



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie- Filière : Biologie.
Spécialité : Microbiologie appliquée.

Intitulé :

**Les espèces *Lactobacillus plantarum*:
potentialités probiotiques et bacteriocinogènes,
synthèse bibliographique**

Présenté par:

Melle: Baatouche Kanza et Melle: Moussai Chaima.

Soutenu le /Juin/ 2024, Devant le Jury:

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	Mme. Chenouf Nadia Safia.	M.C B	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur :	Mme. Zerroug Amina.	M.C A	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	M. Meribai Abdelmalek.	M.C B	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Au terme de ce travail, on tient à remercier Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Notre encadrant Mr MERIBAI Abdelmalek pour ses aides accordées pour la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Madame CHENOUF NADIA-SAFIA et Madame ZERROUGE AMINA d'avoir accepté d'évaluer notre travail en tant que jury de soutenance.

Nos remerciements vont également à nos professeurs, pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont procuré et de nous avoir guidé au cours des années de notre cursus à l'Université.

Nos remerciements vont également à toutes personnes ayant participé de proche ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

بسم الله الرحمن الرحيم

(و اخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين)

À mes chers parents, [Baatouche Emhammed] et [Bouaaza Naanaa], votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et vos sacrifices sans fin ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit mon chemin vers le succès. À mes sœurs et à mon frère, [Chaima,Sihame] et [yassine], votre présence et votre encouragement m'ont donné la force de persévérer et de réaliser mes rêves.

À mon encadreur, [Abdelmalek Meribai], je vous remercie du fond du cœur pour votre expertise, votre patience et vos conseils avisés tout au long de ce projet. Votre mentorat m'a permis de grandir tant sur le plan académique que personnel.

Et enfin, à mes amis(khouloude,Rahma,Samira,Afaf) compagnons de route précieux, dont le soutien, l'amitié et les encouragements m'ont donné la force et le courage de persévérer. Votre présence a rendu ce voyage encore plus mémorable.

Merci du fond du cœur.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات)

Louange à Allah qui m'a accordé le succès, m'a béni avec la santé et la force pour poursuivre mon chemin malgré toutes les difficultés et les obstacles. Je suis reconnaissante pour Ses bénédictions infinies.

Je dédie ce travail à mes parents qui m'ont soutenu et été mon pilier, mon père, Moussai Ammar mon héros, qui n'a rien refusé pour moi et a été mon soutien principal après Allah, travaillant dur pour moi et luttant pour que je réussisse. Ma mère, Semai Fouzia ma compagne de route, qui a veillé sur moi pendant les nuits pour que j'atteigne où j'en suis aujourd'hui.

À mes frères Abdel basset, Zakaria, Oussama. À mes sœurs Hadjer et Marwa.

À mon binôme Kanza, mon amie proche Yasmin.



Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Chapitre I: Les caractères généraux des <i>Lactobacillus plantarum</i>	3
I.1 Les Bactéries lactiques:	3
I.1.1. Généralités sur les Bactéries Lactiques:.....	3
I.1.2.Le Genre <i>Lactobacillus</i> :	4
I.1.2.1. Notions générales sur les Lactobacilles:	4
I.2. L'espèce <i>Lactobacillus plantarum</i> :	7
I.2.1. Définitions:	7
I.2.2. Rappel taxonomique:.....	7
I.2.2.1. Classification selon Dellaglio et Felis, 2005:.....	7
I.2.2.2 Phylogénie du groupe <i>Lactobacillus plantarum</i> :	8
I.3. Ecologie:	9
I.4. Caractères bactériologiques:	9
I.5. Caractères culturaux:	10
I.5.1 Milieux de culture sélectif:	10
I.6. Caractères biochimiques des <i>Lactobacillus plantarum</i> :.....	12
I.6.1. Métabolisme et fermentation:	12
I.6.2. Utilisation des sucres par <i>L.plantarum</i> :	13
I.6.3 Tolérance et croissance:	13
I.6.4 Produits secondaires de fermentation:	13
I.6.4.1 Acides organiques:	13
I.6.4.2 Production de Bactériocines:	13
I.6.5. Identification biologique:	14
I.7. Caractères Probiotiques:	16
I.7.1. Les effets probiotiques:	18
I.7.1.1. Effets antibactériens	18

Table des matières

I.7.1.2. Effets antifongiques:	18
I.7.1.3. Effets antioxydants:	19
I.7.1.4. Effets antimutagènes:	19
I.7.1.5. Effets pro- immunitaires:	19
I.8. Analyse moléculaire:	20
I.8.1. Caractères génétiques:	21
Chapitre II: Bactériocines des <i>Lactobacillus plantarum</i>.	24
II.1 Historiques:	24
II.2 Définitions:	24
II.3. Classification des bactériocines:	25
II.3.1 La Classe I:	26
II.3.2 La Classe II:	26
II.3.2.1 La Classe IIa:	26
II.3.2.2 La Classe IIb:	26
II.3.2.3 La Classe IIc:	26
II.3.3 La Classe III:	27
II.3.4 La Classe IV:	27
II.4. Biosynthèse des bactériocines:	28
II.5. Mode d'action:	28
II.5.1. Classe I:	28
II.5.2. Classe II:	28
II.5.3. Classe III:	28
II.6. Bactériocines produites par <i>L. plantarum</i> :	29
II.7. Les interactions entre les souches <i>L. plantarum</i> et souches cibles:	36
II.8. La résistance aux bactériocines:	38
Conclusion	39

Résumé

L'espèce *Lactobacillus plantarum*, partageant les caractères des bactéries lactiques, mésophile, hétérofermentaire facultative, aérotolérance, d'écologie ubiquitaire, impliquée dans les fermentations comme levain starter, ayant statut de sécurité (GRAS). Son double rôle; d'autochtone colonisant tractus intestinal humain, de levain starter des fermentations, lui attribué un choix privilégié pour son utilisation pour développement de nouveaux produits fonctionnels. *L. plantarum*, sujet à d'intenses explorations scientifiques. L'espèce est au centre des débats controversés. La présente étude vise à promouvoir la connaissance de l'espèce, par synthèse bibliographique des connaissances, analyse critique, collecte des données, de passer en revue, ses différents caractères bactériologiques, physiologiques, biochimiques, probiotiques, génétiques et production de bactériocines. *L. plantarum* est couramment utilisée pour fermentations des aliments d'origine animale/végétale: produits laitiers (lait cru, lait fermenté, yaourts et fromages), les saucisses des viandes, des poissons. Légumes: cornichons, concombre, olives de table, choucroute, haricot vert, etc...*L. plantarum*, ayant capacité à survivre au transit du tractus digestif, d'adhérer aux cellules épithéliales intestinales. *L. plantarum*, *L. pentosus* et *L. paraplantarum* sont génotypiquement apparentées, présentent des phénotypes similaires. L'hétérogénéité du groupe, est démontrée par l'hybridation ADN-ADN. Plus de 2000 gènes, identifiés chez différentes souches *L. plantarum*, codant pour protéines, avec des homologues dans d'autres bactéries lactiques. De cet ensemble, 121 gènes, avérés présents uniquement chez *L. plantarum*, semblent des gènes marqueurs pour l'espèce. *L. plantarum* est hautement bactériocinogène. Les souches d'origine végétale, montrent haute activité bactériocinogène, avec des bactériocines, thermostables, ayant large spectre bactéricide/bactériostatique, efficaces sur large gamme de pH. *L. plantarum*, par son rôle polyvalent de levain starter, son écologie ubiquitaire, ayant vertus probiotiques, ouvrent des perspectives prometteuses en nutrition humaine et technologies alimentaires.

Mots clés:

Bactériocine, Fermentation, Industrie alimentaire, *Lactobacillus plantarum*, Probiotique.

Abstract

Lactobacillus plantarum species matching the features of lactic acid bacteria, mesophilic, facultative heterofermentative, aerotolerant, of ubiquitous ecology, active in fermentations as a starter. Many *Lactobacillus plantarum* strains have safe status GRAS: *Generally Recognized As Safe*. Its dual role; as native colonizing the human digestive tract, as starter of food fermentations, awarded to it a preferential choice for its usage for development of new prebiotic beverages. *L. plantarum*, subject to considerable data scientific research. Data linked health benefits to this species. *L. plantarum* is at the focus of heated issues. This study aimed to enhance understanding of the species characteristics, through bibliographic overview of knowledge, critical analysis, data collecting, to examine its different bacteriological, physiological, biochemical, probiotic, genetic features and production of bacteriocins. *Lactobacillus plantarum* is commonly used for the fermentation of foods of animal origin: dairy products (raw milk, fermented milk, yogurt and cheese), meat sausages, fermented fish. Foods of plants origin: Vegetables: pickles, cucumber, table olives, sauerkraut, green beans, etc... *Lactobacillus plantarum*, having the ability to survive transit through the digestive tract, adheres to intestinal epithelial cells. *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus* and *L. paraplantarum* are genotypically related, exhibiting similar phenotypes. Plant-derived strains of *L. plantarum* have strong bacteriocinogenic activity and thermostable bacteriocins that are effective across a broad pH range and have a broad bactericidal/bacteriostatic spectrum. *Lactobacillus plantarum*, through its versatile role as a sourdough starter, its ubiquitous ecology, having probiotic virtues, opens up promising perspectives in human nutrition and food technologies.

Keywords: Bacteriocin, Fermentation, Food industry, *Lactobacillus plantarum*, Probiotic.

المخلص

نوع *Lactobacillus plantarum*، يشارك البكتيريا اللبنية في خصائص مثل الطبيعة الميزوفيلية، التخمر المختلط الاختياري، القدرة على تحمل الهواء وانتشاره البيئي الواسع. يستعمل في عمليات التخمر كعنصر بادئ، ويحظى بمكانة آمنة من الناحية الغذائية، يخضع لاستكشافات علمية مكثفة حيث تشير البيانات إلى فوائده الصحية، مما يجعله محل جدل مستمر. تهدف هاته الدراسة النظرية إلى تعزيز المعرفة حول هذا النوع من خلال تلخيص المراجع العلمية، التحليل النقدي، جمع البيانات ومراجعة الخصائص البكتريولوجية، الفسيولوجية، الكيميائية، البروبيوتكية، الجينية وإنتاج البكتيريوسين. يستخدم *Lactobacillus plantarum* بشكل شائع في تخمير الأطعمة الحيوانية/النباتية مثل المنتجات الألبان واللحوم المعالجة والأسماك، الخضراوات مثل الخيار، البصل، الزيتون المخلل، الملفوف والفاصوليا الخضراء. يتميز بقدرته على التعايش في الجهاز الهضمي والالتصاق بالخلايا الظهارية المعوية. تتشابه *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus paraplantarum* جينيا ويظهر التنوع في هذه المجموعة من خلال تقنية التهجين (حمض نووي- حمض نووي). تم تحديد أكثر من 2000 جين في سلالات مختلفة لـ *Lactobacillus plantarum* ترمز للبروتينات، وتظهر معظمها في بكتيريا لبنية أخرى، مع 121 جينا خاصا بـ *Lactobacillus plantarum* حيث تعتبر علامة مميزة لهذا النوع. يتميز *Lactobacillus plantarum* بنشاط عال للبكتيريوسين، خاصة في السلالات ذات الأصل النباتي، والتي تظهر نشاطا عاليا في إنتاج بكتيريوسينات وهي بكتيريوسينات مقاومة للحرارة، ذات طيف واسع من النشاط البكتيريوسيدي/البكتيريوستاتي، فعال عند مجموعة واسعة من درجات الحموضة. بفضل دوره متعدد الاستخدامات كبادئة خميرة وقدرته البروبيوتية وانتشاره البيئي الواسع، يفتح آفاقا واعدة في مجال التغذية البشرية والتقنيات الغذائية.

الكلمات المفتاحية، *Lactobacillus plantarum*، بكتيريا لبنية، التخمر المختلط الاختياري، الخصائص البكتريولوجية، النشاط البكتيريوسيني، البروبيوتيات، الجينات.

Liste des abréviations

® : Signe commerciale

°C: Degré celsius.

ADN: Acide désoxyribo nucléique .

ARN nc: ARN non codant .

ARN: Acide ribo nucléique.

ARNr: Acide ribo nucléique ribosomale.

ARNt: Acide ribo nucléique transfère .

ATP: Adénosine triphosphate.

BL: bactérie lactique.

CDS: séquences codantes pour les protéines.

CO₂: Dioxyde de carbone

E.coli: *Escherichia coli*.

EFSA: l'Autorité européenne de sécurité des aliments.

ENZ: Enzyme.

EPS: Exopolysaccharides.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

FDA: Food and Drug Administration.

G(-): Gram négatif.

G(+): Gram positif.

GC%: Coefficient Chargaff.

GRAS: généralement reconnu comme sûr

h: heures.

HMF: Homofermentaire.

HTF: Hétérofermentaire.

kDa: Kilo Dalton.

L. plantarum: *Lactobacillus plantarum*.

Lb: *Lactobacillus* .

Lbp: *Lactobacillus plantarum*.

Liste des abréviations

M.E.T: Microscope Electronique à Transmission.

M.O: Microorganisme.

Mb: mégabase.

MII: Maladies inflammatoires intestinales .

MLVA : Multiple-Locus Variable number tandem repeat Analysis.

ND: Non Déterminé.

OMS: Organisation mondiale de la santé.

PCR : Polymerase Chain Reaction

pdt: pendant.

PFGE: Électrophorèse en champ pulsé.

PM: Poids moléculaire.

QPS: Présomption de Sécurité Qualifiée.

RAPD-PCR: Random Amplified Polymorphic DNA - Polymerase Chain Reaction.

T: Temperature.

µm: Micromètre.

Liste des figures

Figure 01: *Lactobacillus Rosell-11* : microscopie électronique à transmission (X10000).....5

Figure 02: Arbre phylogénétique des groupes de la famille des Lactobacillaceae.8

Figure 03:Arbre: vraisemblance maximale des relations entre groupe *L. plantarum*.9

Figure 04: Mécanismes d'action des souches de *L. plantarum* contre les maladies intestinales inflammatoires (MII).....20

Liste des tableaux

Tableau I: Principaux groupes formés au sein du genre <i>Lactobacillus</i> :.....	5-6
Tableau II: Composants du MRS:.....	10
Tableau III: De synthèse milieux de culture pour <i>L. plantarum</i> :.....	10-12
Tableau IV: Caractéristiques physiologiques et biochimiques des Lactobacilles:.....	14-15
Tableau V: Différenciation de <i>L.plantarum</i> des autre Lactobacilles:.....	15-16
Tableau VI de synthèse: Propriétés génitiques des souches <i>Lactobacillus plantarum</i> : ...	22-23
Tableau VII de synthèse: Bactériocines des souches d'origine végétales:.....	29-33
Tableau VIII de synthèse: Bactériocines des souches d'origine carnées:.....	33-34
Tableau IX: Bacteriocines des souches d'origine laitiers:.....	34-35
Tableau X de synthèse: Bactériocines des souches d'origine de divers sources:.....	35-36
Tableau XI de synthèse: Antagonismes entre <i>L. plantarum</i> et souches cibles:.....	37-38

Introduction

Les bactéries lactiques, sont largement impliquées dans la conversion des aliments à base de lait, par transformation du lactose en lactate, dégradation des composants du lait: protéines, lipides, citrate, avec l'obtention d'une bonne texture, formation des arômes, ce qui améliore les caractères organoleptiques de ces produits, prolonge leur durée de conservation, les rendent plus digestibles et plus appréciés par le consommateur (Carr *et al.*, 2002; Menconi *et al.*, 2014).

Les lactobacilles sont des microorganismes largement distribués dans la nature, sont rarement pathogènes. Ce sont des cellules procaryotes, en forme de bâtonnets ou coccobacilles, isolées ou en chaînettes, de taille variable, à paroi Gram positif, asporogènes, immobiles, anaérobies ou aérotolérantes et auxotrophes pour des vitamines, des acides aminés, thermophiles ou mésophiles, mais elles sont acidotolérantes ou acidophiles avec un pH optimum de croissance de 5,5 à 6,2 (Caplice & Fitzgerald 1999).

Les bactéries lactiques possèdent plusieurs actions bénéfiques, que ce soit au niveau du produit obtenu ou au niveau des effets bénéfiques pour le consommateurs, en améliorant les propriétés sensorielles et nutritionnelles. Pendant la fermentation lactique, ces bactéries synthétisent plusieurs molécules qualifiées de bioactives, telles que les acides organiques, les arômes, les exopolysaccharides, les bactériocines (DeVuyst et Degeest, 1999a; 1999b; Nath et al 2020; Bali et al 2016).

Certaines bactéries lactiques sont reconnues en tant que probiotiques, elles possèdent des effets bénéfiques pour la santé de l'hôte. C'est pourquoi, ces dernières années, la recherche de la biomasse, particulièrement des levains starters lactiques s'est intensifiée, notamment pour la fermentation de fruits et de légumes, riches en vitamines et antioxydants.

A ce groupe de bactéries lactiques (BL), appartient l'espèce *Lactobacillus plantarum*; mésophile, aérotolérante et hétérofermentaire facultative, avec des produits finaux de fermentation comme: acide lactique, acides organiques, alcool et CO₂, (Vandamme *et al.*, 1996) *L. plantarum* sont très ubiquistes, colonisent diverses niches écologiques; sont isolées de l'intestin de l'homme (Behera *et al.*, 2018) de l'animal (Behera *et al.*, 2018), du tube digestif des poissons (Lv *et al.*, 2018), des insectes (Selmi *et al.*, 2023), sont associées aux fermentations des aliments notamment ceux d'origine animale; à l'exemple de viandes (Todorov *et al.*, 2010; Soenarno *et al.*, 2019), et d'autres produits carnés fermentés (An *et al.*, 2017), des laits et produits laitiers (Zhu *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2018), du yaourts (Goel *et al.*, 2020), des fromages (Jabbari *et al.*, 2017; Prix *et al.*,

2018), impliquées aussi dans les fermentations des végétaux: légumes (Suryani *et al.*, 2023), des olives de table: olives vert fermentés (Kacem *et al.*, 2005; Benítez-Cabello *et al.*, 2020), des olives noirs de table et fruits (Todorov *et al.*, 2011), (Nath *et al.*, 2020).

L. plantarum est reconnue comme sûre; ayant le statut G.R.A.S (FDA, 2017); plusieurs travaux ont attribué le statut de présomption de sécurité pour des souches *L. plantarum* (Zhang *et al.*, 2012; Anyogu *et al.*, 2021). En outre, les espèce *L. plantarum*, sont considérées comme probiotiques (Liu *et al.*, 2018; Riane *et al.*, 2021; Requena *et al.*, 2024). *L. plantarum* est qualifiée d'espèce polyvalente: Son double rôle d'habitant indigène du tractus intestinal humain et de levain starter sur (ayant statut GRAS) dans les fermentations alimentaires (Benítez-Cabello *et al.*, 2020) ont fait de l'espèce un choix privilégié pour son utilisation dans le développement de nouveaux produits fonctionnels/ probiotiques. L'espèce *L. plantarum* est largement utilisée comme levain starter, en culture pure et/ou mixte pour la fermentation de divers produits à base de fruits et de légumes à l'exemple de: jus de tomate, de carotte, de concombre, des haricots verts ...etc

L'utilisation des souches *L. plantarum*, pour des applications technologiques, est tributaire à leurs propriétés fonctionnelles, probiotiques et technologiques telles que: l'activité acidifiante, aromatisante, production d'exopolysaccharides, activités protéolytiques et bacteriocinogènes.

La sélection de nouvelles souches *L. plantarum*, est un enjeu industriel important, de nouvelles souches, aux propriétés spécifiques. Ces levains starters et leurs caractères probiotiques doivent être mieux connus, leurs voies fermentaire, métaboliques, doivent être décortiquées et bien maîtrisées. L'espèce *L. plantarum* est sujette à de profondes explorations scientifiques et les données relatives à ce sujet sont parfois contradictoires.

Dans ce contexte se situé l'objectif de la présente étude bibliographique, qui vise l'élaboration d'une synthèse des connaissances actuelles, par analyse critique, synthèse, collecte des données scientifiques relatives à l'espèce *L. plantarum*, de passer en revue ses différents caractères bactériologiques, physiologiques, biochimiques, probiotiques, génétiques et ses productions de bactériocines.

Ce mémoire, est structuré en deux principaux chapitres dont:

- Un premier chapitre portera sur des généralités sur des *Lactobacillus* en générale et caractérisation, vertus et rôles des espèces *L. plantarum* particulièrement.
- Un deuxième chapitre ou nous avons passé en revue les bactériocines élaborées par des souches *L. plantarum* de différentes origines.

Chapitre I: Les caractères généraux des *Lactobacillus plantarum*

I.1 Les Bactéries lactiques:

I.1.1. Généralités sur les Bactéries Lactiques:

Les bactéries lactique (ou "organismes acidifiants de lait", comme on les appelait au tournant du 20ème siècle) sont depuis longtemps considérées comme sûres et adaptées à la consommation humaine (FAO/OMS, 2002; Bernardeau *et al.*, 2008; Lahtinen *et al.*, 2012).

Traditionnellement, les BL ont été associées aux fermentations alimentaires et fourragères et sont généralement considérées comme des micro-organismes bénéfiques, certaines souches étant même considérées comme des bactéries bénéfiques pour la santé (probiotiques) (Dujmić, 2017).

