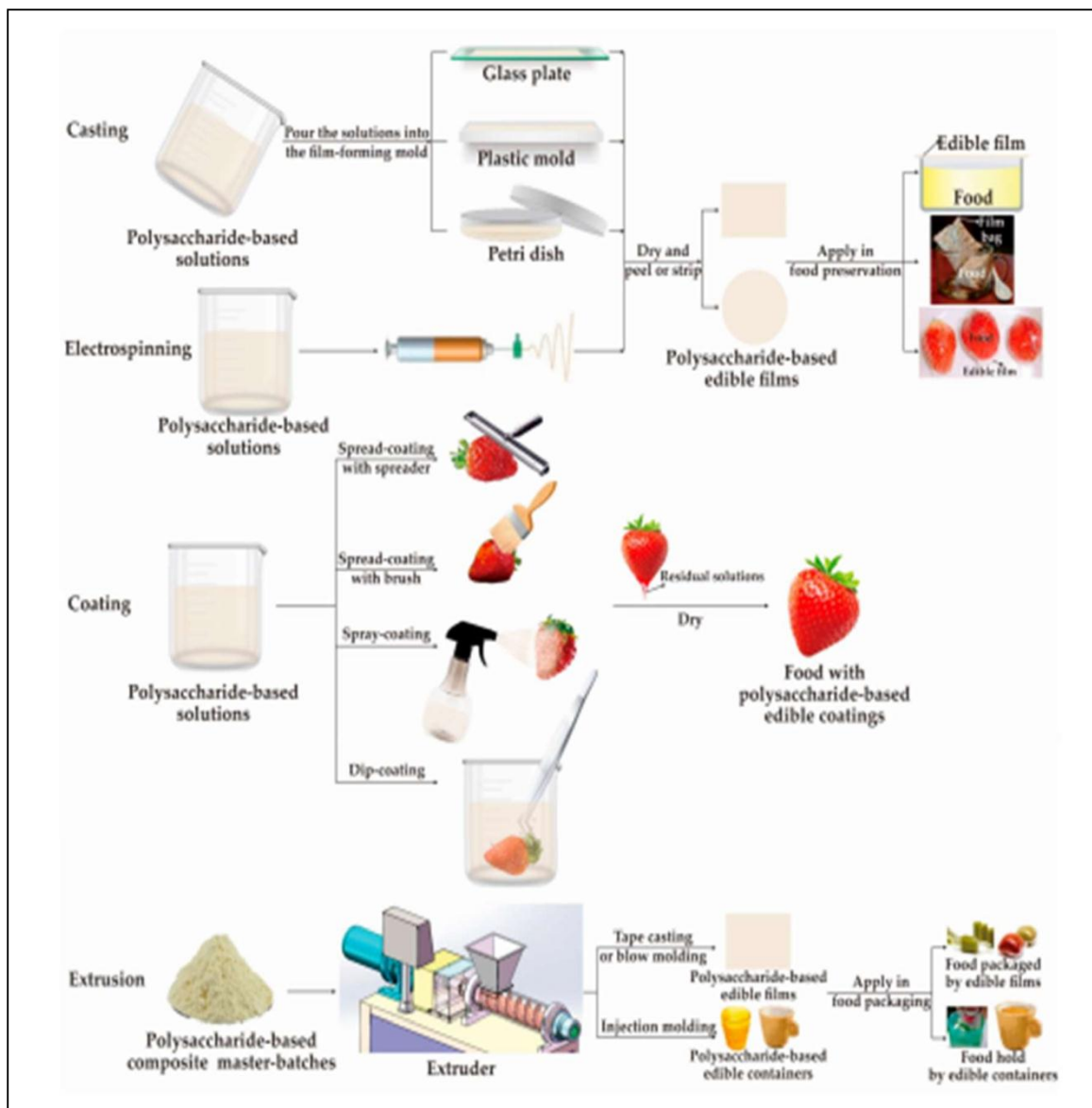


Figure n°1: Différentes méthodes de fabrication d'emballages alimentaires à base de polysaccharides.

III. Le Film-bio actif

De nos jours, les consommateurs ont une préférence pour les aliments frais et sains, dépourvus d'additifs artificiels et de conservateurs. Cela a conduit l'industrie alimentaire à chercher de nouvelles technologies de conservation novatrices. Par conséquent, l'industrie est confrontée au défi de développer des emballages alimentaires respectueux de l'environnement, capables de prolonger la durée de conservation des aliments tout en préservant leur qualité et leur sécurité. De plus, elle recherche activement des alternatives écologiques pour réduire l'impact environnemental des matériaux traditionnels qui proviennent de ressources non renouvelables (Costa, 2021).

III.1. Principe et importance d'un film actif

L'emballage actif est une approche innovante qui peut être caractérisée comme une forme d'emballage dans laquelle l'emballage, le produit et l'environnement interagissent pour prolonger la durée de conservation, améliorer la sécurité et améliorer les caractéristiques sensorielles tout en maintenant la qualité du produit. Les emballages actifs sont définis comme des systèmes d'emballage qui interagissent avec les aliments de telle manière qu'ils "contiennent délibérément des composants qui libéreraient ou absorberaient des substances dans ou depuis l'aliment emballé ou l'environnement entourant l'aliment", selon le règlement européen (CE) n° 450. /2009 . La méthode d'emballage actif combine les propriétés de conservation des antimicrobiens et d'autres ingrédients avec des concepts d'emballage alimentaire préexistants (Perera, et al, 2021).

III.2. Source d'Activité

III. 2.1 les nanotechnologies

III.2.1.1. Définition UE 2011/696/UE

Un nanomatériau est un matériau naturel, accidentel ou artificiel contenant des particules libres sous forme d'agrégats ou d'agglomérats dans lequel au moins 50 % des particules, en chiffres répartis par taille, ont une ou plusieurs dimensions externes comprises entre 1 nm et 100 nm. Dans des cas particuliers, le seuil de 50 % fixé pour la répartition numérique par taille peut être remplacé par un seuil compris entre 1 % et 50 % pour des raisons liées à la protection de l'environnement, de la santé publique, de la sécurité ou de la compétitivité (Union européenne, 2011).(angele, 2016)

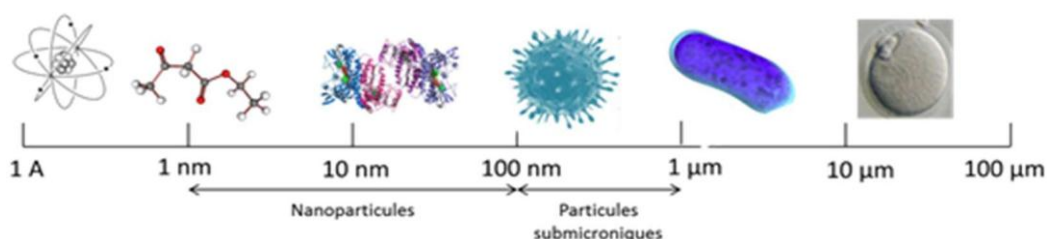


Figure n°2: Tailles des nanoparticules comparées aux tailles des principales structures chimiques et biologiques (angele, 2016)

III.2.1.2. Synthèse de nanoparticules

Diverses méthodes peuvent être employées pour la synthèse des NPs, mais ces méthodes sont globalement divisées en deux classes principales c'est-à-dire (1) approche ascendante et (2) approche descendante comme représenté sur la Schéma. Ces approches se divisent en outre en diverses sous-classes en fonction du fonctionnement, des conditions de réaction et des protocoles adoptés (Boyer, C 2019) .

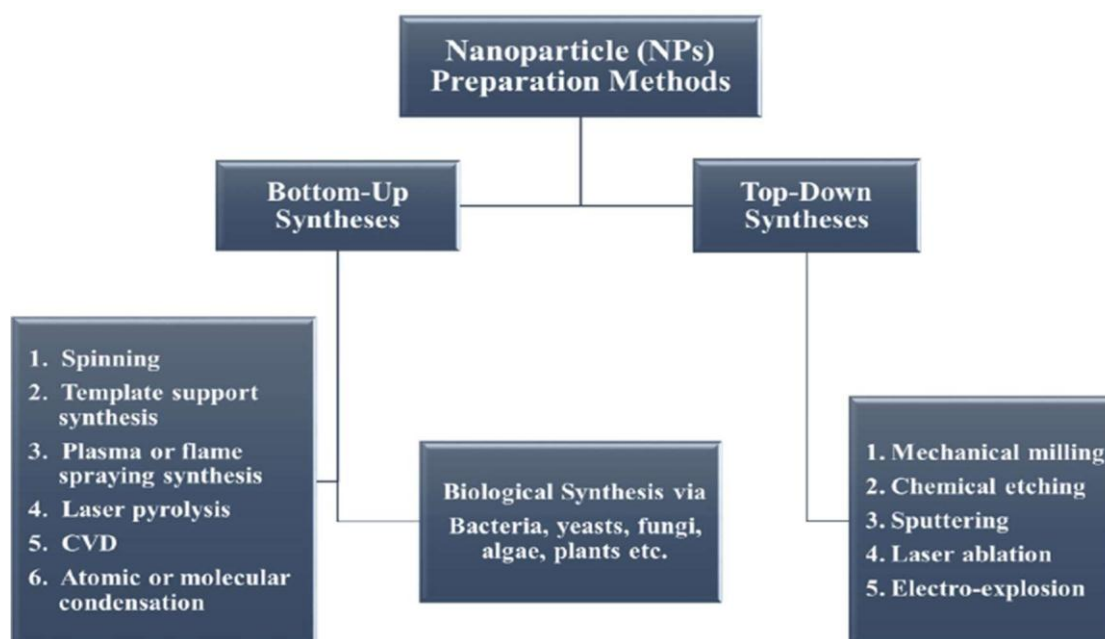


Figure n°3: Méthodes de synthèse typiques des NP pour les approches (a) descendante et (b) ascendante (Khan, I. et al, (2019)).

III.2.1.4. Les nanoparticules d'argent (AgNPs)

Ils sont des particules d'argent de taille nanométrique qui présentent des propriétés physiques et chimiques distinctes en raison de leur petite taille. Elles ont une gamme de tailles

allant de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres. En raison de leur grande surface spécifique, les AgNPs exhibent des propriétés optiques, conductrices et antimicrobiennes intéressantes, ce qui en fait des candidats attrayants pour de nombreuses applications dans les domaines de la médecine, de l'électronique, de la catalyse... (Lee et al , (2019).

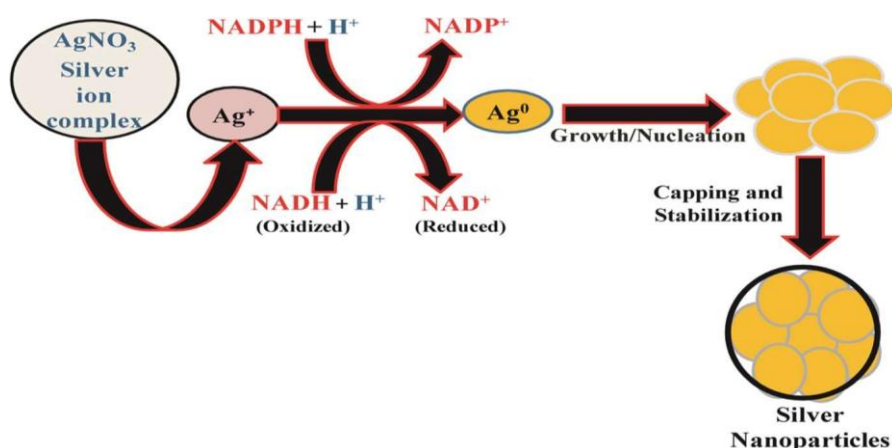


Figure n4°: Biosynthèse AgNps

III.2.1.4. 1. propriétés antibactériennes

Les AgNPs ont une large activité antimicrobienne et peuvent être efficaces contre des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques. Elles ont montré une efficacité contre des pathogènes courants tels que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, ...

Ils sont utilisés dans la fabrication de divers matériaux antimicrobiens tels que les revêtements, les textiles, les films et les pansements. Elles permettent de prévenir la contamination bactérienne, de réduire la croissance microbienne et de contrôler la propagation des infections. Sotiriou, G. et al (2010).

III.2.1.3. Nanoparticules de Magnésium

Les nanoparticules de magnésium (Mg) sont des particules sphériques noires à forte surface spécifique. Elles à l'échelle nanométrique mesurent généralement entre 20 et 60 (nm) et sont également disponibles sous forme de dispersion grâce au groupe de production de AE. Les nano fluides sont généralement définis comme des nanoparticules en suspension dans une solution, utilisant soit des agents tensioactifs, soit une technologie de charge de surface.

III.3.1.3.1. Propriétés théoriques des nanoparticules de magnésium

Tableau n°4 : représentatif des propriétés de MgNps

Poids moléculaire	24,31
Apparence	Solide
Point de fusion	650 °C
Point d'ébullition	1091 °C
Densité réelle	1,738 g/cm ³
Morphologie	Sphérique

III.3.1.3.2. Propriétés antibactériennes

Des études ont montré que les nanoparticules de MgO peuvent inhiber la formation de biofilms bactériens et réduire la viabilité des bactéries présentes dans les biofilms. Ces effets antibactériens sont dus à plusieurs mécanismes d'action, notamment l'interaction physique des nanoparticules avec les membranes cellulaires des bactéries, la libération d'ions de magnésium qui perturbent le métabolisme bactérien, et la production de stress oxydatif [.https://doi.org/10.3390/nano13030502](https://doi.org/10.3390/nano13030502)

III. 2.2. Les acides organiques

Les acides organiques sont des composés chimiques qui contiennent un groupe carboxyle (-COOH) attaché à une chaîne carbonée. Ces acides sont généralement d'origine naturelle et se trouvent dans de nombreux organismes vivants tels que les plantes, les animaux et les micro-organismes. Ils jouent un rôle important dans divers processus biologiques et sont également utilisés dans de nombreux domaines industriels (Laidaoui, 2016). Certains exemples courants d'acides organiques comprennent l'acide acétique (présent dans le vinaigre), l'acide citrique (présent dans les agrumes), l'acide malique (présent dans les pommes), l'acide lactique (présent dans les produits laitiers) et l'acide oxalique (présent dans les épinards et les rhubarbes) (FAO, 2018). Ces acides organiques ont de nombreuses applications, notamment en tant qu'additifs alimentaires pour améliorer le goût, l'acidité et la conservation des aliments. Ils sont également utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour la synthèse de médicaments, dans l'industrie cosmétique pour la fabrication de produits de soins de la peau et des cheveux, et dans d'autres secteurs industriels tels que l'agriculture, la chimie et la production d'énergie (Hidaoa, 2017).

Les acides organiques peuvent être naturels ou synthétiques, et ils présentent une large gamme de propriétés chimiques et physiques. Leurs applications et leurs effets dépendent de leur structure chimique spécifique <https://www.iloencyclopaedia.org>

III.2.2.1. Acide Citrique

Est un acide faible tricarboxylique α -hydroxylé de formule brute $C_6H_8O_7$ et de poids moléculaire 192 g/mol. sous sa forme anhydre, l'acide citrique est composé de cristaux incolores alors que sous sa forme monohydratée, les cristaux sont blancs.

Cet acide est aussi appelé E330 (dénomination additif alimentaire), Acide 2-hydroxy propane-1,2,3-tri carboxylique, acide 3-carboxy-3-hydroxypentanedioïque, acide hydroxy-2-propane 1-2-3 tricarboxylique .. *Acide citrique 1.1 Généralités.* (n.d.). https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substance.view&identifieur=119

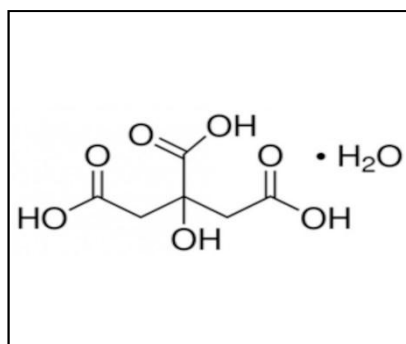


Figure n°5 : structure de acide citrique monohydrate <https://www.humeau.com/acide-citrique-monohydrate-acs-99-sigma-c1909-500g-24300190954.html>

III.2.2.1.1. Importance de l'Acide Citrique

L'acide citrique (anhydre ou monohydraté) est largement utilisé dans les industries pharmaceutiques et alimentaires. Son utilisation principale est liée à sa capacité à ajuster le pH des solutions. L'acide citrique monohydraté est utilisé pour fabriquer des granulés effervescents, tandis que l'acide citrique anhydre est souvent utilisé pour fabriquer des comprimés effervescents. Dans les aliments, l'acide citrique est utilisé comme exhausteur de goût et acidulant dans les boissons gazeuses.

Plus généralement, l'acide citrique est un acidulant, un antioxydant, un tampon, un agent chélatant et un exhausteur de goût, quelle que soit l'industrie. Par conséquent, ses diverses utilisations possibles en font une substance avec laquelle nous sommes quotidiennement en contact (ansm, agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé)

https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substance.view&identifieur=119

III.2.2.2. Acide Lactique

L'acide lactique, également connu sous le nom d'acide 2-hydroxypropanoïque, est un acide carboxylique avec la formule brute $C_3H_6O_3$. On le trouve naturellement dans le lait, le vin ainsi que dans certains fruits et légumes. Sa production industrielle implique des transformations chimiques de réactifs dérivés de la pétrochimie, mais il peut également être produit par fermentation à partir de sucres d'origine naturelle. L'acide lactique est utilisé dans l'industrie alimentaire en tant qu'additif (E270), ainsi que dans l'industrie cosmétique et en tant que composant de détergents (PHYSIQUE-CHIMIE, 2021)

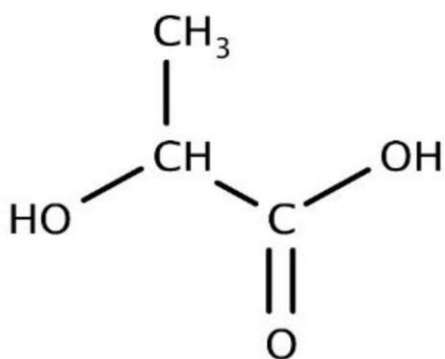


Figure n6°. Formule semi-développée de l'acide lactique (PHYSIQUE-CHIMIE 2021)

III.2.2.2.1. Importance de l'Acide Lactique

L'acide lactique joue un rôle vital dans diverses industries, en particulier les industries alimentaires et médicales. En plus de conférer une saveur distinctive, l'acide lactique possède des propriétés antiseptiques qui facilitent le processus de cuisson du pain et de brassage de la bière. Il a également des liens indirects avec le domaine médical, car les produits laitiers contenant des bactéries lactiques sont utilisés comme probiotiques. En raison de sa forte concentration, l'acide lactique joue également un rôle important en cosmétique et en dermatologie. <https://foodcom.pl/fr/lacide-lactique-proprietes-et-applications-dans-lalimentation-et-la-medecine/>

III.2.2.3. Acide Acétique

L'acide acétique, également connu sous le nom d'acide éthanoïque, est un composé chimique organique de formule CH_3COOH . Il s'agit d'un acide carboxylique et est considéré comme le membre le plus important de cette famille d'acides. En termes de propriétés chimiques, l'acide acétique est un liquide incolore à l'odeur piquante. Il est miscible avec l'eau et de nombreux

solvants organiques. Il réagit avec d'autres composés pour former des esters, des sels d'acétate et d'autres dérivés. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/acide-acetique/>

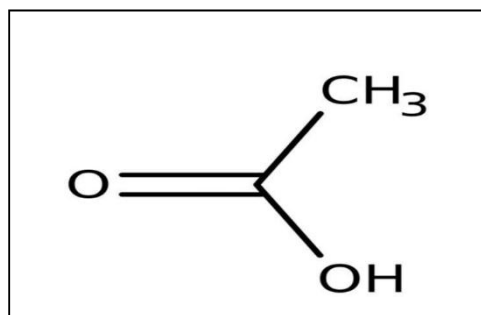


Figure n°7: structure chimique d'acide acétique <https://khiatlabo.com/produit/acetic-acid-glacial-ar-acide-acetique-glacial>

acétique peut être trouvé dans la nature. Il est présent dans certains aliments tels que les vinaigres, les fruits fermentés et certains fromages. Il est également produit naturellement dans certains processus biologiques, tels que la fermentation de l'alcool par des bactéries acétiques. <https://www.geo.fr/environnement/l-acide-acetique-un-conservateur-historique-et-un-puissant-medicament-170032>

III.2.2.3. 1. Importance de l'acide acétique

L'acide acétique est utilisé dans de nombreux domaines et industries. Il est produit à grande échelle par l'industrie chimique et est largement utilisé comme solvant, réactif et intermédiaire dans la synthèse de divers produits chimiques. Il est également couramment utilisé dans l'industrie alimentaire comme additif alimentaire (E260) <https://www.quechoisir.org/comparatif-additifs-alimentaires-n56877/e260-acide-acetique-acide-ethanoique-p223349/> pour son action conservatrice et acidifiante. De plus, il est utilisé dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de plastiques, de vernis, de fibres textiles et dans de nombreux autres processus industriels. <https://www.pollution-chimique.com/usages.php>

III.2.2.4. Activité antibactérienne des acides organiques étudiés

Il existe une forte activité antimicrobienne des acides organiques contre différentes souches de bactéries. Les acides organiques tels que l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, etc., ont démontré leur capacité à inhiber la croissance et la multiplication des bactéries. Ces acides agissent en perturbant l'équilibre du pH intracellulaire des bactéries, en

endommageant leurs membranes cellulaires ou en inhibant des voies métaboliques essentielles.

Cette activité antimicrobienne peut varier en fonction du type de bactérie et de la concentration d'acide organique utilisée. Certaines souches bactériennes peuvent être plus sensibles à certains acides organiques que d'autres. Il est donc important de choisir l'acide organique approprié et de déterminer la concentration optimale pour obtenir l'effet antimicrobien souhaité.(Kim, S. et al,2015). Synergistic antimicrobial activity of caprylic acid in combination with citric acid against both *Escherichia coli* O157: H7 and indigenous microflora in carrot juice (KIM ,2015).

