



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie  
Département de Biologie



# Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de  
**MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES**  
Spécialité : Microbiologie Fondamentale

Par

**ALLOUCH Imane Nour El houda**

&

**BENAMAR Souaad**

Thème :

---

**Activité antimicrobienne des bactéries lactiques  
vis-à-vis des infections urinaires.**

---

Soutenu le 30 juin 2025 devant le jury composé de :

Président	MENED Nadjet	MCA	Université de Mostaganem
Encadreur	CHOUGRANI Fadela	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	BOUABSA foufa	MCB	Université de Mostaganem

Thème réalisé au niveau de laboratoire microbiologie N°03 et laboratoire des sciences et techniques de production animale (LSTPA) à université de Mostaganem .

**Année Universitaire : 2024/2025.**

# **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions **Dieu Tout-Puissant** de nous avoir donné la santé, la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrante **Pr .CHOUGRANI fadela** pour son accompagnement, sa disponibilité, ses orientations ,ses précieux conseils et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions sincèrement **les membres du jury** :*

***Dr . MENAD NAdjet** qu'elle nous fait l'honneur de présider ce jury de soutenance et d'évaluer ce travail.*

***Dr. BOUABSA Foufa** pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail. et pour l'intérêt qu'ils lui ont porté.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à **Mme AMAMRA Djamila** pour son accompagnement ses orientations précieuses et ses remarques.*

*Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants et du personnel administratif particulièrement ceux de l'option Biologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour la qualité de la formation qu'ils nous ont offerte durant les 5 années.*

*Nous remercions aussi à l'ensemble du personnel de laboratoire de Microbiologie particulièrement **Mr. Djellali** responsable de laboratoires microbiologie pour leur accueil, leur assistance technique et leurs conseils tout au long de nos travaux pratiques ainsi que pour avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires à la réalisation de notre travail expérimental.. Aussi, .*

*un grande merci pour **Mr. Noureddine** L'ingénieur de laboratoire de HASI mamache pour sa disponibilité et l'aide précieuse apportée durant nos travaux pratiques et pour son accueil chaleureux.*

*Enfin , À tous ceux qui nous ont soutenues, de près ou de loin, tout au long de l'élaboration de ce travail. »*

**MERCI à tous**

# Dédicace

*Avant tout, je tiens à adresser mes profonds remerciements à **Allah**, qui m'a accordé l'aide, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents*

*À **mon père**, pour son amour, son soutien inébranlable et ses sacrifices silencieux. Ce mémoire est le reflet de ta présence dans chaque étape de ma réussite.*

*À **ma mère**, symbole d'amour et de tendresse et patience . Tes prières, ton courage et ton soutien m'ont accompagné durant toutes mes années d'études .*

*je leur souhaite une bonne santé ,Qu'ALLAH les garde pour moi*

*Je t'aime tellement*

*À mes chers frères **ABDELHADI ,ABDELHAK et ABDELRAIM***

*Merci pour votre confiance et d'être à mes côtés, Je leur souhaite du succès et bonne chance dans leur vie .*

*À **Ma chère petite sœur Malek** , fleur de notre maison ,mon amis , ta présence le plus beau soutien et mon plus grand trésor , je souhaite un avenir radieux plein de réussite.*

*À **ma chère binôme** , ma confidente **souaad** , merci d'avoir partagé avec moi cette belle aventure de mémoire. Ensemble, nous avons surmonté les défis et savouré les instants de joie. ton soutien m'a été très encourageant.*

*À toute ma famille*

*À chaque personne qui a contribué , ne serait -ce qu'un mot*

*A tous ceux que je porte dans mon coeur.*

*MERCI*



***Imane Nour Elhouda***

# Dédicace

*À mon père* Merci pour ta sagesse, ton soutien moral et tes sacrifices silencieux. Tu es mon modèle de courage et de persévérance.

*À ma mère,* Pour ton amour infini, tes prières constantes et ta tendresse. Tu es la lumière de ma vie et ma plus grande source de motivation.

*À mes chères frères, Ilyes, et Ibrahim*

Merci pour votre soutien, vos encouragements et votre présence à mes côtés, dans les moments faciles comme difficiles.

*À ma chère petite sœur Malak* Ta présence, ton soutien et ton affection ont été une source de force et de réconfort tout au long de ce chemin. Merci d'être ma sœur, mon amie, ma confidente. Que Dieu te comble de paix et de bonheur.

*À mon très cher binôme Imane,*

je tiens à te remercier pour ta confiance en moi. Pour votre affection, votre écoute et vos mots réconfortants. Vous avez toujours cru en moi, et cela m'a donné la force d'avancer.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour, ma reconnaissance et mon profond respect



*Souaad*

## LISTE DES ABREVEATION:

**ADH** : Hydrolyse de l'Arginine.

**ADN** : Acide Désoxyribonucléique .

**ARN** : Acide Ribonucléique .

**ATP** : Adénosine triphosphate.

**BAL** : Bacteria acid lactic.

**BL**: bactéries lactiques.

**CG**: Cytosine Guanine .

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone.