La monographie d'Orla-Jensen (1919) a constitué la base de la classification actuelle des BL, qui tient compte de la morphologie cellulaire, du mode de fermentation du glucose, des plages de température de croissance et des possibilités d'utilisation du sucre. Taxonomiquement, les BL sont divisées en deux phylums distincts : les *Firmicutes* et les *Actinobacteria*. Dans le phylum Firmicutes, on trouve des genres tels que *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Tetragenococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Weissella*, *Alloiococcus*, *Symbiobacterium* et *Vagococcus*. Dans le phylum Actinobacteria, les BL appartiennent aux genres *Atopobium* et *Bifidobacterium* (von Wright Axelsson, 2012; Liptáková *et al.*, 2017).

Les BL comprennent de nombreux genres bactériens tels que *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Weissella*... (Makhloufi, 2011).

De plus, l'utilisation de séquences génétiques codant pour les ARN 16S et 23S a conduit à l'identification de nouveaux genres bactériens parmi les bactéries lactiques, tels que *Carnobacteria*, *Enterococcus*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus*, résultant de l'évolution de la taxonomique (Vandamme *et al.*, 1996).

Généralement Les BL sont des bactéries à Gram-positif, non sporulantes, dépourvues de cytochromes, facultativement anaérobies ou microaérophiles, homofermentaires, immobiles, capables de fermenter les sucres en acide lactique principalement. Elles se distinguent par leur tendance à être négatives à la catalase et à l'oxydase, leur besoin d'oxygène réduit, leur tolérance à l'acidité, elles sont capables de croître et de tolérer les conditions acides (pH 2 à 4), ainsi que par leur forme bacille ou cocobacille. Les BL ont

tendance à être nutritionnellement exigeantes, nécessitant souvent des acides aminés spécifiques, des vitamines B et d'autres facteurs de croissance. Ces caractéristiques morphologiques, physiologiques et métaboliques les associent généralement aux aliments fermentés (Seddik *et al.*, 2017; Liptáková *et al.*, 2017; Reuben *et al.*, 2020).

Dans la nature, les BL sont ubiquitaires dans la matière végétale et se trouvent dans le tractus gastro-intestinal, vaginal et urogénital des humains et d'autres animaux (Makarova *et al.*, 2006 ; Seddik *et al.*, 2017). Notamment en créant un environnement hostile aux bactéries pathogènes (Roméo *et al.*, 2001). Les BL agissent principalement comme des cultures protectrices en raison de la production de composés antimicrobiens tels que la bactériocine, la nisine, l'enterocine, etc (Goel *et al.*, 2020).

On peut les trouver dans différents produits alimentaires tels que les produits laitiers, les produits carnés, les poissons conservés, ainsi que dans les végétaux et les céréales (Roméo *et al.*, 2001). Leur capacité à coloniser différents environnements riches en glucides découle essentiellement de leur métabolisme polyvalent, et sont généralement considérés comme non toxiques et non pathogènes (Klaenhammer *et al.*, 2005).

Les BL ont une grande valeur économique pour l'industrie laitière et d'autres industries alimentaires fermentées. La fermentation des produits alimentaires est le résultat de la croissance, l'association et l'interaction entre les différents BL (Sharma *et al.*, 2020).

Parmi les BL, *Lactobacillus* est le genre le plus répandu. Ce genre contient de nombreuses espèces présentant des caractéristiques phénotypiques, biochimiques et génétiques différentes (Vandamme *et al.*, 1996).

I.1.2. Le Genre *Lactobacillus*:

I.1.2.1. Notions générales sur les *Lactobacilles*:

Le genre *Lactobacillus* domine, à lui seul le groupe de BL, ces derniers renferment des Lactocoques et coccobacilles (Elagöz *et al.*, 1996). Les Lactobacilles se présentent sous forme de bacilles (Figure 01) à Gram positif, microaérophile (Barrangou *et al.*, 2012). Isolées ou regroupées en paires ou en chaînettes, immobiles, asporulés, négatives pour la catalase et se caractérisent par un faible pourcentage en GC%, Ces bactéries sont généralement acidophiles, avec une température de croissance optimale située généralement entre 30 et 40 °C et un pH optimal entre 5,5 et 6,2. Leurs besoins nutritionnels sont complexes, nécessitant des acides aminés, des peptides, des vitamines, des sels, des acides gras ou des esters d'acides (Salveti *et al.*, 2012).

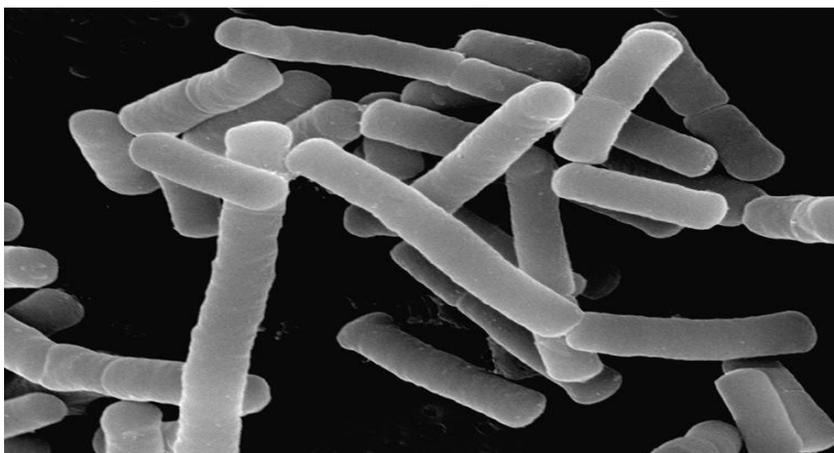


Figure 01: *Lactobacillus Rosell-11*: microscope électronique à transmission (M.E.T.) (x 10000). (http://www.institut-rosell-lallemand.com/uploads/images/souches/Lactobacillus-R52_big.jpg).

Le genre *Lactobacillus*, qui comprend plus de 220 espèces, est le principal genre du groupe des bactéries lactiques. Ces bactéries produisent de l'acide lactique comme principal produit final de la fermentation des hexoses (Makarova *et al.*, 2006 ; Seddik *et al.*, 2017). Le métabolisme fermentaire des Lactobacilles génère des acides organiques autres que l'acide lactique, tels que l'acide acétique, l'éthanol, le CO₂ et le succinate (Salvetti *et al.*, 2012).

Globalement les espèces de *Lactobacillus* sont divisées en trois groupes (Tableau I)

(Hassan et Frank, 2001; Liptáková *et al.*, 2017) :

- Les homofermenteurs obligatoires (*L. helveticus*, *L. acidophilus*, *L. delbrueckii*);
- Les hétérofermenteurs facultatifs (*L. plantarum* et *L. casei*);
- Les hétérofermenteurs obligatoires (*L. brevis*, *L. reuteri*, *L. fermentum* ou *L. kefir*).

Tableau I: Principaux groupes formés au sein du genre *Lactobacillus* (Saad, 2010)

Groupe 1 HMF strictes	Groupe 2 HTF facultatifs	Groupe 3 HTF strictes
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. brevis</i>
<i>L. amylophilus</i>	<i>L. paraplantarum</i>	<i>L. buchneri</i>
<i>L. amylovorus</i>	<i>L. pentosus</i>	<i>L. collinoides</i>
<i>L. aviarius subsp. araffinosus</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>L. fermentum</i>
<i>L. aviarius subsp. Aviarius</i>	<i>L. sake</i>	<i>L. fructivorans</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>L. acetotolerans</i>	<i>L. fructosus</i>

<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	<i>L. agilis</i>	<i>L. hilgardii</i>
<i>L. delbrueckii subsp. delbrueckii</i>	<i>L. alimentarius</i>	<i>L. kefir</i>
<i>L. delbrueckii subsp. lactis</i>	<i>L. bif fermentans</i>	<i>L. malefermentans</i>
<i>L. farciminis</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. oris</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>L. coryniformis subsp. torquens</i>	<i>L. panis</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>L. coryniformis subsp. coryniformis</i>	<i>L. parabuchneri</i>
<i>L. helveticus</i>	<i>L. cuvatus</i>	<i>L. parakefir</i>
<i>L. jensenii</i>	<i>L. graminis</i>	<i>L. pontis</i>
<i>L. johnsonii</i>	<i>L. hamsteti</i>	<i>L. reuteri</i>
<i>L. kefiranofaciens</i>	<i>L. homohiochii</i>	<i>L. sanfrancisco</i>
<i>L. kefirgranum</i>	<i>L. intestinalis</i>	<i>L. suebicus</i>
<i>L. mali</i>	<i>L. murinus</i>	<i>L. vaccinofermentans</i>
<i>L. ruminis</i>	<i>L. paracasei subsp. paracasei</i>	<i>L. vaginalis</i>
<i>L. salivarius subsp. salicinus</i>	<i>L. tolerans</i>	
<i>L. salivarius subsp. salivarius</i>		
<i>L. sharpeae</i>		

HMF: Homofermentaire, HTF: Heterofermentaire

Les espèces de ce genre occupent de nombreuses niches écologiques (Barrangou *et al.*, 2012). Certaines espèces de *Lactobacillus* se trouvent exclusivement dans des environnements spécifiques, comme *L. helveticus* et *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* dans les produits laitiers, et *L. johnsonii* et *L. gasseri* dans les tractus gastro-intestinaux des vertébrés. En revanche, d'autres espèces comme *L. plantarum* et *L. casei* peuvent être retrouvées dans divers milieux (Martino *et al.*, 2016).

Parmi les Lactobacilles qui se trouvent dans les plantes *Lactobacillus plantarum*, ce dernier se distingue par sa capacité à coloniser différents environnements, allant des légumes à la viande, en passant par le poisson et les produits laitiers, ainsi que le tractus gastro-intestinal (Siezen *et al.*, 2010).

I.2. L'espèce *Lactobacillus plantarum* :

I.2.1. Définitions:

Lactobacillus plantarum a été initialement proposée sous le nom de *Streptobacterium plantarum* par Orla-Jensen en 1919, tirant son nom de sa présence fréquente et abondante dans la matière végétale fermentée de manière spontanée (Lahtinen *et al.*, 2012). Dotée du plus grand génome parmi les bactéries lactiques, elle est capable de s'adapter à divers environnements et résiste aux conditions adverses tels que celles rencontrées dans le système digestif (siezen *et al.*, 2010). Cette bactérie présente un intérêt croissant en tant que probiotique, ainsi que dans la fermentation de grande variété d'aliments et de boissons, notamment les produits laitiers, les produits carnés et les légumes fermentés (Al-Tawaha et Meng, 2018).

Lactiplantibacillus (anciennement connu sous le nom *Lactobacillus plantarum*) (Karaseva *et al.*, 2023), l'une des espèces les plus courantes du genre *Lactobacillus*, est largement employée dans les domaines technologiques liés à l'alimentation (Nes *et al.*, 2011). Ce microorganisme est classé comme facultatif hétérofermentaire (groupe II), ce qui signifie qu'il fermente généralement les glucides via la phosphoketolase (PKP) (Tamang, 2010). Il présente une tolérance à l'acide et est considéré comme un micro-organisme sûr (GRAS) (Sabo *et al.*, 2014).

En agriculture, l'utilisation de *L. plantarum* pour la conservation de l'herbe ou du maïs sous forme d'ensilage remonte à une longtemps (Bernardeau *et al.*, 2006).

Lactobacillus plantarum (membre répandu du genre *Lactobacillus*) est l'une des espèces les plus étudiées et largement utilisée dans l'industrie alimentaire comme micro-organisme probiotique et/ou starter microbien (Behera *et al.*, 2018).

I.2.2. Rappel taxonomique:

I.2.2.1. Classification

Classification de l'espèce selon Dellaglio et Felis, 2005:

Domaine: Bactéries

Phylum: Firmicutes

Classe: Bacilli

Ordre: Lactobacillales

Famille: Lactobacillaceae

Genre: *Lactobacillus*

Espèce: *Lactobacillus plantarum*

I.2.2.2 Phylogénie du groupe *Lactobacillus plantarum*:

A l'intérieur du genre *Lactobacillus*:

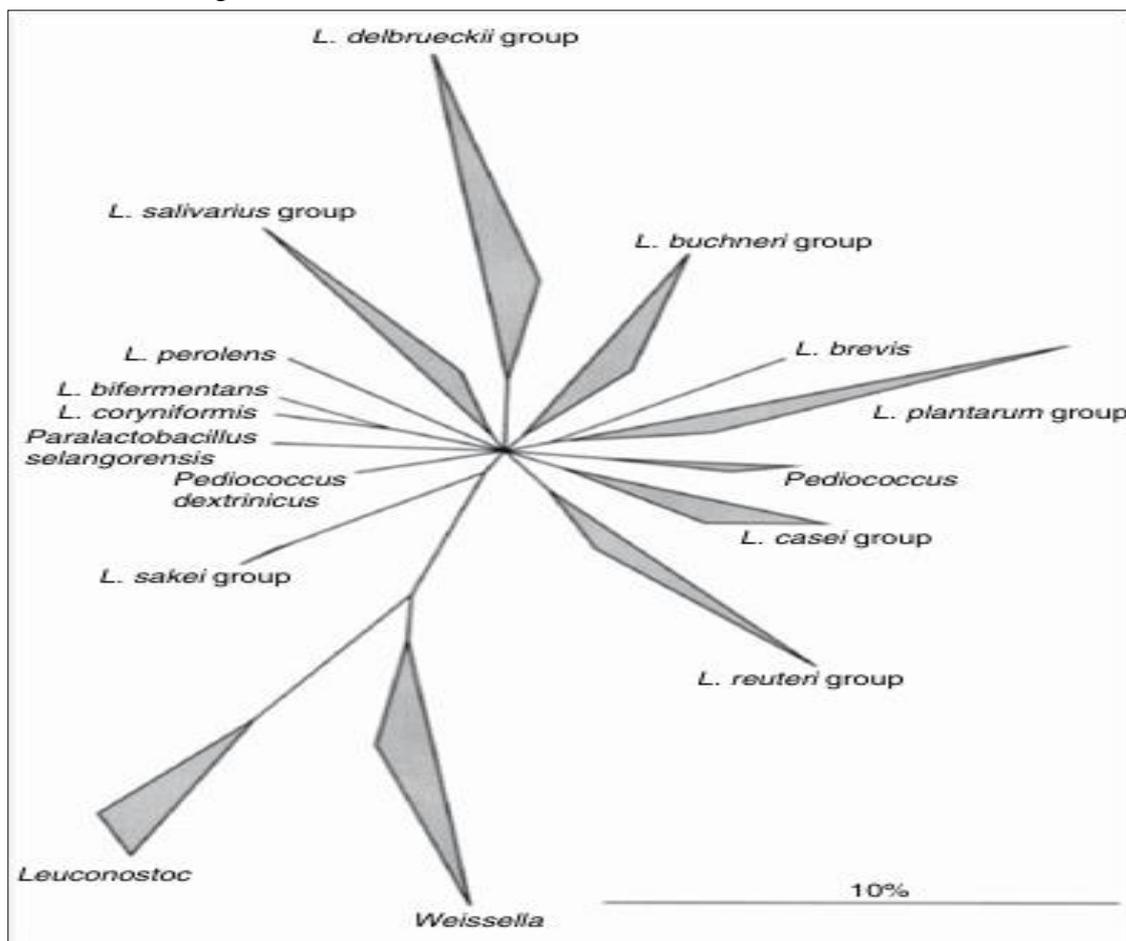


Figure 02: Arbre phylogénétique des groupes de la famille des Lactobacillaceae (Hammes et Hertel, 2006)

A l'intérieur du groupe *Lactobacillus plantarum*:

Le groupe *Lactobacillus plantarum* comprend cinq espèces qui sont taxonomiquement similaires ou étroitement liés: *Lb. paraplantarum*, *Lb. pentosus*, *Lb. fabifermentans*, *Lb. xiangfangensis* et *L. plantarum* présenté dans la (Figure 03) (Gu *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2014).

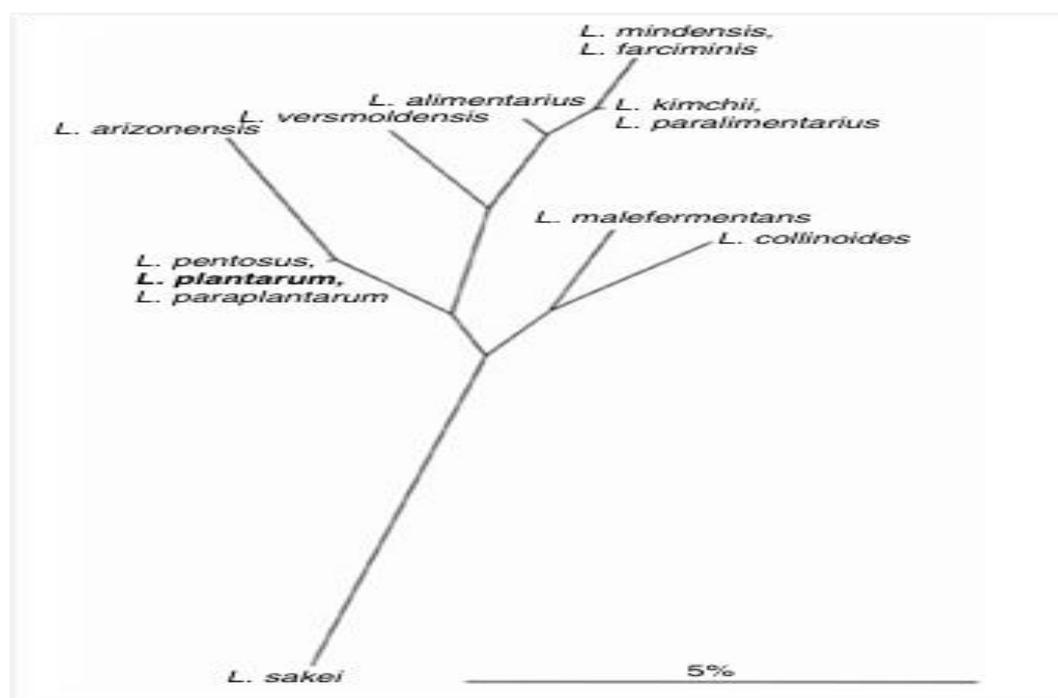


Figure 03: Arbre phylogénétique: vraisemblance maximale des relations entre groupe *L. plantarum* (Hammes et Hertel, 2006).

I.3. Ecologie :

L. plantarum est une espèce ubiquiste capable de coloniser divers environnements, tels que les céréales, la viande, les produits laitiers, les légumes, les fruits, les boissons, etc. (Siezen *et al.*, 2010; Nes *et al.*, 2011), ainsi que le tractus gastro-intestinal (Marco *et al.*, 2009). Sa faculté à occuper ces différentes niches est étroitement liée à sa capacité à fermenter une gamme variée de sucres (Martino *et al.*, 2016).

I.4. Caractères bactériologiques:

L. plantarum est une bactérie à Gram positif, non mobile, non sporulante, microaérophile et mésophile, se développant à des températures comprises entre 10°C et 15°C, mais ne se développant pas à 45°C (Corsetti et valmorri, 2011). Les cellules sont des bâtonnets droits avec des extrémités arrondies, mesurant d'environ 0,9 à 1,2 µm de largeur et de 1,0 à 8,0 µm de longueur (Todorov *et al.*, 2010). Se présentent individuellement, en paires ou en courtes chaînes, il a été constaté que, dans des conditions spéciales, quelques souches de *L. plantarum* possèdent de véritables activités catalase et pseudo-catalase contenant du manganèse. Certaines souches présentent également des réductases de nitrate et de nitrite dépendantes de l'hématine (Corsetti et valmorri, 2011). Cette bactérie présente une tolérance à l'acidité, une absence de respiration et une faible teneur en G+C% (Todorov *et al.*, 2010).

I.5. Caractères cultureux:

I.5.1 Milieux de culture sélectif:

Malgré l'importance du dénombrement bactérien précis, aucun milieu sélectif pour la quantification de *L. plantarum* n'a encore été proposé (Veselá *et al.*, 2019). Cependant, généralement, le milieu MRS (Man Rogosa Sharpe) est le milieu de culture le plus utilisé pour la culture des espèces du genre *Lactobacillus* y compris *L. plantarum*, qui contient des composants tels que la peptone, l'extrait de viande de bœuf, l'extrait de levure, le glucose, le manganèse, l'acétate et le Tween 80, avec un pH optimal entre 4,5 et 6,2 (Tableau II) (de Man *et al.*, 1960; Hammes et Hertel, 2006). Pour la culture de *L. plantarum*, le choix du milieu de culture dépend souvent de l'objectif de la culture et des conditions de croissance requises (Filannino *et al.*, 2018). Cependant, pour des applications spécifiques telles que la production de biomasse ou de métabolites spécifiques, il est nécessaire d'utiliser des milieux de cultures modifiés (Leroy et De Vuyst, 2004). Les conditions de croissance, telles que la température, le pH et la disponibilité de l'oxygène, doivent également être prises en compte (Filannino *et al.*, 2018).

Tableau II: Composants du milieu

MRS:

MRS pH:6,2 (+/- 2)

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Extrait de viande de bœuf	8
Extrait de levure	4
Glucose	20
Citrated'ammonium	2
Acétate de sodium $3H_2O$	5
Sulfate de magnésium $7H_2O$	0,2
Sulfate de manganèse $4H_2O$	0,05
Hydrogénophosphate de potassium	2
Tween80	1 ml

(<http://www.oxid.com/fr/index.asp?mpage=iproductdetail&pre=CM0361&l=FR&x>).