Matériel et Méthodes

I. Analyses bactériologie de viande de poulet

I.1. Origine des échantillonnages

Dans le cadre de cette étude, 15 échantillons de viande de poulet ont été prélevés de manière aléatoire dans différentes boucheries de la ville de Laghouat au cours du mois de Février 2023. L'objectif était de garantir que ces échantillons soient aussi proches que possible des conditions d'achat habituelles par les consommateurs. Les échantillons ont été transportés au laboratoire dans une glacière et les analyses ont été effectuées dans les délais les plus brefs. Toutes les précautions ont été prises pour éviter que les échantillons ne soient exposés à des températures supérieures à 20°C ou inférieures à 0°C. Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons ont été maintenus à température ambiante pendant de courtes périodes. Le Tableau représente la répartition des sites de prélèvements des échantillons à Laghouat

Tableau n°5: Collecte des échantillons

Les secteurs	Le nombre d'échantillons	Date de prélèvement
Ksar El Hirane	3	20/02/2023
	6	26/02/2023
Centre-ville	6	27/02/2023

I.2. Recherche et dénombrement des différents microflores de la viande de poulet

Les analyses microbiologiques ont pour objectif de nous permettre d'avoir une idée sur la charge et la diversité microbiologique de la viande de poulet dans la région de Laghouat. Les analyses microbiologiques ont consisté en le dénombrement et/ou la recherche des flores suivantes :

- La flore mésophile aérobie totale,
- La flore psychrophile aérobie
- *E. coli*
- Les Salmonelles
- Les Staphylocoques
- *Bacillus* spp

I.2.1. Préparation de solution mère :

Dans des conditions aseptiques, prélever 10 g de viande de poulet dont la surface et la profondeur sont à analyser et les diluer avec 90 ml d'eau physiologique stérile pour préparer une solution mère (10⁻¹). Ensuite, la bouteille est homogénéisée pour assurer la dispersion des bactéries.

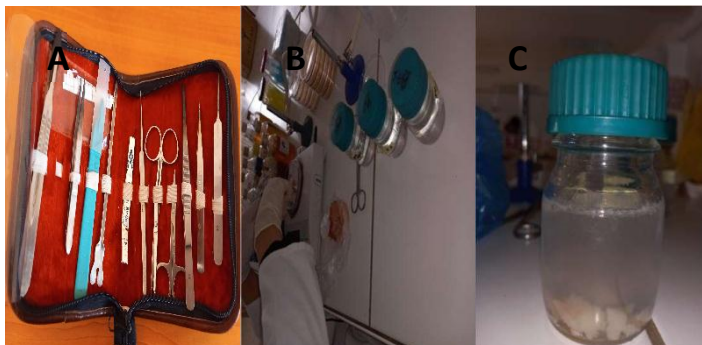


Figure n°8 : Préparation des solutions mères de viande poulet (photographie prise au laboratoire)

I.2.2 Préparation des dilutions décimales

Pour réaliser une série de dilutions décimales, 1 ml de la solution mère est ajoutée à des tubes contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Cette opération est effectuée à l'aide d'une micropipette, qui permet de mesurer avec précision le volume nécessaire pour chaque dilution.

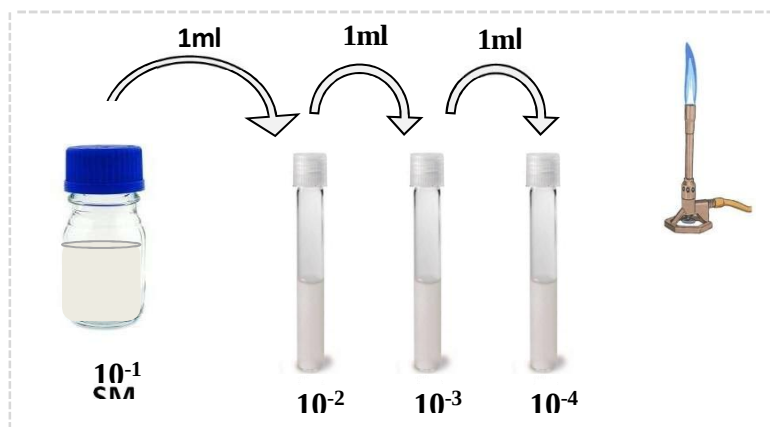


Figure n°9 : préparation des dilutions décimales.

I.2.3 Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT(ISO4833)

Le dénombrement de la microflore est effectué selon la méthode d'ensemencement en profondeur sur un milieu gélosé appelé PCA (Plate Count Agar), conformément à la norme ISO 4833-1:2013. Pour ce faire, 1 ml de différentes dilutions décimales de l'échantillon est prélevé et versé dans des boîtes de Pétri stériles vides, auxquelles le milieu de culture PCA

est ajouté. Le contenu est ensuite homogénéisé et le milieu est laissé à sécher. Les boîtes sont ensuite incubées à une température de 30 °C pendant une durée de 72 heures.

I.2.4 Dénombrement de la flore psychrophile aérobie (ISO17410)

Le dénombrement de la flore psychrophile aérobie est réalisé par la méthode d'ensemencement en profondeur sur la gélose PCA. L'incubation se fait à une température de 4 °C pendant 5 jours. Les colonies bactériennes ont été dénombrées et le nombre total de psychrotrophes pour chaque gramme des échantillons examinés a été calculé et enregistré (ISO17410 :2001).

I.2.5 Recherche et dénombrement de la flore aérobie sporulée (ISO7932)

Pour l'isolement d'espèces bactériennes appartenant au genre *Bacillus spp*, des échantillons Les échantillons préparés ont été soumis à un traitement thermique sélectif dans un bain-marie réglé comme 80°C pendant 10 minutes, cela tue les formes végétatives et isolement sélectif des formes de spores. 0,1 ml par aliquote après dilution en série Ensemencer les surfaces des échantillons sur de la gélose nutritive et de la gélose mousse Râteau en verre stérile. Incuber à 30°C pendant 24 à 48 heures.

I.2.6 Recherche de *Salmonella spp*(ISO6579)

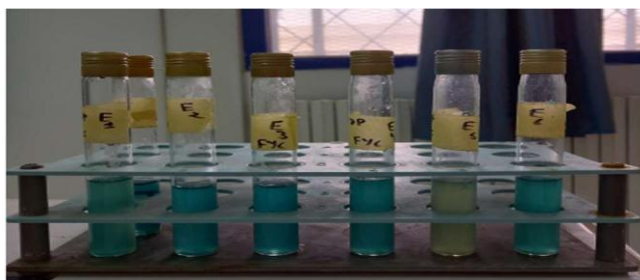
La recherche de *Salmonella* a été faite en 3 étapes selon la norme ISO 6579: le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement

→ Pré-enrichissement

La prise d'essai de poulet (10 g) a été directement mise dans 90 ml d'eau physiologique, puis mise à l'étuve à 37°C pendant 24 heures. Cela permet aux bactéries *Salmonella* (si elles sont présentes) de se multiplier ; ainsi, elles deviennent facilement détectables par la suite.

→ Enrichissement

Dans cette méthode, un tube à vis stérile contenant 10 ml de bouillon de Rappaport de Vassiliadis est utilisé. Une subculture de 0,1 ml contenant des *salmonelles* est ajoutée à chaque tube à l'aide d'une pipette stérile. Les tubes sont ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures dans une étuve. Le bouillon de Rappaport de Vassiliadis est sélectif et favorise la croissance des salmonelles tout en éliminant une grande partie de la flore d'accompagnement grâce à la température d'incubation relativement élevée.5



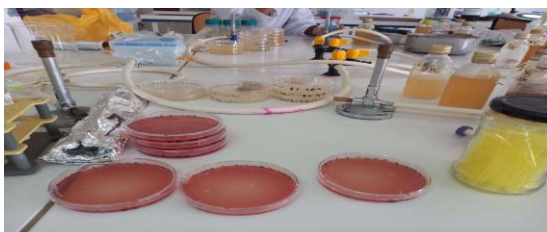
Fuguer N°10 :Préparation du bouillon Rappaport (photographie prise au laboratoire)

→ Isolement

La gélose sélective Hektoen a été utilisée dans cette méthode. L'ensemencement a été réalisé en utilisant la technique des stries d'épuisement, à partir d'un même bouillon d'enrichissement contenant l'échantillon. Les boîtes de gélose ont été incubées à 37°C dans une étuve. La gélose Hektoen est un milieu de culture sélectif qui permet la croissance sélective de certains types de bactéries, tout en inhibant la croissance d'autres.

I.2.7 Recherche des Entérobactéries (ISO 21.528-2)

On prélève 0,1 ml de la dilution (10^{-2} ; 10^{-3}) et ajoutée à une boîte de Pétri contenant de la gélose MacConkey déjà préparée. L'inoculum est ensuite étalé sur toute la surface de la gélose en utilisant une anse de platine, en réalisant des stries. Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à une température de 37°C pendant une durée de 24 heures.



Fuguer N°11 :Isolement des souches bactériennes sur les milieux de culture (photographie prise au laboratoire)

I.2.8. Dénombrement des *Staphylococcus aureus* (ISO6888-1)

Le dénombrement des *Staphylococcus aureus* a été effectué selon la norme ISO 6888-1 légèrement modifiée. On prélève 0.1 ml de l'échantillon et des dilutions pour les transférer dans des boites de Pétri contenant déjà la gélose Baird Parker (additionné de 10% d'émulsion de jaune d'œuf et 0.1% de tellurite de potassium), et d'autres boites contenant la gélose

Chapman bien séchée. On étale la dilution sur les surfaces des milieux à l'aide d'une pipette Pasteur en forme de râteau. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h.

Les colonies noires (réduction du tellurite en tellurite noir), brillantes et convexes (1.5 à 2.5 mm de diamètre après 48 heures d'incubation) entourées d'une auréole d'éclaircissement (hydrolyse des protéines de jaune d'œuf) avec un liseré blanc opaque (hydrolyse des lécithines) sont dénombrées.

II. Elaboration du plastique

Dans notre travail, nous avons choisi d'utiliser spécifiquement des polysaccharides d'amidon et de pectine, qui sont des polymères naturels ,extraits des déchets de fruits et légumes comme matières premières pour produire des films en plastique biodégradables.

II.1. Extraction des polysaccharides

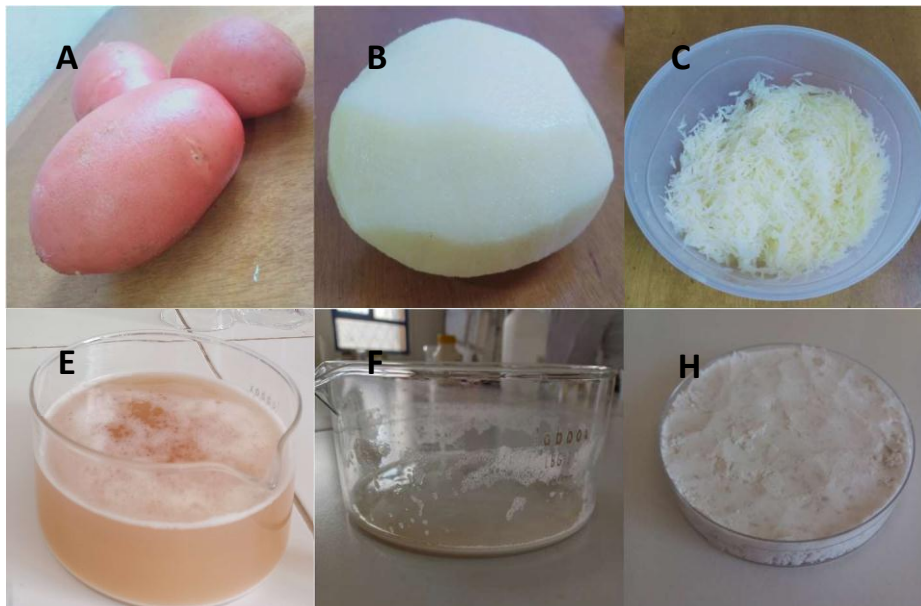
Dans le cadre de notre étude, nous avons collecté une quantité significative de pommes de terre et de déchets d'oranges provenant de différentes zones de la ville de Laghouat.

Tableau n°5 : Collecte des échantillons

Echantillonnages	Quantité des échantillons	Date de prélèvement
pommes de terre	500g	04/02/2023
déchets d'oranges	200g	
pommes de terre	1Kg	13/02/2023
déchets d'oranges	550g	
déchets d'oranges	300g	30/04/2023
pommes de terre	200g	15/05/2023

II.1.1 Extraction de l'amidon :

La première étape consiste à nettoyer et peler les pommes de terre à l'aide d'un économe. Ensuite, les pommes de terre sont râpées et la pulpe est récupérée dans un récipient. À cette pulpe, de l'eau est ajoutée et soigneusement mélangée. Le mélange est ensuite filtré dans une passoire pour éliminer les gros débris. Après cela, il est laissé à décanter, permettant à l'amidon de se déposer au fond du récipient. L'eau excédentaire est retirée à l'aide d'une pipette. Enfin, l'amidon est laissé sécher à l'air libre pendant 24 h, puis on peut récupérer la poudre d'amidon.

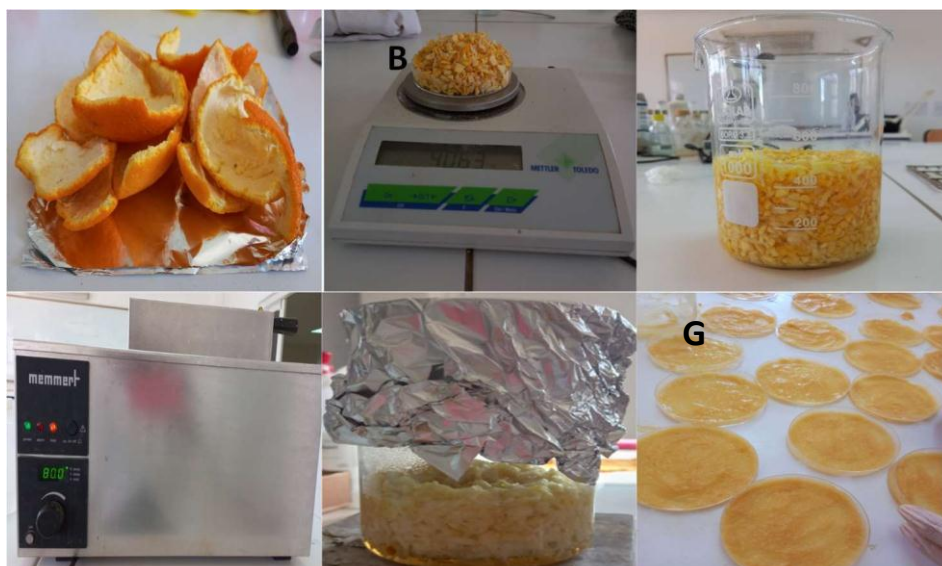


Fuguer n°12 : les étapes d'extraction de l'amidon (photographie prise au laboratoire)

placez-le dans des boîtes de Pétri pour le faire sécher à température ambiante pendant quelques jours .

II.1.2 Extraction de Pectine

Pour commencer, prenez une orange et enlevez la partie blanche de la peau (la partie intérieure). Coupez-la ensuite en petits morceaux pour faciliter la cuisson. Ensuite, pesez 25 grammes de la coque intérieure et placez-la dans 100 ml d'eau distillée. Ajoutez-y 2 ml d'acide chlorhydrique (HCl) et fermez le récipient avec du papier d'aluminium. Préchauffez le mélange au bain-marie à une température de 80 °C pendant environ une demi-heure. Une fois le mélange cuit, versez-y 12 ml d'éthanol et filtrez-le à l'aide de papier filtre. Ensuite,



Fuguer n°13 : les étapes d'extraction de pectine (photographie prise au laboratoire)

II.1.3. Plastifiants

Dans cette étude, nous avons utilisé le glycérol comme plastifiant, ce dernier est commercialisé chez Sigma-Aldrich et qui possède une densité de 1.25g/ml. Le glycérol permet d'augmenter le volume libre entre deux chaînes de polymères et ainsi rendre les corps souples et flexibles. De plus, le glycérol rend le film plastique transparent.

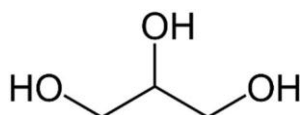


Figure II .14 : Structure de Glycérol.

Tableau II .6 : Propriétés de glycérol

Produit	Propriétés
Glycérol	Formule chimique C ₃ H ₈ O ₃ Mn : 92.09 g/mol densité:1.25 g/mL (at 25°C) Point d'ébullition : 182°C Point de fusion : 20°C Point d'éclair : 160°C

II.1.4. Plastique à partir de l'amidon

Dans un bécher, versez 100 ml d'eau distillée et ajoutez-y 2 ml de glycérol, Mélangez pour bien homogénéiser la solution. Ensuite, ajoutez 5.66g de la poudre (50%amidon et50% agar) progressivement tout en continuant de remuer. Chauffez doucement le mélange jusqu'à ce qu'il devienne translucide, en veillant à le remuer constamment pendant 10 minutes à température 100C°.Puis versez délicatement le mélange sur boîte de pétri 5ml à l'aide seringue. Laissez le mélange sécher à température ambiante pendant environ quelques jours. Enfin, décollez soigneusement le film obtenu de la boîte de pétri.

II.1.5. Plastique à partir de pectine :

Dans un bécher, versez 100 ml d'eau distillée et ajoutez-y 2 ml de glycérol, Mélangez pour bien homogénéiser la solution. Ensuite, ajoutez 5.66g de la poudre (33.33% pectine 33.33%amidon et 33.33% agar) progressivement tout en continuant de remuer. Chauffez doucement le mélange jusqu'à ce qu'il devienne translucide, en veillant à le remuer constamment pendant 10 minutes à température 100C°.

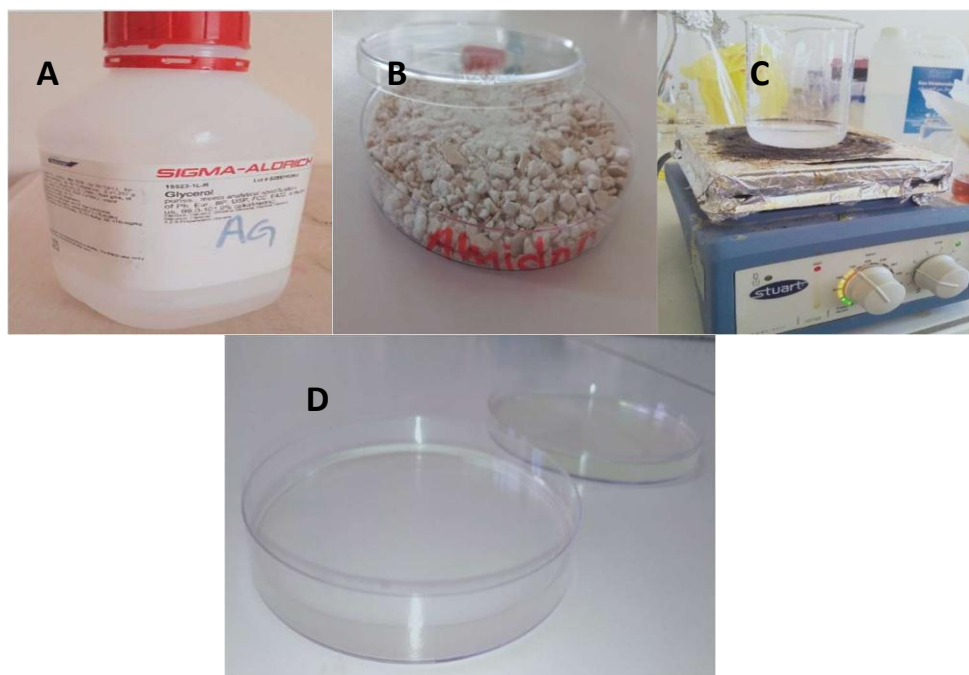


Figure n°15: A, B, C et D sont des images représentant différentes étapes de plastification a base amidon (photographie prise au laboratoire)

Puis versez délicatement le mélange sur boîte de pétri 7ml à l'aide seringue. Laissez le mélange sécher à température ambiante pendant environ quelques jours. Enfin, décollez soigneusement le film obtenu de la boîte de pétri.

II.1.6. Préparation des matériaux composites

Après la préparation des films à base d'amidon et de pectine, nous avons pensé à l'élaboration d'un film composite basé sur une combinaison des polymères pour améliorer ces propriétés. Pour l'élaboration de ce matériaux composite, on a utilisé plusieurs formulations avec différentes concentrations d'amidon de pomme de terre comme matrice principal, de pectine et d'agar pour améliorer l'élasticité du film. Le glycérol a été utilisé comme plastifiant dans toutes les combinaisons élaborées.

III. Elaboration du film actif

Dans ce travail, nous avons choisi les meilleures formulations des films en plastique obtenues en matière de leurs propriétés mécaniques. Ensuite, nous avons ajouté des molécules qui possèdent des propriétés antimicrobiennes et antioxydants, ce qui aide à ralentir la détérioration de la viande de poulet et à prolonger sa durée de conservation. Le choix de ces molécules a été basé sur 03 critères :

- Leurs pouvoir antimicrobien jugé important par la bibliographie
- Qui ne présentent pas un effet nocif pour la santé

- Qui n'influencent pas ou ont une influence minimale sur les films plastiques.