**°C**: degré celsius .

**E. coli** : Escherichia coli .

**EMP**: Embden-Meyerhof-Parnas .

**GN**: Gélose nutritive.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'Hydrogène.

**h** : heure.

**IU** : Infection Urinaires .

**Lb** : Lactobacillus .

**Lc** : Lactococcus.

**LDH** : Lactate déshydrogénase.

**Ln** : Leuconostoc.

**MRS**: Man,Rogosa,Sharpe.

**mm** : millimètre.

**ml** : millilitre.

**NaCl** : Chlorure de sodium.

**NAD<sup>+</sup>/ NADH, H<sup>+</sup>** : Couple oxydant/réducteur du nicotinamide adénine dinucléotid.

**nm** : nanomètre.

**P**: Phosphate.

**PDA** : potato dextrose agar .

**Pc** :pedicoccus .

**St** :streptococcus.

**T** : température.

**UTI** :Urinary tract infections.

**µl** : microlitre.

**%** : pour Cent .

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : Milieux d'isolement des bactéries lactiques .....	6
<b>Tableau 02</b> : Principaux genres de bactéries lactiques.....	16
<b>Tableau 03</b> : La classification d'E. coli .....	28
<b>Tableau 04</b> : Les agents causals des infections urinaires.....	30
<b>Tableau 05</b> : Principaux caractères de Enterococcus faecalis . .....	37
<b>Tableau 06</b> : Métabolites antimicrobiens de faible masse moléculaire secrétés par les bactéries lactiques autres que les bactériocines.....	38
<b>Tableau 07</b> : Séquence de quelques bactériocines de classe II — Sequence of some class II bacteriocins.....	44
<b>Tableau 08</b> : Les quartes Bactériocines de classe III produites par des bactéries lactiques .....	45
<b>Tableau 09</b> : Souches de bactéries lactiques utilisées.....	51
<b>Tableau 10</b> : Souches de références utilisées.....	51
<b>Tableau 11</b> : Matériels non biologiques.....	52
<b>Tableau 12</b> : Observation macroscopique des bactéries lactique .....	58
<b>Tableau 13</b> : Observation microscopique des souches lactiques.....	60
<b>Tableau14</b> : Observation macroscopique des bactéries pathogènes de référence.....	63
<b>Tableau 15</b> : Observation microscopique des bactéries pathogènes.....	64
<b>Tableau 16</b> : de l'effet inhibiteur des bactéries lactiques ( LB 25b.LB13. LB02 .LB32 .LB31) vis -à-vis des souches pathogènes par la méthodes des puits.....	70
<b>Tableau 17</b> : Les diamètres des Illustration zones de la protéolyse mm.....	74

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Ilya Ilitch Metchnikov immunologiste franco-russe, biologiste, lauréat du Prix Nobel (1845 – 1916) .....	3
<b>Figure 02</b> : Arbre phylogénétique des bactéries Gram positives basé sur la comparaison des séquences de l'ARNr.....	8
<b>Figure 03</b> : <i>Lactobacillus casei</i> au microscope électronique.....	10
<b>Figure 04</b> : <i>Lactococcus lactis</i> , au microscope électronique.....	11
<b>Figure 05</b> : <i>Leuconostoc mesenteroides</i> au microscope électronique.....	12
<b>Figure 06</b> : <i>Pediococcus</i> au microscope électronique.....	12
<b>Figure 07</b> : <i>Streptococcus thermophilus</i> , au microscope électronique.....	13
<b>Figure 08</b> : <i>Bifidobacterium</i> sp.....	15
<b>Figure 09</b> : <i>Enterococcus faecalis</i> au microscope électronique.....	17
<b>Figure 10</b> : Evolution de la structure de la caséine au cours de la coagulation acide à (30°C).....	18
<b>Figure 11</b> : Différents types de fermentation.....	20
<b>Figure 12</b> : Appareil urinaire humain.....	27
<b>Figure 13</b> : micrographie d' <i>E. coli</i> par microscope électronique.....	29
<b>Figure 14</b> : Aspect des colonies de <i>K. pneumoniae</i> sur milieu gélosé.....	32
<b>Figure 15</b> : <i>Proteus mirabilis</i> .....	35
<b>Figure 16</b> : Séquence et structure de lantibiotiques de type A (Nisine), B (Mersacidine) et d'un lantibiotique « two-peptides » (Lacticine 3147 A1 et A2) —	