Tableau III De synthèse milieux de culture pour *L. plantarum*:

Bactérie	Milieu de culture	Propriétés	Références
<i>Lbp DSM 20174</i>	Milieu C: protéose peptone: 10g/l ; extrait de levure: 5g/l; Tween	Le taux de croissance augmenté lorsque le glucose est mélangé avec le citrate.	(Kennesl <i>et al.</i> , 1991)

	80:1g/l ; K,HPO4: 2g/l; CH ₃ COONa . 3H ₂ O: 5g/l; MgSO ₄ . 7H ₂ O: 0.2g/l; MnSO ₄ . 4H ₂ O:0,05g/l; acide citrique: 4,5g/l. Milieu GC: milieu B (sans glucose ni citrate), B + glucose (BG), B + citrate (BC), B + glucose et citrate (BGC).		
<i>Lbp LPCO10</i> (producteur de bactériocine)	Milieu de fermentation de saumure d'olive espagnole naturelle.	Produit de bactériocine. Capable de proliférer et dominer la microflore épiphytante dans la saumure d'olive. Persiste tout au long de la fermentation (12 semaines).	(Ruiz-Barba <i>et al.</i> , 1994)
<i>Lbp 55-1</i> (non- producteur de bactériocine)	Milieu de fermentation de saumure d'olive espagnole naturelle.	Non-producteur de bactériocine. Incapable de persister dans la saumure d'olive après 7 semaines.	(Ruiz-Barba <i>et al.</i> , 1994)
<i>Lbp NCIM</i> <i>2084</i>	Milieu MRS de glucose modifié.	Produit une substance antibactérienne active lorsqu'il est cultivé à 40°C pdt 36 h. Activité antibactérienne ≠ les bactéries pathogènes et d'altération d'origine alimentaire à G+ et G-.	(Suma <i>et al.</i> , 1998)
<i>Lbp LPCO10</i>	Bouillon de jus d'olive, similaire à l'environnement naturel de <i>L. plantarum</i> dans la fermentation traditionnelle espagnole des olives vertes.	Production de bactériocine pdt toute la durée d'incubation (15 jours), et à dominer d'autres souches sensibles à la bactériocine dans un environnement similaire à la fermentation traditionnelle des olives vertes en Espagne.	(Leal <i>et al.</i> , 1998)
<i>Lbp128/2</i>	Bouillon de jus d'olive, similaire à l'environnement naturel de <i>L. plantarum</i> dans la fermentation traditionnelle espagnole des olives vertes.	Sensible à la bactériocine produite par <i>L.</i> <i>plantarum LPCO10</i> .	(Leal <i>et al.</i> , 1998)
<i>Lbp 55-1</i>	Bouillon de jus d'olive, similaire à l'environnement naturel de <i>L. plantarum</i> dans la fermentation traditionnelle espagnole des olives vertes.	Incapable de dominer la souche sensible à la bactériocine dans des cultures mixtes dans le bouillon de jus d'olive. Ne produit pas de bactériocine dans cet environnement spécifique.	(Leal <i>et al.</i> , 1998)
<i>Lbp N4</i>	Milieu synthétique basal (BM). Milieu synthétique <i>L.</i> <i>plantarum</i> (LPSM).	Besoin supplémentaire de lys et de trp en plus des six Aa essentiels pour la croissance. Consommation principale d'Aa essentiels et Aa stimulants.	(Saguir et Nadra, 2007)

<i>Lbp Pi06</i>	Composition optimale du milieu : Glucose : 35 g/L, Extrait de levure : 3g/L, Liqueur de maïs: 40mL/L	Selon les conditions optimisées, <i>Lbp Pi06</i> montré une augmentation significative de la production de biomasse par rapport au milieu initial.	(Hwang <i>et al.</i> , 2012)
-----------------	--	--	------------------------------

Lbp: *Lactobacillus plantarum*/ Aa: acide aminé/ Lys:la lysine/ Trp: le tryptophane/ pdt: pendant.

I.6. Caractères biochimiques des *Lactobacillus plantarum*:

I.6.1. Métabolisme et fermentation:

L. plantarum est un microorganisme (M.O) hétérofermentaire facultatif (Corsetti et valmorri, 2011). Cela signifie qu'il peut fermenter divers sucres en produisant principalement de l'acide lactique, mais aussi d'autres composés comme l'acide acétique, l'éthanol et le dioxyde de carbone selon les conditions de culture. En présence de glucose, *L. plantarum* utilise principalement la voie de l'homofémentation pour produire de l'acide lactique (Axelsson, 2004). Lactate déshydrogénase (LDH) Catalyse la conversion du pyruvate en acide lactique (Gänzle, 2015).

En absence de glucose ou en conditions limitantes, il utilise la voie hétérofermentaire pour produire l'acide lactique, l'acide acétique et l'éthanol (Hammes et Hertel, 2006). Phosphoketolase dégrade les pentoses en acide lactique et en acide acétique ou éthanol, selon la disponibilité des substrats (Melgar-Lalanne *et al.*, 2012; Gänzle, 2015).

Selon la source de carbone disponible, il peut passer des voies métaboliques hétérofermentaires aux homofermentaires (Bringel *et al.*, 2001). *L. plantarum* connu par sa fermentation générale des hexoses par la voie métabolique EMP (Embden-Meyerhof-Parnas), produisant des acides D et L-lactiques. (Melgar-Lalanne *et al.*, 2012).

Outre la production d'acide lactique, divers produits finaux peuvent être générés à partir du pyruvate, leur nature étant déterminée par la souche bactérienne et les paramètres de culture. Par exemple, en présence d'oxygène, le glucose est converti en acétate à partir du pyruvate via l'acétylphosphate ; un produit similaire est obtenu en anaérobiose, mais avec un pH neutre ou alcalin ou en présence d'un accepteur d'électrons externe (tel que le citrate). La formation d'acétate via l'acétylphosphate augmente la synthèse d'ATP grâce à l'activité de l'acétate kinase. Certaines souches de *L. plantarum* sont également capables de produire de l'éthanol dans différentes conditions de culture, notamment par le catabolisme aérobie et anaérobie du glucose ou en présence d'accepteurs d'électrons externes (comme le citrate) (Corsetti et Valmorri, 2011).

L. plantarum peut métaboliser la plupart des acides organiques (tels que l'acide malique, tartrique et acétique), ce qui conduit à la production de dioxyde de carbone, d'acide lactique et d'acide acétique (Todorov *et al.*, 2010).

I.6.2. Utilisation des sucres par *L.plantarum*:

L'espèce *L. plantarum* peut métaboliser une large gamme de glucides, grâce à un ensemble diversifié d'enzymes glycolytiques. Il peut utiliser le glucose, le fructose, le galactose, le maltose, le lactose, le saccharose, le raffinose, l'amygdaline, la cellobiose, l'esculine, le gluconate, le mannitol, la mélézitose, la mélibiose, le raffinose, le ribose et le sorbitol (Tableau IV) (Hammes et Hertel, 2006; Boukhemis *et al.*, 2009; Melgar-Lalanne *et al.*, 2012). *Lactobacillus plantarum* est une espèce polyvalente et flexible rencontrée dans divers milieux et capable d'utiliser un large éventail de sources de carbone fermentescibles (Bringel *et al.*, 2001; Molenaar *et al.*, 2005).

I.6.3 Tolérance et croissance:

L. plantarum montre une tolérance notable à des conditions de salinité élevée et de pH acide. Cette tolérance est cruciale pour sa survie et son efficacité dans la fermentation de nombreux produits alimentaires, notamment les légumes fermentés comme la choucroute et les olives en saumure. *L. plantarum* peut croître dans une plage de température de 15°C à 45°C (Tableau V), ce qui le rend versatile pour différentes applications industrielles (Arena *et al.*, 2014), avec une température optimale de 15°C à 37°C et un pH optimal de 5,6 à 6,2 (tableau IV) (Monnet *et al.*, 2008).

I.6.4 Produits secondaires de fermentation:

I.6.4.1 Acides organiques:

L. plantarum est capable de métaboliser divers acides organiques tels que le malic, le tartrique et l'acétique. Cela conduit à la production de dioxyde de carbone, d'acide lactique et d'acide acétique (Todorov *et al.*, 2010; Saelim *et al.*, 2017). Contribue non seulement à l'arôme et au goût des aliments fermentés, mais aussi à leur préservation en diminuant le pH et en évitant la prolifération de microorganismes pathogènes (Gänzle, 2015; Saelim *et al.*, 2017).

I.6.4.2 Production de Bactériocines:

L. plantarum produit des bactériocines, qui sont des peptides antimicrobiens, telle que plantaricine (Arena *et al.*, 2014). Ces composés inhibent la croissance de pathogènes et de microorganismes indésirables, peuvent également servir à améliorer la qualité des produits dérivés de la fermentation (Cotter *et al.*, 2005; Arena *et al.*, 2014).

I6.5. Identification biologique:

Différents tests biochimiques sont utilisés pour identifier *L. plantarum*, Tests de fermentation des glucides : utilisation des glucides pour déterminer des profils spécifiques (Axelsson, 2004).

Analyses d'acides et de gaz : évaluation du potentiel de production d'acides et de gaz à partir de divers substrats (Giraffa *et al.*, 2010). *L. plantarum* ne produisant pas de gaz (Liu *et al.*, 2018). Analyse spécifique enzymatique : mesurer l'activité d'enzymes telles que la β -galactosidase pour caractériser leur capacité métabolique spécifique (Axelsson, 2004).

Tableau IV: Caractéristiques physiologiques et biochimiques des espèces *Lactobacillus* (Boukhemis *et al.*, 2009)

<i>Caractéristiques</i>	<i>Lb. plantarum</i>	<i>lb. fermentum</i>	<i>lb. bulgaricus</i>	<i>lb. helveticus</i>	<i>lb. acidophilus</i>
Morphologie	Bacilles				
Gram	+	+	+	+	+
Mobilité	-	-	-	-	-
Catalase	-	-	-	-	-
Croissance/15 °C	+	+	-	-	-
Croissance/45°C	-	+	+	+	+
T°C/ Optimale	15 -37	ND	44	42	30
pH/ optimal	5,6 -6,2	ND	06	05.5	05,5
Hydrolyse des sucres (production d' acides)					
Amidon	-	-	Nd	-	V
Amygdaline	+	-	-	-	+
Arabinose	V	V	-	-	-
Cellobiose	+	+	-	-	+
Esculine	+	-	-	-	+
Fructose	+	+	+	V	V

Galactose	+	+	-	+	+
Glucose	+	+	+	+	+
Gluconate	+	+	-	-	-
Lactose	+	+	+	+	+
Maltose	+	+	-	V	+
Mannitol	+	-	-	-	-
Mannose	+	-/+	-	V	+
Melizitose	+/-	-	-	-	-
Mellibiose	+	+	-	-	V
Raffinose	V	+	-	-	V
Rhamnose	+	-	-	-	-
Ribose	+	+	-	-	-
Salicine	+	-	-	-	+
Sorbitol	+	-	-	-	-
Saccharose	+	+	-	-	+
Tréhalose	+	+/-	-	V	V
Xylose	-	-	-	-	-

(+): Reaction positif, (-): Reaction negatif, V: Réponse variable

Tableau V: Différenciation de *L.plantarum* des autres Lb (Boukhemis *et al.*, 2009)

Groupes	Souches	Caractéristiques biochimiques	Sources
Groupe 1	<i>L. acidophilus</i>	HMF. Thermophiles. Ne pas hydrolyser l'ADH et l'esculine . Capables d'acidifier avec de l'amigdaline, de la cellulose, du alactose, du glucose, du lactose, du maltose, du mannose, du saccharose et du salicylate. Métabolise le mélibiose et le fructose.	Lait humain Lait de vache Lait de chèvre.
	<i>L. helveticus</i>	Croissance (+) à 45°C et (-) à 15°C. Absence d'ADH et d'hydrolyse de l'esculine. Capable à acidifier avec du galactose, du glucose et du lactose.	lait de chèvre.

		Fermente le fructose, le maltose et le tréhalose	
	<i>L. delbrueckii</i> <i>ssp. Bulgaricus</i>	Croissance (+) à 45°C et (-) à 15°C. l'absence d'ADH . Ne fermente pas le fructose, du glucose et du lactose.	Lait de vache .
Groupe 2	<i>L. casei.spp .casei</i>	Croissance à 15 et 45°C L' absence d'ADH, l'hydrolyse de l'esculine . Fermente le fructose, le glucose (sans production de CO2) et le mannose. L' assimilation des pentoses.	Sels d' enfants. Lait humain. Lait de chèvre.
		<i>L.plantarum</i>	Croissance à 15°C et 30°C. Absence d' ADH et l'hydrolyse de l'esculine. utilisation de l'arabinose et du raffinose. assimilation de raffinose.
		Croissance à 15°C et 30°C. Absence d' ADH, l'hydrolyse de l'esculine.	Lait de vache
		Croissance à 15°C et 30°C. Absence d' ADH et 'hydrolyse de l'esculine.	Plante
Groupe 3	<i>L. brevis</i>	Croissance à 45°C et 30°C. Présence d' ADH. Capable de fermenter le glucose (avec production deCO2). fermentation(-) de l'amygdaline, du mannitol, du rhamnose, du salicylate et du sorbitol. Assimilation du lactose.	lait de vache.
	<i>L. fermentum</i>	Croissance à 45°C et 30°C. Présence d' ADH. Capable de fermenter le glucose (avec production de CO2). Assimilation de l'arabinose, du mannose et du tréhalose.	Plantes.

ADH: alcool déshydrogénase.

I.7. Caractères Probiotiques:

Ce terme provient du grec "probios", signifiant "pour la vie"(Dujmić, 2017). Les directives de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définissent les probiotiques comme des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, apportent un bénéfice pour la santé de l'hôte (FAO/OMS, 2002), Ces lignes directrices proposent des tests *In vitro* pour évaluer leur potentiel probiotique notamment la résistance à l'acidité, aux acides

biliaires, l'adhérence aux cellules intestinales, l'activité antimicrobienne et la réduction de l'adhésion des pathogènes, ainsi que d'autres critères spécifiques, comme la résistance aux spermicides pour les probiotiques vaginaux (Liu *et al.*, 2018).

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, 2018) a inclus *L. plantarum* dans la liste des micro-organismes bénéficiant de la présomption qualifiée de sécurité (QPS).

Lactobacillus plantarum est une bactérie lactique, produisant facultativement de gaz, couramment reconnue comme sûre (ayant statut GRAS) avec un statut de Présomption Qualifiée de Sécurité (QPS) (Liu *et al.*, 2018).

Bien qu'elle soit traditionnellement utilisée pour la fermentation des produits laitiers, des viandes et des légumes, *L. plantarum* gagne en importance en tant que probiotique (Liu *et al.*, 2018).

Les méthodes efficaces de *L. plantarum* comprennent le renforcement de la barrière du mucus, la production de substances antimicrobiennes, la compétition pour les sites de liaison dans les cellules intestinales, et la prévention de l'adhésion des agents pathogènes (Requena *et al.*, 2024).

Parmi les bactéries lactiques, *L. plantarum* suscite l'intérêt de nombreux chercheurs en raison de ses multiples applications médicales, notamment ses propriétés antioxydants, anticancéreuses, anti-inflammatoires, antiprolifératives, anti-obésité et antidiabétiques (Arasu *et al.*, 2016). Les études cliniques ont démontré ses effets bénéfiques potentiels, notamment dans le soulagement des troubles gastro-intestinaux, la réduction du cholestérol, la régulation du système immunitaire, et la prévention des tumeurs (Ohja *et al.*, 2024).

Malgré les limitations de l'étude, les probiotiques ont été suggérés comme une forme de bactériothérapie (D'Agostino *et al.*, 2024). Les probiotiques (*L. plantarum*) ont été étudiés pour leur capacité à inhiber les agents pathogènes cutanés (Alhubail *et al.*, 2024).

Des études ont montré que la consommation de *L. plantarum* réduit la présence d'Enterobacteriaceae fécales, les calculs rénaux et les symptômes du syndrome de l'intestin irritable comme la douleur et les flatulences. *L. plantarum* a également démontré des effets hypocholestérolémiantes chez les animaux et les humains, diminuant certains risques de maladies coronariennes. De plus, elle pourrait prévenir les symptômes gastro-intestinaux pendant un traitement antibiotique. Cependant, les propriétés probiotiques de *L. plantarum* varient significativement selon la souche (Dujmić, 2017).

Plusieurs souches de *L. plantarum* ont démontré des caractéristiques favorables à la santé le long de l'axe intestin-cœur-cerveau, couvrant les domaines de la santé intestinale, des

troubles métaboliques et de la santé mentale. Cela souligne l'importance de cette espèce en tant que candidat probiotique de premier plan (Liu *et al.*, 2018).

En d'autres termes, il s'agit d'un supplément alimentaire microbiologique vivant qui est bénéfique à l'hôte, en améliorant l'équilibre microbien intestinal (Lim et Im, 2009).

Récemment, *L. plantarum* est également devenue disponible sur le marché en tant que complément alimentaire probiotique, produit et commercialisé par de nombreuses entreprises (Seddik *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2018).

En résumé, c'est l'une des espèces de *Lactobacillus* les plus étroitement liées à cette longue tradition de consommation humaine (Liu *et al.*, 2018).

I.7.1. Les effets probiotiques:

I.7.1.1. Effets antibactériens:

Les souches de *L. plantarum* démontrent une capacité significative à combattre diverses bactéries pathogènes, qu'elles soient Gram négatif ou Gram positif, couramment présentes dans les aliments et responsables des maladies chez les humains. Cette action antibactérienne, antioxydante et probiotique est attribuée à leur capacité à produire des acides organiques, des enzymes, des peptides bioactifs, des vitamines et des polysaccharides extracellulaires (EPS). Ces mécanismes sont essentiels pour assurer la qualité et la sécurité des aliments, ainsi que pour favoriser la santé intestinale et générale (Behera *et al.*, 2018).

L'activité antimicrobienne des souches de *L. plantarum* est un élément central dans divers processus de fermentation. Leur capacité à produire des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), du diacétyle et d'autres composés antimicrobiens contribue à renforcer la sécurité et la qualité des aliments fermentés (Dong *et al.*, 2017).

I.7.1.2. Effets antifongiques:

Des recherches récentes ont mis en évidence l'effet antifongique des souches de *L. plantarum*, attribuable à divers composés tels que l'acide phényllactique, les dipeptides cycliques, les acides gras et les acides organiques (Dong *et al.*, 2017).

Les peptides antifongiques produits par *L. plantarum* ont montré une activité contre plusieurs champignons de détérioration (par exemple, *Aspergillus niger*, *Mucor racemosus*, *Penicillium chrysogenum* et *Rhizopus stolonifer*), entraînant un dysfonctionnement de leur croissance hyphale et de la germination des spores (Gupta et Srivastava, 2014). De plus, une étude récente suggère que les composants protéiques et/ou glucidiques des BL, notamment la souche de *L. plantarum*, jouent un rôle important dans la liaison et la fixation des mycotoxines (Dong *et al.*, 2017). Cependant, le mécanisme exact de la réponse antifongique

reste difficile à déterminer en raison des interactions complexes entre les différents composés antimicrobien (Barbosa *et al.*, 2016).

I.7.1.3. Effets antioxydants:

Les souches de *L. plantarum* provenant d'aliments fermentés traditionnels présentent diverses propriétés fonctionnelles, notamment des capacités antioxydantes importantes, qui sont cruciales pour la protection contre les radicaux libres. Leur activité antioxydante est associée à la prévention de troubles tels que le diabète, les maladies cardiovasculaires et les ulcères gastro-intestinaux (Kaushik *et al.*, 2009).

En 2017 Yadav a examiné les propriétés antioxydantes de saucisses de poulet fermentées avec *L. plantarum*, notant une forte activité de neutralisation des radicaux cationiques ABTS, des radicaux anion superoxide (SASA), des radicaux libres DPPH, ainsi qu'une réduction de l'oxydation des lipides.

Tang *et al.*, (2017) ont isolé une souche spécifique de *L. plantarum* à partir de grains de kéfir tibétains chinois, démontrant sa capacité à accepter le peroxyde d'hydrogène et à présenter une forte activité antioxydante *In vitro*. De plus, trois groupes de gènes liés aux antioxydants ont été identifiés comme étant surrégulés en réponse à l'hydrogène peroxyde.

I.7.1.4. Effets antimutagènes:

Certaines souches probiotiques ont été identifiées pour leurs effets antiprolifératifs, agissant par le biais de mécanismes impliquant l'adhésion aux cellules cancéreuses du côlon et la production d'acides gras, notamment les acides butyrique et propionique (Thirabunyanon et Hongwittayakorn, 2013).

Saxami *et al.*, (2016) ont examiné les effets de *L. plantarum* B282 sur les cellules cancéreuses colorectales humaines, montrant une adhérence accrue et une inhibition de la croissance cellulaire en favorisant un arrêt en phase G1, avec une régulation à la baisse de gènes cyclines spécifiques

I.7.1.5. Effets pro- immunitaires:

Des études ont montré que les probiotiques, en particulier les souches de *L. plantarum*, peuvent améliorer la santé intestinale, réguler le système immunitaire et renforcer la résistance aux maladies chez les poissons (Dowarah *et al.*, 2017; Nayak, 2010; Akhter *et al.*, 2015). Certaines recherches explorent même la possibilité d'utiliser des lactobacilles génétiquement modifiés pour administrer des allergènes dans le cadre de l'immunothérapie contre les allergies (Minic *et al.*, 2015). Par exemple, une étude a révélé que *L. plantarum* modifié a entraîné une augmentation des IgA spécifiques dans le sérum (Minic *et al.*, 2015).