Nous avons utilisé l'acide lactique, l'acide citrique, l'acide acétique en plus des nanoparticules qui ont été issues par une synthèse verte. Le tableau n° résume les différentes formulations et synergies utilisé

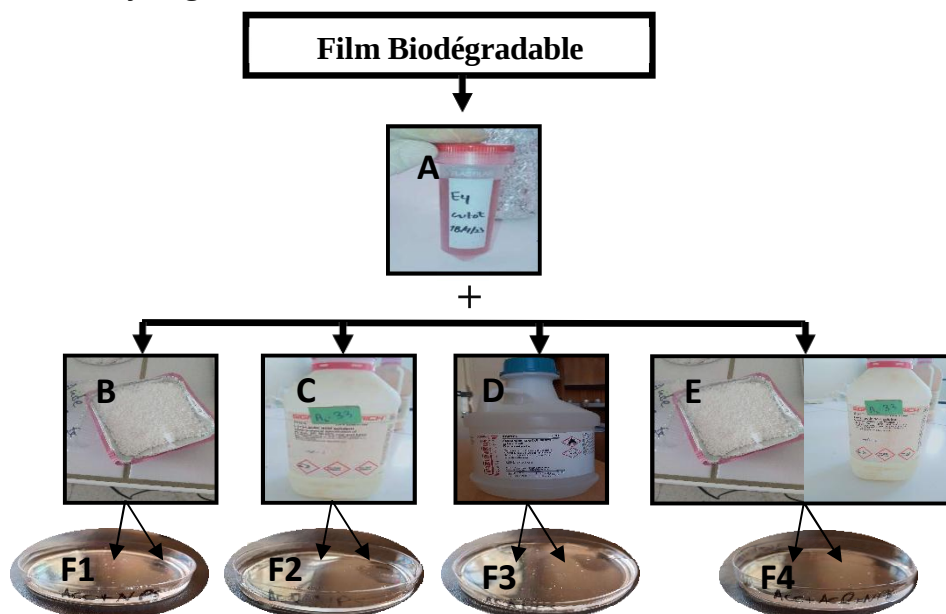


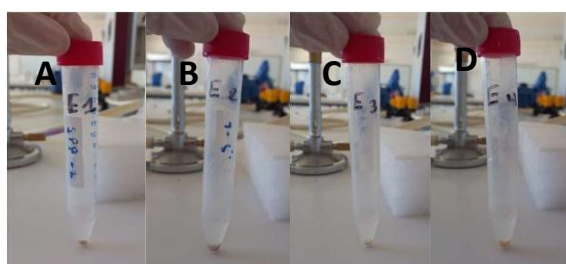
Figure N°17 A, B, C ,D, et E sont des images représentant différentes étapes de fabriqué un plastique actif (photographie prise au laboratoire) A =Nps ; B=acide citrique ;C= acide lactique; D=acide acétique ; E=acide citrique +acide lactique .

F0	Contrôle
F1	Nps+Ac. Citrique
F2	Nps+ Ac. Lactique
F3	Nps+ Ac. Acétique
F4	Nps+ Ac. Citrique+ Ac. lactique

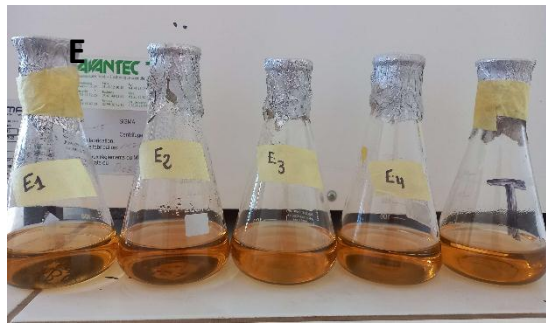
III.1. La biosynthèse des nanoparticules MgONps

Après une étape de screening des souches qui peuvent avoir la capacité à produire des nanoparticules, nous avons sélectionnés des souches de *Bacillus* spp.

1 /Nous avons choisi les souches de *Bacillus Spp* (E1, E2, E3 et E4) pour leur possession de l'arsenal enzymatique nécessaire pour la synthèse de nanoparticules.



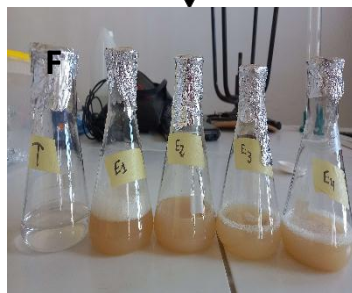
2/ Culture de bactéries bacilles dans une bouillon BHIB



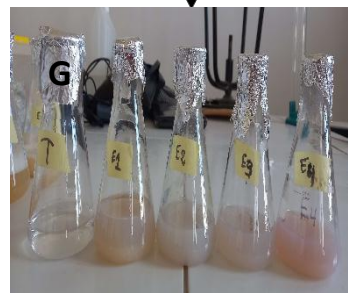
Incuber à 30°C pendant 24 h pour leur revivification

3/ Après incubation séparé surnageant du culot a mise dans EDS :

ajoutée 2M MgO



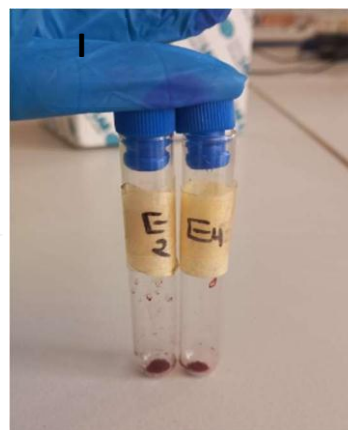
surnageant + EDS



culot +EDS

Incuber à 30°C pendant 72 heures dans l'obscurité.

4/ Séparer le surnageant du culot par centrifugation 10000 rpm et sécher pour obtenir le produit final.



5/ Récupération les nanoparticules

Figure n°18 : A, B, C ,D, E, F, G, H, et I sont des images représentant différentes étapes de biosynthèse des nanoparticules (photographie prise au laboratoire)

IV. Caractérisation des films actif

IV.1. Détermination du pouvoir gonflant

Une surface de film sec de 2 cm² a été pesée avec précision , puis immergée dans un bécher contenant 100 ml d'eau distillée (pH 7) sous agitation douce et constante, à température ambiante pendant 2 heures. À des intervalles réguliers (30 minutes, 60 minutes, 90 minutes et 120 minutes), le film a été retiré du bécher, égoutté à l'aide d'un papier filtre, puis pesé à nouveau. L'indice de gonflement (*I_g*) a été calculé en utilisant la formule suivante.

Détermination du pouvoir gonflant

$$I_g\% = \frac{M_{fg} - M_{fs}}{M_{fg}} \times 100$$

M_{fg} est la masse (mg) du film gonflé et *M_{fs}* la masse (mg) du film sec.

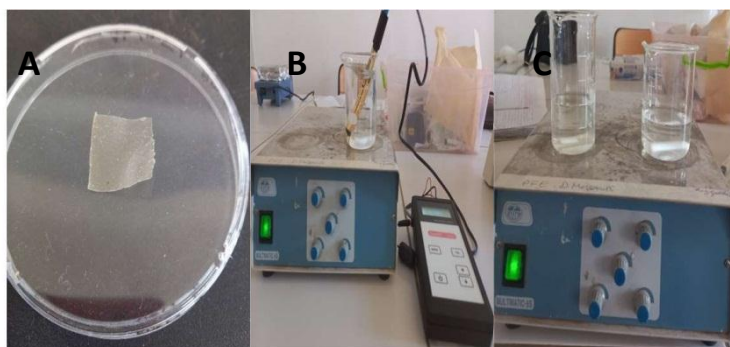


Figure n° 19: A, B, C sont des images représentant différentes étapes de test du pouvoir gonflant (photographie prise au laboratoire)

IV.2. La perméabilité à la vapeur d'eau (WVP)

Un film a été scellé sur le dessus d'un petit bécher contenant 60 ml d'eau distillée, puis placés dans un dessiccateur avec du gel de silice (0 % humidité relative et une pression de vapeur d'eau à 20 °C). Les béchers ont été pesés à intervalles de 2 h pour suivre la perte de poids pendant 24 h.



Figure n° 20 : test perméabilité à la vapeur d'eau (photographie prise au laboratoire)

IV.3. Caractérisation spectroscopique Infrarouge (FTIR)

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est une méthode d'identification basée sur l'absorption par l'échantillon du rayon IR. Cette technique peut donner des renseignements sur des particularités des structures puisque la fréquence de vibration cation oxygène dépend de la masse du cation, de la forme de la liaison cation-oxygène et du paramètre de maille. Les liaisons vont donc vibrer à des fréquences différentes, une création de tables d'absorption s'effectue. En observant cette absorption pour une fréquence donnée, on est capable d'en déduire la nature de la liaison. La position de ces bandes d'absorption va dépendre en particulier de la différence d'électronégativité des atomes et de leur masse. Par conséquent, à un matériau de composition chimique et de structure donnée va correspondre à un ensemble de bandes d'absorption caractéristiques permettant d'identifier le matériau. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par l'échantillon à analyser. Cet échantillon peut être à l'état gazeux, solide ou liquide. Elle permet via l'absorption des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, de déterminer la présence de certaines fonctions chimiques présentes dans la matière.

Le principe du FTIR repose sur l'absorption du rayonnement infrarouge lorsque la longueur d'onde (l'énergie) du faisceau est égale à l'énergie de vibration de la molécule. Le domaine infrarouge entre 4000 cm^{-1} et 400 cm^{-1} ($2,5 - 25\text{ }\mu\text{m}$) correspond au domaine d'énergie de vibration de la plupart des molécules (infrarouge moyen). Cependant, certaines molécules ne donnent pas lieu à une absorption infrarouge, c'est le cas par exemple des molécules diatomiques homonucléaires (N_2 , O_2 , etc.) car leur moment dipolaire est nul. Il existe deux principaux types de vibrations : les élongations (stretching) le long de l'axe de la liaison, et les déformations (bending) occasionnant une modification de l'angle entre deux liaisons adjacentes, dans le plan ou hors du plan. Ces élongations et déformations peuvent être symétriques ou asymétriques. Elles sont illustrées figure II.1 en prenant pour exemple la liaison C-H.

IV.4. Caractérisation spectroscopique par UV-Visible

La spectrophotométrie UV-visible est une technique analytique fondée sur l'étude du changement de l'intensité de la lumière traversant une solution colorée, dans un domaine d'application comprise entre 200 et 800 nm, en effet pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes. Le résultat correspond à des spectres d'émission ou d'absorption, qui ressemble à des courbes de variation d'absorption en fonction de la longueur d'ondes, il est obtenu par un spectrophotomètre à une lumière sensiblement monochromatique, ou le chromophore est le site dont la structure de l'élément à étudier possède l'aptitude à absorber

les photons UV ou visible. Il est caractérisé par la longueur d'onde la plus absorbée ($\lambda_{\max}$), et l'aptitude la plus importante à absorber les photons à cette longueur d'onde ($\xi_{\max}$).

IV.5. Diffraction de rayons X (DRX)

Les rayonnements permettent d'accéder aux connaissances à l'échelle atomique de la constitution des cristaux et de la matière condensée en général. Ils sont classés suivant leur énergie ; c'est ainsi que nous avons des rayonnements de très haute énergie, de haute énergie, de faible énergie mais aussi de très faible énergie. Les rayons X sont des rayonnements de haute énergie dont la longueur d'onde λ est comprise entre 0,01 et 100 Å. Ce domaine de longueur d'onde est réduit de 0,2 à 2,5 Å dans le cas de la diffractométrie (Eberhart, 1997).

La DRX est une puissante technique utilisée depuis longtemps pour caractériser la structure de différents matériaux. Un cristal idéal, caractérisé par un ordre à longue distance, peut être décrit comme une répétition tridimensionnelle infinie de la maille élémentaire ou par un assemblage de plans d'atomes. Les plans d'atomes ou plans cristallins sont regroupés en familles de plans représentées par trois nombres entiers notés (h, k, l) et appelés indices de Miller. Tous les plans d'une même famille sont parallèles et espacés d'une distance constante appelée distance inter réticulaire (d). Le principe de la DRX est basé sur la relation de Bragg (Figure 21) :

$$2d_{hk} \sin \theta = n\lambda$$

où λ est la longueur d'onde des rayons X ; n est l'ordre de diffraction et θ est l'angle d'incidence du faisceau de rayons X.

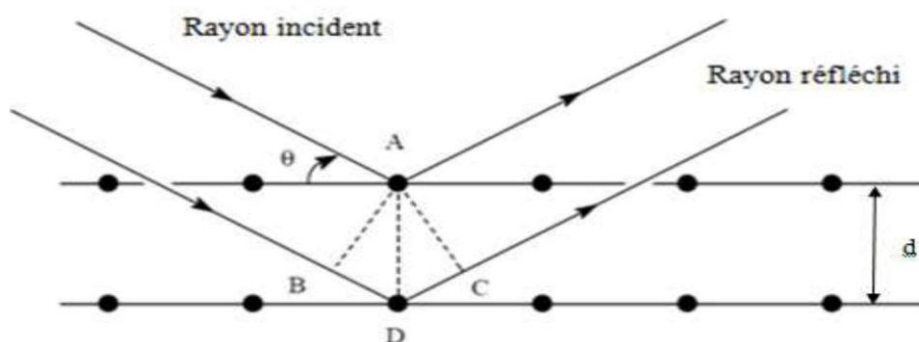


Figure n°21 : Réflexion des rayons X par une famille de plans réticulaires espacés d'une distance d.

Dans notre travail, les diffractogrammes de nos produits de synthèse ont été enregistrés à température ambiante sur un diffractomètre X'Pert Pro (PANalytical) à fentes fines en utilisant la radiation $K\alpha$ du cuivre ($\lambda = 0,15418$ nm) selon un montage $\theta - 2\theta$ en montage Bragg Brentano. L'échantillon subit une rotation à vitesse angulaire constante de façon que

l'angle du faisceau primaire se modifie, tandis que le détecteur tourne à vitesse angulaire double autour de l'échantillon. De cette manière, l'angle de diffraction (2θ) est toujours égal au double de l'angle incident (θ). Nos échantillons ont été étudiés dans un domaine angulaire $3^\circ < 2\theta < 50^\circ$ pour les particules de zéolithe et pour les films renforcés par ces dernières ou $3^\circ < 2\theta < 70^\circ$ pour les particules de beidellite sodique et pour les films renforcés par ces dernières avec un pas de $0,1^\circ$.

IV.6. Microscopie électronique à balayage (MEB)

Depuis son invention dans les années 1960, le microscope électronique à balayage (MEB) est devenu un outil quotidien de caractérisation des matériaux. Là où le microscope optique vient s'essouffler vers des résolutions de l'ordre du micromètre, le MEB conventionnel vient flirter avec les 3 nm dans les conditions idéales, 8 Å pour les canons à effet de champ. Outre une profondeur de champ bien supérieure, l'interaction électron/matière permet d'extraire de nombreuses informations de l'échantillon observé. La topologie des surfaces est généralement observée au moyen du microscope électronique à balayage (MEB). Cette technique est fondée sur la détection des électrons secondaires émergents de la surface d'un échantillon sous l'impact d'un très fin faisceau d'électrons primaires qui balaie la surface observée et permet d'obtenir des images point par point. Pour les analyses en MEB, les échantillons en poudre des nanoparticules et sous forme solide des films actifs sont déposés sur des supports en aluminium recouverts d'adhésif double face en carbone. Les différents supports sont recouverts d'une mince couche métallisée (10 à 20 nm) par pulvérisation cathodique sous vide. L'appareil que nous avons utilisé est un microscope électronique à balayage couplée à la microanalyse X (MEB-EDX) (Thermo Fischer Scientific, Quattro, US). Le vide dans la chambre d'analyse est d'environ $2 \cdot 10^{-5}$ bar et la tension accélératrice est comprise entre 5 et 7 kV.

IV.7. Analyse élémentaire par fluorescence des rayons X (XRF)

La teneur en éléments chimiques dans les nanoparticules et dans les films actifs ont été déterminée par fluorescence X. Cette technique consiste à bombarder l'échantillon à analyser par des rayons X. L'élément excité par l'énergie des rayons X réémet de l'énergie sous la forme, entre autres, de rayons X en revenant à son état fondamental : c'est la fluorescence X ou l'émission secondaire de rayons X. Le spectre de rayons X émis est caractéristique de chaque élément dont est composé l'échantillon. Les éléments C, H et O qui constituent la matrice principale des polymères (amidon et pectine principalement) étant

difficilement dosables par fluorescence X, leur teneur a été déduite de celle des minéraux en supposant les échantillons constitués uniquement de minéraux et de ces derniers éléments. Les analyses ont été réalisées sur un appareil de type (zsx primusIV-Rigaku). Ils ont été préparés en compactant environ 200 mg de chaque matériau à l'aide d'une presse HERZOG et l'analyse élémentaire a été réalisée sur des pastilles ainsi obtenues.

V. Mise en évidence de l'activité antimicrobienne

V.1. Souches microbiennes utilisées :

Nous avons testé cinq souches bactériennes isolées de la viande de poulet prélevée (Section I). Les souches comprenaient deux bactéries pathogènes à Gram- (*E coli* et *Salmonella*), ainsi que la flore mésophile aérobie totale (FMAT), la flore psychrophile aérobie et *Bacillus spp*.

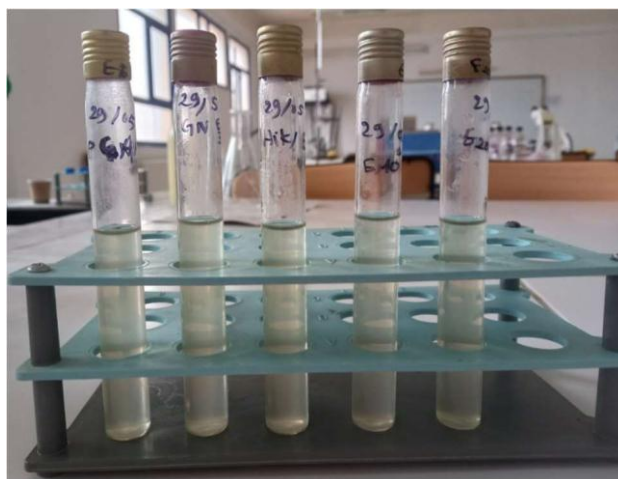


Figure n°22 : préparation des suspensions (photographie prise au laboratoire)

V.2. Méthode de diffusion en milieu solide :

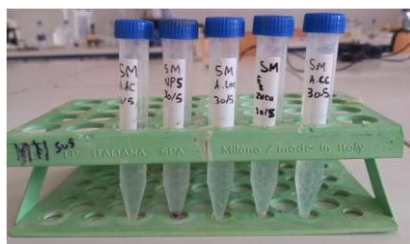
Nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu solide (milieu Muller-Hinton) pour évaluer l'activité antibactérienne. Chaque scénario a été représenté par un film bioactif d'une taille de 1 cm², placé à la surface du milieu de la boîte de Pétri préalablementensemencé avec des souches à tester. Les boîtes ont ensuite été incubées à 30°C pendant 24 heures. Nous avons mesuré les diamètres des zones d'inhibition entourant les films contenant les échantillons à tester



Fuguer n°23 : méthode antibiogramme(photographie prise au laboratoire)

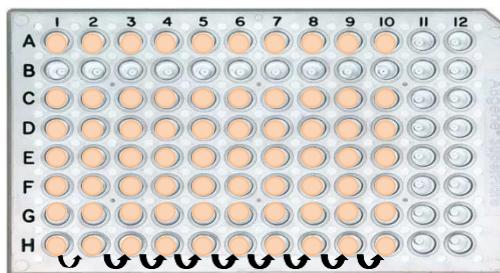
V.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice

Nous avons placé les molécules bioactives dans des tubes contenant à la fois de l'eau distillée stérile pour obtenir une concentration finale de 3% de chaque solution



Fuguer n°24 : Préparation des solutions mères de molécules bioactives (photographie prise au laboratoire)

partir d'une culture de 18 heures dans le milieu BN (Bouillon Nutritif) est utilisé pour inoculer les puits d'une microplaque de 96 puits en polystyrène. On ajoute ensuite 150 µl de suspension diluée de bactéries, ainsi que 50 µl de solution mère contenant une molécule bioactive (ACC, ACL, ACA, Mg Nps, ZnCu Nps). Les microplaques sont incubées à 37°C pendant 24 heures .



Fuguer n°25 : Plaque de micro titration plaque de 96puits

A=C- ;C=C+ ;D=ACC ;E=ACL ;F=ACA ; G=MgNps ;H=ZnCuNps

Résultats et discussion

I. Analyse microbiologique de la viande de poulet

Les analyses microbiologiques que nous avons effectuées sur la viande de poulet commercialisé dans la ville de Laghouat ont porté sur la FMAT, la flore psychrophile, *E. coli*, *Salmonella*, et *Bacillus* spp.

Après incubation des cultures, nous avons procédé au dénombrement des colonies caractéristiques de chaque groupe de microorganismes. La figure 26 représente l'aspect macroscopique de quelques souches isolées de nos échantillons de la viande poulets prélevés. Les résultats après dénombrement des germes sont synthétisés dans la figure 27.