Sequence and structure of a type A lantibiotic (Nisin), a type B lantibiotic (Mersacidin) and a « two-peptides » lantibiotic (Lacticin 3147 A1 and A2).....	43
<b>Figure 17:</b> Mode d'action des bactériocines.....	47
<b>Figure18:</b> Méthode de diffusion en puits.....	56
<b>Figure19 :</b> Aspect macroscopique des souches laciques. Après incubation à 30°C pendant 24h on anaérobiose. ....	59
<b>Figure 20:</b> Test de catalase négative.....	62
<b>Figure 21 :</b> Test d'oxydase négative .....	62
<b>Figure22 :</b> croissance les souches pathogènes dans le Bouillon Nutritif.....	63
<b>Figure 23:</b> L'activité antagoniste de la souche LB 25b ; <i>Limosilactobacillus fermentum</i> (1) vis-à-vis les bactéries pathogènes. ( <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>klebseilla pneumoniae</i> , <i>E.Coli</i> ).....	67
<b>Figure 24 :</b> L'activité antagoniste de la souche LB 31 ; <i>Levilactobacillus brevis</i> vis-à-vis les bactéries pathogènes.( <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>klebseilla pneumoniae</i> , <i>E.Coli</i> ).....	67
<b>Figure 25 :</b> Mise en évidence de l'activité antimicrobienne de la souche LB 02 ; <i>Limosilactobacillus fermentum</i> contre les bactéries les souche indicatrices ( <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>klebseilla pneumoniae</i> , <i>E.Coli</i> ).....	68
<b>Figure26 :</b> L'activité antagoniste de la souche LB 13 ; <i>Lactobacillus acidophillus</i> vis-à-vis les bactéries pathogènes.( <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>klebseilla pneumoniae</i> , <i>E.Coli</i> ).....	68
<b>Figure 27 :</b> Mise en évidence de l'activité antimicrobienne de la souche LB 32 ; <i>Lactobacillus acidophillus</i> contre les bactéries les souche indicatrices( <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>klebseilla pneumoniae</i> , <i>E.Coli</i> ).....	69

<b>Figure 28 :</b> Diamètre des zones d' inhibition exercés par les souches lactiques sur les souches indicatrices à Gram négatif par la méthode de puits.....	70
<b>Figure29:</b> Le potentiel protéolytique des bactéries lactiques sur milieu MRS.....	75
<b>Figure30 :</b> Le potentiel protéolytique des bactéries lactiques sur milieu PCA .....	75
<b>Figure31 :</b> Diamètres des zones de la protéolyse exercés par les souches lactiques sur les milieu MRSet PCA .....	76
<b>Figure 32 :</b> conservation les souches à long terme.....	76

# TABLE DES MATIERE

Liste des Abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction ..... 1

---

## Revue bibliographique

---

### Chapitre I:Les Bactéries Lactiques

I -1-Historique des bactéries lactiques.....	3
I-2Généralité .....	4
I- 3-Définition des bactéries lactiques .....	4
I -4-Origine des bactéries lactiques .....	5
I -5-Taxonomie et Classification des bactéries Lactiques.....	7
I -5-1- Classification classique .....	7
I -5-2-Classification Moderne .....	8
I-6- Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques.....	9
I-6-1 - Genre Lactobacillus.....	9
I- 6-1-1 Groupe I « Thermobacterium ».....	9
I-6-1-2 Groupe II « Streptobacterium » .....	9

I- 6-1-3 Groupe III « Betabacterium ».....	10
I-6-2- Genre Lactococcus.....	10
I-6-3- Genres Leuconostocs, Oenococcus et Weissella.....	11
I-6-4- Genres Pediococcus et Tetragenococcus.....	12
I-6-5- Genre Streptococcus.....	13
I-6-6-Genre Carnobacterium.....	14
I-6-7- Genre Bifidobacterium.....	15
I-6-8- Genres Enterococcus et Vagococcus.....	16
I-6-9- Genre Aerococcus.....	17
I-6-10- Genre Alloiococcus.....	17
I-7- Métabolisme des bactéries lactiques.....	17
I-7-1 - La protéolyse.....	17
I-7-2- Le métabolisme des sucres .....	18
I -7-3-La lipolyse.....	20
I -7-3-1-Métabolisme du citrate.....	21
I -8-Application des bactéries lactiques.....	21
I -8-1- Domaine médical.....	21
I -8-2- Domaine alimentaire.....	21
I- 8-2-1- Aptitude acidifiante.....	22
I -8-2-2- Aptitude protéolytique .....	22
I- 8-2-3- Aptitude texturante .....	22
I -8-2-4- Aptitude aromatisante.....	23
I- 8-2-5- Activité gazogène.....	23
I -8-2-6- Propriétés enzymatique .....	23
I- 8-3-Domaine Cosmétique .....	23
I -8-4- Domaine Industrielle .....	24
I -9- Effets sur les propriétés sensorielles.....	24

I-10-Pouvoir antimicrobien : (Antibactérien, Antagoniste) .....	24
---	----

## **Chapitre II :Les infection urinaires**

II-1 -Définition.....	25
II-1-1-Classification des infections urinaire.....	25
II -2- Certains germes responsables des infections urinaires .....	27
II -2-1- Généralité sur Escherichia colis .....	27
II –2-1-2-Découverte dEscherichia colis.....	28
II- 2-1-3 -Taxonomie.....	28
II -2-1-4- Habitat.....	29
II -2-1-5- Caractères bactériologiques d’E. coli.....	29
II-2-1-6- Étiologie.....	30
II -2- 2-Généralités sur Klebsiella pneumoniae.....	31
II -2-2-1- Position taxonomique.....	31
II-2-2-2-Classification.....	31
II- 2-2-3- Caractères morphologiques.....	31
II -2-2- 4-Habitat.....	32
II -2-3-1- Définition et caractéristiques de Proteus vulgaris.....	32
II -2-3-2-Habitat de Proteus vulgaris.....	33
II -2-3-3-Pouvoir pathogène de Proteus vulgaris.....	33
II -2-4-Généralités sur Proteus mirabilis.....	34
II -2-4-1 Historique .....	34
II -2-4-2 – Classification.....	34
II 2-4-3- Caractères bactériologiques.....	35
II -2-4- 4-Habitat.....	35
II-2-5-1-Généralité sur Enterococcus faecalis.....	36
II-2-5-2-Classification.....	36
II-2-5-3 Habitat.....	36