De plus, des souches spécifiques de *L. plantarum*, telles que CCFM639, ont montré des capacités antioxydantes et immunomodulatrices, offrant une protection significative contre la toxicité de l'aluminium chez les souris (Yu *et al.*, 2017). En outre, certaines souches de *Bifidobacterium* et de *L. plantarum* ont démontré des effets anti-inflammatoires (figure 04) et protecteurs contre les lésions gastriques et hépatiques chez la souris (Kwon *et al.*, 2017).

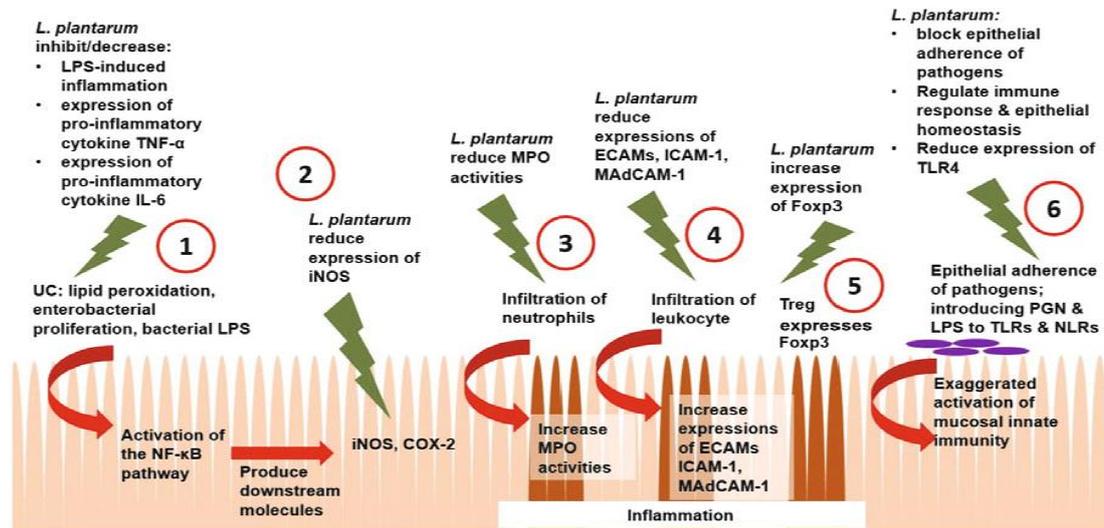


Figure 04: Mécanismes d'action des souches de *L. plantarum* contre les maladies intestinales inflammatoires (MII) (Liu *et al.*, 2018).

(1) Inhiber ou diminuer la colite induite par la voie du facteur nucléaire κ B (NF- κ B), activée par la peroxydation lipidique, la prolifération des entérobactéries et l'augmentation de la présence de lipopolysaccharides (LPS) ; (2) Réduire l'expression de la synthèse de l'oxyde nitrique (iNOS), qui est une molécule en aval de la voie NF- κ B et associée à la carcinogenèse colorectale. Pendant l'inflammation, *L. plantarum* réduit l'infiltration des neutrophiles (3) et des leucocytes (4), tout en prévenant la déficience des cellules T régulatrices (Treg) (5), ce qui indique une régulation de l'homéostasie de la barrière intestinale. (6) Bloquer l'adhérence des pathogènes à la surface épithéliale, empêchant ainsi le déclenchement des réponses des récepteurs de type toll (TLR) et des récepteurs de type NOD (NLR) au contact du peptidoglycane (PGN) et/ou des lipopolysaccharides (LPS) de la paroi cellulaire pathogène, et ainsi prévenir l'activation excessive de l'immunité innée muqueuse qui cause l'inflammation.

I.8. Analyse moléculaire:

L'analyse moléculaire de la souche *L. plantarum* repose traditionnellement sur des tests phénotypiques tels que des analyses morphologiques et biochimiques (Huang *et al.*, 2014). De plus, les méthodes conventionnelles impliquent la comparaison des comptes de cellules viables sur des plaques d'agar et des mesures de la turbidité microbienne (Jung *et al.*, 2019; Jung *et al.*, 2017). Cependant, des avancées récentes dans les technologies "omics" ont permis une détection plus précise et non biaisée des souches de *L. plantarum* (Heinl et Grabherr, 2017). Ces techniques, telles que la PCR et le séquençage du gène 16S

ARNr, sont largement utilisées pour identifier et différencier les souches de *L. plantarum* (Adesulu-Dahunsi *et al.*, 2017).

Pérez-Díaz *et al.*, (2017) ont utilisé la PCR et l'analyse RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) du gène 16S ARNr pour étudier les souches de *L. plantarum* présentes dans le concombre fermenté. De plus, la PCR d'amplification aléatoire de l'ADN polymorphe (RAPD-PCR) est une méthode rentable et couramment utilisée pour l'identification des souches de *L. plantarum* (Huang *et al.*, 2014). Une nouvelle méthode, l'analyse en tandem de nombre variable de locus (MLVA), s'est avérée plus efficace que la RAPD-PCR pour différencier les souches antifongiques de *L. plantarum* (Adesulu-Dahunsi *et al.*, 2017).

L'électrophorèse en champ pulsé (PFGE) est également utilisée pour analyser la diversité génomique des souches de *L. plantarum* (Adesulu-Dahunsi *et al.*, 2017). Les séquences génomiques complètes de plusieurs souches de *L. plantarum* sont disponibles, révélant que ces bactéries ont des besoins nutritionnels spécifiques (Liu *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2015) Malgré cela, la fonction des gènes de ces souches reste largement inconnue (Kim *et al.*, 2017).

I.8.1. Caractères génétiques:

L. plantarum est une espèce polyvalente et flexible rencontrée dans divers milieux et capable d'utiliser un large éventail de sources de carbone fermentescibles (Molenaar *et al.*, 2005; Bringel *et al.*, 2001). Plus de 2 000 gènes comprenant le génome central des espèces de *L. plantarum* ont été identifiés, dont 121 gènes marqueurs uniques de *L. plantarum* introuvables dans d' autres bactéries lactiques. La diversité phénotypique et génomique de *L. plantarum* permet de mieux comprendre l'adaptation et le fonctionnement de cet organisme à différentes niches (Siezen *et al.*, 2010).

L. plantarum dotée du plus grand génome parmi les BL varie de 3,38 à 3,39 Mb (Siezen *et al.*, 2010; Douillard et de Vos, 2014; Goel *et al.*, 2020) (Tableau VI).

Cette plus grande taille du génome est probablement liée à la capacité de cette bactérie à coloniser différentes niches écologiques telles que les légumes, la viande et le poisson, les produits laitiers et le tractus gastro-intestinal (Ahrné *et al.*, 1998; Bringel *et al.*, 2005; Gardner *et al.*, 2001; Ercolini *et al.*, 2003; Zheng *et al.*, 2020), lui permettant de fermenter une large gamme de glucides (Bringel *et al.*, 2001) (Tableau VI).

L. plantarum WCFS1 étant le premier génome séquencé de l'espèce *Lactobacillus plantarum* en 2003 et maintenant le plus étudié (Karaseva *et al.*, 2023). isolat de la salive humaine, connue pour être l'une des plus grandes des BL (Kleerebezem *et al.*, 2003).

Tableau VI de synthèse: Propriétés génétiques des souches *L. plantarum*

Souches LP	Taille de génome	GC (%)	CDS	ARN	Source	Référence
<i>DHCU70</i>	3,38 Mb	44,3%	3252	69 ARNt, 16 ARNr et 4 ARNnc	Dahi produit laitier fermenté.	(Goel <i>et al.</i> , 2020)
<i>DKPI</i>	3,39 Mb	44,3%	3277	69 tARN, 16 rARN et 4 ARNnc	kinema un aliment de soja fermenté.	(Goel <i>et al.</i> , 2020)
<i>P-8</i>	3 Mb	44.80	2892	ND	Lait de vache cru fermenté.	(Wang <i>et al.</i> , 2015)
<i>WCFS1</i>	3,3 Mb	44.5%	3042	70ARNt 5ARNr, 8 ARN divers	salive humaine.	(Siezen <i>et al.</i> , 2012)
<i>ZJ316</i>	3.2Mb	44.65	3159	ND	Les selles du nourrisson.	(Suo <i>et al.</i> , 2012)
<i>K25</i>	3,1 Mb	44,6%	3365	16ARNr, 70ARNt.	kéfir tibétain .	(Jiang <i>et al.</i> , 2018)
<i>LL441</i>	3,1 Mb	44,5%	2935	72ARNt	fromage laitier.	(Flórez et Mayo, 2018)
<i>SK151</i>	3,2 Mb	44,6%)	3043	ARNr16 ARNt 68	Kimchi.	(Amoranto <i>et al.</i> , 2018)
<i>FCa3L</i>	3,3 Mb	44,3%.	3120	3 ARNr, 66 ARNt et 4 autres ARN	chou fermenté.	(Karaseva <i>et al.</i> , 2023)
<i>NC8</i>	3, 2 Mb	44,5 %,	2 868	5 ARNr, 70 ARNt	Herbe.	(Axelsson <i>et al.</i> , 2012)
<i>CECT 8965</i>	3.3 Mb	44.3 %	3144	8 ARNr 59 ARNt	Chicha	(Rodrigo-Torres <i>et al.</i> , 2019)
<i>ZLP001</i>	3.16 Mb	44.37	2264	ND	Intestin de porcelet sevré	(Wang <i>et al.</i> , 2018)

<i>JDM1</i>	3.2Mb	44.66	2948	ND	Tractus intestinal humain	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
<i>ST-III</i>	3.2Mb	44.58	3013	ND	Kimchi	(Lin <i>et al.</i> , 2017)
<i>16</i>	3Mb	44.47	2787	ND	Production de malt eau de trempage.	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
<i>5-2</i>	3.2Mb	44.70	3114	ND	Soja Fermenté.	(Pessoa <i>et al.</i> , 2017)
<i>B21</i>	3.2Mb	44.47	2930	ND	saucisse vietnamienne.	(Golneshin <i>et al.</i> , 2015)
<i>LZ95</i>	3.3Mb	44.49	2951	ND	selles du nouveau-né.	(Li <i>et al.</i> , 2017)
<i>HFC8</i>	3.4 Mb	44.33	3447	ND	intestin humain.	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
<i>LPL-1</i>	3.19 Mb	44.65	2932	Nd	Poisson Fermenté	(Wang <i>et al.</i> , 2018)
<i>10CH</i>	3.3Mb	44.51	3192	Nd	Fromage	(El Halfawy <i>et al.</i> , 2017)
<i>LQ80</i>	3.2Mb	44.66	3186	ND	aliment liquide fermenté pour les porcs.	(Mizumachi <i>et al.</i> , 2009)

ND: Non Déterminé/ CG%: coefficient Chargaff/ ADN: Acide désoxyribo nucléique/ ARN: Acide ribo nucléique/ ARNr: Acide ribo nucléique ribosomale/ ARNt: Acide ribo nucléique transfère / ARN n : ARN non codant /CDS: séquences codantes pour les protéines.

Chapitre II: Bactériocines des *Lactobacillus plantarum*.

II.1 Historique:

Au fil des années, le domaine des bactériocines a été marqué par des découvertes significatives, soutenues par des recherches documentées. En 1925, André Gratia a identifié la "colicine" inhibitrice d'*E. coli*, suivi en 1928 par la découverte de l'inhibition des lactocoques sur d'autres souches de bactéries lactiques. En 1947, Mattick et Hirsh ont isolé la nisine, conduisant à sa commercialisation en 1953 et à l'introduction du terme "bactériocine" (Cotter *et al.*, 2005 ;Collins *et al.*, 2010).

La reconnaissance de la nisine comme agent de préservation alimentaire est intervenue en 1969, et elle a été approuvée pour utilisation dans les aliments par le Comité d'experts FAO/OMS (Collins *et al.*, 2010).

En 1983, elle a été ajoutée à la liste des additifs alimentaires en Europe, et en 1988, elle a été autorisée par la FDA américaine pour les fromages transformés (Collins *et al.*, 2010) D'autres bactériocines comme la pédiocine, notamment sous la forme commerciale ALTA 2341®, ont été utilisées comme conservateurs alimentaires (Enan *et al.*, 1996; Wang et Wang, 2014).

Enfin, la découverte de la plantaricine C en 1994 à partir de *L. plantarum* LL441 a enrichi notre compréhension des mécanismes de défense microbienne (González *et al.*, 1994).

II.2 Définitions:

Selon la définition de Klaenhammer, (1988), les bactériocines sont des protéines ou des complexes de lipides qui ont une activité bactéricide contre des espèces proches de la souche productrice. À l'heure actuelle, une définition plus large est acceptée et le champ d'action des bactériocines peut être restreint et limité à des bactéries fortement proches de l'espèce productrice ou à l'inverse, étendu et agir sur une diversité d'espèces microbiennes (Smaoui, 2010).

Les bactériocines présentent des avantages du fait de leur absence de toxicité, de leur activité antimicrobienne élevée et de leur bonne sélectivité (Pei *et al.*, 2018). Des études toxicologiques ont révélé que la nisine ne présente aucun effet toxique pour l'homme (Balciunas *et al.*, 2013).

Les bactériocines peuvent également servir à améliorer la qualité des produits alimentaires, par exemple dans la fabrication des fromages, en contrôlant la croissance des cultures starter et en favorisant la maturation de ces derniers (Cotter *et al.*, 2005).

Le spectre d'activité, le mode d'action, l'influence de la chaleur, du pH, des enzymes protéolytiques, du sel et des détergents sur l'activité des bactériocines, la masse moléculaire, la composition et la séquence des acides aminés, ainsi que l'organisation génétique de la production et de la sécrétion des bactériocines sont des éléments essentiels de la caractérisation des bactériocines (Todorov, 2009).

La majorité des bactériocines de faible poids moléculaire sont chargées positivement à pH 7, et beaucoup de ces bactériocines montrent une activité antimicrobienne accrue à pH bas (Todorov, 2009). L'adsorption des bactériocines à la surface des cellules Gram-positives dépend également du pH, avec une adhésion maximale observée à un pH égal ou supérieur à 6 (Jack *et al.*, 1995).

L'interaction des bactériocines avec la membrane cellulaire est étroitement liée à la composition lipidique particulière des cellules cibles (Yap *et al.*, 2022). Le mode d'action des bactériocines produites par les BL contre les bactéries Gram-positives est bien étudié, tandis que leur mécanisme précis d'action contre les bactéries Gram-négatives reste partiellement compris (Yadav *et al.*, 2024).

La plantaricine, une bactériocine produite par *Lactobacillus plantarum*, largement considérée comme sûre (GRAS) (Chokesajjawatee *et al.*, 2020), possédant des propriétés probiotiques et antimicrobiennes, est dégradée facilement par une enzyme protéolytique (Mustopa *et al.*, 2021).

Les bactériocines, des peptides synthétisées ribosomalement, sont produites par des bactéries lactiques et ont un effet sur la croissance de divers micro-organismes. Leur utilisation s'étend largement dans les industries pharmaceutiques, médicales, où elles servent à la fois d'antibiotiques et de probiotiques (Yap *et al.*, 2022).

II.3. Classification des bactériocines:

Klaenhammer *et al.* (1993) ont proposé deux classes principales de bactériocines:

La classe I pour les bactériocines modifiées post traductionnellement et la classe II pour les bactériocines non modifiées et thermo-résistantes. Ils ont également introduit la classe III pour les bactériolysines et la classe IV pour les complexes protéiques liés à une partie lipidique ou glucidique, bien que cette dernière classe soit controversée .

- Diep et Nes, (2002): ont proposé une classification similaire à celle de Klaenhammer, mais sans inclure la classe IV.
- Nes *et al.*, (2007): ont suggéré une nouvelle classe IV pour les bactériocines circulaires, tout en maintenant la classe III dans la classification.
- Cotter *et al.*, (2005): ont également proposé une classification en deux groupes principaux, avec la classe I pour les lantibiotiques et la classe II pour diverses sous-classes de bactériocines.
- Zouhir *et al.* (2010) ont élaboré une classification basée uniquement sur la structure primaire, identifiant 12 groupes distincts de bactériocines.

Bien que les bactériocines des bactéries lactiques (BL) présentent des différences notables dans leur spectre d'activité ainsi que dans leurs déterminants biochimiques et génétiques, certaines caractéristiques communes permettent de les classer en quatre catégories distinctes. Cette classification se base sur des critères tels que la structure primaire, le poids moléculaire, la stabilité thermique et l'organisation moléculaire (Cotter *et al.*, 2005; Heng *et al.*, 2007):

II.3.1 La Classe I:

Connue sous le nom de lantibiotiques, se compose de peptides linéaires (type A) et globulaires (type B) avec un faible poids moléculaire (<5 kDa) et environ 19 à 38 acides aminés. Ces peptides subissent des modifications post-traductionnelles, incluant la présence d'acides aminés inhabituels tels que la lanthionine et ses dérivés (Cintas *et al.*, 2001; Drider *et al.*, 2006; Todorov, 2009). La nisine, largement étudiée et utilisée, est un exemple représentatif de cette classe de bactériocines (Ghraiiri *et al.*, 2012).

II.3.2 La Classe II:

Connue sous le nom de non-lantibiotiques, est constituée de peptides thermostables avec un poids moléculaire inférieur à 10 kDa et une longueur d'environ 37 à 48 acides aminés (da Silva *et al.*, 2014).

Selon Drider *et al.*, (2006), cette classification est subdivisée en trois sous-classes distinctes:

II.3.2.1 La Classe IIa:

Comprenant des bactériocines de type pédioine actives contre *Listeria spp.*

II.3.2.2 La Classe IIb:

Caractérisée par des bactériocines nécessitant l'union de deux peptides pour exercer un effet antibactérien complet, comme c'est le cas de la lactocine G.

II.3.2.3 La Classe IIc:

Regroupe des bactériocines présentant une liaison covalente entre le terminal C et N, entraînant une structure cyclique (Balciunas *et al.*, 2013).

II.2.3 La Classe III:

Regroupe des peptides thermolabiles de poids moléculaire élevé (PM > 30 kDa), comprenant des exemples tels que la helveticine J, l'acidophilucine A, et la lactacine A et B (Heng *et al.*, 2007).

II.2.4 La Classe IV:

Constituée de bactériocines complexes contenant des fractions glucidiques ou lipidiques en plus de la partie protéique (Heng *et al.*, 2007).

Toutefois, selon (Cleveland *et al.*, 2001), ces complexes pourraient plutôt être des artefacts de purification partielle que représentatifs d'une nouvelle classe de bactériocines.

Parmi les nombreux peptides bactériocines produits par les bactéries lactiques, la sous-classe IIa s'est avérée particulièrement intéressante pour la conservation des aliments et les applications médicales (Drider *et al.*, 2006).

Certaines de ces bactériocines sont produites par *L. plantarum*, notamment la plantaricine issue de la souche *L. plantarum* 423 (Reenen *et al.*, 1998). Cette bactériocine, lorsqu'appliquée sur des viandes, a démontré son efficacité en inhibant la croissance de *L. monocytogenes* dans le salami d'autruche (Dicks *et al.*, 2004).

D'autres types de plantaricines, comme les variants EF, JK, J51, S et NC8 (Maldonado *et al.*, 2003), sont classés parmi les bactériocines à deux peptides (sous-classe IIb) (Diep *et al.*, 1996; Anderssen *et al.*, 1998; Maldonado *et al.*, 2003; Diep *et al.*, 2009; Ekblad et Kristiansen, 2019).

Leur action antibactérienne résulte de l'interaction synergique de deux peptides distincts, dont la nature cationique est cruciale pour leur capacité à interagir avec les membranes chargées négativement grâce à des interactions électrostatiques (Diep *et al.*, 2009).

D'un autre côté, la plantaricine A, une bactériocine mono-peptidique sans modifications post-traductionnelles, est classée dans la sous-classe IIc (Diep *et al.*, 2009). Son spectre antimicrobien est plutôt restreint, se concentrant principalement sur différentes espèces des *Lactobacillus* telles que *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus viridescens* et *L. plantarum*.

En comparaison, l'activité antimicrobienne de la plantaricine A est 10 à 100 fois moins intense que celle des plantaricines EF et JK (Anderssen *et al.*, 1998).

II.4. Biosynthèse des bactériocines:

Selon Drider *et al.*, (2006), au moins quatre gènes sont nécessaires à la production et à la sécrétion de bactériocines. Il s'agit notamment:

1. Gènes de structure de bactériocines codant pour des prébactériocines ;
2. Gènes d'immunité codant pour des protéines immunitaires qui protègent les producteurs de bactériocines de leurs propres bactériocines;
3. Gènes codant pour les transporteurs ABC (cassettes de liaison à l'ATP) nécessaires à la sécrétion;
4. Gènes codant pour des protéines accessoires de fonction inconnue.

Les bactériocines peuvent provenir de l'expression de gènes situés sur des chromosomes (par exemple plantaricine ST31) ou sur des plasmides (par exemple plantaricine 423) (Reenen *et al.*, 1998 ; Todorov *et al.*, 1999; Todorov, 2009).

Cependant, si une souche produit deux bactériocines, l'une peut être dérivée d'un chromosome, comme la carnobactériocine BM1, et l'autre peut être dérivée d'un plasmide, comme la carnobactériocine B2 (Todorov, 2009).