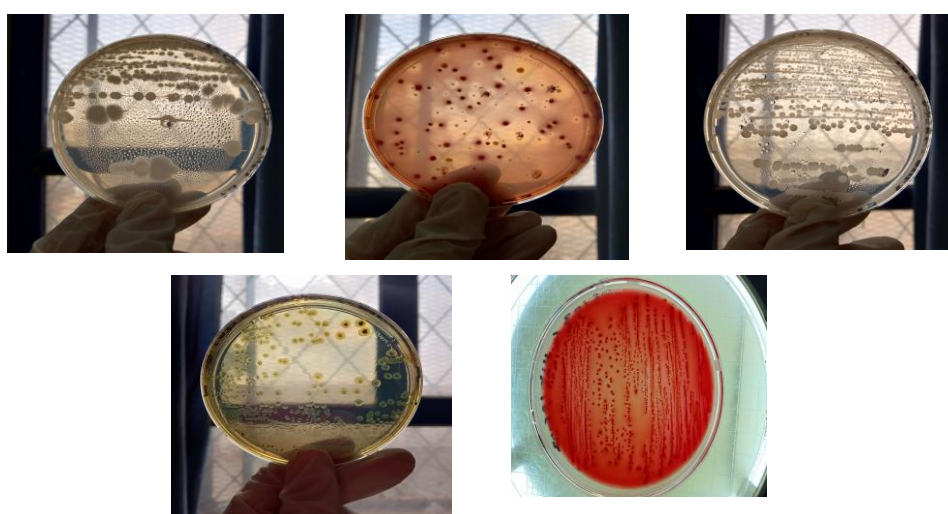


Figure n°26. Aspect macroscopique des colonies isolées à partir des échantillons de viande de poulet

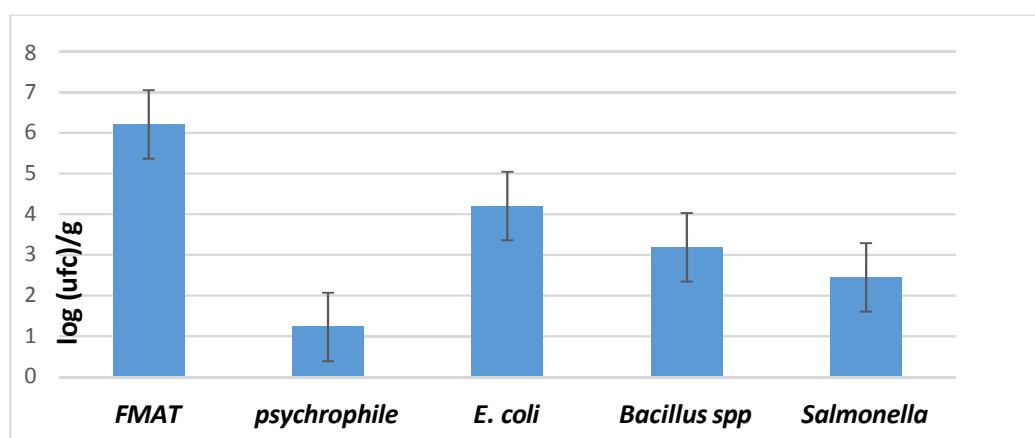


Figure n°27 . Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons de la viande de poulet prélevée

L'analyse microbiologique montre que le dénombrement réalisé sur les échantillons est fortement contaminé par la flore mésophile aérobie totale (FMAT) avec une moyenne de 6,210 log ufc/g la flore psychrophile avec un taux moyen de 1,230 log ufc/g, 2,445 log ufc/g des *Salmonella* spp, 4,20 log ufc/g des *E. coli*, 3,185 log ufc/g, des *Bacillus* spp.

(Blood, 1969; Cartier, 2007) La nature du poulet, du repas froid et la manipulation qu'ils subissent pendant la chaîne de production en font d'eux des préparations à haut risque de contamination. (Brunet et Loiseau, 2005) La contamination apparaît soit suite aux manipulations, soit à cause d'une conservation dans de mauvaises conditions. Le risque de contamination étant augmenté par les conditions de travail peu hygiéniques à savoir : La mauvaise hygiène corporelle et vestimentaire des employés ainsi que l'utilisation de matériel souillé. (JORA, 1998) La flore mésophile aérobie totale (FMAT) a été isolée dans l'ensemble des échantillons prélevés au niveau de chaque secteur avec des taux différents pour chaque secteur et chaque échantillon mais qui ne dépassent pas la norme algérienne qui correspond à (5.105UFC/g) pour le poulet crus et (3.105UFC/g) pour le poulet cuit. (Bourgeois *et al.*, 1988) Elle est considérée comme un indice de la qualité hygiénique lors de la préparation de la viande de poulet. La nature de l'aliment et son environnement vont conditionner les possibilités de survie et de développement des divers germes constituant la flore. Ces germes commensaux, qui à faible quantité ne posent souvent pas de problèmes sanitaires, peuvent se révéler dangereux lorsqu'ils se multiplient abondamment (10⁸ à 10⁹ UFC/g). (Martin, 2012; Feng, 2001) *E. coli* (germe représentatif des coliformes fécaux) est une bactérie commensale du tube digestif de l'homme et des animaux. Sa présence dans un produit est généralement en relation avec une contamination d'origine fécale. Le manque de propreté et d'hygiène est souvent mis en cause.

II. Elaboration du plastique

Les matériaux élaborés se présentent sur leurs aspects macroscopiques sous forme de films lisses et homogènes. Les résultats de notre étude sur les plastiques biodégradables fabriqués à partir de différents polymères ont montré des variations dans leurs performances de dégradation.

La plus faible concentration effective de glycérol est, par rapport à la masse sèche d'amidon, de 25% (m/m). En dessous de cette concentration, les films ont tendance à être fragiles et difficiles à manipuler, alors que les films avec une concentration de glycérol de plus de 45% sont souples mais gluants. Cette tendance des films à devenir collants à des

concentrations de glycérol élevées peut avoir résulté d'une séparation de phase et de la diffusion du glycérol à la surface des films comme suggéré dans la littérature (Lourdin et al., 1997).

Les films obtenus à partir de toutes les formulations sont facilement manipulables, homogènes et transparents (figure 28). Aucune présence d'agglomérats insolubles n'a été détectée sur les films élaborés comme le montre la figure 28.

Par ailleurs, les plastiques fabriqués à partir d'amidon ont montré une bonne flexibilité, une bonne Transparence et une élasticité satisfaisante. La meilleure formulation du film plastique obtenue à base d'amidon, a été avec des concentrations de 2.66 g d'amidon et 2,66 g d'agar dans 100 ml d'eau distillé.

Les plastiques à base de pectine ont également montré une très bonne élasticité mais avec moindre de flexibilité par rapport à celle à base d'amidon. La meilleure formulation du film plastique composite obtenue a été avec des concentrations de 1.77 g de pectine, 1.77 g d'amidon et 1.77g agar dans 100ml d'eau distillé

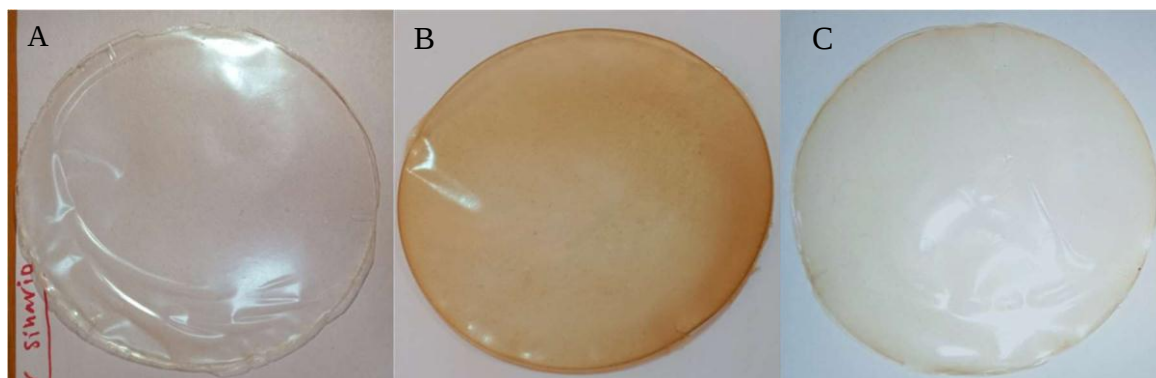


Figure n°28. Apparence visuelle des films plastifiés en amidon (A), en pectine (B) et en composite (C).

Khatem et al. (2019), ont trouvé que les films à base d'amidon de maïs sont légèrement supérieurs à ceux de la pomme de terre. Lorsque l'amidon est associé à la gélatine, l'épaisseur du film augmente. (Brindle et Krochta, 2008) Les films élaborés avec 2 fois la concentration d'amidon de maïs associés à la gélatine possèdent la plus grande épaisseur. En effet, un aspect translucide a été attribué à une phase moins visqueuse formant une matrice continue. (Lopez-Caballero et al., 2005) Des films translucides ont été observés pour un mélange chitosan-gélatine (MITANTSOA, 2019) d'après ce résultat d'analyse du test de la biodégradation, il est prévu que ces films sont biodégradables et compostables à la surface ou

dans le sol en moins de six mois. De plus, dans les films préparés à partir d'amidon de manioc, du chitosane, et du glycérol, nous pouvons dire que ce sont des composants non toxiques, comestibles et totalement biodégradable. Les films n'ont donc pas perdu son caractère intrinsèquement biodégradable après le mélange. Par ailleurs, ils peuvent résister plus longtemps à sa stabilité dans un milieu tempéré et privé d'humidité.

III. Elaboration du film actif

A travers cette étude, nous avons formulé des films à base de différentes substances naturelles et à noter certaines de leurs caractéristiques de les caractériser comme sont illustrées dans les tableaux n°7

Tableau n°7 : les différents films actifs élaborés et leurs caractéristiques

Caractéristiques des films actifs à base amidon					
Noms des films	Aspect visuel	Texture	Déformabilité	solubilité	odeur
F1	Transparente	Lisse	Bonne	Bien	absence
F2	Transparente	Lisse	Bonne	Bien	absence
F3	Opaque	Lisse	Moyenne	Bien	présence
F4	Transparente	Lisse	Bonne	Bien	absence

Caractéristiques des films actifs à base pectine					
Noms des films	Aspect visuel	Texture	Déformabilité	solubilité	odeur
F1	orange claire translucide	Lisse	Bonne	Bien	présence
F2	orange claire translucide	Lisse	Bonne	Bien	présence
F3	orange claire translucide	Lisse	Bonne	Bien	présence
F4	orange claire translucide	Lisse	Bonne	Bien	présence

Il a été également noté que les films actifs à base pectine sont plus foncés par rapport aux films d'amidon. En outre, les molécule actif ajoutées aux films n'ont pas changé les propriétés mécaniques et morphologique du plastique, sauf les molécules qui possèdent un ph

très acide. L'aspect visuel du film à base de pectine n'a pas été altéré par l'ajout des molécules actives.

Richard et al. (2012), ont trouvé que les films antibactériens impliquant l'utilisation des nanoparticules issus des oxydes métalliques, ont été produits, et leur efficacité a été effective. Les nanoparticules de plus petite taille possédaient une meilleure activité antibactérienne. Aider et al. (2010), indiquent que l'utilisation de films actifs bio-sourcés comme matériaux d'emballage actifs est très important et peut être utile pour préserver et prolonger la durée de conservation des aliments. Villa-Rodriguez et al. (2015), ont signalé que la libération des agents actifs synthétiques des films d'emballages vers les produits alimentaires emballés peut retarder la détérioration microbienne de l'aliment. (Aider, 2010) potentiel du chitosane, de la pectine et de l'acide lactique pour le traitement des films biodégradables et leur utilisation dans l'industrie alimentaire en tant que matériaux de revêtement actifs. Les avantages des films à base de biopolymères naturels sur les matériaux (Rhim et Perry, 2007). plastiques conventionnels sont nombreux. On peut citer entre autres leur comestibilité et leur biodégradabilité ; leur amélioration des propriétés organoleptiques des aliments telles que l'apparence, l'odeur, la saveur ; leur faible coût et leur abondance et leur renouvelabilité

IV. Caractérisation des films actifs

IV.1. Perméabilité à la vapeur d'eau (PVE)

Dès lors que la fonction principale d'un emballage alimentaire est souvent d'éviter ou au moins de diminuer le transfert d'humidité entre l'aliment et l'atmosphère environnante, ou entre deux composants d'un produit alimentaire hétérogène, la perméabilité à la vapeur d'eau des films doit être aussi faible que possible (Gontard et al., 1992). Afin d'éviter les transferts d'humidité pouvant affecter la qualité de l'aliment, le contrôle de la perméabilité à la vapeur d'eau est primordial pour obtenir un maximum de sécurité et de stabilité du produit emballé, durant tout le processus de stockage et de distribution.

La figure 29 représente les variations de la perméabilité à la vapeur d'eau des films en fonction du temps. Les valeurs de la perméabilité à la vapeur d'eau, déterminées dans les conditions de température ambiante approximative à 25 °C et de gradient d'humidité relative de 100 %, varient entre les deux films testés. Les films composés de pectine et d'amidon sont avérés plus perméables que ceux composés de l'amidon seul. De tels résultats ont déjà été observés par Gontard et al. (1992), travaillant sur les films à base d'amidon d'igname. Ce

comportement peut être relié aux modifications structurales du réseau d'amidon qui devient moins dense, en combinaison avec le caractère hydrophile du glycérol qui favorise l'adsorption et la désorption des molécules d'eau. L'augmentation de la concentration de plastifiant diminue les forces intermoléculaires entre les chaînes polymères et augmente ainsi le volume libre et le mouvement des chaînes moléculaires (Sothornvit et Krochta, 2001), ce qui permet la diffusion des molécules d'eau plus facilement et donne une plus grande perméabilité à la vapeur d'eau des films.

L'augmentation de la concentration de la pectine dans nos films induit une augmentation de leur épaisseur et de leur perméabilité à la vapeur d'eau. Des films hydrophiles dont la perméabilité à la vapeur d'eau augmente avec l'épaisseur sont rapportés dans la littérature (Banker, 1966 ; Swartzberg, 1986 ; Hagenmaier et Shaw, 1990 ; McHugh et al., 1993). Plusieurs explications ont été données pour cet effet anormal de l'épaisseur. Selon Swartzberg (1986), des biofilms contenant des composants hydrophiles tels que les polysaccharides, ont un mode de transport extrêmement complexe à travers eux à cause de leurs isothermes de sorption d'eau non-linéaires et de leurs diffusivités qui dépendent de la teneur en eau. Ainsi, le flux de vapeur d'eau à travers les films hydrophiles varie non-linéairement avec le gradient de pression de vapeur d'eau. Park et Chinnan (1995) ont expliqué que cet effet anormal se produit parce que le gonflement de la matrice hydrophile résulte de différents changements structuraux dans les films avec différentes épaisseurs.

La perméabilité à la vapeur d'eau des films composés de pectine et d'amidon est supérieure à celle des films composés de l'amidon seul indépendamment de la concentration de plastifiant. Cette différence de comportement de la perméabilité de la vapeur d'eau de nos films peut s'expliquer par la différence de composition des constituants. En effet, Alves et al. (2007), travaillant sur l'enrichissement des films à base d'amidon de manioc en amylose, ont montré qu'à concentration de glycérol constante, l'augmentation de la concentration d'amylose dans les films entraîne une augmentation de leur perméabilité à la vapeur d'eau. Ceci pourrait être lié au nombre élevé de groupes hydroxyles libres qui améliorent les interactions avec l'eau, favorisant ainsi la transmission de la vapeur d'eau à travers les films. Les valeurs de la perméabilité à la vapeur d'eau de nos films sont supérieures à celles des films à base du polyéthylène ($0,84 \times 10^{-10}$ g/s.m.Pa) et de la cellophane ($0,45 \times 10^{-10}$ g/s.m.Pa) mais elles sont inférieures à celles des films à base de biopolymères tels que le blé de gluten plastifié par le glycérol ($7,00 \times 10^{-10}$ g/m.s.Pa), l'amidon de maïs cireux ($6,8 \times 10^{-10}$ g/m.s.Pa) rapportées dans la littérature (Ghasemlou et al., 2011).

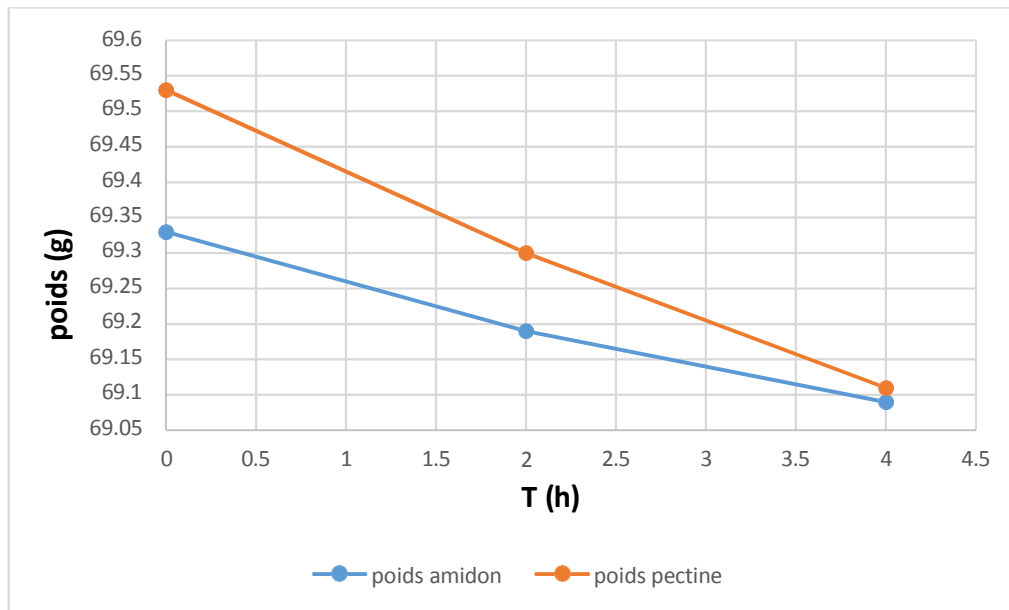


Figure n°29 . Test de perméabilité à la vapeur d'eau

IV.2. Détermination du pouvoir gonflant :

Dans notre étude, et d'après la figure 30 le film composite à base de pectine et d'amidon est plus gonflable et cohésif par rapport au film composé de l'amidon seul. Le glycérol serait absorbé par la partie amorphe de l'amidon et le gonflement de ces zones provoquerait l'augmentation du diamètre.

D'après la littérature, pendant la gélatinisation, les chaînes d'amylose diffusent vers l'extérieur du grain. Lorsque la gélatinisation se déroule en excès d'eau, on note une suspension de macromolécule d'amylose sortie à l'extérieur du grain et un gonflement des grains d'amidon constitués d'amylopectine. L'influence de la gélatinisation sur l'amidon est schématisée par Yu (2005) sur la figure n°31 . Les chaînes d'amylose se dissocient du grain. Le plastifiant augmente l'espace entre les chaînes d'amylopectine et permettent le dépliement des doubles hélices des chaînes extérieures. Les chaînes courtes préservent leurs organisations (Yu , 2005). Selon ces considérations, le volume du granule augmente (figure 31).

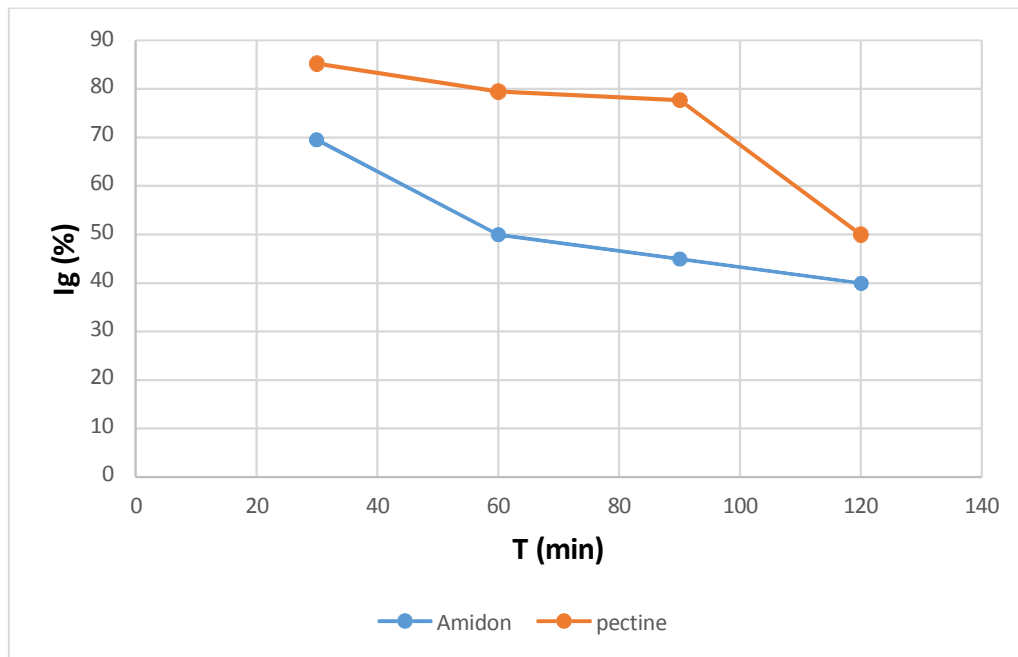


Figure n°30 . Test de l'indice de gonflement I_g

(GBASSI et al ,2009) ; on trouve que la gélatine et le mélange gélatine/pectine ont respectivement affiché des indices de gonflement de 300% et 215%. (GBASSI et al, 2009) Le pouvoir gonflant matérialisé par l'indice de gonflement est une propriété très étudiée au niveau des films pour applications alimentaires ou pharmaceutiques. Couplé à la perméabilité à la vapeur d'eau, ces deux paramètres évaluent la stabilité du film en conditions aqueuses. Comme l'ont déclaré Lee et al. (2004), un film utilisé pour emballer des aliments congelés ou des fruits frais découpés devra être moins perméable et posséder un indice de gonflement faible pour inhiber l'exsudation de ces aliments.

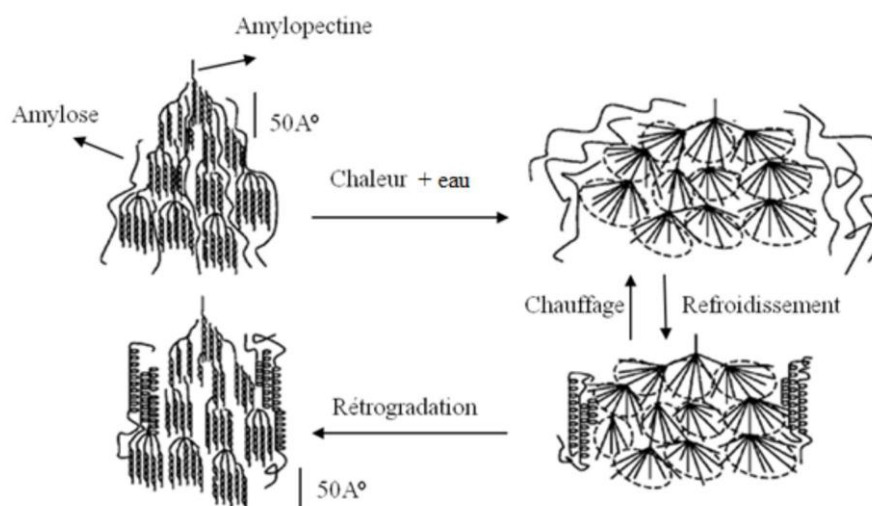


Figure n°31 : Représentation schématique de la transition de phase de l'amidon pendant la gélatinisation et la rétrogradation (Yu, 2005)

IV.3. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

Les spectres IR ont été établis entre 400 et 4000 cm^{-1} . Les figures 1 2 3 4 5 illustrant les résultats de l'analyse qualitative par FTIR des différentes formulations de films actifs y compris le control. Les spectres FTIR de la matrice présentent plusieurs bandes typiques: la vibration d'étirement du groupe OH entre 3500 et 3200 cm^{-1} ; les vibrations symétriques et antisymétriques de CH_2 sont situées à 2930 cm^{-1} . Dans la région des empreintes digitales du spectre FTIR, trois pics caractéristiques apparaissant entre 1500 et 900 cm^{-1} sont attribués à l'étirement des liaisons appartenant à l'amidon. Ces pics caractéristiques de l'amidon situés approximativement autour de 1150 cm^{-1} sont attribués à l'étirement de la liaison C-O du groupe C-O-H dans l'amidon, alors que les deux autres pics situés entre 1076 et 1000 cm^{-1} sont attribués à l'étirement de la liaison C-O du groupe C-O-C dans le cycle anhydroglucose appartenant toujours à l'amidon et au pectine.