II-2-5-4-Caractéristiques.....	36
II-2-5-5-Pouvoir pathogène.....	37

### **Chapitre III :Activité antimicrobienne des bactéries lactiques**

III-1-Activité antimicrobienne des bactéries Lactiques.....	38
III-2- Les métabolites antimicrobiens non peptidiques.....	39
III-2-1- Les acides organiques.....	39
III-2-2- Acides gras.....	39
III-2-3- Le peroxyde d'hydrogène.....	39
III-2-4- Le dioxyde de carbone.....	40
III-2-5- Di acétyle (2,3- butanédione) .....	40
III-2-6- Reutérine.....	40
III-2-7-Reutéricycline.....	40
III-2-8- Acétaldéhyde.....	41
III-2-9- 2-pyrrolidone-5-carboxylic Acide.....	41
III-3- Les métabolites antimicrobiens peptidiques: Les bactériocines.....	41
III-3-1-Définition.....	41
III-3-2- Classification des bactériocines.....	42
III-3-2-1-Bactériocine de classe I : lantibiotiques.....	42
III-3- 2-2- Bactériocines de classe II : les peptides non modifiés.....	43
III-3-2-3- Bactériocines de classe III : Bactériolysines.....	44
III-3-2-4- Bactériocines de Classe IV : Bactériocine complexe.....	45
III-3-4- La biosynthèse des bactériocines.....	45
III-3-5- Le conditionnement des bactériocines.....	45
III-3-6- Mode d'action de bactériocine.....	46
III-3-7- Applications potentielles des bactériocine.....	47
III-3-7-1 -Domaine alimentaire.....	47
III-3-7-2 -Domaine thérapeutique.....	48

III-3-7-3 -Domaine vétérinaire.....	49
III-3-7-4-Domaine agricole.....	49

---

## **Etude Expérimentale**

---

### **Chapitre I:Matériels et méthodes**

I-1-Objectif d'étude .....	50
I-2. Lieu et période d'étude.....	50
I-3-Matériels.....	50
I-3-1-Matériels biologiques .....	50
I-3-1-1-Les souches cibles.....	50
I-3-1-2- Les souches de références.....	51
I-3-2- Matériels non biologiques.....	52
I-4- Méthodes.....	52
I-4-1- Revivification et purification des souches bactériennes.....	52
I-4-2- Conservation des bactéries lactiques.....	53
I-4-2-1- Conservation à court terme.....	53
I-4-2-2- Conservation à long terme.....	53
I-4-3- Confirmation de la pureté.....	53
I-4-3-1-Examen macroscopique.....	53
I-4-3-2- Examen microscopique.....	53
I-4-3-3- Coloration de Gram.....	54
I-4-3-4- Recherche de la catalase.....	54
I-4-3-5- Test d'oxydase.....	54
I-4-4-Mise en évidence de l'activité antimicrobienne.....	54
I-4-4-1-Principe de la détection de l'activité antimicrobienne des souches Lactique.....	55

I-4-4-2-Préparation des suspensions bactériennes.....	55
I-4-4-3-Méthode des puits.....	55
I-4-4-4-Potentiel protéolytique.....	57

## **Chapitre II :Résultats et discussion**

II -Résultats et discussion .....	58
II- 1-Revivification et confirmation de la pureté des souches.....	58
II-1-1- Les bactéries lactiques.....	58
II-1-1-1- Examen macroscopique.....	58
II-1-1-2- Examen microscopique.....	59
II-1-1-3- Recherche de catalase.....	62
II-1-1-4- Test d'oxydase.....	62
II-1-2-1- Les bactéries pathogènes de référence.....	63
II-1-2-1- Examen macroscopique.....	63
II-1-2-2- Examen microscopique.....	64
II-1-2-3- Test d'oxydasse.....	66
II-2-Activité antimicrobienne des souches lactiques.....	66
II-2-1-Méthode des puits.....	66
II-3-Résultats du potentiel protéolytique.....	73
II-4- conservation à long terme .....	76
<b>Conclusion</b> .....	77
<b>Reference bibliographique</b> .....	79

### **Annexe**

# Résumé

Les bactéries lactiques sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire en raison de leur rôle essentiel dans les processus de fermentation et de conservation des aliments. Parmi elles, les genres *Lactobacillus*, *Streptococcus* et *Bifidobacterium* sont particulièrement reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes ainsi que pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Dans ce cadre, notre étude s'est focalisée sur cinq souches locales de bactéries lactiques, toutes Gram positives et catalase négatives, afin d'évaluer leur potentiel antimicrobien à l'égard des uro-pathogènes.