Bien entendu, il existe des situations dans lesquelles deux ou plusieurs bactériocines proviennent uniquement de chromosomes ou de plasmides (Todorov, 2009).

II.5. Mode d'action:

Les travaux de recherche ont rapporté divers mécanismes d'action des bactériocines:

II.5.1. Classe I:

Les bactériocines de classe I, telles que les lantibiotiques, agissent en se liant aux molécules cibles telles que Lipid II, un élément crucial de la synthèse de la paroi cellulaire, principal transporteur de sous-unités peptidoglycanes, en empêchant ainsi une synthèse précise de la paroi cellulaire. De plus, elles induisent la formation de pores dans la membrane cellulaire, entraînant la mort cellulaire (Hsu *et al.*, 2004).

II.5.2. Classe II:

Les peptides des bactériocines de classe II, grâce à leur structure hélicoïdale amphiphile, provoquent la perméabilisation et la dépolarisation de la membrane cellulaire cible, entraînant la fuite d'ions et/ou une diminution de la concentration d'ATP intracellulaire (Bendali *et al.*, 2008).

II.5.3. Classe III:

Les bactériocines de classe III, telles que la lysostaphine, lysent la cellule cible par leur activité hydrolytique de la paroi cellulaire (Johnsen *et al.*, 2004).

La plupart des bactériocines sont initialement synthétisées sous forme de pré-peptides biologiquement inactifs, qui sont activés lors de leur exportation grâce à des extensions N-terminales appelées séquences leaders.

Ces peptides actifs sont ensuite transférés à travers la membrane cytoplasmique par des transporteurs ABC et leurs protéines accessoires (Martin *et al.*, 2008). Cependant, certaines bactériocines de classe II, comme l'entérocin P, possèdent des extensions N-terminales appelées séquences signal, qui sont clivées protéolytiquement lors de l'externalisation de la bactériocine par la voie sécrétoire dépendante de la séquence signal (Gutierrez *et al.*, 2006).

Ainsi, les bactériocines présentent une action bactéricide/bactériostatique qui est influencée par divers facteurs tels que la dose, le niveau de pureté, les conditions physiologiques des microbes indicateurs/pathogènes et les facteurs environnementaux (Bali *et al.*, 2016).

II.6. Bactériocines produites par *L. plantarum*:

Un éventail diversifié de bactériocines produites par différentes souches de *L. plantarum* a été répertorié et analysé.

Les tableaux (VII, VIII, IX, X) offrent un aperçu de quelques-unes de ces bactériocines, à titre non exhaustif, extraites des souches isolées de divers environnements, tels que: les viandes (Kanatani et Oshimura, 1994; Elyass *et al.*, 2017; An *et al.*, 2017), les poissons (Čanak *et al.*, 2018; Lv *et al.*, 2018), les produits laitiers (Gonzalez *et al.*, 1994; Prix *et al.*, 2018; Goel *et al.*, 2020), les végétaux, légumes fermentés (Gupta et Tiwari, 2014; Zhao *et al.*, 2016; Yadav et Tiwari, 2024), les céréales (Reenen *et al.*, 1998) et les fruits (Todorov *et al.*, 2011), étant en lumière leur spectre d'activité, le mode d'action, l'influence de la chaleur, du pH, des enzymes protéolytiques, du sel et des détergents sur l'activité des bactériocines, leurs masses moléculaires, la composition et les séquences en acides aminés. Ces exemples sont détaillés comme suit (Tableau VII, VIII, IX, X).

Tableau VII: de synthèse- Bactériocines des souches d'origine végétales

M/Souches	Caractéristiques	Spectre	Référence
Plantaricin-KW30 (<i>Lbp</i>) isolée du maïs fermenté.	Sensible aux protéases. stable à la chaleur, au pH et aux surfactants, résiste à l' α -amylase, à la lipase et au lysozyme. Activité bactéricide et non bactériolytique.	Active contre d'autres Lb.	(Kelly <i>et al.</i> , 1996)
Plantaricin 423 isolé du	PM: 3,5 kDa. Résiste au traitement à 80 °C (inactive	Active \neq des agents pathogènes d'origine	(Reenen <i>et al.</i> , 1998)

bière de sorgho	à des températures plus élevées). Active pH (1-10). Inactivée /certains ENZ digestifs (la pepsine, la papaine, l' α -chymotrypsine, la trypsine et la protéinase K).	alimentaire, (<i>Bacillus cereus</i> , <i>Clostridium sporogenes</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria spp.</i> et <i>Staphylococcus spp.</i>	
PlantaricinD (Lbp BFE 905 isolé du saladé Waldorf)	PM: 3 à 55 Kbp. Inactivée /ENZ protéolytiques: L' α -chymotrypsine, la trypsine, la pepsine et la protéinase. Thermorésistante. Active /la papaine. pH: 2,0 à 10.	Active ≠ les souches de <i>Lactobacillus sakei</i> et de <i>Listeria monocytogenes</i> .	(Franz <i>et al.</i> , 1998)
Lbp LB17.2b Isolée Olives/Table	Protéines, thermostables. pH:6,5. Avec d'acide lactique (pH 3,7): inhibe les agents pathogènes humains (G -) probablement par effet synergique.	Active ≠: <i>Enterococcus faecalis</i> . Compétiteurs naturels des <i>Lb. plantarum</i> . <i>Weissella paramesenteroides</i> DSM20288.	(Delgado <i>et al.</i> , 2001)
Plantaricine NC8/LBp NC8 isolée à partir de l'ensilage d'herbe.	Deux peptides : PLNC8 α :Séquences N-terminales de 28 acides aminés. Masses moléculaires : 3 587 Da . PLNC8_x0005_ β :Séquences N-terminales de 34 acides aminés . Masses moléculaires : 4 000 Da (PLNC8).	ND	(Maldonado <i>et al.</i> , 2003)
F1 (LbP F1) Isolé à partir de l'ogi fermenté et du manioc	Stable à 121 °C pendant 10 min. pH(2,0 à 6,0). Nature protéique et inactivés / des ENZ protéolytiques. Reste actif en présence du La mitomycine C et la lumière UV contrairement en présence l'extraction au chloroforme. la surfactant augmente sa production . inactive /Nonidet P-40.	largespectre d'inhibition contre les organismes pathogènes, les agents de détérioration des aliments et diverses bactéries lactiques. n'ont pas inhibé <i>Candida albicans</i> ATCC10231 et <i>Klebsiella sp. UCH15</i> .	(Ogunbanwo <i>et al.</i> , 2003)
ST13BR (LbpST13BR) Isolé du bière d'orge	PM: 10 kDa . Inactive/ la protéinase K, la trypsine et pronase. Activité maximale dans le bouillon MRS à 30°C.	Inhibe la croissance de <i>L. casei</i> , <i>Pse udomonas aeruginosa</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> et <i>Escherichia coli</i> .	(Todorov <i>et al.</i> , 2004)
Lbp OL15. isolée d'olives verts d'Algérie.	Inactivée /des enz protéolytiques. pH 3,0 à 8,0. Thermorésistance même après autoclavage à 121 °C pendant 15 minutes. Elle peut passer à travers des membranes de cellulose avec un PM de coupure de 100 000, mais pas à	Active # d'autres souches de <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> et <i>Propionibacterium</i>	(Kacem <i>et al.</i> , 2005)

	travers 1 coupure de 10 000.			
ST28MS et ST26MS produites /Lbp isolé du mélasse	ST28MS- production- (12800UA/mL) L'activité diminué de 50% à un pH ≤ 4,0.Potassium(KH ₂ PO ₄ et K ₂ HPO ₄) à 5-10 g/L stimulent la production.L'ascorbate et Vit B1 et B12 nécessaires à leur production	ST26MS Production (6400 UA/mL) pH (4)-Vit B12 nécessaires pour la production	Activité inhibitrice ≠ un large spectre de bactéries, incluant <i>Lb.casei</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , et d'autres souches microbiennes mentionnées précédemment.	(Todorov et Dicks, 2005)
	Les 2 bactériostatiques, sensibles aux ENZ protéolytiques. Thermorésistantes. Codés/ ADN génomique.			
ST194BZ (Lbp ST194BZ) Isolée/ Boza boisson traditionnelle à base céréals fermentés.	Présente sous 2 formes: ST194BZ(a) de 3,3 kDa et ST194BZ(b) de 14,0 kDa, selon la tricine-SDS-PAGE. Inactive par protéinase K, la trypsine et la pronase, mais pas avec la catalase et l'α-amylase. Le pH 5,5- 6,0 ou 6,5 = Une production optimale (12 800 UA/mL). Génomique.		1 large spectre d'activité	(Todorov et Dicks, 2005)
BLS produite / l'isolat OT2 Originaire des olives vertes fermentées	Nature protéique (dégradée par des ENZ protéolytiques). Stable à un pH de 3 à 8 et après chauffage à 121 °C pendant 15 mint.		Activité antimicrobienne # espèces LAB apparentées (<i>L. plantarum</i>) et <i>Lactococcus spp-</i> <i>Enterococcus spp.</i> et <i>Lactobacillus spp.</i>	(Kacem et al.,2005)
ST16PA /Lbp du Carica papaya	Peptide de 6,5 kDa. inactivée / ENZ protéolytiques. Résiste au traitement avec plusieurs autres agents chimiques. Conserve son activité sur une large gamme de pH et de températures.		Active # différentes espèces appartenant aux genres: <i>Enterobacter</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Streptococcus</i> et différents sérotypes de <i>Listeria spp</i>	(Todorov et al., 2011)
plantaricine JLA-9/Lbp JLA-,isolée à partir de un chou	PM:1044 Da. Haute stabilité thermique, faible stabilité pH. Sensible à l'α-chymotrypsine, la pepsine, la protéase alcaline et la		Active \$ les bactéries G+ et G-, en particulier <i>Bacillus spp.</i>	(Zhao et al., 2016)

fermenté.	papaine.		
Plantaricine K25 (LBp K25) trouvée dans des échantillons de kimchi (plat traditionnel coréen).	PM: 2 kDa. pH: (2-8). Thermoresistance (121 °C). Inactivée / certaines ENZ protéolytiques et complètement dégradée par d'autres. formant des pores = la membrane des bactériennes ciblées perméable.	Large spectre d'activité inhibitrice ≠ les bactéries Gram (+) et Gram (-)	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
Plantaricine S (Lbp) originaire des Olives	Composée 2 peptides : Pls- α et Pls- β , qui forment des structures d' α -hélice. Présente 1 région moins structurée autour des résidus 16-19 et des motifs amphiphiles importants pour son activité antimicrobienne.	Large spectre (probablement grâce à ses motifs GxxxG et GxxxG-like).	(Ekblad et Kristiansen, 2019)
SLG10 (Lbp SLG10), isolé du kombucha (une boisson fermentée traditionnelle dans le sud de la Chine).	PM: 1422 Da. Thermostable. Tolérance au pH. Sensible à la plupart des protéases à l'exception (la pepsine ,trypsine).	Activité antibactérienne sur les bactéries à G+ et à G-, y compris les souches multirésistantes.	(Pei <i>et al.</i> , 2020)
Lbp DKP1 isolée du kinema, un aliment fermenté à base de soja en Inde,	Code /genome de 3,39 Mb, un contenu de GC de 44,3 %.	Active ≠ <i>Kocuria rhizophila ATCC 9341</i> Pas d'inhibition des mécanismes de biosynthèse de la paroi cellulaire, de l'ADN et des acides gras	(Goel <i>et al.</i> , 2020)
Plantaricine <i>Lb .plantarum</i> BP102 isolé du tissu de l'ail	PM: 15,9 kDa. Gènes: plnEF et plnK Inactivée/ l'enzprotéase K.	Activité ≠ <i>Bacillus cereus et Escherichia coli</i>	(Suryani <i>et al.</i> , 2023)
plantaricine W3-2/ LBp W3-2, d'origine végétale.	PM : 618,26 Da. bonne stabilité thermique et pH .	Large spectre inhibiteur.	(Wang <i>et al.</i> , 2023)
plantaricine W3-2/ Lbp W3-2, d'origine végétale.	PM: 618.26 Da. Une séquence d'acides aminés de AVEEE. Bonne stabilité thermique, pH.	Large spectre d'inhibition.	(Wang <i>et al.</i> , 2023)

La plantaricine LD1/LBp LD1 isolé du le*Dosa (plat traditionnel indien).	PM : 6,5 kDa , pH de 2,0 à 8,0. Thermostable. Nature protéinique. Stable en présence de tensioactifs et de détergents.	Active ≠ croissance G (+) et G (-). <i>Lactobacillus curvatus</i> NRRL B-4562, <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> NRRL B-1821, <i>Enterococcus faecium</i> NRRL B-2354, <i>Enterobacter cloacae</i> NRRL B-14298, <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli urogénique</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella flexneri</i> et <i>Vibrio sp.</i> Active ≠ <i>E.coli</i> ATCC 25922	(Gupta et Tiwari, 2014; Yadav et Tiwari, 2024)
--	---	--	--

Tableau VIII: Bactériocines des souches d'origine carnées

M/Souche	Caractéristiques	Spectre	Référence
Plantacin 154, Lbp LTF154, isolée de saucisse fermentée.	PM: 3,0 kDa. Inactive/ ENZ protéolytiques. Thermostable. La synthèse de la plantacine 154 peut être liée au plasmide 9.5 : MDa pLP1542.	Active # <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Staphylococcus spp.</i> et <i>Salmonella typhimurium</i> .	(Kanatani et Oshimura, 1994)
Plantaricine SA6 (Lbp) Isolée de saucisse fermentée.	Thermostable (90- 100°C) pH / (2-4). Reste stable en présence de solvants organiques(d'urée ou de 8-mercaptoéthanol). Lie à la surface des bactéries ciblent.	Active≠ plusieurs LB mésophiles.	(Rekhif <i>et al.</i> ,1995)
Plantaricine UG1, Lbp UG1, isolée de saucisse sèche.	PM: 3 et 10 kDa. pH 4,5/7,0. Thermostable. Inactivée / les ENZ amylolytiques et Protéolytiques . Mode d'action bactéricide. Optimum:dans les cultures de bouillon MRS à un pH 6,5/ incubées à 25 30 °C.	Inhibe d'autres souches des genres <i>Lb</i> et <i>Lactococcus</i> . et certains agents pathogènes alimentaires: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> et <i>Clestridium sporogenes</i> .	(Enan <i>et al.</i> , 1996)
Lbp 134/Plantaricine 35d/Lbp 35d Sausage Italian.	PM: 4,5 kDa Haute activité (320 ml AU(-1)). Résisté au: réchauffement à 80 °C pendant 120 min. Stockage à 4 °C pendant 6 mois. Mode d'action bactéricide.	Active # <i>Staphylocoque aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> et <i>Aeromonas hydrophila</i> .	(Messi <i>et al.</i> , 2001)
Plantaricine (Lbp-LP 31) isolée de saucisson fermenté à sec.	PM: 1558,85 Da. Thermorésistance. Activité à pH acide. Bactéricide. Contient 14 résidus d'acides aminés.	bactéricide # <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> et <i>Listeria monocytogenes</i> .	(Müller <i>et al.</i> , 2008)

BacST202Ch et bacST216Ch (Lbp) isolées de <i>Beloura et de Chouriço</i> , produits traditionnels de porc- Portugal	bacST202Ch: PM:3,5 kDa.	bacST216Ch: PM: 10,0 kDa.	Inhibent la croissance G (+) et G (-).	(Todorov <i>et al.</i> , 2010)
	Les 2 peptides se fixent à la surface des cellules productrices. Restés actifs après 120 min à 100 °C et après 2 h d'incubation à pH 2,0-12,0.			
<i>Lb. plantarum</i> PM4- Isolées du <i>Shermout</i> (viande Fermentée populaire au Saudan).	PM: 3 et 5 kDa. Naturen protéique: inactive/ ENZ protéolytiques (protéinase K et pepsine mais pas par l' α -amylase).Activité bactéricide.		Activité inhibitrice \neq <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> et <i>Proteus vulgaris</i> .	(Elyass <i>et al.</i> , 2017)
Bactériocine-M1- UVs300 Isolée/ saucissons fermentés.	PM: 3,4 kDa. Structure secondaire: feuille bêta (52,43%), en hélice alpha (16,17%), en boucle bêta (15,27%) et en bobine aléatoire (16,12%).Thermorésistance, pH 2 à 8, sensible aux ENZ protéolytiques.		large spectre $\#$ les bactéries G (+) et G (-).	(An <i>et al.</i> , 2017)
Plantaricine S34 (<i>lbp S34</i>).Isolée de bekasam (Aliment fermenté Indonésien).	PM: 7,34 kDa. Non toxique sur les organes internes.		Activité \neq <i>EPEC K1.1</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>salmonella.Typhosa</i> , <i>salmonella yphimurium</i> et <i>Proteus sp.</i>	(Ahaddin <i>et al.</i> , 2021)

G (+):gram positif; G (-):gram negatif.

Tableau IX: Bacteriocines des souches d'origine laitiers

M/Souches	Caractéristiques	Spectre	Référence
Plantaricine C produit/ Lbp LL441 Isolé du fromage cabrales.	PM : 3,5 kDa. Dont la séquence amino-terminale est NH2-K-K-T-K-K-N-X-S-G-D-I- Bactéricide et bactériolytique.	Large spectre (inhibiteurs de 75 <i>lactobacilles</i> mésophiles).	(Gonzalez <i>et al.</i> , 1994)
Plantaricine TF711 /Lbp TF711, isolés du fromage fermier de chèvre.	PM: 2,5 kDa. pH:1-9. Nature protéique et une cinétique de métabolite primaire. Stable à la chaleur, aux surfactants et aux solvants organiques. Bactériostatique.	Large activité antimicrobienne G+: <i>Bacillus cereus</i> , <i>Clostridium sporogenes</i> , et <i>Staphylococcus aureus</i> . G-: <i>Klebsiella pneumoniae</i> e <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Shigella sonnei</i> .	(Hernandez <i>et al.</i> , 2005)

bacST8KF/ LBpST8KF isolé du kéfir boisson laitier fermenté.	PM: 3,5 kDa. Sensible aux ENZ protéolytiques. pH: 2,0 - 10, thermorésistante (20 min à 121 °C). Ne s'adsorbe pas à la surface de la cellule productrice.	Une activité ≠ <i>Lb.casei</i> , <i>Lb.salivarius</i> , <i>Lb.curvatus</i> , et <i>Listeria.innocua</i> .	(Powell <i>et al.</i> , 2007)
AMA-K / Lbp AMA-k , isolée du lait fermenté.	PM: 2,9 kDa, reste stable après 2 h d'incubation à des pH de 2,0 -12,0 et à 100 °C, respectivement.Mode d'action bactériolytique.	Inhibe la croissance de <i>Listeria. innocua et</i> <i>Enterococcus faecalis</i> .	(Todorov <i>et al.</i> , 2007)
plantaricine MG/ LBP KLDS1.0391, isolée de Jiaoke: crème traditionnelle fermentée en Mongolie Intérieure, en Chine.	PM: 2180 Da, pH: 2,0 - 10,0. Thermostable (30 min à 121 °C). Sensible aux ENZ protéolytiques (pepsine, trypsine, papaïne, α- chymotrypsine, protéinase K, Neutrase, catalase).Mode d'action bactéricide.	une activité inhibitrice large ≠ les bactéries G+ et G- : <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium et</i> <i>E .coli</i> .	(Gong <i>et al.</i> , 2010)
ST71KS/ Lbp ST71KS, fromage feta.	PM: 5,0 kDa. Stable dans une large gamme de pH et résistante à divers traitements chimiques. Thermorésistante. Classée comme une bactériocine de classe IIa.	Un effet bactéricide # les souches de <i>Listeria</i> <i>monocytogenes 603 et 607</i> .	(Martinez <i>et al.</i> , 2013)
Plantaricine ZJ008 /la LBpZJ008 ,lait cru.	PM: 1334,77 Da. pH (4,0-5,0). Hautement thermostable (121°C, 30 min). sensible a +++ ENZ protéolytiques. Bactéricide sans provoquer de lyse cellulaire.	Large spectre ≠ les bactéries (Gram+ et Gram-) contrôler et inhiber <i>Staphylococcus spp</i> .	(Zhu <i>et al.</i> , 2014)
plantaricine SLG1 /Lbp SLG1. isolé du fromage de yak.	PM:1083,25 Da. Sa séquence d'acides aminés Tyr-Gly- Asn-Gly-Val-Phe-Ser-Val-Ile-Lys. Mode d'action était bactéricide.	Large gamme d'activité antimicrobienne et ainsi que certains champignons.	(Prix <i>et al.</i> , 2018)
Lac-B23/Lbp J23, isolée à partir de produits laitiers fermentés.	PM: 6.73 kDa. Thermostable (jusqu'à 100°C pendant 30 min), pH :2,0 -12,0, sensibilité à la trypsine, à la protéinase K et à la protéinase E.	L'activité antimicrobienne améliorée par l'ajout de Fe2+, Mn2+ et d'éthanol, et inhibée par Cu2+, K+, Ca2+, Zn2+, Mg2+ et chlorure de sodium.	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
Lbp: DHCU70 isolée du dahi (yaourt).	Code / 1 chromosome. Taille : 3,38 Mb. GC : 44,3 %.	Active ≠ <i>Kocuria rhizophila</i> ATCC 9341.	(Goel <i>et al.</i> , 2020)

ENZ: Enzyme; ≠:contre; min: minutes;+++: plusieurs.