De plus, les pics caractéristiques à la vibration des complexes de Mg tétraédriques et octaédriques à 560 cm^{-1} et 440 cm^{-1} , respectivement, ce qui indique la formation d'une structure à base de Mg. La présence d'épaulement plus ou moins long pour ces pics, révèle la présence d'autres états ioniques dans ce site (c'est-à-dire les ions Mg^{2+}).

Pour les films composites, une nouvelle bande apparaît à 1680 cm^{-1} typique du groupe carbonyle C = O de l'amide, tandis que les bandes d'absorption dans la plage située entre 1250 - 1500 cm^{-1} appartiennent aux vibrations des liaisons C-N dans la PVP [3]. On note

l'apparition d'une bande large vers 3280cm⁻¹ qui est attribuée à la liaison OH (élongation) et une autre bande à 2930 cm⁻¹ correspond à l'élongation des CH₂. Ce résultat confirme l'établissement de réticulation entre les atomes des molécules additionnées aux films avec les oxygènes des groupements OH de la matrice à base de l'amidon et/ou de la pectine. En comparant les spectres IR des films amidon, et des films composites, nous constatons qu'il y a eu interaction entre les groupes de l'amidon et ceux de la pectine. Par exemple, la disparition des bandes entre 2500 et 3400 cm⁻¹ peut être expliquée par la liaison hydrogène qui s'est formée entre les groupes OH de l'amidon et de l'agar d'une part, et des groupes –COO- du pectine d'autre part. Le déplacement de la bande d'élongation du groupe de COO- du pectine et des acides additionnés à 1410 cm⁻¹ dans le film composite indique probablement des interactions entre les groupes –OH de l'amidon et de l'agar et les groupes carboxyles à la surface. Cependant, de nouveaux groupes sont formés en raison de la présence des différentes molécules actives additionnées

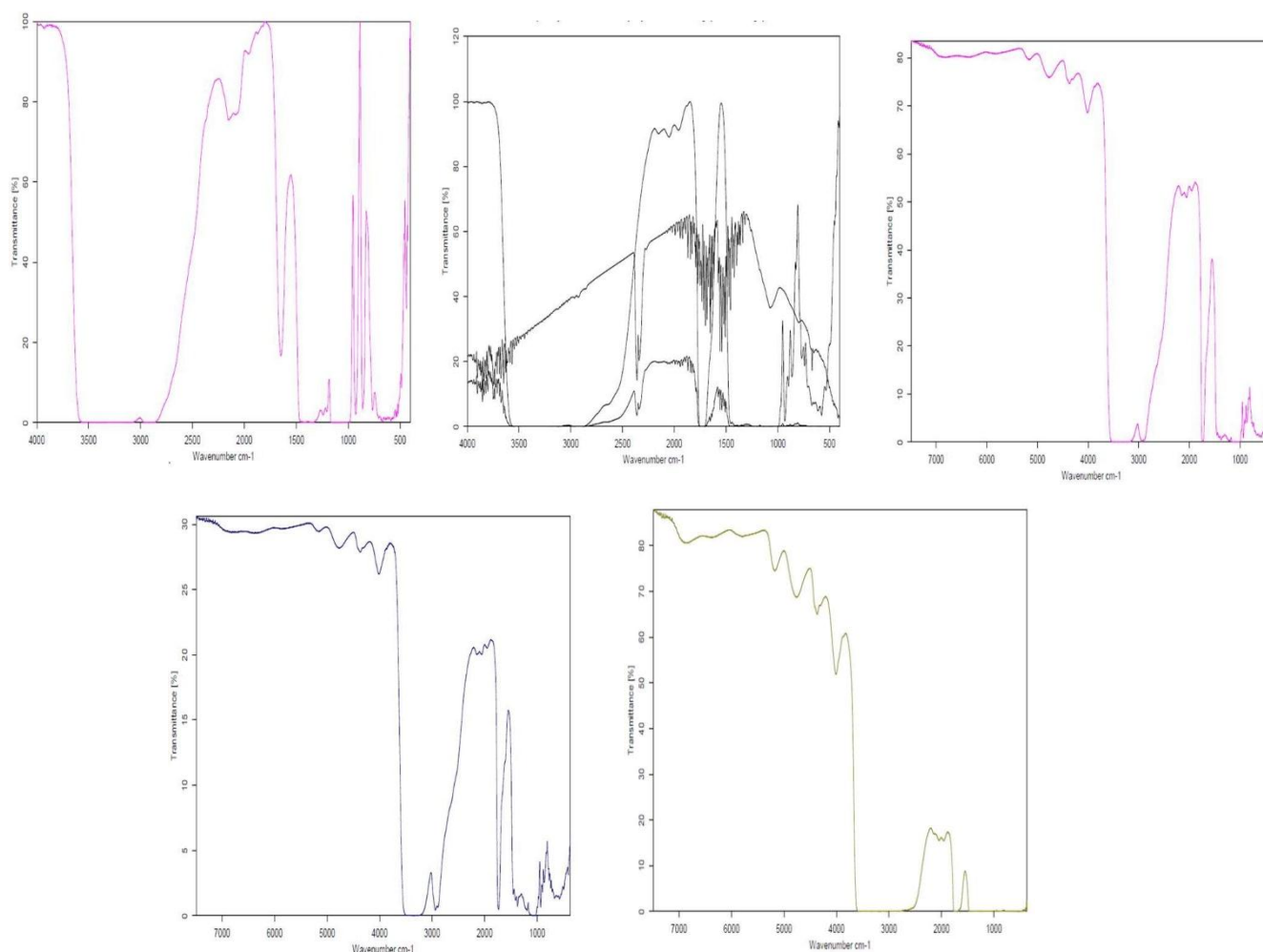


Figure n°32. Résultats de FTIR

IV.4. Caractérisation spectroscopique par UV-Visible

La spectroscopie UV-Visible est une technique non destructive largement utilisée pour étudier les propriétés optiques des nanoparticules (Nps). En utilisant cette technique, on peut obtenir des spectres d'absorption qui fournissent des informations sur l'interaction de la lumière avec les Nps. Les résultats présents dans la courbe Figure 33 Les MgO-NP synthétisés par la voie verte ont montré des spectres d'absorbance à 220 nm dans la spectroscopie UV-visible, qui sont attribués à la formation de nanoparticules d'oxyde de magnésium (MgO) (Taghavi Fardood et al., 2018 ; Negahdary et al., 2015). La présence d'autres pics peut suggérer que ces nanoparticules sont de nature hybride. Les nanoparticules hybrides sont caractérisées par la combinaison de plusieurs matériaux ou composants, ce qui se reflète dans leurs propriétés spectroscopiques. Ces pics supplémentaires peuvent être dus à la présence de couches de revêtement, ou même à des réactions chimiques qui ont lieu à la surface des nanoparticules. Les pics additionnels peuvent être situés à des longueurs d'onde différentes de celle associée à la transition électronique typique du MgO, ce qui suggère la présence de matériaux absorbants ou résonants supplémentaires. Ces matériaux peuvent provenir de dopants ajoutés délibérément pour modifier les propriétés optiques des nanoparticules de Mg, ou bien être le résultat de réactions chimiques avec l'environnement ou les agents de synthèse utilisés. En résumé, la présence d'autres pics dans le spectre UV-visible des nanoparticules de Mg suggère une composition hybride, résultant de l'incorporation de matériaux additionnels ou de la formation de structures complexes. Cette caractéristique confère aux nanoparticules des propriétés optiques et structurales uniques, ouvrant de nouvelles perspectives pour leur utilisation dans divers domaines d'application.

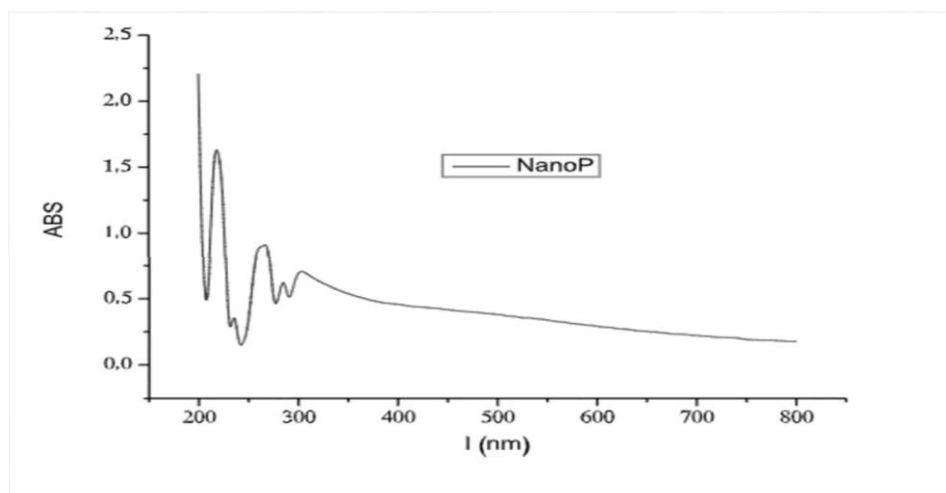


Figure n°33. résultat UV-Visible des Mg Nps

IV.5. Analyse élémentaire par fluorescence des rayons X (XRF)

Les tableaux 8 ,9 donnent la composition élémentaire des nanoparticules synthétisées par les souches E4 et E2, respectivement. Nous pouvons constater à travers les résultats de l'analyse élémentaire par fluorescence des rayons X, que les matériaux synthétisés par les souches bactériennes sont des nanostructures hybrides qui se composent majoritairement du magnésium et du chlore. L'aluminium, le phosphore et le potassium sont présents sous forme de traces par rapport à la composition majoritaire.

Tableau n°8 : Composition élémentaire des Nanoparticules issues de la souche E4

Z	Formule	Concentration (%)	Mode d'évaluation	Nom du domaine
12	Mg	57.197 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
17	Cl	32.62 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
13	Al	3.11 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
15	P	1.05 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
19	K	0.96 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
20	Ca	0.42 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
29	Cu	0.09 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
30	Zn	0.06 %	Sans étalons	40 kV, Range 2

Tableau n°9 : Composition élémentaire des Nanoparticules issues de la souche E2

Z	Formule	Concentration (%)	Mode d'évaluation	Nom du domaine
12	Mg	59.097 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
17	Cl	31.19 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
13	Al	3.44 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
19	K	1.04 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
15	P	0.51 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
16	S	0.12 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
20	Ca	0.15 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
29	Cu	0.09 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
30	Zn	0.06 %	Sans étalons	40 kV, Range 2
26	Fe	0.05 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
25	Mn	0.01 %	Sans étalons	20 kV, Range 3

Le tableau 10 donne la composition élémentaire de film plastique contrôle de formulation F0. Nos films sont constitués majoritairement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène avec plus de 99,44 %. Ces éléments représentent la composition des polysaccharides utilisés comme polymères, à savoir ; l'amidon, pectine et agar. La teneur de ces éléments a été déduite de celle des minéraux (soufre, chlore, calcium, potassium, phosphore et silicium) qui se trouvent sous forme de traces avec une concentration qui ne dépasse pas les 0.56%, ce qui est conforme à la littérature (Alves et al., 2007 ; Hoover, 2001).

Tableau n°10 : Composition élémentaire du film plastique de formulation F0 (Contrôle)

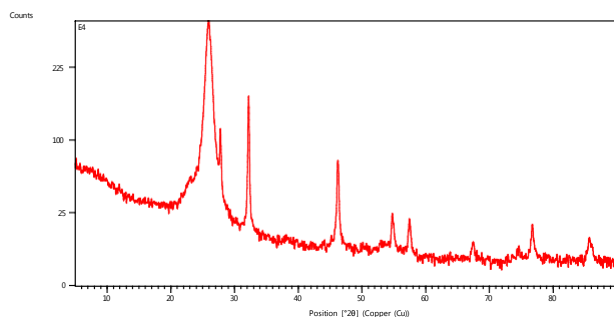
Z	Formule	Concentration (%)	Mode d'évaluation	Nom du domaine
16	S	0.24 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
17	Cl	0.11 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
20	Ca	0.11 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
19	K	0.06 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
15	P	0.02 %	Sans étalons	20 kV, Range 3
14	Si	0.02 %	Sans étalons	20 kV, Range 3

IV.6. Diffraction des rayons X (DRX)

Les diffractogrammes dans la figure 34 de L'analyse DRX des nanoparticules synthétisés par voie bactérienne a montré une série de pics de diffraction à 2θ de 25.86, 28.83, 32.68, 46.71, 55.31, 57.36, 77.23 et 86.13 qui peuvent être attribués aux plans (235), (111), (210), (90) et (222), respectivement. Tous les pics de diffraction ont été indexés sur une phase cubique pure de MgO (carte JCPDS n° 89-7746) avec $a = b = c = 4,2198 \text{ \AA}$. Les diagrammes de diffraction correspondent bien à la littérature (Suresh et al., 2014 ; Imani et al., 2019 ; Taghavi Fardood et al., 2018 ; Lu et al.2011) avec quelques pic d'impureté qui ont été observé. De plus, les pics de diffraction forts et nets confirment la haute cristallinité des produits.

La taille moyenne des cristallites des nanoparticules de MgO a été déterminée à partir de la pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) des motifs XRD en utilisant la formule bien connue de Scherrer : où D est la taille des cristallites (nm), β est la pleine largeur à mi-hauteur de le pic, λ est la longueur d'onde des rayons X de Cu $K\alpha = 0,154 \text{ nm}$ et θ est l'angle de Bragg. Nous avons obtenu un intervalle de taille compris entre 5.00117 - 89.99350 nm, avec une moyenne de 14 nm pour les nanoparticules de MgO.

NpsE4



NpsE2

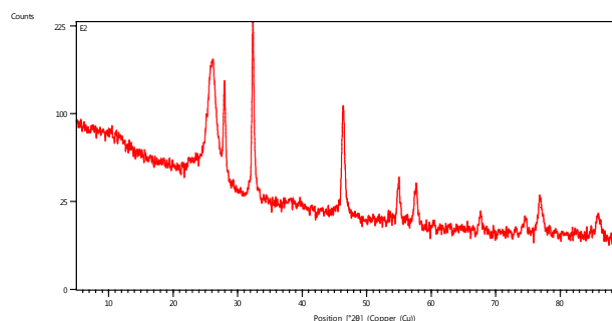


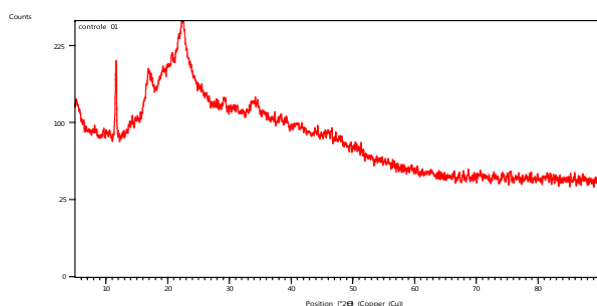
Figure n°.34 Les résultat DRX de nanoparticules .

Afin de vérifier l'incorporation des molécules dans le film et pour déterminer la distance entre les plans cristallins, nous avons procédé à la caractérisation des échantillons par la technique de diffraction des rayons X.

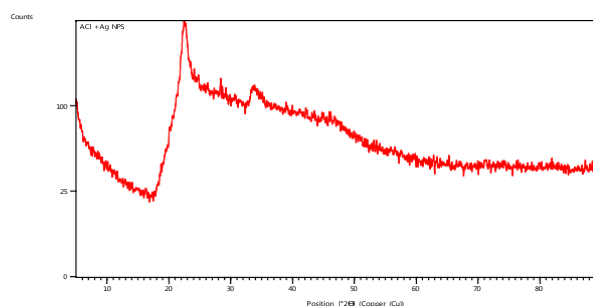
Les positions des pics sur le diffractogrammes indiquent les distances inter-réticulaires des plans cristallins dans le matériau. Ces positions peuvent être comparées à celles de références connues pour identifier les phases cristallines présentes. On note l'absence des pics caractéristiques de l'amidon natif de type A et B qui correspondent à une perte de cristallinité et qui prouve l'efficacité du traitement thermomécanique appliqué pour la préparation du film plastique. On note aussi que l'amidon garde sa cristallinité après l'étape de pré-gélatinisation. Par contre, on observe des pics de type V caractéristiques de la cristallinité induite par l'extrusion. Cette cristallinité provient de la formation des complexes d'amylose et d'autres molécules (Van Soest, 1996). On constate la même tendance pour les différents films actifs (figure 35). Néanmoins, l'intensité des deux pics à $2\theta = 20,8^\circ$ et $21,3^\circ$ semble changée selon la nature de la molécule active additionnée. L'acide acétique augmente significativement l'intensité du pic de $21,3^\circ$ par rapport à l'acide citrique et l'acide lactique. Le pic caractéristique de la cristallinité de type B de l'amidon natif observable à un angle de diffraction de $2\theta = 17^\circ$ n'existe plus sur les différents films actifs. L'énergie mécanique exercée sur l'amidon pendant la mise en oeuvre est suffisante pour faire perdre entièrement la cristallinité initiale de l'amidon.

Il est important de noter que les diffractogrammes DRX ne fournissent qu'une partie de l'image complète de la structure et de la composition des films actifs. D'autres techniques analytiques telles que la microscopie électronique à balayage (MEB) peuvent être utilisées en complément pour obtenir une compréhension plus approfondie.

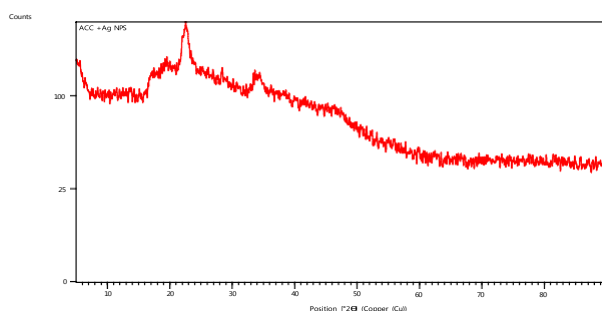
F0 (Contrôle)



F1 (AcL + Nps)



F2 (AcC + Nps)



F3 (AcA + Nps)

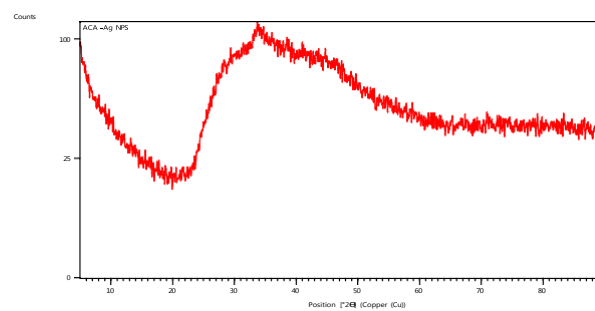


Figure n° 35 résultat DRX des différent films actif

IV.6. Caractérisation par la Microscopie Electronique à Balayage (MEB)

La microscopie électronique à balayage (MEB) est une méthode efficace pour étudier la morphologie des films actifs. En utilisant un faisceau d'électrons de faible énergie, on peut examiner la surface conductrice de l'échantillon et observer les détails microscopiques avec un grossissement pouvant atteindre 1000 fois. Cela permet de comparer et d'analyser les caractéristiques de la surface des films actifs en détail. Les surfaces des différents films, explorées par microscopie électroniques à balayage, sont représentées dans la Figure n... Elles montrent l'effet de l'ajout des molécules actives sur la matrice. Il apparaît sur les images du film contrôle F0, que les cristaux sont dispersés uniformément dans la matrice d'amidon, ce qui est le cas des autres particules minérales. Aucune fissure, ni de zones lisses (absence de particules) ou de grands agglomérats de particules n'ont été observés. De plus, ces particules minérales sont totalement recouvertes par la matrice d'amidon.

La dispersion et la distribution des différentes masses d'amidon et de pectine influent sur les propriétés finales des composites. La dispersion traduit le niveau d'agglomération des renforts, tandis que la distribution reflète leur homogénéité dans l'échantillon ce qui est expliqué dans les figures 36 Dans les images (F1, F2, F3 et F4), on observe la présence d'amas des nanoparticules dont le diamètre équivalent peut atteindre jusqu' à environ 96 nm indique un phénomène d'agglomération lors du mélange. La dispersion et la distribution du l'acide acétique influent sur les propriétés mécaniques finales des composites. L'image (F3) montre une tendance à la reformation des granules d'amidon, ce qui indique une moindre compatibilité entre l'acide acétique autant que molécule active et l'amidon. Alors que lors de l'ajout de l'acide citrique et l'acide lactique, la surface semblait lisse et uniforme, sans granules d'amidon exposés où la dispersion était meilleure dans la matrice amidon.