La collection étudiée comprend cinq souches de *Lactobacillus* appartenant aux espèces suivantes : *Lactobacillus acidophilus* LB13, *Limosilactobacillus fermentum* LB25b, *Lactobacillus brevis* LB31, *Limosilactobacillus fermentum* LB02 et *Lactobacillus acidophilus* LB32.

Les infections urinaires regroupent un ensemble d'affections causées par la colonisation des voies urinaires par des bactéries pathogènes, appelées uro-pathogènes. Ces infections peuvent affecter l'urètre, la vessie (cystite), les uretères ou les reins (pyélonéphrite). Elles sont majoritairement dues à des entérobactéries, en particulier *Escherichia coli*, responsable de plus de 80 % des cas, mais également à d'autres germes tels que *Proteus* spp. et *Klebsiella*. Leur forte prévalence, notamment chez les femmes, en fait un enjeu important de santé publique. Pour évaluer l'effet antimicrobien des souches lactiques, la méthode de diffusion en puits a été utilisée. Cette approche a permis d'étudier l'activité inhibitrice des substances antimicrobiennes produites par les souches lactiques sur quatre souches pathogènes de référence : *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Proteus vulgaris*. Les résultats ont révélé une inhibition significative de la croissance de ces pathogènes, avec un spectre d'action variant selon les souches testées, allant de 11 à 21 mm. L'objectif principal de ce travail était de démontrer l'effet antagoniste des bactéries lactiques sur les uro-pathogènes, en vue d'identifier les souches présentant le meilleur potentiel antimicrobien pour de futures applications thérapeutiques ou probiotiques.

**Mots-clés** : bactéries lactiques, infections urinaires, uro-pathogènes, *Lactobacillus*, activité antimicrobienne .

# ABSTRACT

Lactic acid bacteria are widely used in the agri-food industry due to their essential role in food fermentation and preservation processes. Among them, the genera *Lactobacillus*, *Streptococcus*, and *Bifidobacterium* are particularly known for their antimicrobial properties and beneficial effects on human health.

In this context, the present study focused on five local strains of lactic acid bacteria, all Gram-positive and catalase-negative, in order to evaluate their antimicrobial potential against uropathogens. The collection studied includes five strains belonging to the *Lactobacillus* genus: *Lactobacillus acidophilus* LB13, *Limosilactobacillus fermentum* LB25b, *Lactobacillus brevis* LB31, *Limosilactobacillus fermentum* LB02, and *Lactobacillus acidophilus* LB32.

Urinary tract infections (UTIs) encompass a range of conditions caused by the colonization of the urinary tract by pathogenic bacteria, referred to as uropathogens. These infections can affect the urethra, bladder (cystitis), ureters, or kidneys (pyelonephritis). They are mostly caused by Enterobacteriaceae, particularly *Escherichia coli*, which accounts for over 80% of cases, as well as other pathogens such as *Proteus spp.* and *Klebsiella*. Their high prevalence, especially among women, makes them a major public health concern.

To assess the antimicrobial activity of the lactic acid strains, the well diffusion method was employed. This approach allowed the evaluation of the inhibitory effects of antimicrobial substances produced by the lactic acid bacteria on four reference pathogenic strains: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, and *Proteus vulgaris*. The results showed significant inhibition of these pathogens' growth, with inhibition zones ranging from 11 to 21 mm, depending on the strain tested.

The main objective of this study was to demonstrate the antagonistic effect of lactic acid bacteria on uropathogens, with the aim of identifying strains with the highest antimicrobial potential for future therapeutic or probiotic applications.

**Keywords:** lactic acid bacteria, urinary tract infections, uropathogens, *Lactobacillus*, antimicrobial activity.

## ملخص

تستخدم بكتيريا حمض اللاكتيك على نطاق واسع في صناعة الأغذية نظرًا لدورها الأساسي في عمليات التخمير وحفظ الأغذية. ومن بين هذه الأجناس، تُعرف أجناس *Lactobacillus* و *Streptococcus* و *Bifidobacterium* بخصائصها المضادة للميكروبات وتأثيراتها المفيدة على صحة الإنسان.

في هذا السياق، ركزت دراستنا على خمس سلالات محلية من بكتيريا حمض اللاكتيك، جميعها موجبة الجرام وسالبة الكاتالاز، لتقييم قدرته المضادة للميكروبات ضد مسببات الأمراض البولية. تتضمن المجموعة المدروسة خمس سلالات من *Lactobacillus* تنتمي إلى الأنواع التالية:

*Limosilactobacillus fermentum* LB25b، *Lactobacillus acidophilus* LB13

*Lactobacillus acidophilus*، *Limosilactobacillus fermentum* LB02، *Lactobacillus brevis* LB31

LB32

التهابات المسالك البولية هي مجموعة من الحالات المرضية التي تسببها بكتيريا ممرضة تُسمى مسببات الأمراض البولية. يمكن أن تؤثر هذه الالتهابات على مجرى البول، أو المثانة (التهاب المثانة)، أو الحالبين، أو الكلى (التهاب الحويضة والكلية). وتنتج هذه الالتهابات بشكل رئيسي عن البكتيريا المعوية، وخاصةً الإشريكية القولونية، التي تُمثل أكثر من 80% من الحالات، بالإضافة إلى جراثيم أخرى مثل البروتيويس والكلبسيلا. ويُعد انتشارها الواسع، وخاصةً بين النساء، مشكلة صحية عامة رئيسية.