Tableau X: Bactériocines des souches d'origine de divers sources

M/ Souches	Caractéristiques	Spectre d'activité	Références
------------	------------------	--------------------	------------

ST31/Lbp ST31, isolé du levain.	PM: 2755 Da. Nature protéique. L'optimum un pH de 6 et T 30°C). La séquence de la plantaricine ST31 ne présentait aucune similarité avec celles d'autres bactériocines.	Active ≠ <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> .	(Todorov <i>et al.</i> , 1999)
Lbp, isolée de l'intestin de crevettes marines <i>Penaeus monodon</i> .	PM: 2,5 kDa, Optimales : 50°C, pH 4 et dans une solution de chlorure de sodium à 0,9%.	Activite # certains pathogènes alimentaires majeurs.	(Karthikeyan et Santosh, 2009)
Plantaricine F12 /Lbp F12 Isolé à partir excrémente de nouveaunée.	Sensible à l'hydrolyse protéolytique. résiste l'α-amylase et la lipase. Thermostable. T optimale: 37 °C.	Large spectre inhibiteur # des souches indicatrices (<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline, <i>E.coli</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>).	(Sifour <i>et al.</i> , 2012)
bactériocine H8/Lbp H8, isolé de poisson.	PM: 3 kDa. Thermostable (-20 °C à 120 °C), tolérance au pH (3-12), et sensibilité aux ENZ protéolytiques.	Inhibition de <i>E.coli</i> , <i>Listeria spp.</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Vibrio anguillarum</i> et <i>Bacillus cereus</i> .	(Ghanbari <i>et al.</i> , 2013)
<i>Lbp O1</i> isolé de l'intestin de daurade.	Croissance optimale entre 4-45 °C. pH 2-12 3,5 % de Na Cl Probiotique.	Large spectre.	(Çanak <i>et al.</i> , 2018)
plantaricine JY22/ Lbp JY22 isolée de l'intestin de la carpe dorée.	PM:4,1 kDa. Hautement stable à la chaleur, pH: 2,5 à 5,5, sensible aux protéases. Mode d'action bactéricide.	Active # <i>Bacillus cereus</i> .	(Lv <i>et al.</i> , 2018)

II.7. Les interactions entre les souches *L.plantarum* et souches cibles:

De nombreuses études ont examiné l'interaction *in vitro* entre les souches de *L.plantarum* et diverses souches procaryotes, gram positives et gram négatives (Tableau XI), provenant de différentes origines (Selmi *et al.*, 2023), notamment celles impliquées dans l'altération des aliments (Huang *et al.*, 2015) (*Listeria monocytogenes* et *Streptococcus*). Les souches bactériocinogènes de *L. plantarum* ont exhibé des potentialités inhibitrices dirigées contre souche cible gram négative (Jiang *et al.*, 2016) et parfois contre gram positive (Ruiz-Barba *et al.*, 1994). Ces souches montrent un large spectre d'action (Selmi *et al.*, 2023).

Tableau XI de synthèse: Antagonismes entre *L. plantarum* et souches cibles

Souche	Caractéristiques	Spectre d'activité	Références
Lbp/ LPCO10 Isolée à partir d'une fermentation d'olives vertes.	Lbp LPCO10 et LBp55-1 présentent des similitudes dans : schéma de fermentation.le taux de croissance.la production d'acide lactique et larésistance aux antibiotiques.LPCO10 se distingue par sa capacité à produire deux bactériocines: plantaricines S (pIS) et T (pIT).	Activité #: autres souches de LB, <i>leuconostocs</i> , <i>pédicoccis</i> et <i>streptocoques</i> . Et les bactéries responsables de l'altération des fermentations d'olives (<i>propionibactéries</i> et <i>clostridies</i>).	(Ruiz-Barba <i>et al.</i> , 1994)
Lbp OL9 issus de la fermentation spontanée des olives.	ND	Actif # <i>Lactobacillus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Propionibacterium</i> et <i>Erwinia</i> .	(Kacem <i>et al.</i> , 2005)
Lbp (souches BFE 5092 et PCS 20).	Producteurs de bactériocines: des agents de conservation "naturels" dans des aliments comme le fromage, la viande et les produits prêts à manger. Augmente sécurité alimentaire .	BFE 5092 et PCS 20 ont des effets différents sur le pH intracellulaire de <i>Listeria monocytogenes</i> .	(Nielsen <i>et al.</i> , 2010)
Lbp/ isolé du lait bovin.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Salmonella typhi</i> étaient résistants à l'isolat.	Activité: très forte # <i>Streptococcus faecalis</i> , forte # <i>Bacillus mycoides</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Proteus vulgaris</i> .	(Kumar & Murugalatha, 2012)
Lbp ZDY 2013 (Isolées à partir de haricots fermentés acides traditionnels chinois).	Résiste à des conditions stressantes (pH bas, sels biliaires).produit des EPS .Effet positive pour microbiote intestinal : augmentant <i>Bifidobacterium</i> et <i>Lb</i> = réduisant les bactéries entéropathogènes.	Active # <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E.coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Enterobacter sakazakii</i> et <i>Staphylococcus aureus</i> .	(Huang <i>et al.</i> , 2015)
Lbp WLPL04 (isolée du lait maternel humain).	Résiste à des conditions stressantes (pH bas, sels biliaires). Sensible à certains antibiotiques et résistant à d'autres probiotiques.	Active ≠ plusieurs souches pathogènes (<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigellasonnei</i> , <i>Enterobacter sakazakii</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> et <i>E. coli O157:H</i>).	(Jiang <i>et al.</i> , 2016)
Lbp ont été isolées à partir du fromage traditionnel Kouzeh.	Fortes propriétés probiotiques.	Active #des bactéries pathogènes. Les halos d'inhibition les plus grands ont été observés #: <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Staphylococcus epidermidis</i> .	(Jabbari <i>et al.</i> , 2017)

Lbp (58).	Résister aux stress acides, basiques et enzymatiques. l'ancienne souche peut être considérée comme un probiotique.	Active # <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923, <i>E. coli</i> ATCC 25921, <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Listeria ivanovii</i> ATCC 19119 et <i>Salmonella enterica</i> .	(Mami <i>et al.</i> , 2019)
Lbp IIA-1A5 (isolée du bœuf local indonésien, le Peranakan Ongole).	Le meilleur milieu de croissance était le lactosérum enrichi en lait écrémé	Active # <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>E.coli</i> .	(Soenarno <i>et al.</i> , 2019)
(Lbp) ont été isolées à partir de sources végétales tunisiennes des olives, fermentées et du poivre fermenté, des intestins de criquets morts.	C'est un probiotique bénéfique pour la santé intestinale. Résistant aux conditions difficiles comme les pH acides et les T variables. Utilisé dans la fermentation alimentaire. Donne des effets positifs sur la santé intestinale, l'immunité et la santé mentale.	active #:bactéries pathogènes d'origine alimentaire : <i>E.coli</i> O157:H7 CECT 4267 et <i>Listeria monocytogenes</i> CECT 4031. champignons: <i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus niger</i> et <i>Botrytis cinerea</i> .	(Selmi <i>et al.</i> , 2023)

ND: non déterminé; ≠: contre; []:concentration; T:Temperature.

II.8. La résistance aux bactériocines:

La résistance des mutants spontanés aux bactériocines peut être associée à des changements dans la composition de la membrane et de la paroi cellulaire, notamment des altérations du potentiel électrique, de la fluidité, de la composition lipidique de la membrane et de l'épaisseur de la paroi cellulaire (Balciunas *et al.*, 2013).

Ces modifications peuvent résulter de l'exposition à de faibles concentrations de bactériocines ou être une réponse adaptative à d'autres types de stress (Balciunas *et al.*, 2013).

Le mécanisme de résistance de *L. monocytogenes* à la nisine soit liée à des variations dans la composition des acides gras de la membrane, ce qui entraîne une diminution de la concentration de phospholipides et perturbe la formation de pores (Kramer *et al.*, 2006).

En outre, il semble que la résistance aux bactériocines de la sous-classe IIa soit liée à une diminution de l'expression de la perméase du mannose du système phosphotransférase (Balciunas *et al.*, 2013).

Conclusion

D'après l'analyse des données scientifiques relatives à l'espèce *Lactobacillus plantarum*, il ressort que cette espèce lactique est sujette à de profondes explorations scientifiques et à des débats, souvent en raison de données contradictoires.

L'espèce domine le genre *Lactobacillus* grâce à ses caractères intrinsèques et à sa capacité d'élasticité, lui permettant de coloniser divers milieux écologiques allant du tube digestif de l'homme, des animaux et des insectes, aux végétaux, légumes, fruits en fermentation, ainsi qu'aux viandes, produits carnés, poissons et produits laitiers en fermentation.

De nombreux travaux focalisant le séquençage de l'ADN chromosomique des *L. plantarum*. Les résultats concordent sur le fait que seules quelques souches de *L. plantarum* parmi toutes les BL possèdent environ 120 gènes marqueurs, ce qui ouvre des perspectives pour les méthodes d'identification moléculaire rapides de l'espèce.

Les allégations relatives aux effets bénéfiques de l'espèce sur l'hôte ont été prouvées expérimentalement, *in vitro* pour la plupart. Ces effets incluent: effets antimicrobiens, effets antioxydants, effets antimutagènes, effets pro-immunitaires.

Les souches relevant de l'espèce *L. plantarum* sont hautement bactériocinogènes, avec une prédominance des souches d'origine végétale, suivies par des souches isolées de viandes et enfin des souches isolées du lait et produits laitiers.

Globalement, ces bactériocines sont de classe II, sont de nature protéique, de poids moléculaire relativement élevé, thermostables, actives sur une large gamme de pH et possédant un large spectre bactéricide pour la plupart. Ces molécules bioactives sont prometteuses comme alternatives aux conservateurs chimiques dans la technologie alimentaire.

Références

- Adesulu-Dahunsi, A. T., Sanni, A. I., Jeyaram, K., & Banwo, K. (2017). Genetic diversity of *Lactobacillus plantarum* strains from some indigenous fermented foods in Nigeria. *LWT- Food Science and Technology*, 82, 199-206.
- Ahaddin, A. Y., Budiarti, S., Mustopa, A. Z., Darusman, H. S., & Triratna, L. (2021). Acute toxicity study of plantaricin from *Lactobacillus plantarum* S34 and its antibacterial activity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(1).
- Ahrné, Nobaek, Jeppsson, Adlerberth, Wold, & Molin. (1998). The normal *Lactobacillus* flora of healthy human rectal and oral mucosa. *Journal of applied microbiology*, 85(1), 88-94.
- Akhter, N., Wu, B., Memon, A. M., & Mohsin, M. (2015). Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. *Fish & shellfish immunology*, 45(2), 733-741.
- Alhubail, M., McBain, A. J., & O'Neill, C. A. (2024). A survey of multiple candidate probiotic bacteria reveals specificity in the ability to modify the effects of key wound pathogens. *Microbiology spectrum*, e00347-24.
- ALTA 2341® FORME Commerciale de la pediocine
- Al-Tawaha, R., & Meng, C. (2018). Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. *Adv. Environ. Biol*, 12, 16-27.
- Amoranto, M. B. C., Oh, J. K., Bagon, B. B., Hwang, I. C., Kim, S. H., Cho, C. S., & Kang, D. K. (2018). Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* SK151 isolated from kimchi. *The Microbiological Society of Korea*, 54(3), 295-298.
- An, Y., Wang, Y., Liang, X., Yi, H., Zuo, Z., Xu, X., ... & Han, X. (2017). Purification and partial characterization of M1-UVs300, a novel bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* isolated from fermented sausage. *Food Control*, 81, 211- 217.
- Anderssen, E. L., Diep, D. B., Nes, I. F., Eijsink, V. G., & Nissen-Meyer, J. (1998). Antagonistic activity of *Lactobacillus plantarum* C11: two new two-peptide bacteriocins, plantaricins EF and JK, and the induction factor plantaricin A. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(6), 2269- 2272.
- Anonyme(2024). <http://www.oxid.com/fr/index.asp?mpage=iproductdetail&pre=CM0361&l=FR&x> /site cosulter le 26/05/2024 à 22h41.
- Anonyme(2024). <https://lallemand-health-solutions.com/fr/linstitut-rosell-pour-le-microbiome-et-les-probiotiques-par-lallemand-commanditaire-platine-de-having-impactt-advancing-microbiome-research-symposium/> Site consulte le 23/5/2024 a 12H:29.
- Anyogu, A., Olukorede, A., Anumudu, C., Onyeaka, H., Areo, E., Adewale, O., ... & Nwaiwu, O. (2021). Microorganisms and food safety risks associated with indigenous fermented foods from Africa. *Food Control*, 129, 108227.

Références

- Arasu, M., Al-Dhabi, N., Ilavenil, S., Ki Choon, C., Srigopalram, S. (2016). *In vitro* importance of probiotic *Lactobacillus plantarum* related to medical field. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(1), 6-10.
- Arena, M. P., Fiocco, D., Massa, S., Capozzi, V., Russo, P., & Spano, G. (2014). *Lactobacillus plantarum* as a strategy for an in situ production of vitamin B2. *Journal of Food and Nutritional Disorders*, 1(4), S1-004.
- Arena, M. P., Silvain, A., Normanno, G., Grieco, F., Drider, D., Spano, G., & Fiocco, D. (2016). Use of *Lactobacillus plantarum* strains as a bio-control strategy against food-borne pathogenic microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 7, 464.
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: classification and physiology. *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker*, 139, 1- 66.
- Axelsson, L., Rud, I., Naterstad, K., Blom, H., Renckens, B., Boekhorst, J., *et al.* (2012). Genome sequence of the naturally plasmid-free *Lactobacillus plantarum* strain NC8 (CCUG 61730). *J. Bacteriol.* 194, 2391– 2392.
- Balciunas, E. M., Martinez, F. A. C., Todorov, S. D., de Melo Franco, B. D. G., Converti, A., & de Souza Oliveira, R. P.(2013). Novel biotechnological applications of bacteriocins: a review. *Food control*, 32(1), 134- 142.
- Bali, V., Panesar, P. S., Bera, M. B., & Kennedy, J. F. (2016). Bacteriocins: recent trends and potential applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(5), 817- 834.
- Barbosa, M. S., Todorov, S. D., Ivanova, I. V., Belguesmia, Y., Choiset, Y., Rabesona, H., ... & Franco, B. D. G. D. M. (2016). Characterization of a two-peptide plantaricin produced by *Lactobacillus plantarum* MBSa4 isolated from Brazilian salami. *Food Control*, 60, 103-112.
- Barrangou, R., Lahtinen, S. J., Ibrahim, F., & Ouwehand, A. C. (2012). Genus *Lactobacillus*. *Lactic acid bacteria. Microbiological and Functional Aspects*, 13(4), 798.
- Behera, S. S., Ray, R. C., & Zdolec, N. (2018). *Lactobacillus plantarum* with functional properties: an approach to increase safety and shelf-life of fermented foods. *BioMed research international*, 2018.
- Bendali, F., Gaillard-Martinie, B., Hebraud, M., & Sadoun, D. (2008). Kinetic of production and mode of action of the *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* anti-listerial bacteriocin, an Algerian isolate. *LWT- Food Science & Technology*, 41(10), 1784- 1792.
- Benítez-Cabello, A., Calero-Delgado, B., Rodríguez-Gómez, F., Bautista-Gallego, J., Garrido-Fernández, A., Jiménez-Díaz, R., & Arroyo-López, F. N. (2020). The use of multifunctional yeast-lactobacilli starter cultures improves fermentation performance of Spanish-style green table olives. *Food microbiology*, 91, 103497.
- Bernardeau, M., Vernoux, J. P., Henri-Dubernet, S., & Guéguen, M. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: the *Lactobacillus* genus. *International journal of food microbiology*, 126(3), 278-285.

References

- Blohem Pessoa, W. F., Correia Melgaco, A. C., de Almeida, M. E., Ramos, L. P., Rezende, R. P., & Romano, C. C. (2017). *In vitro* Activity of Lactobacilli with Probiotic Potential Isolated from Cocoa Fermentation against Gardnerella vaginalis. *BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL*, 2017.
- Boukhemis, M., Djeghri-Hocine, B., Tahar, A., & Amrane, A. (2009). Phenotypic characterization of *Lactobacillus* strains isolated from different biotopes, African Journal of Biotechnology Vol. 8 (19), pp. 5011- 5020.
- Bringel, F., Castioni, A., Olukoya, D. K., Felis, G. E., Torriani, S., & Dellaglio, F. (2005). *Lactobacillus plantarum* subsp. argenteratensis subsp. nov., isolated from vegetable matrices. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(4), 1629-1634.
- Bringel, F., Quenee, P., and Tailliez, P. (2001) Polyphasic investigation of the diversity within *Lactobacillus plantarum* related strains revealed two *L. plantarum* subgroups. *Syst Appl Microbiol* 24: 561- 571.
- Čanak, I., Markov, K., Melvan, E., Starčević, A., Živković, M., Zadavec, M., Pleadin, J., Jakopović, Ž., Kostelac, D. & Frece, J. (2018). Isolation and Characterisation of *L. plantarum* O1 Producer. *Food Technology & Biotechnology*, 56.
- Carr F.J., Chill D. et Maida N., (2002). The lactic acid bacteria .Critical Review in Microbiology. 20.281-370.
- Caplice, E., et Fitzgerald, G.F. (1999). Food fermentations: role of micro-organism in food production and preservation. *Int. J. Food Microbiol.* 50, Pp: 131-146
- Chokesajjawatee, N., Santiyanont, P., Chantarasakha, K., Kocharin, K., Thammarongtham, C., Lertampaiporn, S., ... & Visessanguan, W. (2020). Safety assessment of a nham starter culture *Lactobacillus plantarum* BCC9546 via whole-genome analysis. *Scientific reports*, 10(1), 10241.
- Cintas, L. M., Casaus, M. P., Herranz, C., Nes, I. F., & Hernández, P. E. (2001). Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Food Science and Technology International*, 7(4), 281- 305.
- Cleveland, J., Montville, T. J., Nes, I. F., & Chikindas, M. L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International journal of food microbiology*, 71(1), 1-20.
- Collins, B., Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, P. (2010). Applications of lactic acid bacteria-produced bacteriocins. *Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications*, 89-109.
- Corsetti, A., & Valmorri, S. (2011). *Lactobacillus* ssp.: *Lactobacillus plantarum* . In *Encyclopedia of Dairy Sciences, Second Edition*. Academic Press Ltd Vol. 3, pp. 111-113.
- Corsetti, A., Settanni, L., Van Sinderen, D., Felis, G. E., Dellaglio, F., & Gobbetti, M. (2005). *Lactobacillus rossii* sp. nov., isolated from wheat sourdough. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 55(1), 35- 40.

Références

- Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: developing innate immunity for food. *Nature Reviews Microbiology*, 3(10), 777- 788.
- D' Agostino, S., Valentini, G., Iarussi, F., & Dolci, M. (2024). Effect of Probiotics *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus plantarum* on Caries and Periodontal Diseases: A Systematic Review. *Dentistry Journal*, 12(4), 102.
- da Silva Sabo, S., Vitolo, M., González, J. M. D., & de Souza Oliveira, R. P. (2014). Overview of *Lactobacillus plantarum* as a promising bacteriocin producer among lactic acid bacteria. *Food Research International*, 64, 527-536.
- De Man, J. D., Rogosa, D., & Sharpe, M. E. (1960). A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of applied microbiology*, 23(1), 130- 135.
- Delgado, A., Brito, D., Fevereiro, P., Peres, C., & Marques, J. F. (2001). Antimicrobial activity of *L. plantarum* , isolated from a traditional lactic acid fermentation of table olives. *Le lait*, 81(1-2), 203- 215.
- Delgado, A., López, F. N. A., Brito, D., Peres, C., Fevereiro, P., & Garrido-Fernández, A. (2007). Optimum bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* 17.2 b requires absence of NaCl and apparently follows a mixed metabolite kinetics. *Journal of Biotechnology*, 130(2), 193- 201.
- Dellaglio, F., & Felis, G. E. (2005). Taxonomy of lactobacilli and bifidobacteria.
- DeVuyst, L. and Degeest, B. (1999b). Heteropolysaccharides from lactic acid Bacteria. *FEMS. Microbiol Rev*, 23:153-177.
- DeVuyst, L. and Degeest, B., (1999a). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: technological bottlenecks and practical solutions. *Macromol. Symp*, 140:31-41.
- Dicks, L. M.T., Mellett, F. D., & Hoffman, L.C. (2004). Use of bacteriocin-producing starter cultures of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus* in production of ostrich meat salami. *Meat science*, 66(3), 703- 708.
- Diep, D. B., & Nes, I. F. (2002). Ribosomally synthesized antibacterial peptides in Gram positive bacteria. *Current drug targets*, 3(2), 107- 122.
- Diep, D. B., Håvarstein, L. S., & Nes, I. F. (1996). Characterization of the locus responsible for the bacteriocin production in *Lactobacillus plantarum* C11. *Journal of bacteriology*, 178(15), 4472- 4483.
- Diep, D. B., Straume, D., Kjos, M., Torres, C., & Nes, I. F. (2009). An overview of the mosaic bacteriocin pln loci from *Lactobacillus plantarum* . *Peptides*, 30(8), 1562- 1574.
- Dong, A. R., Lo, R., Bansal, N., & Turner, M. S. (2017). A genetic diversity study of antifungal *Lactobacillus plantarum* isolates. *Food Control*, 72, 83-89.
- Douillard, F. P., & De Vos, W. M. (2014). Functional genomics of lactic acid bacteria: from food to health. *Microbial cell factories*, 13(Suppl 1), S8.