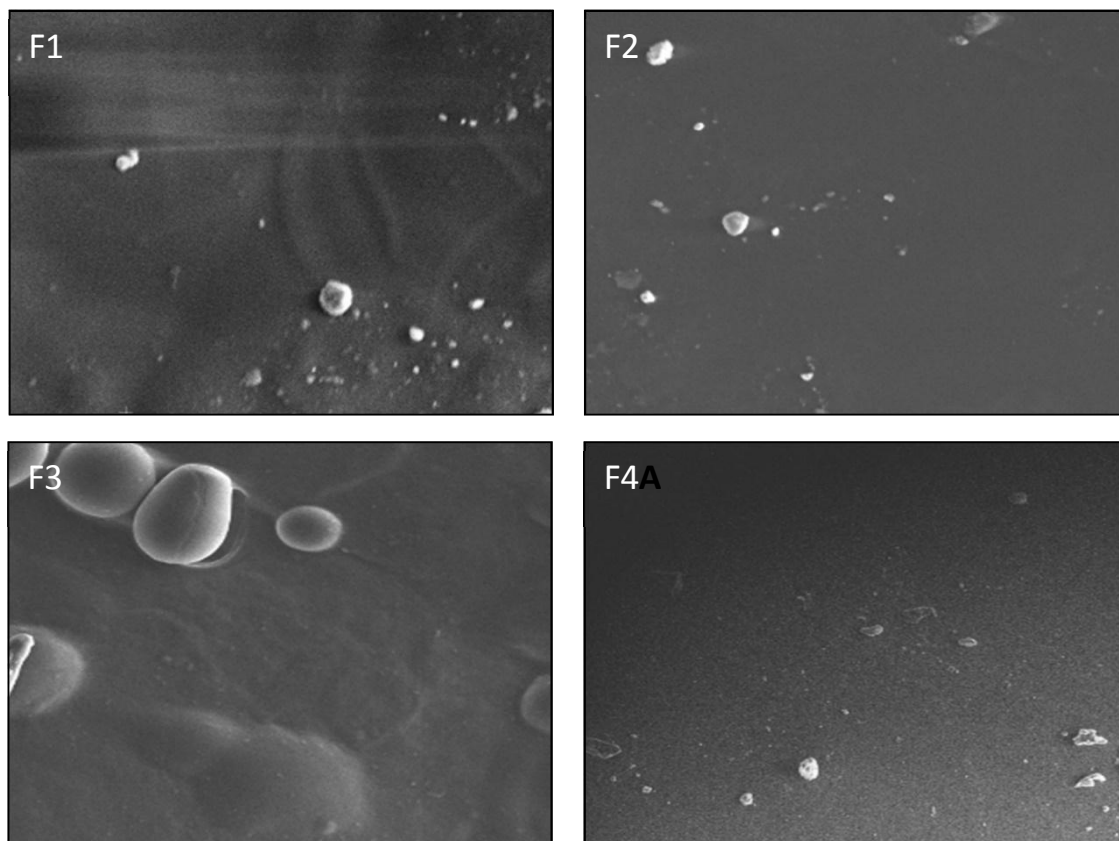


Figure n°36 : images des films actifs observé d'un MEB

V. Test de l'effet antimicrobien des films actifs

Les tests antibactériens furent effectués à l'aide de la méthode de la zone d'inhibition. Les films préparés pour cet essai contenaient additifs actifs (AC,Nps). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 11. ont montré que les films avec les formulations F1 et F4 ont les plus grandes zone d'inhibition par rapport aux autres films.

La méthode de diffusion nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien des dispersions de différentes formulations de nos films actifs vis-à-vis 05 souches bactériennes. Les résultats antimicrobiens des films composites exercent une bonne activité en agissant sur les bactéries à Gram positifs et à Gram négatifs avec un degré de sensibilité différent d'une souche à une autre. Aucune zone d'inhibition autour des films qui ont servi de témoin n'a été observée.

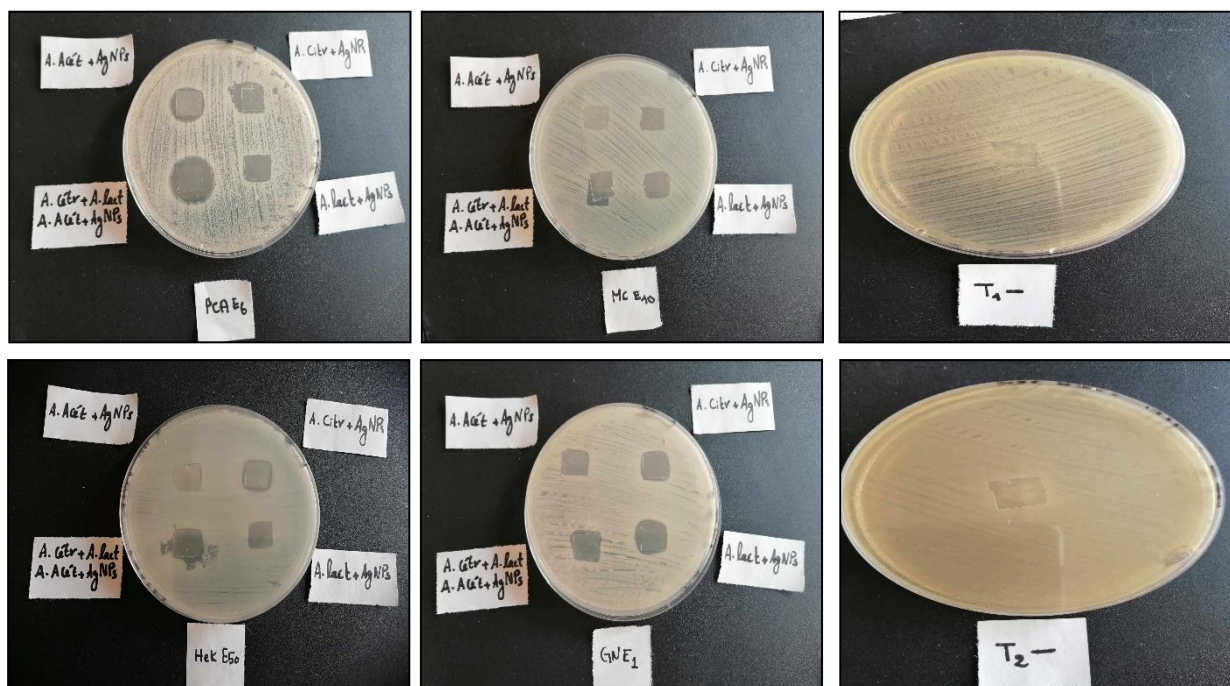


Figure n° 37: Résultats des zones d'inhibitions obtenir par technique antibiogramme

Tableau n°11 : pourcentages de l'efficacité de chaque film actif

Film	GN	Hek	Mac	PCA	% total
F1	75%	100%	30%	100%	81.25%
F2	50%	66.66%	0%	100%	54.16%
F3	75%	66.66%	0%	100%	60.41%
F4	75%	100%	50%	100%	81.25%

(HAMMOUDI 2021)Les résultats antimicrobiens des films nanocomposites alg /MMT-LEO exercent une bonne activité en agissant sur les bactéries Gram positive et Gram négative avec un degré de sensibilité différent d'une souche à l'autre. (Richard 2012). Conséquemment, une bonne dispersion n'est pas nécessairement gage d'une bonne efficacité antibactérienne. Au mieux de nos connaissances, ces travaux constituent les premiers efforts à l'élaboration d'un film de polyoléfine préparé par mélange à l'état fondu, ayant des propriétés antibactériennes.(Villa-Rodriguez et al ,2015) d'autre part, des chercheurs ont signalé que la libération des agents actifs synthétiques des films d'emballages vers les produits alimentaires emballés favorise la détérioration microbienne de l'aliment .

Conclusion générale

En conclusion, notre travail visait la synthèse et la caractérisation de films actifs à base d'amidon et de pectine renforcés par des molécules actives telles que les nanoparticules et les acides organiques. Les différents films ont été réalisés en utilisant un procédé d'élaboration efficace et économique et leurs propriétés étaient très satisfaisantes.

Les propriétés mécaniques des films ont été évaluées par des tests de perméabilité à la vapeur d'eau et de gonflement. Les films composés de pectine et d'amidon ont démontré une perméabilité supérieure à ceux composés uniquement d'amidon, en raison de leur différence de composition. De plus, le film composite à base de pectine et d'amidon a présenté un pouvoir gonflant plus élevé et une meilleure cohésion par rapport au film d'amidon seul. Ces résultats peuvent être attribués à l'absorption du glycérol par la partie amorphe de l'amidon, entraînant un gonflement des zones correspondantes et une augmentation du diamètre du film.

L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier a confirmé la réticulation entre les molécules actives et les groupements OH de la matrice à base d'amidon et/ou de pectine. Les spectres IR des films composites ont montré une interaction entre les groupes de l'amidon et ceux de la pectine, indiquée par la disparition des bandes entre 2500 et 3400 cm^{-1} , témoignant de la formation de liaisons hydrogène. Le déplacement de la bande d'élongation du groupe COO- du pectine et des acides additionnés dans le film composite suggère également des interactions entre les groupes OH de l'amidon et de l'agar et les groupes carboxyles des molécules actives additionnés.

L'analyse spectroscopique par UV-Visible a révélé la présence de pics supplémentaires dans le spectre des nanoparticules de Mg, suggérant une composition hybride résultant de l'incorporation de matériaux supplémentaires ou de la formation de structures complexes. Cette caractéristique confère aux nanoparticules des propriétés optiques et structurales uniques, ouvrant de nouvelles perspectives pour leur utilisation dans divers domaines d'application.

La caractérisation par DRX a confirmé la structure cristalline des différents films actifs, mettant en évidence des variations d'intensité des pics en fonction des molécules actives ajoutées. Par ailleurs, les analyses morphologiques réalisées par microscopie électronique à balayage ont montré une excellente homogénéité des films, en particulier pour le film renforcé par les l'acide citrique et surtout l'acide lactique, permettant ainsi une analyse détaillée des caractéristiques de surface.

Les tests de l'activité antimicrobienne de nos films actifs ont confirmé leurs efficacités contre les souches bactériennes pathogènes et d'altération isolées de la viande de poulet, avec une inhibition significative observée pour tous les films étudiés. Les films contenant la combinaison entre l'acide citrique, d'acide lactique et les nanoparticules ont montré la meilleure activité antimicrobienne par rapport à toutes les formulations étudiées.

Ce travail contribuera à l'extension de la durée de vie de la viande de poulet mise sur le marché, ce qui entraînera -sans aucun doute- une baisse de son prix ainsi qu'un ajustement raisonnable au fil de toutes les saisons de l'année. En outre, ces emballages actifs, peuvent réduire les contaminations microbiennes impliqués dans les toxi-infections alimentaires, ce qui conduit à limiter les risques pour la santé humaine. Ces deux actions pourraient présenter un atout économique très important pour le citoyen, l'industriel comme pour l'état.

D'autre part, l'utilisation des polymères biodégradables contribuera à la réduction des déchets d'emballage, dérivés de l'utilisation intensive de polymères synthétiques et non biodégradables, qui sont devenus une part importante de la pollution avec toutes les conséquences environnementales, sanitaires et financières engendrées.

- Ces résultats restent préliminaires et nécessitent des études complémentaires plus approfondies. De nombreuses perspectives peuvent être envisageables:
- Valider nos résultats de l'activité antimicrobienne de nos films actifs par la réalisation des challenge tests sur la matrice alimentaire ciblée.
- Modéliser les relations et/ou interactions dynamiques entre les composants du système biologique ($T^{\circ}\text{C}$ de conservation, pH, A_w ...etc) et de son image microbiologique.
- Caractériser par microscope électronique à transmission et microscope à force atomique les Nps synthétisées pour confirmer et valider leurs tailles ainsi que leurs formes
- Caractériser par microscope électronique à transmission le taux d'exfoliation dans la matrice des polymères étudiés. Cette technique, qui offre une résolution jusqu'à 0.2nm, permet d'observer directement les feuillets et leur orientation dans la matrice.
- Mener une étude comparative entre les polymères utilisés dans notre étude et d'autres matrice pour permettre l'amélioration des propriétés de nos films actifs.

Références bibliographiques

- Aider, M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. In *LWT* (Vol. 43, Issue 6, pp. 837–842). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>
- Alves, V.D., Mali, S., Beléia, A. and Grossmann, M. V. E. (2007). Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. *Journal of Food Engineering* , 78(3), 941–946.
- Angele, c. (2016, 7 5). biologie de la peau. Récupéré sur <https://biologiedelapeau.fr/spip.php?article87>.
- Anses. (2011a). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments. *Staphylococcus aureus* et entérotoxines staphylococciques
- Anses. (2020a). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*. Saisine n°2016-SA-0079
- Anses. (2020b). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments : *Listeria monocytogenes*. Saisine n°2016-SA-0081
- Aycicek, H., Cakiroglu, S., & Stevenson, T.H. (2005). Incidence of *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat meals from military cafeterias in Ankara, Turkey, *Food Control* 16 : 531–534
- Aygun, O., Durma, H., & Sancak, H. (2015). The microbiological quality of grilled meats (kebabs) and salads consumed in sanliurfa restaurants. *International Journal of Scientific and Technological Research* Vol 1, No.1.
- Banker, G.S. (1966). Film coating, theory and practice. *Journal of Pharmaceutical Science* , 55, 81.
- Blood N. (1969). Food hygiene. *Food Processing In. Goudiaby*, 25, 37-40.
- Brunet-Loiseau.(2005)Hygiène et restauration : Edition 1992. Dominique Edité par Editions BPI, . ISBN 10 : 2857080077. ISBN 13 : 9782857080077
- Barone, A. S., Matheus, J. R. V., de Souza, T. S. P., Moreira, R. F. A., & Fai, A. E. C. (2021). Green-based active packaging: Opportunities beyond COVID-19, food applications, and perspectives in circular economy—A brief review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4881–4905. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12812>
- Betzabeth Espina-Benitez, M., Denet, E., Bolzinger, M.-A., Nava, V. R., Pollet, T., Pitault, I., Blaha, D., & Briançon, S. (2020). DECONTAMINATION SECHE DE TOXIQUES

CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DRY DECONTAMINATION OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL TOXICS. <https://www.elsevier.com/open-access/userlicense/1.0/>

- Boyer, C., & Boyer Le, C. (n.d.). Le développement des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien : quels risques pour la santé et l'environnement ? <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03261860>.
- Banatvala, N., Griffin, P.M., Greene, K.D., Barrett, T.J., Bibb, W.F., Green, J.H., & Wells, J.G. (2001). The United States national prospective hemolytic uremic syndrome study: microbiologic, serologic, clinical, and epidemiologic findings. *Journal of Infectious Diseases* 183:1063-1070.
- Barroeta, A. C. (2007). Nutritive value of poultrymeat: Relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poultry Science Journal*, 63(2), 277–284. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001468>.
- Bergdoll, M.S. (1989). *Staphylococcus aureus*, In: M.P. Doyle (Ed.), *Foodborne Bacterial Pathogens*, Marcel Dekker, New York, 1989, pp. 463–523.
- Betraoui, M. (2021). AlgérieEco : l'Algérie consomme 50000 tonnes de viande blanche par mois, disponible à : <https://www.algerie-eco.com/2021/01/27/betraoui-lalgerie-consomme-50-000-tonnes-de-viandeblanche-par-mois/>. (Consulté le 05/03/2021).
- Bergdoll, M.S. (1989). *Staphylococcus aureus*, In: M.P. Doyle (Ed.), *Foodborne Bacterial Pathogens*, Marcel Dekker, New York, 1989, pp. 463–523.
- Bourgeois, C.M. & Leveau, J.Y. (1980). Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. (4 Vol.) Vol. 3 : Le contrôle microbiologique. Lavoisier Technique et Documentation
- Brunel, V., Jehl, N., Drouet, L., & Portheau, M.C. (2010). Science et technique, viandes prod. Carnés vol. 25 (1).
- Buzon-Duran, L., Capita, R., & Alonso-Calleja, C. (2017). Microbial loads and antibiotic resistance patterns of *Staphylococcus aureus* in different types of raw poultry-based meat preparations. *Poultry Science* 96:4046–4052. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex200>
- Cardinale, E., Gros-Claude, J. D. P., Rivoal, K., Rose, V., Tall, F., Mead, G. C., & Salvat, G. (2005). Epidemiological analysis of *Salmonella enterica* ssp. *enterica* serovars *hadar*, *brancaster* and *enteritidis* from humans and broiler chickens in Senegal using pulsed-field gel electrophoresis and antibiotic susceptibility. *Journal of Applied Microbiology* 99:968-977.

- Chan, K. F., Le Tran, H., Kanenaka, R. Y., & Kathariou, S. (2001). Survival of clinical and poultry-derived isolates of *Campylobacter jejuni* at a low temperature (4°C). *Applied and Environmental Microbiology* 67:4186-4191
- Cartier P. (2007). Le point sur La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins,
- Compte rendu final n° 17 05 32 022, Service Qualité des Viandes, Département Techniques d'Elevage et Qualité

Claude Bernard Lyon, U., Frédéric DEBEAUFORT, M., & Pascal DEGRAEVE, M. (2015). Délivrée par.

- Dupre, J.M., Johnson, W.L., Ulanov, A.V., Li, Z., & Wilkinson, B.J. (2019). Transcriptional profiling and metabolomic analysis of *Staphylococcus aureus* grown on autoclaved chicken breast. *Food Microbiology* 82 (2019) 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.004>
- Dogan, O.B., Clarke, J., Mattos, F., & Wang, B. (2019). A quantitative microbial risk assessment model of *Campylobacter* in broiler chickens: Evaluating processing interventions. *Food Control* 100, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.003>
- ECDC and EFSA (European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority). (2019). Multi-country outbreak of *Listeria monocytogenes* clonal complex 8 infections linked to consumption of cold smoked fish products. EFSA Supporting Publications 2019. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1665>
- EFSA. (2010a). Analysis of the baseline survey on the prevalence of *Campylobacter* in broiler batches and of *Campylobacter* and *Salmonella* on broiler carcasses in the EU, 2008. EFSA J. 8, 1503. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1503>
- EFSA. (2010a). Analysis of the baseline survey on the prevalence of *Campylobacter* in broiler batches and of *Campylobacter* and *Salmonella* on broiler carcasses in the EU, 2008. EFSA J. 8, 1503. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1503>
- EFSA. (2010b). Scientific opinion on quantification of the risk posed by broiler meat to human campylobacteriosis in the EU. EFSA J. 8, 1–89. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1437>. Available

- EFSA. (2020). Update and review of control options for *Campylobacter* in broilers at primary production. EFSA J. 18, 1–89. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6090>
- Engel, D., MacDonald, D., & Nash, C. (2001). Managing food safety. Chadwick House Group Limited, London, UK.
- FAO. (2018). PARTIE I: LISTE DES NORMES DE PRODUITS DU CODEX QUI ONT ÉTÉ ALIGNÉES SUR CELLES DE LA NGAA
- films. Carbohydrate Polymers, 56: 251-254.
- Farber, J.M., Zwietering, M., Wiedmann, M., Schaffner, D., Hedberg, C.W., Harrison, M.A., Hartnett, H., Chapman, B., Donnelly, C.W., Goodburn, K.E., & Gummalla, S. (2021). Alternative approaches to the risk management of *Listeria monocytogenes* in low risk foods. Food Control S0956-7135(20)30517-X. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107601>
- Forauer, E., Tongyu Wu, S., & Etter, A.J. (2021). *Listeria monocytogenes* in the retail deli environment: A review. Food Control S0956-7135(20)30359-5. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107443>
- FSA. (2015). Food Standards Agency. URL: <http://www.food.gov.uk/enforcement/monitoring/horse-meat/timelinehorsemeat/>. (Consulté le 18/02/2018).
- FAO/WHO. (2003). Hazard characterization for pathogens in food and water: Guidelines. Microbiological Risk Assessment Series 3. WHO Press, Geneva.
- Forsythe, S. J. (2010). The Microbiology of Safe Food *Salmonella* species. Wiley Blackwell, Oxford, UK.
- Fletcher, D. L. (2002). Poultry meat quality. In *World's Poultry Science Journal* (Vol. 58, Issue 2, pp. 131–145). <https://doi.org/10.1079/WPS20020013>.
- Giaouris, E.E. & Simões, M.V. (2018). Chapter 11 - Pathogenic Biofilm Formation in the Food Industry and Alternative Control Strategies. Foodborne Diseases. Handbook of food Bioengineering Pages 309-377. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811444-5.00011-7>
- Guenther, S., Huwyler, D., Richard, S., & Loessner, M.J. (2009). Virulent bacteriophage for efficient biocontrol of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. Applied and Environmental Microbiology 75:93- 100.
- Gyles, C. L. (1992). *Escherichia coli* cytotoxins and enterotoxins. Canadian Journal of Microbiology 38:734-746.

- Gontard, N., Guilbert, S. et Cuq, J.-L. (1992). Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57(1), 190 – 195.
- Ghasemloua, M., Khodaiyana, F. et Oromiehie, A. (2011). Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefir. *Carbohydrate Polymers*, 84, 477 – 483.
- Gontard N, Guillard V, Gaucel S, & Guillaume C. (2017). L’emballage alimentaire et l’innovation écologique dans toutes leurs dimensions. In *Innovations Agronomiques* (Vol. 58).
- Habib, I., Harb, A., Hansson, I., Vågsholm, I., Osama, W., Adnan, S., Anwar, M., Agamy, N., & Boqvist, S. (2020). Challenges and opportunities towards the development of risk assessment at the consumer phase in developing countries—The case of *Campylobacter* cross-contamination during handling of raw chicken in two middle eastern countries. *Pathogens* 9. <https://doi.org/10.3390/pathogens9010062>
- Humphrey, T., O'Brien, S., & Madsen, M. (2007). *Campylobacters* as zoonotic pathogens: A food production perspective. *International Journal of Food Microbiology* 117:237-257.
- Hussein, H. S. (2007). Prevalence and pathogenicity of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef cattle and their products. *Journal of Animal Science* 85:E63-72.
- HIDAOA. (2017). les_additifs_alimentaires

Hagenmaier, R.D et Shaw, P.H. (1990). Moisture permeability of edible films made with fatty acid and hydroxypropyl methylcellulose. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 38, 1799 – 1803.

Hammoudi, N., Ziani Cherif, H., Borsali, F., Benmansour, K., & Meghezzi, A. (2020). Preparation of active antimicrobial and antifungal alginate-montmorillonite/lemon essential oil nanocomposite films. *Materials Technology*, 35(7), 383–394. <https://doi.org/10.1080/10667857.2019.1685292>

- ICMSF,(International Commission on Microbiological Specifications for Food). (1996). *Microorganisms in foods*. Vol. 5. Characteristics of microbial pathogens. London: Blackie Academic & Professional
- Imani, M. M., & Safaei, M. (2019). Optimized synthesis of magnesium oxide nanoparticles as bactericidal agents. *Journal of Nanotechnology*, 2019.

- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. In *Arabian Journal of Chemistry* (Vol. 12, Issue 7, pp. 908–931). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>
- Koohmaraie, M., Arthur, T. M., Bosilevac, J. M., Guerini, M., Shackelford, S. D., & Wheeler, T. L. (2005). Postharvest interventions to reduce/eliminate pathogens in beef. *Meat Science* 71:79-91
- Khalid, T., Hdaifeh, A., Federighi, M., Cummins, E., Boué, G., Guillou, S., & Tesson, V. (2020). Review of quantitative microbial risk assessment in poultry meat: the central position of consumer behavior. *Foods*, MDPI, 9, 1661. doi:10.3390/foods9111661
- Kim, S. A., & Rhee, M. S. (2015). Synergistic antimicrobial activity of caprylic acid in combination with citric acid against both *Escherichia coli* O157: H7 and indigenous microflora in carrot juice. *Food Microbiology*, 49, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.009>
- Komenan GBASSI, G., Zaher, K., Seri YOLOU, F., Merbah, M., & Ake, M. (2009). Caractérisations physicochimiques de biofilms synthétisés à partir de la pectine et de la gélatine. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 3(4), 663–671. <http://indexmedicus.afro.who.int>
- Lourdin, D., Bizot, H., & Colonna, P. (1997b). Antiplasticization in starch– glycerol films?. *Journal of Applied Polymer Science*
- Lu, X., Liu, Z., Zhu, Y., & Jiang, L. (2011). Sonochemical synthesis and photocatalytic property of zinc oxide nanoparticles doped with magnesium (II). *MaterialsResearch Bulletin*, 46(10), 1638-1641
- Laidaoui, N. (2016.). République Algérienne Démocratique et Populaire Chimie Organique
- Lee, Y.S., Jun, B.H. & Kim, J.S. "Silver nanoparticles: Synthesis and application for nanomedicine." *Int J Mol Sci* 20, 865 (2019). doi: 10.3390/ijms20040865
- Lee JY, Shim J, Lee HG. 2004. Mechanical properties of gellan and gelatin composite
- Lu, X., Liu, Z., Zhu, Y., & Jiang, L. (2011). Sonochemical synthesis and photocatalytic property of zinc oxide nanoparticles doped with magnesium (II). *Materials Research Bulletin*, 46(10), 1638-1641
- Lecuit, M. (2020). *Listeria monocytogenes*, a model in infection biology. *Cellular Microbiology*. 2020;22:e13186. DOI: 10.1111/cmi.13186.

- Luber, P. (2009). Cross-contamination versus undercooking of poultry meat or eggs - which risks need to be managed first? *Int. J. Food Microbiol.* 134, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.02.012>
- Messelhausser, V. U., Schreiner, H., Schulze, G., Sing, A., & Busch, U. (2007). Detection of STEC/EHEC in meat, meat products and environmental samples within the scope of the official monitoring. *Fleischwirtschaft* 87:115-118.
- Mejlholm, O., Gunvig, A., Borggaard, C., Blom-Hanssen, J., Mellefont, L., Ross, T., Leroi, F., Else, T., Visser, D., & Dalgaard, P. (2010). Predicting growth rates and growth boundary of *Listeria monocytogenes* – An international validation study with focus on processed and ready-to-eat meat and seafood. *International Journal of Food Microbiology* 141:137-150
- Møller, de A. C. O., Nauta, M., Schaffner, D. W., Dalgaard, P., Christensen, B. B., & Hansen, T. B. (2015). Risk assessment of *Salmonella* in Danish meatballs produced in the catering sector. *International Journal of Food Microbiology* 196-109–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.10.010>
- Neyaz, L., Rajagopal, N., Wells, H. & Fakhr, M. K. (2020). Molecular characterization of *Staphylococcus aureus* plasmids associated with strains isolated from various retail meats. *Front.Microbiol.* doi: 10.3389/fmicb.2020.00223
- NSW/FA. (2012). Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes. NSW/FA/ FI039/1212
- Omurtag, I., Paulsen, P., Hilbert, F., & Smulders, F.J.M. (2013). The risk of transfer of foodborne bacterial hazards in Turkey through the consumption of meat; risk ranking of muscle foods with the potential to transfer *Campylobacter* spp. *Food Secur.* 5, 117–127. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0230-z>
- PHYSIQUE-CHIMIE Jour 1. (2021). Park, H.J. et Chinnan, M.S. (1995). Gas and water vapor barrier of edible films from protein and cellulosic materials. *Journal of Food Engineering* , 25, 497 – 507
- Properties In Vitro of Magnesium Oxide Nanoparticles for Dental Applications. *Nanomaterials*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/nano13030502>
- Phillips, C. C. (1998). Food, bacteria and health a practical guide. Chandos Publishing Oxford Limited, Oxford, England.
- *Production animale Deuxième édition,FAO 2009.* (n.d.).

- Rhim, J.W. et Perry, K.W. (2007). Natural Biopolymer-Based Nanocomposite Films for Packaging Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*

KHATEM, F.(2019) Elaboration et caractérisation des biofilms biodégradables bioactifs à base d'amidon et de gélatine

- Roger L., 2011. Les atouts nutritionnels de la volaille. *Saveur du monde*
- Russell, A. D., Hugo, W. B., & Ayliffe, G. A. J.(1999). Principles and practice of disinfection, preservation, and sterilization. Third Edition edition. Blakwell Science Ltd, London
- Silverwood, R. (2012). Titre: Title: Développement d'un film antibactérien ayant des propriétés de glissement pour une meilleure processabilité. <https://publications.polymtl.ca>

Swartzberg, H.G. (1986). Modeling of gas vapor transport through hydrophilic films. In M. Mathlouthi (Ed.), *Food Packaging and Preservation* (pp 115 – 135). NY, USA: Elsevier Science Publishing.

- Suresh, J., Yuvakkumar, R., Sundrarajan, M., & Hong, S. I. (2014). Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles. *Advanced Materials Research*, 952, 141-144.
- Sotiriou, G.A., Pratsinis, S.E. "Antimicrobial activity of nanosilver ions and particles." *Environ Sci Technol* 44, 5649-5654 (2010). doi: 10.1021/es101072s
- Savariraj, W. R., & Ravindran, N. B. (2020). Occurrence and enterotoxin gene profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from retail chicken meat. *Food Science and Technology International* 0(0) 1–7. DOI: 10.1177/1082013220980204.
- Schelin, J., Wallin-Carlquist N., Cohn M.T., Lindqvist, R., Barker, G.C. & Radstrom, P. (2011). The formation of *S. aureus* enterotoxin in food environments and advances in risk assessment. *Virulence* 2(6): 580–592.
- Sharma, C. S., Sharma, J. K., & Bedi, J. S. (2008). Detection methods for Shiga-like toxin producing *Escherichia coli* O157: H7 from foods of animal origin: A review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* 45:287-294.

- Snelling, W. J., Matsuda, M., Moore, J. E., & Dooley, J. S. G. (2005). *Campylobacter jejuni*. Letters in Applied Microbiology 41:297-302.
- Taghavi Fardood, S., Ramazani, A., & Woo Joo, S. (2018). Eco-friendly synthesis of magnesiumoxide nanoparticles using arabic Gum. Journal of Applied Chemical Research, 12(1), 8-15.
- TaghaviFardood, S., Ramazani, A., & Woo Joo, S. (2018). Eco-friendly synthesis of magnesium oxide nanoparticles using arabic Gum. *Journal of Applied Chemical Research*, 12(1), 8-15.
- uresh, J., Yuvakkumar, R., Sundrarajan, M., & Hong, S. I. (2014). Green synthesis of magnesiumoxidenanoparticles. *Advanced MaterialsResearch*, 952, 141-144.
- Uyttendaele, M., Rajkovic, A., Benos, G., François, K., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2004). Evaluation of a challenge testing protocol to assess the stability of ready-to-eat cooked meat products against growth of *Listeria monocytogenes*. International Journal of Food Microbiology 90:219-236.
- viande,dans perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO. (2016). *OCDE/FAO* . <https://doi.org/10.1787/agr-data-fr>.
- Willshaw, G. A., Cheasty, T., Smith, H. R., O'Brien, S. J., & Adak, G. K. (2001). Verocytotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) O157 and other VTEC from human infections in England and Wales: 1995- 1998. Journal of Medical Microbiologyjmm 50:135-142
- Westlake, J. R., Tran, M. W., Jiang, Y., Zhang, X., Burrows, A. D., & Xie, M. (2022). Biodegradable Active Packaging with Controlled Release: Principles, Progress, and Prospects. In *ACS Food Science and Technology*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00070>
- Zhao, T., Ezeike, G. O., Doyle, M. P., Hung, Y. C. & Howell, R. (2003). Reduction of *Campylobacter jejuni* on poultry by low-temperature treatment. Journal of Food Protection 66:652-655
- Zhang, X., Wang, S., Chen, X., & Qu, C. (2021). Review controlling *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat and poultry products: An overview of outbreaks, current legislations, challenges, and future prospects. Trends in Food Science & Technology 116 (2021) 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.014>

- Zhao, Y., Li, B., Li, C., Xu, Y., Luo, Y., Liang, D., & Huang, C. (2021). Comprehensive review of polysaccharide-based materials in edible packaging: A sustainable approach. In Foods (Vol. 10, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10081845>

<https://www.iloencyclopaedia.org/fr/part-xviii-10978/guide-to-chemicals/item/1029-acids-and-anhydrides-organic> 20/06/2023 ;18:11

https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substance.view&identifieur=119
21/06/2023 ;10:20

<https://www.humeau.com/acide-citrique-monohydrate-ac-s-99-sigma-c1909-500g-24300190954.html> 21/06/2023 ;11:03

https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substance.view&identifieur=119
22/06/2023 ;17:29

<https://foodcom.pl/fr/lacide-lactique-proprietes-et-applications-dans-lalimentation-et-la-medecine/> 21/06/2023; 12:10

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/acide-acetique/> 22/06/2023;12:50

<https://khiatlabo.com/produit/acetic-acid-glacial-ar-acide-acetique-glacial> 22/06/2023;14:00

<https://www.geo.fr/environnement/l-acide-acetique-un-conservateur-historique-et-un-puissant-medicament-170032> 22/06/2023;18:34

<https://www.quechoisir.org/comparatif-additifs-alimentaires-n56877/e260-acide-acetique-acide-ethanoique-p223349/> 22/06/2023;23:20

<https://www.pollution-chimique.com/usages.php> 23/06/2023;9:40

<file:///C:/Users/djaid%20yassmin/Desktop/magnisuim/Magnesium%20Nanoparticles%20%20AMERICAN%20ELEMENTS%20%C2%AE.html> 30/05/2023 ;22:45

Guide du projet

Pour obtenir un diplôme de startup
Dans le cadre de l'Arrêté Ministériel 1275

Décembre
2022





Carte d'information

À propos de l'équipe d'encadrement du groupe de travail

1- Équipe d'encadrement :

Équipe d'encadrement (à titre indicatif)

Encadrant principal : Benamar Ibrahim	Spécialité : Microbiologie appliquée
---	--



2- Équipe de projet :

Équipe de projet (à titre indicatif)	Faculté	Spécialité
Étudiant 01: Djaïd Chaimaa	Science	Microbiologie appliquée
Étudiant 02 : Djaïd Yasmine	Science	Microbiologie appliquée
Étudiant 03 Djallaoui Fadoua	Science	Microbiologie appliquée





Index

Contenu





Table des matières



<u>Première axe : Présentation du projet</u>	<u>1</u>
1. L'idée de projet (la solution proposée)	2
2. Les Valeurs suggérées	2
3. L'équipe	2
4. Les Objectifs du projet	3
5. Calendrier de réalisation du projet	3
<u>Deuxième axe : Aspects innovants</u>	<u>4</u>
1. La nature des innovations	5
2. Les aspects d'innovation	5
<u>Troisième axe : Analyse stratégique du marché</u>	<u>6</u>
1. Le segment du marché	7
2. La mesure de l'intensité de la concurrence	7
3. La stratégie marketing	8
<u>Quatrième axe : Plan de production et organisation</u>	<u>9</u>
1. Le processus de production	10
2. L'approvisionnement	10
3. La main d'oeuvre	11
4. Les principaux partenaires	11
<u>Cinquième axe : Plan financier</u>	<u>12</u>
1. Les coûts et les charges	13
2. Le chiffre d'affaires	14
3. Les comptes de résultats escomptés	15
4. Le plan de trésorerie	16
<u>Sixième axe : Prototype expérimental</u>	<u>18</u>



Le premier

Présentation
du projet





Premier axe

Présentation du projet



1. L'idée de projet

L'observation de la hausse fluctuante des prix de la viande de poulet au cours des dernières saisons de l'année a suscité l'intérêt et a conduit à la recherche des raisons sous-jacentes à cette tendance. Une telle observation peut être le point de départ d'un projet visant à mieux comprendre les facteurs qui influencent le prix de la viande de poulet et à trouver des solutions pour atténuer les variations de prix.

Dans le cadre de cette recherche, nous développerons des films à partir de polymères naturels tels que l'amidon et la pectine, extraits des déchets de fruits et légumes. Ces composés polysaccharidiques seront utilisés comme alternative dans notre démarche pour résoudre ce problème.

2. Les valeurs proposées :

- ✓ Réduire la contamination microbienne causée par les intoxications alimentaires, ce qui conduit à réduire les risques pour la santé publique.
- ✓ Prolonger la durée de conservation de la viande de poulet sur le marché, ce qui entraînera une diminution de son prix et une stabilité au fil du temps.
- ✓ Réduire les pertes des bouchers et des restaurateurs.
- ✓ Réduire les déchets d'emballage résultant de l'utilisation intensive de Polymères synthétiques et non biodégradables.

3. Équipe de travail

- ✓ Étudiante Fadoua Djellaoui : se spécialise dans la recherche de marchés et la commercialisation des produits.
- ✓ Étudiante Chaimaa Djaid : occupe le poste de responsable de la trésorerie financière.
- ✓ Étudiante Yasmine Djaid : est responsable des activités administratives et scientifiques.



4. Objectifs du projet

- ✓ L'obtention d'une marque déposée vise à améliorer la communication entre les acheteurs et les clients.
- ✓ Augmentez les ventes de films alimentaires Trouvez de nouveaux clients,
- ✓ Élargissez la clientèle existante et améliorez les avantages de l'emballage pour encourager l'achat.
- ✓ Élargir la clientèle.
- ✓ Amélioration de la qualité de l'emballage.
- ✓ Développement de partenariats stratégiques.

5. Calendrier de réalisation du projet :

			Mois ou semaines						
Travaux			1	2	3	4	5	6	7
1		Études préalables : choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des Documents nécessaires	✓	✓					
2		Commande des équipements			✓	✓			
3		Construction d'un siège de production (usine)		✓	✓	✓			
...		Installation des équipements				✓	✓	✓	
n		Achat de matières premières				✓			
...		Réalisation du prototype							✓



Deuxième axe

Aspects innovants

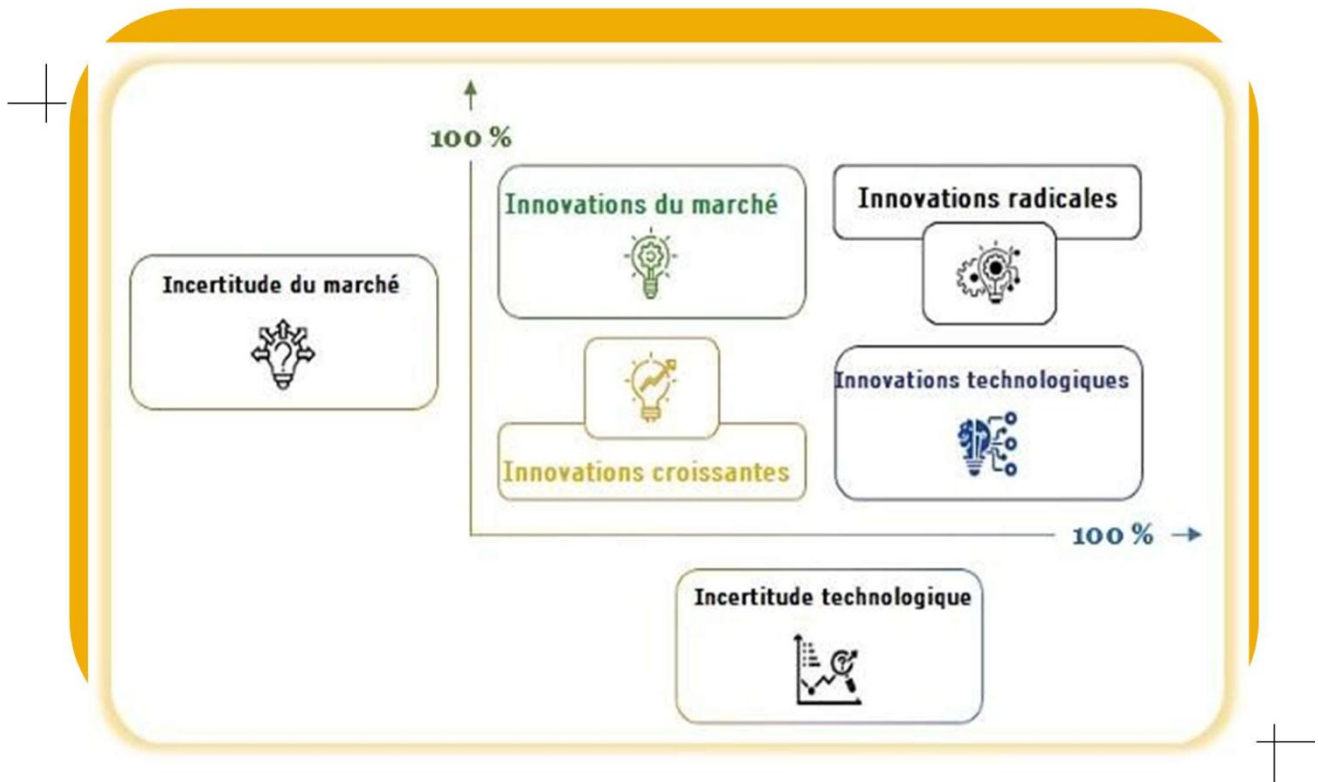




Deuxième axe

Aspects innovants

La nature des innovations adoptées dans le projet doit être précisée selon les propositions données dans le schéma suivant :



Les aspects innovants :

Les aspects innovants de l'emballage bioactif résident dans ses caractéristiques et fonctionnalités avancées qui le distinguent des emballages traditionnels. Ces innovations comprennent :

- L'incorporation d'ingrédients actifs d'origine naturelle qui permettent de préserver la fraîcheur et la qualité des produits, voire d'améliorer leur durée de conservation.
- La capacité à libérer de manière contrôlée des substances bénéfiques, telles que des agents antimicrobiens ou antioxydants, qui peuvent contribuer à prolonger la durée de vie des produits et à préserver leur qualité.

Ces aspects innovants de l'emballage bioactif permettent d'offrir des solutions plus durables, fonctionnelles et engageantes pour les consommateurs, tout en répondant aux exigences croissantes en matière de sécurité alimentaire et de protection de l'environnement.



Troisième axe

Analyse stratégique du marché





Troisième axe

Analyse stratégique du marché



1. Le segment du marché :

Le segment du marché des emballages bioactifs pour la viande de poulet englobe plusieurs acteurs, notamment :

- a. Les consommateurs de poulet en général : Cela inclut les personnes qui achètent et consomment régulièrement de la viande de poulet pour une utilisation domestique. Ils sont concernés par la qualité, la fraîcheur et la durée de conservation du poulet, et peuvent être attirés par des emballages bioactifs offrant des avantages supplémentaires tels que la préservation de la fraîcheur et la réduction des risques de contamination.
- b. Les bouchers : Les bouchers sont des professionnels de la vente de viande et peuvent être des clients potentiels d'emballages bioactifs pour la viande de poulet. Ces emballages peuvent les aider à garantir la qualité et la sécurité des produits qu'ils proposent à leurs clients. Les emballages bioactifs offrant une protection accrue et une meilleure durée de conservation peuvent être particulièrement attrayants pour les bouchers.
- c. Les restaurants : Les restaurants, en particulier ceux qui servent des plats à base de viande de poulet, sont également un segment important du marché des emballages bioactifs. Les emballages bioactifs peuvent aider à maintenir la fraîcheur et la qualité de la viande de poulet utilisée dans les préparations culinaires, ce qui est essentiel pour offrir une expérience satisfaisante aux clients.

En résumé, le segment du marché des emballages bioactifs pour la viande de poulet comprend les consommateurs en général, les bouchers et les restaurants. Ces acteurs sont tous intéressés par des emballages qui préservent la fraîcheur, prolongent la durée de conservation et contribuent à la qualité et à la sécurité des produits à base de poulet.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

A notre connaissance, en tant que seule startup opérant dans le domaine des emballages bioactifs en Algérie, nous bénéficions d'un avantage concurrentiel considérable dans nos régions cibles où la concurrence est encore faible. De plus, le marché des emballages bioactifs



en Algérie est encore vierge, offrant de nombreuses opportunités de croissance et d'expansion pour notre entreprise.