لتقييم التأثير المضاد للميكروبات لبكتيريا حمض اللاكتيك، استُخدمت طريقة الانتشار البشري. مكن هذا النهج من دراسة النشاط المثبط للمواد المضادة للميكروبات التي تنتجها بكتيريا حمض اللاكتيك على أربع سلالات مرجعية ممرضة: الإشريكية القولونية، والكلبسيلا الرئوية، والمتقلبة الرائعة، والمتقلبة الشائعة. أظهرت النتائج تثبيطًا ملحوظًا لنمو هذه الممرضات، مع طيف تأثير يختلف باختلاف السلالات المختبرة، ويتراوح بين 11 و 21 ملم.

كان الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إثبات التأثير المضاد لبكتيريا حمض اللاكتيك على مسببات أمراض المسالك البولية، بهدف تحديد السلالات ذات الإمكانيات المضادة للميكروبات الأكبر للتطبيقات العلاجية أو البروبيوتيكية المستقبلية.

**الكلمات المفتاحية:** بكتيريا حمض اللاكتيك، التهابات المسالك البولية، مسببات الأمراض البولية، العصيات اللبنية،

النشاط المضاد للميكروبات.

## Introduction

---

Les microorganismes jouent un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes biologiques. Parmi eux, les bactéries lactiques (BL) retiennent particulièrement l'attention en raison de leurs multiples bénéfices, tant dans le domaine agroalimentaire que médical .

Historiquement utilisées dans la fermentation des produits laitiers, ces bactéries sont aujourd'hui reconnues pour leurs propriétés probiotiques et leurs effets antimicrobiens (**Cotter et al., 2005**). Elles produisent divers composés bioactifs, tels que l'acide lactique, les bactériocines et le peroxyde d'hydrogène, qui leur confèrent une capacité naturelle à inhiber la croissance de microorganismes indésirables. Cette aptitude leur permet non seulement de prolonger la conservation des denrées alimentaires, mais également de renforcer la protection de l'organisme humain contre certaines infections, en favorisant l'équilibre du microbiote (**Gänzle, 2009**).

Parmi les infections bactériennes les plus courantes figurent les infections urinaires, représentant un enjeu majeur de santé publique, notamment chez les femmes (**Flores-Mireles et al., 2015**). Celles-ci sont principalement causées par des bactéries uropathogènes telles que *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* et *Proteus mirabilis*, *Esherichia coli* qui colonisent les voies urinaires et induisent divers symptômes cliniques. L'émergence croissante de résistances aux antibiotiques chez ces pathogènes complique considérablement leur prise en charge thérapeutique (**Flores-Mireles et al., 2015**).

Les bactéries lactiques, principalement du genre *Lactobacillus*, jouent un rôle prometteur dans la prévention et le traitement adjuvant des infections urinaires (IU), en particulier les infections récidivantes chez les femmes. Leur efficacité repose sur plusieurs mécanismes biologiques divers :: produisent des substances antimicrobiennes naturelles telles que Acide lactique et Bactériocines, Rétablissement du microbiote urogénital , Renforcement de la barrière immunitaire, Compétition pour l'adhésion aux cellules uro-épithéliales et l'application thérapeutique ( **BEY, A., & DEGAICHIA, A. 2021**).

Dans ce contexte, explorer le potentiel antimicrobien des bactéries lactiques vis-à-vis des agents pathogènes responsables d'infections urinaires s'avère particulièrement pertinent. Cette approche pourrait contribuer au développement d'alternatives naturelles et efficaces à la lutte contre ces infections (**Kumar & Sharma, 2015**).

## Introduction

---

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre étude, dont l'objectif général est d'évaluer l'activité antimicrobienne de certaines souches de bactéries lactiques contre des agents pathogènes impliqués dans les infections urinaires.

Dans ce cadre, ce travail est subdivisé en deux parties principales :

la première partie est consacrée à une revue bibliographique articulée autour d'un premier chapitre qui donne une vue générale sur les bactéries lactiques, classification et , leurs voies métaboliques, les intérêts et les applications industrielles et un deuxième chapitre intitulé les infections urinaires ,leur définition, causes et principaux agents pathogènes. la troisième chapitre concerne l'activité antimicrobienne des BL, les métabolites antimicrobiens peptidiques et non peptidiques.

La deuxième partie de ce travail est dédiée à l'étude expérimentale. le premier chapitre nous exposons le matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de la réalisation de l'objectif de notre travail et un deuxième chapitre comporte. Une conclusion générale récapitulant les principaux résultats de cette étude , accompagnée d'une analyse des pistes de recherche envisageables pour approfondir cette thématique.