Références

- Dowarah, R., Verma, A. K., & Agarwal, N. (2017). The use of *Lactobacillus* as an alternative of antibiotic growth promoters in pigs: A review. *Animal Nutrition*,3(1), 1-6.
- Drider, D., Fimland, G., Héchard, Y., McMullen, L. M., & Prévost, H. (2006). The continuing story of class IIa bacteriocins.*Microbiology and molecular biology reviews*,70(2), 564- 582.
- Dujmić, E. (2017). Potential of soya substrates for lactic acid fermentation with addition of *Lactobacillus plantarum* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Food Technology and Biotechnology. Department of Biochemical Engineering. BLoratory for Biology and Microbial Genetics).
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), Ricci, A., Allende, A., Bolton, D., Chemaly, M., Davies, R., ... & Fernández Escámez, P. S. (2017). Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 5: suitability of taxonomic units notified to EFSA until September 2016. *EFSA Journal*, 15(3), e04663.
- Ekblad, B., & Kristiansen, P. E. (2019). NMR structures and mutational analysis of the two peptides constituting the bacteriocin plantaricin S. *Scientific Reports*, 9(1), 23- 33.
- El Halfawy, N. M., El-Naggar, M. Y., and Andrews, S. C. (2017). Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* 10CH, a potential probiotic lactic acid bacterium with potent antimicrobial activity. *Genome Announc.* 5, e01398– e01317. doi: 10.1128/genomeA.01398-17.
- Elagöz, A., Abdi, A., Hubert, J. C., & Kammerer, B. (1996). Structure and organisation of the pyrimidine biosynthesis pathway genes in *Lactobacillus plantarum* : a PCR strategy for sequencing without cloning. *Gene*, 182(1-2), 37-43.
- Elyass, M.E., Shigidi, M.T., Attitalla, I.H., Mahdi, A.A.(2017).Characterization and Optimization of Bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* Isolated from Fermented Beef (Shermout) .*Open Journal of Applied Sciences*, 2017, 7, 83- 97.
- Enan, G., El-Essawy, A. A., Uyttendaele, M., & Debevere, J. (1996). Antibacterial activity of *Lactobacillus plantarum* UG1 isolated from dry sausage: characterization, production and bactericidal action of plantaricin UG1.*International journal of food microbiology*, 30(3), 189- 215.
- Ercolini, D., Hill, P. J., & Dodd, C. E. (2003). Bacterial community structure and location in Stilton cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(6), 3540- 3548.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2018. Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 7: suitability of taxonomic units notified to EFSA until September 2017. *EFSA J.* 16, 5131.
- Flórez, A. B., & Mayo, B. (2018). Genome analysis of *Lactobacillus plantarum* LL441 and genetic characterisation of the locus for the lantibiotic plantaricin C. *Frontiers in Microbiology*, 9, 405333.

References

- Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO). 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization/World Health Organization, London Ontario, Canada.
- Franz, Toit, D., Olasupo, Schillinger, & Holzapfel. (1998). Plantaricin D, a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* BFE 905 from ready-to-eat salad. *Letters in Applied Microbiology*, 26(3), 231- 235.
- Gänzle, M. G. (2015). Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science*, 2, 106- 117.
- Gardner, N. J., Savard, T., Obermeier, P., Caldwell, G., & Champagne, C. P. (2001). Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. *International journal of food microbiology*, 64(3), 261- 275.
- Ghanbari, M., Jami, M., Kneifel, W., & Domig, K. J. (2013). Antimicrobial activity and partial characterization of bacteriocins produced by lactobacilli isolated from Sturgeon fish. *Food Control*, 32(2), 379- 385.
- Ghraiiri, T., Chaftar, N., & Hani, K. (2012). Bacteriocins: Recent advances and opportunities. *Progress in Food and Preservation*, 1, 485- 511.
- Giraffa, G., Chanishvili, N., & Widyastuti, Y. (2010). Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. *Research in microbiology*, 161(6), 480- 487.
- Goel, A., Halami, P. M., & Tamang, J. P. (2020). Genome analysis of *Lactobacillus plantarum* isolated from some Indian fermented foods for bacteriocin production and probiotic marker genes. *Frontiers in microbiology*, 11, 503804.
- Goel, A., Halami, P. M., & Tamang, J. P. (2020). Genome analysis of *Lactobacillus plantarum* isolated from some Indian fermented foods for bacteriocin production and probiotic marker genes. *Frontiers in microbiology*, 11, 503804.
- Golneshin, A., Adetutu, E., Ball, A. S., May, B. K., Van, T. T. H., & Smith, A. T. (2015). Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* strain B21, a bacteriocin-producing strain isolated from Vietnamese fermented sausage nem chua. *Genome announcements*, 3(2), 10- 1128.
- Gong, H. S., Meng, X. C., & Wang, H. (2010). Plantaricin MG active against Gram-negative bacteria produced by *Lactobacillus plantarum* KLDS1. 0391 isolated from “ Jiaoke” , a traditional fermented cream from China. *Food control*, 21(1), 89-96.
- Gonzalez, B., Arca, P., Mayo, B., & Suárez, J. E. (1994). Detection, purification, and partial characterization of plantaricin C, a bacteriocin produced by a *Lactobacillus plantarum* strain of dairy origin. *Applied & Environmental Microbiology*, 60(6), 2158- 2163.

References

- Gu, C. T., Wang, F., Li, C. Y., Liu, F., & Huo, G. C. (2012). *Lactobacillus xiangfangensis* sp. nov., isolated from Chinese pickle. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 62(Pt_4), 860- 863.
- Guerra-Ordaz, A. A., González-Ortiz, G., La Ragione, R. M., Woodward, M. J., Collins, J. W., Pérez, J. F., Martín-Orúea, S. M.(2014). Lactulose and *Lactobacillus plantarum* , a Potential Complementary Synbiotic To Control Postweaning Colibacillosis in Piglets, *Applied and Environmental Microbiology*,80, 4879-4886.
- Guidone, A., Zotta, T., Ross, R. P., Stanton, C., Rea, M. C., Parente, E., & Ricciardi, A. (2014). Functional properties of *Lactobacillus plantarum* strains: A multivariate screening study.*LWT-Food Science and Technology*,56(1), 69-76.
- Gupta, A., & Tiwari, S. K. (2014). Plantaricin LD1: a bacteriocin produced by food isolate of *Lactobacillus plantarum* LD1. *Applied Biochemistry & Biotechnology*, 172, 3354- 3362.
- Gupta, R., & Srivastava, S. (2014). Antifungal effect of antimicrobial peptides (AMPs LR14) derived from *Lactobacillus plantarum* strain LR/14 and their applications in prevention of grain spoilage. *Food microbiology*, 42, 1-7.
- Gutiérrez, J., Larsen, R., Cintas, L. M., Kok, J., & Hernández, P. E. (2006). High-level heterologous production and functional expression of the sec-dependent enterocin P from *Enterococcus faecium* P13 in *Lactococcus lactis*. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 72, 41- 51.
- Hammes, W. P., and Hertel, C. (2006). The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. In: Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., and Stackebrandt, E. (Eds). *The prokaryotes*, Vol.(4). Springer Science and Business Media. New York, USA. pp 320-403.
- Hassan, A. N., Frank, J. F. (2001) Starter cultures and their use. *In: Applied Dairy Microbiology*, (Marth, E. H., Steele, J. L., eds.), 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York/Basel, pp. 151-206.
- Heinl, S., & Grabherr, R. (2017). Systems biology of robustness and flexibility: *Lactobacillus buchneri*—A show case. *Journal of Biotechnology*, 257, 61-69.
- Heng, N. C., Wescombe, P. A., Burton, J. P., Jack, R. W., & Tagg, J. R. (2007). The diversity of bacteriocins in Gram-positive bacteria. In *Bacteriocins: ecology and evolution* (pp. 45- 92). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hernandez, D., Cardell, E., & Zarate, V. (2005). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Tenerife cheese: initial characterization of plantaricin TF711, a bacteriocin-like substance produced by *Lactobacillus plantarum* TF711. *Journal of Applied Microbiology*, 99(1), 77- 84.

Références

- Horvath, P., Coûté-Monvoisin, A.C., Romero, D.A., Boyaval, P., Fremaux, C. et Barrangou, R. (2009). Comparative analysis of CRISPR loci in lactic acid bacteria genomes. *Int J Food Microbiol.* 131:62- 70.
- Hsu, S. T. D., Breukink, E., Tischenko, E., Lutters, M. A., De Kruijff, B., Kaptein, R., & Van Nuland, N. A. (2004). The nisin– lipid II complex reveals a pyrophosphate cage that provides a blueprint for novel antibiotics. *Nature structural & molecular biology*, 11(10), 963- 967.
- Huang, C. H., Chang, M. T., & Huang, L. (2014). Cloning of a novel specific SCAR marker for species identification in *Lactobacillus pentosus*. *Molecular and Cellular Probes*, 28(4), 192- 194..
- Huang, R., Tao, X., Wan, C., Li, S., Xu, H., Xu, F., & Wei, H. (2015). In vitro probiotic characteristics of *Lactobacillus plantarum* ZDY 2013 and its modulatory effect on gut microbiota of mice. *Journal of dairy science*, 98(9), 5850- 5861.
- Hwang, C. F., Chang, J. H., Hwang, J. Y., Tsai, C. C., Lin, C. K., & Tsen, H. Y. (2012). Optimization of medium composition for improving biomass production of *Lactobacillus plantarum* Pi06 using the Taguchi array design and the Box-Behnken method. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 17, 827- 834.
- Jabbari, V., Khiabani, M. S., Mokarram, R. R., Hassanzadeh, A. M., Ahmadi, E., Gharenaghadeh, S., & Kafil, H. S. (2017). *Lactobacillus plantarum* as a probiotic potential from kouzeh cheese (traditional Iranian cheese) and its antimicrobial activity. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 9, 189- 193.
- Jack, R.W.; Tagg, J.R.; Ray, B. (1995). Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Microbiol. Rev.*, 59: 171- 200.
- Jia, F. F., Zhang, L. J., Pang, X. H., Gu, X. X., Abdelazez, A., Liang, Y., ... & Meng, X. C. (2017). Complete genome sequence of bacteriocin-producing *Lactobacillus plantarum* KLDS1. 0391, a probiotic strain with gastrointestinal tract resistance and adhesion to the intestinal epithelial cells. *Genomics*, 109(5-6), 432- 437.
- Jiang, M., Zhang, F., Wan, C., Xiong, Y., Shah, N. P., Wei, H., & Tao, X. (2016). Evaluation of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* WLPL04 isolated from human breast milk. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 1736- 1746.
- Jiang, Y., Zhang, J., Zhao, X., Zhao, W., Yu, Z., Chen, C., & Yang, Z. (2018). Complete genome sequencing of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus plantarum* K25 provides genetic evidence for the probiotic functionality and cold endurance capacity of the strain. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82(7), 1225-1233.
- Johnsen, L., Fimland, G., Mantzilas, D., & Nissen-Meyer, J. (2004). Structure-function analysis of immunity proteins of pediocin-like bacteriocins: C-terminal parts of immunity proteins are

Références

- involved in specific recognition of cognate bacteriocins. *Applied and environmental microbiology*, 70(5), 2647- 2652.
- Jung, J., Jang, H. J., Eom, S. J., Choi, N. S., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2019). Fermentation of red ginseng extract by the probiotic *Lactobacillus plantarum* KCCM 11613P: ginsenoside conversion and antioxidant effects. *Journal of Ginseng Research*,43(1), 20- 26.
- Jung, M. Y., Lee, J., Park, B., Hwang, H., Sohn, S. O., Lee, S. H., ... & Lee, J. H. (2017). Applicability of a colorimetric method for evaluation of lactic acid bacteria with probiotic properties. *Food microbiology*, 64, 33-38.
- Kacem Mourad, K. M., Zadi-Karam Halima, Z. K. H., & Nour-Eddine, K. (2005). Detection and activity of plantaricin OL15 a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* OL15 isolated from Algerian fermented olives.
- Kacem, M., Zadi-Karam, H., & Nour-Eddine, K. (2005). Isolation of lactic acid bacteria from naturally fermented Algerian olives. *J. King Saud Univ*,18, 89- 98.
- Kanatani, K., & Oshimura, M. (1994). Plasmid-associated bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* strain. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 58(11), 2084- 2086.
- Karaseva, O., Ozhegov, G., Khusnutdinova, D., Siniagina, M., Anisimova, E., Akhatova, F., ... & Yarullina, D. (2023). Whole genome sequencing of the novel probiotic strain *Lactiplantibacillus plantarum* FCa3L. *Microorganisms*, 11(5), 1234.
- Karthikeyan, V.& Santosh, S.W.(2009).Isolation And Partial Characterization Of Bacteriocin Produced From *Lactobacillus Plantarum* . *African Journal Of Microbiology Research* Vol. 3 (5) pp. 233-239.
- Kaushik, J. K., Kumar, A., Duary, R. K., Mohanty, A. K., Grover, S., & Batish, V. K. (2009). Functional and probiotic attributes of an indigenous isolate of *Lactobacillus plantarum* . *PloS one*, 4(12), e8099.
- Kelly, W. J., Asmundson, R. V., & Huang, C. M. (1996). Characterization of plantaricin KW30, a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Applied Bacteriology*, 81(6), 657- 662.
- Kennesl, C., Duburguier, H.C., Albagnac, G., & Nyns, E.J. (1991). Citrate metabolism by *Lactobacillus plantarum* isolated from orange juice. *Journal of Applied Bacteriology*.70, 380- 384.
- Kim, Y., Ryu, B. H., Kim, J., Yoo, W., An, D. R., Kim, B. Y., ... & Kim, T. D. (2017). Characterization of a novel SGNH-type esterase from *Lactobacillus plantarum* .*International journal of biological macromolecules*, 96, 560-568.
- Klaenhammer, T. R. (1993). Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS microbiology reviews*, 12(1-3), 39- 85.

References

- Klaenhammer, T. R., Barrangou, R., Buck, B. L., Azcarate-Peril, M. A., & Altermann, E. (2005). Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. *FEMS microbiology reviews*, 29(3), 393- 409.
- Klaenhammer, T.R. (1988). Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie* 70: 337- 349.
- Kleerebezem, M., Boekhorst, J., van Kranenburg, R., Molenaar, D., Kuipers, O.P., Leer, R., *et al.* (2003). Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1. *Proc Natl Acad Sci USA* 100: 1990– 1995.
- Kramer, N. E., van Hijum, S. A., Knol, J., Kok, J., & Kuipers, O. P. (2006). Transcriptome analysis reveals mechanisms by which *Lactococcus lactis* acquires nisin resistance. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 50(5), 1753- 1761.
- Kumar, A. M., & Murugalatha, N. (2012). Isolation of *Lactobacillus plantarum* from cow milk and screening for the presence of sugar alcohol producing gene. *J Microbiol Antimicrob*, 4(1), 16- 22.
- Kwon, E. K., Kang, G. D., Kim, W. K., Han, M. J., & Kim, D. H. (2017). *Lactobacillus plantarum* LC27 and *Bifidobacterium longum* LC67 simultaneously alleviate ethanol-induced gastritis and hepatic injury in mice. *Journal of functional foods*, 38, 389- 398.
- Lahtinen S, Ouwehand A, *et al.* Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects. Boca Raton: CRC Press; 2012.
- Leal, M. V., Baras, M., Ruiz-Barba, J. L., Floriano, B., & Jiménez-Díaz, R. (1998). Bacteriocin production and competitiveness of *Lactobacillus plantarum* LPCO10 in olive juice broth, a culture medium obtained from olives. *International Journal of Food Microbiology*, 43(1-2), 129- 134.
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Li, P., Gu, Q., Yang, L., Yu, Y., & Wang, Y. (2017). Characterization of extracellular vitamin B12 producing *Lactobacillus plantarum* strains and assessment of the probiotic potentials. *Food chemistry*, 234, 494- 501.
- Lim, S. M., & Im, D. S. (2009). Screening and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from Korean fermented foods. *J. Microbiol. Biotechnol*, 19(2), 178- 186.
- Lin, X., Chen, X. I., Tu, Y., Wang, S., & Chen, H. (2017). Effect of probiotic lactobacilli on the growth of *Streptococcus mutans* and multispecies biofilms isolated from children with active caries. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 23, 4175.
- Liptáková, D., Matejčková, Z., Valík, L. (2017) Lactic Acid Bacteria and Fermentation of Cereals and Pseudocereals. *In: Fermentation Processes*, (Faustino Jozala, A., ed.), InTech, Rijeka, pp. 223- 254.

Références

- Liu, C. J., Wang, R., Gong, F. M., Liu, X. F., Zheng, H. J., Luo, Y. Y., & Li, X. R. (2015). Complete genome sequences and comparative genome analysis of *Lactobacillus plantarum* strain 5-2 isolated from fermented soybean. *Genomics*, *106*(6), 404-411.
- Liu, Y. W., Liong, M. T., & Tsai, Y. C. (2018). New perspectives of *Lactobacillus plantarum* as a probiotic: The gut-heart-brain axis. *Journal of Microbiology*, *56*, 601- 613.
- Ly, X., Miao, L., Ma, H., Bai, F., Lin, Y., Sun, M., & Li, J. (2018). Purification, characterization and action mechanism of plantaricin JY22, a novel bacteriocin against *Bacillus cereus* produced by *Lactobacillus plantarum* JY22 from golden carp intestine. *Food science and biotechnology*, *27*, 695- 703.
- Makarova, K., Slesarev, A., Wolf, Y., Sorokin, A., Mirkin, B., Koonin, E., ... & Mills, D. (2006). Comparative genomics of the lactic acid bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(42), 15611-15616.
- Makhloufi, K.M.,(2011).Caractérisation d'une bactériocine produite par une bactérie lactique *Leuconostoc pseudomesenteroides* isolée du boza. Bactériologie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2011. Français. ffnNT: ff. fftel-00678029f.
- Maldonado, A., Ruiz-Barba, J. L., & Jiménez-Díaz, R. (2003). Purification and genetic characterization of plantaricin NC8, a novel coculture-inducible two-peptide bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* NC8. *Applied and environmental microbiology*, *69*(1), 383-389.
- Mami, A., Kheloufi, A., Djelilate, M., Kihal, M. & Mansouri, L.M.(2019). Probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* isolated from Raw Goat Milk in the Northwestern Region of Algeria. *Livestock Research for Rural Development* *31* (7).
- Marco, M. L., Peters, T. H., Bongers, R. S., Molenaar, D., Van Hemert, S., Sonnenburg, J. L., ... & Kleerebezem, M. (2009). Lifestyle of *Lactobacillus plantarum* in the mouse caecum. *Environmental Microbiology*, *11*(10), 2747- 2757.
- Martinez, R. C. R., Wachsman, M., Torres, N. I., LeBlanc, J. G., Todorov, S. D., & de Melo Franco, B. D. G. (2013). Biochemical, antimicrobial and molecular characterization of a noncytotoxic bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* ST71KS. *Food microbiology*, *34*(2), 376- 381.
- Martino, M. E., Bayjanov, J. R., Caffrey, B. E., Wels, M., Joncour, P., Hughes, S., ... & Leulier, F. (2016). Nomadic life style of *Lactobacillus plantarum* revealed by comparative genomics of 54 strains isolated from different habitats. *Environmental Microbiology*, *18*(12), 4974- 4989.
- Martin-Visscher, L. A., van Belkum, M. J., Garneau-Tsodikova, S., Whittall, R. M., Zheng, J., McMullen, L. M., & Vederas, J. C. (2008). Isolation and characterization of carnocyclin A, a novel circular bacteriocin produced by *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307.