3. La stratégie marketing

Les relations clients sont d'une importance cruciale dans le secteur des emballages bioactifs. Voici quelques aspects clés à considérer pour établir et maintenir de bonnes relations avec les clients :

1. **Crédibilité dans la qualité du produit** : Il est essentiel de fournir des emballages bioactifs de haute qualité et de garantir leur efficacité. Cela renforce la confiance des clients et renforce votre crédibilité sur le marché. Assurez-vous de respecter les normes de qualité et de sécurité, et de fournir des produits fiables qui répondent aux attentes des clients.
2. **Équilibre entre l'offre et la demande** : Veillez à ce que votre capacité de production et votre chaîne d'approvisionnement soient adaptées à la demande des clients. Répondez rapidement aux commandes et assurez-vous de pouvoir fournir les emballages bioactifs dans les délais convenus. Cela contribue à renforcer la satisfaction client et à établir des relations durables.
3. **Comptoir d'accueil pour les clients** : Créez un point de contact direct avec les clients, comme un comptoir d'accueil ou un service client dédié. Cela permet aux clients de poser des questions, de recevoir des conseils et d'obtenir un soutien personnalisé. Répondez de manière rapide et efficace aux demandes des clients pour les aider à prendre des décisions éclairées.
4. **Communication proactive** : Gardez vos clients informés des nouveautés, des améliorations de produits ou de tout autre événement important. Utilisez des newsletters, des courriels ou des médias sociaux pour partager des informations pertinentes. La communication proactive renforce l'engagement des clients et les fidélise.



Quatrième axe

Plan de production et d'organisation

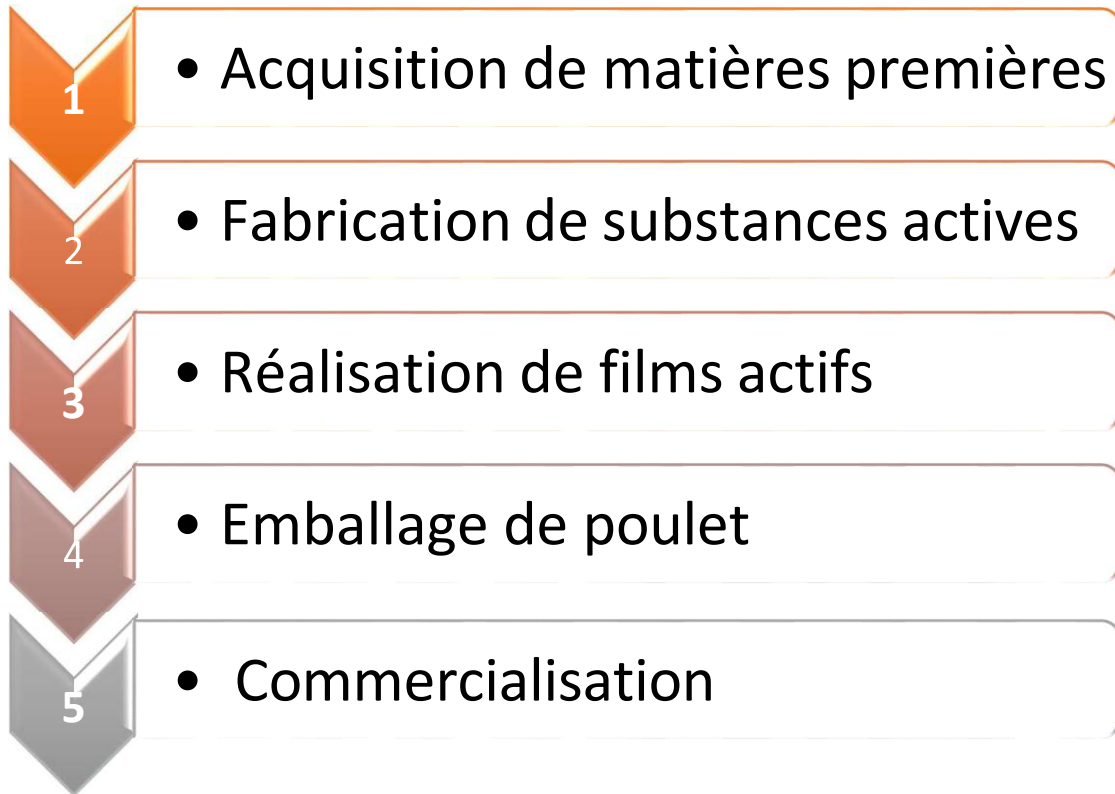




Quatrième axe

Plan de production et d'organisation

1. Le processus de production

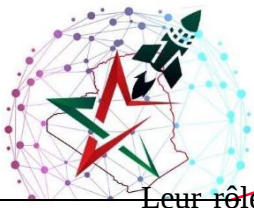


2. L'approvisionnement

Dans notre projet d'emballage actif, nous avons l'avantage de toucher tous les segments de la société. Cette approche inclusive renforce notre projet en nous permettant de répondre aux besoins variés de notre public cible et d'engager un large éventail de clients. En travaillant avec tous les segments de la société, nous bénéficions d'une plus grande diversité de perspectives, ce qui nous permet d'innover et de développer des solutions adaptées à chaque groupe. Cette approche ouverte et inclusive renforce notre position en tant qu'entreprise engagée socialement et nous permet de maximiser notre impact sur la société.

3. La main d'œuvre

La main-d'œuvre de notre usine d'emballages bioactifs est essentielle pour assurer une production efficace et de qualité. Composée d'environ 15 à 20 travailleurs, elle comprend des opérateurs de machines, des techniciens, des superviseurs et d'autres professionnels qualifiés.



Leur rôle consiste à participer à la fabrication, à l'assemblage et à l'emballage des produits bioactifs. Ils sont responsables de diverses tâches telles que la préparation des matières premières, l'utilisation des équipements de production, le contrôle de la qualité et l'emballage des produits finis. Leur expertise et leur engagement sont indispensables pour garantir la conformité aux normes de production et la satisfaction des clients.

4. Les Principaux partenaires

Les partenariats clés dans la fabrication d'emballages bioactifs comprennent :

1. Laboratoire de microbiologie : Ce partenariat est essentiel pour effectuer des tests microbiologiques approfondis afin de garantir la sécurité et l'efficacité des emballages bioactifs. Le laboratoire de microbiologie peut effectuer des analyses pour détecter la présence de bactéries, de champignons, de levures, etc., afin de s'assurer que les emballages sont exempts de contaminants microbiologiques.
2. Laboratoire de contrôle qualité : Ce partenariat est crucial pour réaliser des tests de contrôle qualité sur les emballages bioactifs. Le laboratoire de contrôle qualité peut effectuer des analyses physico-chimiques, des tests de performance et d'autres évaluations pour garantir la conformité aux normes de qualité et de sécurité établies.
3. Usine de production : La collaboration avec une usine de production spécialisée dans les emballages bioactifs est également un partenariat clé. Cette usine sera responsable de la fabrication des emballages en suivant les spécifications et les normes requises. Une coordination étroite avec l'usine de production est nécessaire pour assurer une production efficace et conforme aux exigences du projet.

Ces partenariats clés garantissent que les emballages bioactifs sont développés, testés et fabriqués selon les normes les plus élevées de qualité, de sécurité et de performance. Ils permettent de tirer parti de l'expertise spécialisée de ces laboratoires et de l'infrastructure de production de l'usine pour offrir des emballages bioactifs fiables et de haute qualité.



Cinquième axe

Plan financier





Cinquième axe

Plan financier

1. Coûts et charges :

Les coûts et charges liés à l'emballage bioactif peuvent inclure :

1. Coûts des matières premières : Les matières premières nécessaires à la fabrication de l'emballage bioactif, telles que les films spéciaux, les additifs bioactifs, les encres, les adhésifs, etc., représentent un coût significatif.
2. Coûts de fabrication : Cela englobe les dépenses liées à la transformation des matières premières en emballages bioactifs. Les coûts de main-d'œuvre, d'équipement, d'énergie et de maintenance de l'usine de production entrent dans cette catégorie.
3. Coûts de recherche et développement : Si le processus de développement de l'emballage bioactif est encore en cours, il peut y avoir des coûts associés à la recherche, aux tests de performance, aux études de faisabilité, etc.
4. Coûts de certification et de conformité : Les emballages bioactifs peuvent nécessiter des certifications spécifiques pour garantir leur sécurité et leur conformité réglementaire. Les coûts associés à ces certifications, tels que les audits, les tests et les frais de conformité, doivent être pris en compte.
5. Coûts de marketing et de promotion : Pour commercialiser les emballages bioactifs, il peut être nécessaire de mettre en place des stratégies de marketing, d'organiser des campagnes publicitaires, de participer à des salons professionnels, etc. Ces activités ont des coûts associés.
6. Coûts logistiques : Les frais de transport, de stockage et de distribution des emballages bioactifs doivent également être pris en compte.

Il est important de bien évaluer ces coûts et charges afin de déterminer le prix de revient de l'emballage bioactif et d'établir une structure de prix compétitive tout en assurant la rentabilité du projet.



2. Chiffre d'affaires :

1. ACTIF								
	REALISATION			PREVISION				
En milliers DZD	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Immobilisation Incorporelles	12000	76000	39000	15000	41000	53000	80000	34000
Immobilisation Corporelles	49000	50000	25000	17000	60000	44000	59000	18000
Terrain	1000000	1300000	800000	1500000	900000	900000	600000	7500000
Bâtiment	500000	600000	300000	100000	100000	250000	1700000	150000
Autres Immobilisations Corporelles	120000	400000	195000	114000	120000	180000	410000	450000
Immobilisations en concession	125000	190000	150000	70000	95000	41500	130000	320000
Immobilisation en cours	66000	80000	50000	40000	45000	105000	99000	64000
Immobilisations Financières	100000	115000	109000	90000	120000	105000	90000	114000
Titres mis en équivalence	11000	19000	160000	135000	180000	170000	175000	210000
Autres participations et créances rattachées	45000	52000	120000	32500	155000	61000	50000	630000
Autres Titres immobilisés	800000	360000	67000	69000	75000	95000	49000	85000
Prêts et autres titres financiers non courants	0	53000	150000	66000	97000	11000	132000	80000
Impôts différés actif	75000	14000	12500	580000	45000	125000	69000	165000
ACTIF NON COURANT	2842000	3183000	2113500	2796500	1932000	2043500	3504000	9768000
Stocks et encours	15000	37000	29000	19000	33000	32000	48000	51000
Créances et emplois assimilés	80000	60000	110000	100000	139000	118000	95000	81000
Clients	60000	180000	110000	41000	35000	70000	135000	160000
Autres débiteurs	90000	13000	150000	190000	14500	30000	21000	89000
Impôts et assimilés	50000	12000	79000	60000	49000	13000	59000	71000
Autres créances et emplois assimilés	98000	79000	85000	34000	43000	175000	600000	56000
Disponibilités et assimilés	70000	98000	65000	71000	54000	92000	98000	108000
Placements et autres actifs financiers courants	47000	16000	75000	89000	87000	31000	88000	45000
Trésorerie	3000	40000	900000	39000	54000	96000	23000	55000
ACTIF COURANT	513000	535000	1603000	643000	508500	657000	1167000	716000
TOTAL ACTIF	3355000	3718000	3716500	3439500	2440500	2700500	4671000	E+071
PASSIF								
	REALISATION			PREVISION				
En milliers DZD	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
CAPITAUX PROPRES	800000	5000000	7000000	600000	400000	1700000	1550000	1650000
Capital émis	1500000	1400000	1600000	1350000	1900000	450000	190000	1750000
Capital non appelé	800000	450000	560000	1600000	195000	1550000	2100000	1600000
Ecart de réévaluation	0	150000	180000	560000	165000	1680000	1700000	140000
Résultat net- RN part du groupe								



Autres capitaux propres-	100000	50000	67000	91000	73000	45000	42500	68000
report à nouveau								
Part de la société consolidant (1)	63000	60000	85000	45000	72000	96000	58000	60000
CAPITAUX PROPRES	3263000	7110000	9492000	4246000	2805000	5521000	5640500	5268000
PASSIFS NON-COURANTS	62000	32000	45000	22000	78000	12000	96000	36000
Emprunts et dettes financières	8000	5000	4000	45000	63000	88000	11000	11500
Impôt différé passif	3000	50000	58000	57000	48000	75000	11500	17000
Autres dettes non courantes	11000	15000	40000	62000	32000	98000	45000	11200
Provisions et produits constatés d'avance	118000	13000	5000	0	16800	156000	179000	30000
PASSIFS NON-COURANTS	202000	115000	152000	186000	237800	429000	342500	105700
PASSIFS COURANTS	49000	52000	11000	8200	30000	45000	16000	15000
Fournisseurs et comptes rattachés	11000	0	46000	63000	12000	78000	14000	90000
Impôts	56000	33000	52000	66000	42000	78000	52000	10000
Autres dettes	2000	30000	70000	365000	15000	51000	45200	12000
Trésorerie passif	53000	50000	78000	80000	5000	0	40000	63000
PASSIFS COURANTS	171000	165000	257000	582200	104000	252000	167200	190000
TOTAL PASSIF	373000	280000	409000	768200	341800	681000	509700	295700
Vérification de l'équilibre Actif/Passif	-	-	-	-	-	-	-	-

2. Le compte de résultat prévisionnel du projet :

COMPTEDERESULTAT PREVISIONNEL DE : STARTUP								
	REALISATION			PREVISION				
En Milliers DZD	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Vente et produits annexes	70000	90000	75000	95000	145000	80000	12000	145000
Variation des stocks produits finis et en cours	60000	56000	120000	125000	95000	170000	80000	70000
Production immobilisée	80000	110000	90000	100000	110000	200000	60000	100000
Subvention d'exploitation	100000	140000	105000	85000	160000	75000	90000	80000
Production de l'exercice	310000	396000	390000	405000	510000	525000	242000	395000
Achats consommés	15000	20000	12000	14000	17000	16000	20000	14000
Services Extérieurs et autres consommations	7000	6000	5000	3000	5000	8000	4000	7000
Consommation de l'exercice	22000	26000	17000	17000	22000	24000	24000	21000
Valeur ajoutée d'exploitation	288000	370000	373000	388000	488000	501000	218000	374000
Charges de personnel	10000	12000	7000	6000	11000	5000	2000	3000
Impôts et taxes et versement assimilés	12000	15500	16500	19000	8500	15000	9500	11000
Excédent Brut d'Exploitation	266000	342500	349500	363000	468500	481000	206500	360000
Autres produits opérationnels	30000	60000	40000	57000	80000	85000	35000	55000
Autres charges opérationnelles	15000	17000	22000	14500	16000	12500	14000	19000



Dotations aux amortissements, Provisions	12000	15000	25000	30000	23600	17800	29000	16500
Reprise sur pertes de valeurs et provisions	5000	8500	12000	4500	11000	6500	9000	10000
Résultat opérationnel	274000	379000	354500	380000	519900	542200	207500	389500
Produits Financiers	70000	95000	110000	85000	60000	120000	103000	88000
Charges financières	35000	40000	50000	25000	35000	55000	29000	42500
Résultat financier	35000	55000	60000	60000	25000	65000	74000	45500
Résultat Ordinaire avant impôt	309000	434000	414500	440000	544900	607200	281500	435000
Impôt exigible sur résultat ordinaire	58710	82460	78755	83600	103531	115368	53485	82650
Impôt différé sur résultat ordinaire	0	0	0	0	0	0	0	0
Résultat net des activités ordinaires	250290	351540	335745	356400	441369	491832	491832	352350
Éléments extraordinaires (produits)	100000	120000	80000	105000	98000	100000	190000	108000
Éléments extraordinaires (charges)	70000	95000	45000	50000	65000	85000	90000	56000
Résultat extraordinaire	30000	25000	35000	55000	33000	15000	100000	52000
	280290	376540	370745	411400	474369	506832	591832	404350

3. Le plan prévisionnel de trésorerie

COMPTES DE RESULTAT PREVISIONNEL DE : STARTUP								
	REALISATION			PREVISION				
En Milliers DZD	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Vente et produit s'annexes	70000	90000	75000	95000	145000	80000	12000	145000
Variation des stocks produits finis et en cours	60000	56000	120000	125000	95000	170000	80000	70000
Production immobilisée	80000	110000	90000	100000	110000	200000	60000	100000
Subvention d'exploitation	100000	140000	105000	85000	160000	75000	90000	80000
Production de l'exercice	310000	396000	390000	405000	510000	525000	242000	395000
Achats consommés	15000	20000	12000	14000	17000	16000	20000	14000
Services Extérieurs et autres consommations	7000	6000	5000	3000	5000	8000	4000	7000
Consommation de l'exercice	22000	26000	17000	17000	22000	24000	24000	21000
Valeur ajoutée d'exploitation	288000	370000	373000	388000	488000	501000	218000	374000
Charges de personnel	10000	12000	7000	6000	11000	5000	2000	3000
Impôts et taxes et versement assimilés	12000	15500	16500	19000	8500	15000	9500	11000
Excédent Brut d'Exploitation	266000	342500	349500	363000	468500	481000	206500	360000
Autres produits opérationnels	30000	60000	40000	57000	80000	85000	35000	55000
Autres charges opérationnelles	15000	17000	22000	14500	16000	12500	14000	19000



Dotations aux amortissements, Provisions	12000	15000	25000	30000	23600	17800	29000	16500
Reprise sur pertes de valeurs et provisions	5000	8500	12000	4500	11000	6500	9000	10000
Résultat opérationnel	274000	379000	354500	380000	519900	542200	207500	389500
Produits Financiers	70000	95000	110000	85000	60000	120000	103000	88000
Charges financières	35000	40000	50000	25000	35000	55000	29000	42500
Résultat financier	35000	55000	60000	60000	25000	65000	74000	45500
Résultat Ordinaire avant impôt	309000	434000	414500	440000	544900	607200	281500	435000
Impôt exigible sur résultat ordinaire	58710	82460	78755	83600	103531	115368	53485	82650
Impôt différé sur résultat ordinaire	0	0	0	0	0	0	0	0
Résultat net des activités ordinaires	250290	351540	335745	356400	441369	491832	491832	352350
Eléments extraordinaire (produits)	100000	120000	80000	105000	98000	100000	190000	108000
Eléments extraordinaire (charges)	70000	95000	45000	50000	65000	85000	90000	56000
Résultat extraordinaire	30000	25000	35000	55000	33000	15000	100000	52000
	280290	376540	370745	411400	474369	506832	591832	404350



Sixième thème

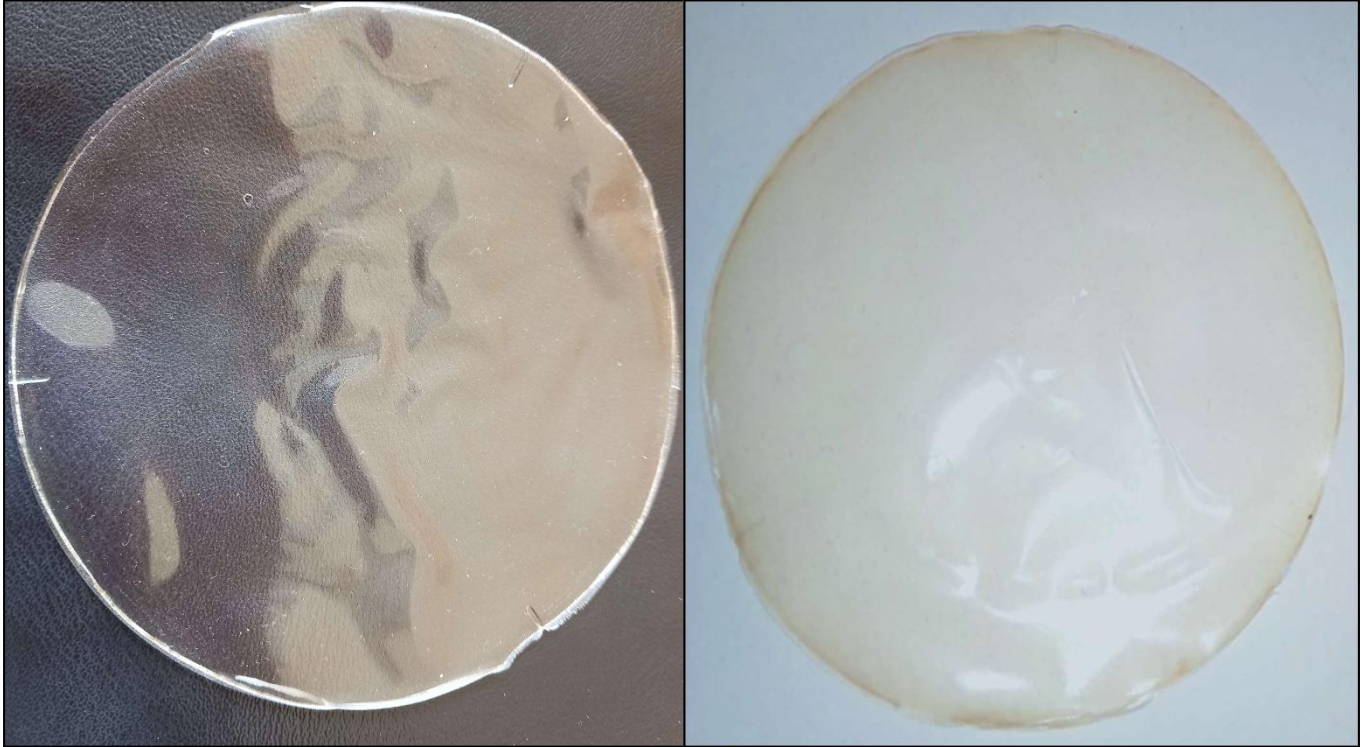
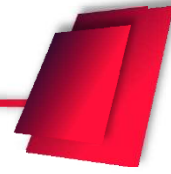
Prototype
expérimental





Sixième thème

Prototype expérimental





Business Model Canvas

Key partnerships ○ Laboratoire de microbiologie ○ Laboratoire de contrôle qualité ○ usine	Key Activites ○ Fabrication de plastique biodégradable ○ Fabrication de plastique bioactive ○ Analyse l'emballage sur le poulet	Value propositions ➤ Maintient et améliore la qualité des aliments ➤ La capacité de la dégradation dans la nature ➤ Assurer la santé publique.	Customer Relationships ➤ Crédibilité dans la qualité du produit ➤ l'égalité entre l'offre et la demande. ➤ Comptoir d'accueil pour les clients	Customer segments ☐ Société en général (consommateurs de poulet) ☐ bouchers ☐ Restaurants
Cost structure ➤ Le prix de la location du magasin ➤ Coût de transport ➤ Le coût des matières premières	Key Resources ➤ laboratoire ➤ Matériel de laboratoire ➤ les matières premières		Channeles ➤ Vente directe (centre commercial) ➤ Vente en ligne (sites de réseaux sociaux)	Revenue streams ➤ Vendre le produit