# *Revue bibliographique*

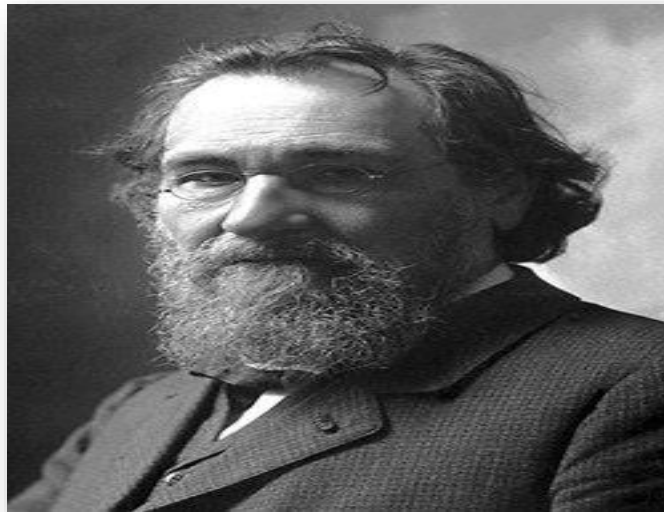
***Chapitre I:***  
***Les Bactéries Lactiques***

## I -1-Historique des bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques sont de très anciens micro-organismes dont les ancêtres ont pu voir le jour il y a trois milliards d'années (avant les Cyanobactéries). Elles ont été utilisées pour la fermentation des aliments depuis plus de 4000 ans, sans pour autant comprendre la base scientifique de leur utilisation, mais tout en essayant de produire des aliments de meilleure conservation et de meilleure qualité. (Boudersa et al,2017)

Il faudra attendre Pasteur et ses travaux sur la fermentation en 1857 pour établir un lien entre la fermentation lactique et les bactéries. La première culture bactérienne pure sera d'ailleurs une culture de *Lactococcus lactis* obtenue et décrite par Joseph Lister en 1873 cité par Penaud, (2006). Metchnikoff isole en 1904 le « bacille bulgare » (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*) présent dans le yaourt. (Mechai,2009)

Au début du XXème siècle, Elie Metchnikoff (figure 1) remarque que la longévité et la bonne santé des paysans bulgares est liée à leur consommation de produits laitiers fermentés et suggère que certains micro-organismes pourraient exercer des effets bénéfiques sur la santé humaine. (Daoudi et al,2018)



**Figure 01** : Ilya Ilich Metchnikov immunologiste franco-russe, biologiste, lauréat du Prix Nobel (1845 – 1916) ( El-idrissi, 2020)

De nos jours les bactéries lactiques représentent le deuxième plus grand marché de production de biomasse, après les levures. Principalement utilisées dans l'industrie alimentaire, pour la

production et la fermentation des aliments et aussi dans l'industrie chimique pour la production d'acide lactique et bio polymères et acquièrent, depuis quelques années, un rôle croissant en santé humaine et animale. (**Brahimi,2015**)

## I -2-Généralité

Les bactéries lactiques constituent l'un des groupes incontournables de la microbiologie alimentaire, sont ubiquistes et on les trouve dans certains aliments tels que le lait et ses dérivés, la viande, les fruits et les légumes. Elles représentent aussi une partie de la microflore intestinale et génitale humaine et animale (**Dridier et Prevost, 2009 ; Leonard, 2013**) . Elles jouent un rôle essentiel dans la fermentation des matières premières animales et végétales . Leur capacité à fermenter les glucides et à un moindre mesure de dégrader les protéines et les graisses présentes dans ces substrats (**Mozzi et al.,2010**). Sont principalement utilisées en tant que starter dans les produits alimentaires fermentés où elles permettent de développer certaines caractéristiques organoleptiques et d'augmenter la durée de conservation . Cette bioconservation par les bactéries lactiques est due à leurs capacités à produire plusieurs métabolites antimicrobiens, tels que les acides organiques (acide lactique, acide acétique....), le peroxyde d'hydrogène, l'éthanol, le diacétyle, la reutéline, le dioxyde de carbone et les bactériocines (**Djadouni, 2013 ; Hammi, 2016**)

## I- 3-Définition des bactéries lactiques :

Le terme de « bactéries lactiques » a été défini pour la première fois en 1919 par Orla- Jensen. Il désigne un ensemble de bactéries hétérotrophes à Gram positif, catalase négative, oxydase négative, nitrate réductase négative, anaérobies facultatifs, généralement immobiles, acidotolérantes, et montrant plusieurs exigences nutritionnelles vis-à-vis des acides aminés, des peptides, des vitamines, des sels, des acides gras, des glucides et des fermentes cibles. Ces bactéries peuvent avoir des formes en bâtonnets ou en coques (**Raynaud, 2006**). Elles constituent un groupe hétérogène de micro-organismes produisant de l'acide lactique comme produit principal du métabolisme (**Leveau et Bouix, 1993 ; Pilet et al., 2005**). Les bactéries lactiques sont les micro-organismes dominants trouvés au cours de la fermentation de la majorité des aliments ou boissons fermentés, elles sont plus utiles à l'homme en lui permettant de fabriquer et de conserver de nombreux aliments (**Fenton, 1987**) .