Références

- Mattick et Hirsh, (1947) In da Silva Sabo, S., Vitolo, M., González, J. M. D., & de Souza Oliveira, R. P. (2014). Overview of *Lactobacillus plantarum* as a promising bacteriocin producer among lactic acid bacteria. *Food Research International*, 64, 527- 536.
- Melgar-Lalanne, G., Rivera-Espinoza, Y., & Hernández-Sánchez, H. (2012). *Lactobacillus plantarum* : An overview with emphasis in biochemical and healthy properties. *Lactobacillus: Classification, Uses and Health Implications*. Pérez Campos A., Mena AL (eds). Nova Publishing, New York, USA, 1- 31.
- Menconi, A., Kallapura, G., Latorre, J. D., Morgan, M. J., Pumford, N. R., Hargis, B. M., & Tellez, G. (2014). Identification and characterization of lactic acid bacteria in a commercial probiotic culture. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*, 33(1), 25- 30.
- Messi, P., Bondi, M., Sabia, C., Battini, R., & Manicardi, G. (2001). Detection and preliminary characterization of bacteriocin (plantaricin 35d) produced by *Lactobacillus plantarum* strain. *International Journal of Food Microbiology*, 64, 193- 198.
- Minic, R., Gavrovic-Jankulovic, M., Petrusic, V., Zivkovic, I., Eijsink, V. G., Dimitrijevic, L., & Mathiesen, G. (2015). Effects of orally applied Fes p1-displaying *L. plantarum* WCFS1 on Fes p1 induced allergy in mice. *Journal of Biotechnology*, 199, 23-28.
- Mizumachi, K., Aoki, R., Ohmori, H., Saeki, M., & Kawashima, T. (2009). Effect of fermented liquid diet prepared with *Lactobacillus plantarum* -LQ80 on the immune response in weaning pigs. *Animal*, 3(5), 670-676.
- Molenaar, D., Bringel, F., Schuren, F.H., de Vos, W.M., Siezen, R.J., and Kleerebezem, M. (2005) Exploring *Lactobacillus plantarum* genome diversity by using microarrays. *J Bacteriol* 187: 6119– 6127.
- Monnet, c., Latrille, E., Béal, C, et corrieu, G.(2008). Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques IN: corrieu, G. et luquet, F.M., bactéries lactiques de génétiques aux ferments .Tec & Doc, lavoisier. P:511, 593. Filannino, P., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2018). Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: Get out of the labyrinth. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 64-72.
- Müller, D. M., Carrasco, M. S., Tonarelli, G. G., & Simonetta, A. C. (2008). Characterization and purification of a new bacteriocin with a broad inhibitory spectrum produced by *Lactobacillus plantarum* lp 31 strain isolated from dry-fermented sausage. *Journal of Applied Microbiology*, 106(6), 2031- 2040.
- Mustopa, A. Z., Rasmentari, N., Triratna, L., & Nurfatwa, M. (2021, May). Antimicrobial activity assay of Plantaricin F produced by *L. lactis* pNZ8148-plnAF against *Candida albicans*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 762, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

References

- Nath, S., Sikidar, J., Roy, M., & Deb, B. (2020). In vitro screening of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* isolated from fermented milk product. *Food Quality and Safety*, 4(4), 213- 223.
- Nayak, S. K. (2010). Probiotics and immunity: a fish perspective. *Fish & shellfish immunology*, 29(1), 2- 14.
- Nes, I. F., Diep, D. B., & Holo, H. (2007). Bacteriocin diversity in Streptococcus and Enterococcus. *Journal of bacteriology*, 189(4), 1189- 1198.
- Nes, I. F., Kjos, M., & Diep, D. B. (2011). Antimicrobial components of lactic acid bacteria. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*. 4th ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 66(1), 285- 329.
- Nielsen, D.S., Cho, G.S., Hanak, A., Huch, M., Franz, CH.M.A.P., Arneborg, N. (2010). The effect of bacteriocin-producing *Lactobacillus plantarum* strains on the intracellular pH of sessile and planktonic *Listeria monocytogenes* single cells. *International Journal of Food Microbiology* 141. S53- S59.
- Ogunbanwo, S. T., Sanni, A. I., & Onilude, A. A. (2003). Characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* F1 and *Lactobacillus brevis* OG1. *African Journal of Biotechnology*, 2(8), 219- 227.
- Ohja, A., Seethu, B. G., Pushpadass, H. A., Franklin, M. E. E., Grover, C. R., Kumar, S., & Dhali, A. (2024). Encapsulation of Lactiplantibacillus *plantarum* CRD7 in sub-micron pullulan fibres by spray drying: Maximizing viability with prebiotic and thermal protectants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132068.
- Ouwehand, A. C., Salminen, S., & Isolauri, E. (2002). Probiotics: an overview of beneficial effects. In *Lactic Acid Bacteria: Genetics, Metabolism and Applications: Proceedings of the seventh Symposium on lactic acid bacteria: genetics, metabolism and applications, 1– 5 September 2002, Egmond aan Zee, the Netherlands* (pp. 279-289). Springer Netherlands.
- Park, S., Ji, Y., Park, H., Lee, K., Park, H., Beck, B. R., ... & Holzapfel, W. H. (2016). Evaluation of functional properties of lactobacilli isolated from Korean white kimchi. *Food Control*, 69, 5-12.
- Pei, J., Jin, W., Abd El-Aty, A. M., Baranenko, D. A., Gou, X., Zhang, H., ... & Yue, T. (2020). Isolation, purification, and structural identification of a new bacteriocin made by *Lactobacillus plantarum* found in conventional kombucha. *Food Control*, 110, 106923.
- Pei, J., Li, X., Han, H., & Tao, Y. (2018). Purification and characterization of plantaricin SLG1, a novel bacteriocin produced by *Lb. plantarum* isolated from yak cheese. *Food Control*, 84, 111- 117.
- Pérez-Díaz, I. M., Hayes, J., Medina, E., Anekella, K., Daughtry, K., Dieck, S., ... & Azcárate-Peril, M. A. (2017). Reassessment of the succession of lactic acid bacteria in commercial

- cucumber fermentations and physiological and genomic features associated with their dominance. *Food microbiology*, 63, 217-227.
- Powell, J. E., Witthuhn, R. C., Todorov, S. D., & Dicks, L. M. T. (2007). Characterization of bacteriocin ST8KF produced by a kefir isolate *Lactobacillus plantarum* ST8KF. *International dairy journal*, 17(3), 190- 198.
- Rahayu, E. S., Rusdan, I. H., Athennia, A., Kamil, R. Z., Pramesi, P. C., Marsono, Y., ... & Widada, J. (2019). Safety assessment of indigenous probiotic strain *Lactobacillus plantarum* Dad-13 isolated from dadih using sprague dawley rats as a model. *Am J Pharmacol Toxicol*, 14(1), 38-47.
- Ray, R. C., & Joshi, V. K. (2014). Fermented foods: past, present and future. *Microorganisms and fermentation of traditional foods*, 1-36.
- Reenen, V., Dicks, & Chikindas. (1998). Isolation, purification and partial characterization of plantaricin 423, a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* . *Journal of applied microbiology*, 84(6), 1131- 1137.
- Reeves, P. (1965). Les bactériocines. *Revue bactériologiques*, 29(1), 24- 45.
- Rekhif, N., Atrih, A., & Lefebvrexy, G. (1995). Activity of plantaricin SA6, a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* SA6 isolated from fermented sausage. *Journal of Applied Bacteriology*, 78(4), 349- 358.
- Requena, T., Martínez-Cuesta, M. C., Aznar, R., Mohedano, M. L., López, P., & Ruas-Madiedo, P. (2024). Probiotic Characteristics of *Lactiplantibacillus plantarum* CECT 9435 and Its Survival and Competitive Properties Under Simulated Conditions of the Child Gut Microbiota. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-12.
- Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, A. R. U., Jahid, I. K. (2020). Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1223-1237.
- Riane, K., Sifour, M., Ouled-Haddar, H., Idoui, T., Bounar, S., & Boussebt, S. (2021). Probiotic properties and antioxidant efficiency of *Lactobacillus plantarum* 15 isolated from milk. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 516- 520.
- Rodrigo-Torres, L., Yépez, A., Aznar, R., & Arahall, D. R. (2019). Genomic insights into five strains of *Lactobacillus plantarum* with biotechnological potential isolated from chicha, a traditional maize-based fermented beverage from Northwestern Argentina. *Frontiers in microbiology*, 10, 470981.
- Roméo, Y., Bouvier, J., & Gutierrez, C. (2001). La réponse au stress osmotique des bactéries lactiques *Lactococcus lactis* et *Lactobacillus plantarum* (2^e mini-revue). *Le lait*, 81(1-2), 49- 55.

Références

- Ruiz-Barba, J. L., Cathcart, D. P., Warner, P. J., & Jiménez-Díaz, R. (1994). Use of *Lactobacillus plantarum* LPCO10, a bacteriocin producer, as a starter culture in Spanish-style green olive fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(6), 2059- 2064.
- Saad, N. (2010). *Caractérisation d'entités moléculaires de surface impliquées dans la relation de la bactérie probiotique Lactobacillus plantarum 299v avec l'hôte: approche In vitro* (Doctoral dissertation, Limoges).
- Sabo, S., Vitolo, M., González, J. M. D., & de Souza Oliveira, R. P. (2014). Overview of *Lactobacillus plantarum* as a promising bacteriocin producer among lactic acid bacteria. *Food Research International*, 100(64), 527- 536.
- Saelim, K., Jampaphaeng, K., & Maneerat, S. (2017). Functional properties of *Lactobacillus plantarum* S0/7 isolated fermented stinky bean (Sa Taw Dong) and its use as a starter culture. *Journal of functional foods*, 38, 370-377.
- Saguir, F. M., & de Nadra, M. C. M. (2007). Improvement of a chemically defined medium for the sustained growth of *Lactobacillus plantarum* : nutritional requirements. *Current microbiology*, 54, 414- 418.
- Salveti, E., Torriani, S., & Felis, G. E. (2012). The genus *Lactobacillus*: a taxonomic update. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 4, 217- 226.
- Saxami, G., Karapetsas, A., Lamprianidou, E., Kotsianidis, I., Chlichlia, A., Tassou, C., ... & Galanis, A. (2016). Two potential probiotic *Lactobacillus* strains isolated from olive microbiota exhibit adhesion and anti-proliferative effects in cancer cell lines. *Journal of Functional Foods*, 24, 461- 471.
- Seddik, H. A., Bendali, F., Gancel, F., Fliss, I., Spano, G., & Drider, D. (2017). *Lactobacillus plantarum* and its probiotic and food potentialities. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9, 111-122.
- Selmi, H., Rocchetti, M. T., Capozzi, V., Semedo-Lemsaddek, T., Fiocco, D., Spano, G., & Abidi, F. (2023). Lactiplantibacillus *plantarum* from Unexplored Tunisian Ecological Niches: Antimicrobial Potential, Probiotic and Food Applications. *Microorganisms*, 11(11), 2679.
- Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Kulshrestha, S. (2020). Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods. *Fermentation*, 6(4), 106.
- Siezen, R. J., Francke, C., Renckens, B., Boekhorst, J., Wels, M., Kleerebezem, M., & van Hijum, S. A. (2012). Complete resequencing and reannotation of the *Lactobacillus plantarum* WCFS1 genome.
- Siezen, R. J., Tzeneva, V. A., Castioni, A., Wels, M., Phan, H. T., Rademaker, J. L., ... & van Hylckama Vlieg, J. E. (2010). Phenotypic and genomic diversity of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from various environmental niches. *Environmental microbiology*, 12(3), 758- 773.

Références

- Sifour, M., Tayeb, I., Haddar, H. O., Namous, H., & Aissaoui, S. (2012). Production and Characterization of Bacteriocin of *Lactobacillus plantarum* F12 with Inhibitory Activity against *Listeria monocytogenes*. *TOJSAT*, 2(1), 55- 61.
- Smaoui, S. (2010). Purification et caractérisation de biomolécules à partir de microorganismes nouvellement isolés et identifiés (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT)- France.
- Soenarno, M.S., Sumantri, C., Taufik, E., Lilis Nuraida, L. & Arief, I.I. (2019). *Lactobacillus plantarum* IIA-1A5 Fermentation Patterns by Using whey, buttermilk and Whey Enriched by Skimmed Milk as Growth Media. *Pakistan Journal of Nutrition*, 18: 288- 295.
- Suma, K., Misra, M. C., & Varadaraj, M. C. (1998). Plantaricin LP84, a broad spectrum heat-stable bacteriocin of *Lactobacillus plantarum* NCIM 2084 produced in a simple glucose broth medium. *International Journal of Food Microbiology*, 40(1-2), 17- 25.
- Suo, C., Yin, Y., Wang, X., Lou, X., Song, D., Wang, X., & Gu, Q. (2012). Effects of *Lactobacillus plantarum* ZJ316 on pig growth and pork quality. *BMC veterinary research*, 8, 1-12.
- Suryani, E. M., Jatmiko, Y. D., & Mustafa, I. (2023). Detection of Plantaricin-Encoding Gene and Its Partial Purification in *Lactobacillus plantarum* BP102. *Jurnal Biodjati*, 8(2), 233- 247.
- Tamang, J. P. (2010). Diversity of fermented foods. *Fermented Foods and Beverages of the World*, 41- 84.
- Tang, W., Xing, Z., Li, C., Wang, J., & Wang, Y. (2017). Molecular mechanisms and *In vitro* antioxidant effects of *Lactobacillus plantarum* MA2. *Food Chemistry*, 221, 1642- 1649.
- Thirabunyanon, M., & Hongwittayakorn, P. (2013). Potential probiotic lactic acid bacteria of human origin induce antiproliferation of colon cancer cells via synergic actions in adhesion to cancer cells and short-chain fatty acid bioproduction. *Applied biochemistry and biotechnology*, 169, 511- 525.
- Todorov, S. D. (2009). Bacteriocins from *Lactobacillus plantarum* production, genetic organization and mode of action: produção, organização genética e modo de ação. *Brazilian journal of microbiology*, 40, 209- 221.
- Todorov, S. D., & Dicks, L. M. T. (2005). *Lactobacillus plantarum* isolated from molasses produces bacteriocins active against Gram-negative bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, 36(2- 3), 318- 326.
- Todorov, S. D., & Franco, B. D. G. D. M. (2010). *Lactobacillus plantarum* : Characterization of the species and application in food production. *Food Reviews International*, 26(3), 205- 229.
- Todorov, S. D., Prévost, H., Lebois, M., Dousset, X., LeBlanc, J. G., & Franco, B. D. (2011). Bacteriocinogenic *Lactobacillus plantarum* ST16Pa isolated from papaya (*Carica papaya*) From isolation to application: Characterization of a bacteriocin. *Food Research International*, 44(5), 1351- 1363.

Références

- Todorov, S. D., van Reenen, C. A., & Dicks, L. M. T. (2004). Optimization of bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* ST13BR, a strain isolated from barley beer. *The Journal of general and applied microbiology*, 50(3), 149- 157.
- Todorov, S., Onno, B., Sorokine, O., Chobert, J.M., Ivanova, I., Dousset, X. (1999). Detection and characterization of a novel antibacterial substance produced by *Lactobacillus plantarum* ST 31 isolated from sourdough. *International Journal of Food Microbiology* 48, 167- 177.
- Todorov, S.D & Dicks, L.M.T. (2005). Bacteriocin Production by *Lactobacillus plantarum* ST194BZ, *Food Technol. Biotechnol.* 43(2) 165- 173.
- Todorov, S.D., Ho P., Vaz-Velho, M., Dicks, L.M.T. (2010). Characterization of bacteriocins produced by two strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from Beloura and Chouriço, traditional pork products from Portugal. *Meat Science* 84. 334- 343.
- Todorov, S.D., Nyati H., Meincken M., Dicks L.M.T. (2007). Partial characterization of bacteriocin AMA-K, produced by *Lactobacillus plantarum* AMA-K isolated from naturally fermented milk from Zimbabwe. *Food Control* 18 656- 664.
- Vandamme, P., Pot, B., Gillis, M., De Vos, P., Kersters, K., & Swings, J. (1996). Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. *Microbiological reviews*, 60(2), 407- 438.
- Veselá, K., Kumherová, M., Klojdová, I., Solichová, K., Horáčková, Š., & Plocková, M. (2019). Selective culture medium for the enumeration of *Lactobacillus plantarum* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *LWT*, 114, 108365.
- von Wright, A., Axelsson, L. (2012) Lactic Acid Bacteria: An Introduction. *In: Lactic Acid bacteria: Microbiological and Functional Aspects*, (Lathinen, S., Ouwehand, A. C., Salminen, S., von Wright, A., eds.), 4th ed., CRC Press, Boca Raton, pp. 1-16.
- Wang, H., Jin, J., Pang, X., Bian, Z., Zhu, J., Hao, Y., & Xie, Y. (2023). Plantaricin BM-1 decreases viability of SW480 human colorectal cancer cells by inducing caspase-dependent apoptosis. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1103600.
- Wang, J., Ji, H. F., Wang, S. X., Zhang, D. Y., Liu, H., Shan, D. C., & Wang, Y. M. (2012). *Lactobacillus plantarum* ZLP001: *In vitro* assessment of antioxidant capacity and effect on growth performance and antioxidant status in weaning piglets. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(8), 1153.
- Wang, L., Liu, C., Chen, M., Ya, T., Huang, W., Gao P., et al. (2015). A novel *Lactobacillus plantarum* strain p-8 activates beneficial immune response of broiler chickens. *Int. Immunopharmacol.* 29, 901- 907.
- Wang, W., & Wang, H. (2014). The effect of lactic acid bacteria in food and feed and their impact on food safety. *International journal of food engineering*, 10(2), 203-210.

References

- Wang, Y., Shang, N., Qin, Y., Zhang, Y., Zhang, J., & Li, P. (2018). The complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* LPL-1, a novel antibacterial probiotic producing class IIa bacteriocin. *Journal of Biotechnology*, 266, 84-88.
- Wang, Z., Wu, Q., Kuča, K., Dohnal, V., & Tian, Z. (2014). Deoxynivalenol: Signaling pathways and human exposure risk assessment—An update. *Archives of toxicology*, 88, 1915-1928.
- Wang, Z., Zhang, Y., Chen, C., Fan, S., Deng, F., & Zhao, L. (2023). A novel bacteriocin isolated from *Lactobacillus plantarum* W3-2 and its biological characteristics. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1111880.
- Wedajo, B. (2015). Lactic acid bacteria: benefits, selection criteria and probiotic potential in fermented food. *Journal of Probiotics & Health*, 3(02).
- Wen, L. S., Philip, K., & Ajam, N. (2016). Purification, characterization and mode of action of plantaricin K25 produced by *Lactobacillus plantarum*. *Food control*, 60, 430- 439.
- Yadav, A. S. (2017). Antioxidant and antimicrobial profile of chicken sausages prepared after fermentation of minced chicken meat with *Lactobacillus plantarum* and with additional dextrose and starch. *Lwt*, 77, 249- 258.
- Yadav, M. K., & Tiwari, S. K. (2024). Mechanism of Cell-Killing Activity of Plantaricin LD1 Against *Escherichia coli* ATCC 25922. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 1-18.
- Yadav, R., Puniya, A.K., & Shukla, P. (2016). Probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* RYPR1 from an indigenous fermented beverage Raabadi. *Frontiers in microbiology*, 7(1), 1-9.
- Yap, P. G., Lai, Z. W., & Tan, J. S. (2022). Bacteriocins from lactic acid bacteria: Purification strategies and applications in food and medical industries: A review. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 51.
- Yu, L., Zhai, Q., Tian, F., Liu, X., Wang, G., Zhao, J., ... & Chen, W. (2017). *Lactobacillus plantarum* CCFM639 can prevent aluminium-induced neural injuries and abnormal behaviour in mice. *Journal of Functional Foods*, 30, 142-150.
- Zhang, J., Yang, Y., Yang, H., Bu, Y., Yi, H., Zhang, L., & Ai, L. (2018). Purification and partial characterization of bacteriocin Lac-B23, a novel bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* J23, isolated from Chinese traditional fermented milk. *Frontiers in microbiology*, 9, 2165.
- Zhang, W., Ji, H., Zhang, D., Liu, H., Wang, S., Wang, J., & Wang, Y. (2018). Complete genome sequencing of *Lactobacillus plantarum* ZLP001, a potential probiotic that enhances intestinal epithelial barrier function and defense against pathogens in pigs. *Frontiers in physiology*, 9, 1689.
- Zhang, W., Sun, Z., Bilige, M., & Zhang, H. (2015). Complete genome sequence of probiotic *Lactobacillus plantarum* P-8 with antibacterial activity. *Journal of biotechnology*, 193, 41-42.

Références

- Zhang, Z. Y., Liu, C., Zhu, Y. Z., Wei, Y. X., Tian, F., Zhao, G. P., & Guo, X. K. (2012). Safety assessment of *Lactobacillus plantarum* JDM1 based on the complete genome. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1-2), 166- 170.
- Zhao, S., Han, J., Bie, X., Lu, Z., Zhang, C., & Lv, F. (2016). Purification and characterization of plantaricin JLA-9: a novel bacteriocin against *Bacillus* spp. produced by *Lactobacillus plantarum* JLA-9 from Suan-Tsai, a traditional Chinese fermented cabbage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(13), 2754- 2764.
- Zhu, X., Zhao, Y., Sun, Y., & Gu, Q. (2014). Purification and characterisation of plantaricin ZJ008, a novel bacteriocin against *Staphylococcus* spp. from *Lactobacillus plantarum* ZJ008. *Food chemistry*, 165, 216- 223.
- Zouhir, A., Hammami, R., Fliss, I., & Hamida, J. B. (2010). A new structure-based classification of gram-positive bacteriocins. *The protein journal*, 29, 432- 439.

Annexes

Tableau de synthèse des Avis FDA sur les Souches de *Lactobacillus plantarum* :

Souche	Date	Avis	Référence
<i>DSM 33452</i>	2020	Utilisée dans la fermentation malolactique pour la production de vin.	https://www.fda.gov/media/134877/download
<i>CECT 7527, 7528, 7529</i>	2019	Utilisées dans des produits alimentaires fermentés.	https://www.fda.gov/media/134877/download
<i>ECGC 13110402</i>	2018	Utilisée dans divers aliments, exemptée d'approbation préalable.	https://www.fda.gov/media/134877/download
<i>NCIMB 30562</i>	2016	Ingrédient microbien dans divers aliments.	https://www.fda.gov/media/134877/download
<i>299v</i>	2015	Utilisation dans les aliments.	https://www.fda.gov/media/134877/download
<i>MCC 0537</i>	2014	Exemptée des exigences d'approbation préalable.	https://www.fda.gov/media/134877/download

Tableau II: milieu MRS Composition:
(de Man et al., 1960).

MRS pH:6,2 (+/- 2)

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Extrait de viande de bœuf	8
Extrait de levure	4
Glucose	20
Citrated'ammonium	2
Acétate de sodium $3H_2O$	5
Sulfate de magnésium $7H_2O$	0,2
Sulfate de manganèse $4H_2O$	0,05
Hydrogénophosphate de potassium	2
Tween80	1 ml