## **I -4-Origine des bactéries lactiques :**

Les bactéries lactiques sont des microorganismes ubiquitaires susceptibles d'être retrouvés dans différentes niches écologiques (**Belyagoubi,2014**) (**Tableau1**). Les LAB sont généralement associées à des matières premières végétales et animales et aux produits alimentaires fermentés correspondants, y compris les produits laitiers ,viande ,légumes et céréales, où la fermentation peut avoir lieu.**(Bouguerra,2021)** Elles se développent avec la levure dans le vin, la bière et le pain.**(Menad, 2018)** Elles sont présentes à l'état libre dans l'environnement ou vivent en association avec un hôte, tel que l'Homme ou l'animal,**(Belyagoubi, 2014)** Certaines espèces sont également présentes dans les voies respiratoires, intestinales et génitales des humains et des animaux**(Bouguerra,2021)**.

**Tableau 01** : Milieux d'isolement des bactéries lactiques (Hassaine, 2013).

<b><i>Bactéries lactiques</i></b>	<b><i>Habitat ou milieu d'isolement</i></b>
<b><i>Lactobacillus</i></b> <i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i> <i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lb. acidophilus</i> <i>Lb. helveticus</i> <i>Lb. casei</i> subsp. <i>casei</i> <i>Lb. casei</i> subsp. <i>pseudoplantarum</i> <i>Lb. casei</i> subsp. <i>tolerans</i> <i>Lb. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> <i>Lb. curvatus</i> <i>Lb. plantarum</i> <i>Lb. bif fermentans</i> <i>Lb. brevis</i> <i>Lb. kefir</i> <i>Lb. Sanfrancisco</i>	Végétaux Fromage, yaourt Lait, fromage Bouche, tractus intestinal Fromage Rumen Fromage, fourrage Bouche Tractus intestinal Végétaux, produits carnés, lait Bouche, fromage, végétaux, produits carnés Fromage Lait, tractus intestinal, fromage Kéfir Pain
<b><i>Lactococcus</i></b> <i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis biovar. diacetylactis</i> <i>Lc. raffinolactis</i> <i>Lc. Garviae</i>	Lait cru, lait fermenté, végétaux Végétaux, lait Lait caillé Lait de mammite
<b><i>Streptococcus thermophilus</i></b>	Lait, produits laitiers, levains artisanaux, yaourt
<b><i>Leuconostoc</i></b> <i>Ln. Oenos</i>	Fruits, légumes, produits panification, solution visqueuses de sucre, vin
<b><i>Pediococcus</i></b> <i>Pc. pentosaceus</i> <i>Pc. acidilactici</i> <i>Pc. Halophilus</i>	Végétaux, boissons (biéré, cidre, vin) Matières végétales, lait et produits laitiers Produits de pêche, anchois salé

### I -5-Taxonomie et Classification des bactéries Lactiques :

Les groupes des bactéries lactiques renferment un ensemble d'espèces hétérogènes dont la fonction commune est la production d'acide lactique.

Selon la dernière édition de Bergey's manual of systematic bacteriology (2009), les bactéries lactiques sont classées dans le phylum des Firmicutes, la Classe des Bacilli et l'ordre des Lactobacillales renfermant trente cinq genres répartis sur six familles. Parmi ces genres , seulement treize sont utilisés dans la biotechnologie alimentaire, il s'agit de : *Aerococcus* , *Carnobacterium* , *Enterococcus* , *Lactobacillus* , *Lactococcus* , *Leuconostoc* , *Oenococcus* , , *Tetragenococcus* , *Pediococcus* , *Streptococcus* , *Vagococcus* *Weissella* (DRIDER et PRIVOST, 2009) et *Bifidobacterium* (LEVEAU et BOUIX, 1993).

#### I -5-1- Classification classique :

La première classification des bactéries lactiques a été établie en 1919 par Orla Jensen . Elle est basée sur les caractéristiques phénotypiques suivantes :

- La résistance aux bactériophages.
- La morphologie, le type de Gram et la disposition cellulaire.
- Le mode de fermentation du glucose.
- La croissance à différentes températures.
- L'isomère de l'acide lactique produit.
- Les différents métabolismes glucidiques, protéiques, lipidiques, le caractère fermentaire.
- La fermentation des différents hydrates de carbone (**Holzappel et al., 2001**).

En conséquence, les bactéries lactiques ont été divisées en bacilles (*Lactobacillus* et *Carnobacterium*) et cocci (tous les autres genres). Le genre *Weissella* est le seul genre qui comprend à la fois des bacilles et des coques (**Collins et al., 1993 ; He et al., 2007**).

## I -5-2-Classification Moderne :

En se basant sur l'hybridation ADN-ADN et le séquençage du gène de l'ARNr 16S, la classification des bactéries lactiques a peu être affinée. Elle a permis de regrouper des espèces (le regroupement des espèces proches de *Lactobacillus* pour la création du genre *Carnobacterium*) et d'en séparer d'autres (la séparation du genre *Streptococcus* en *Streptococcus*, *Lactococcus* et *Enterococcus*) en créant de nouveaux genres (Mermouri, 2018)

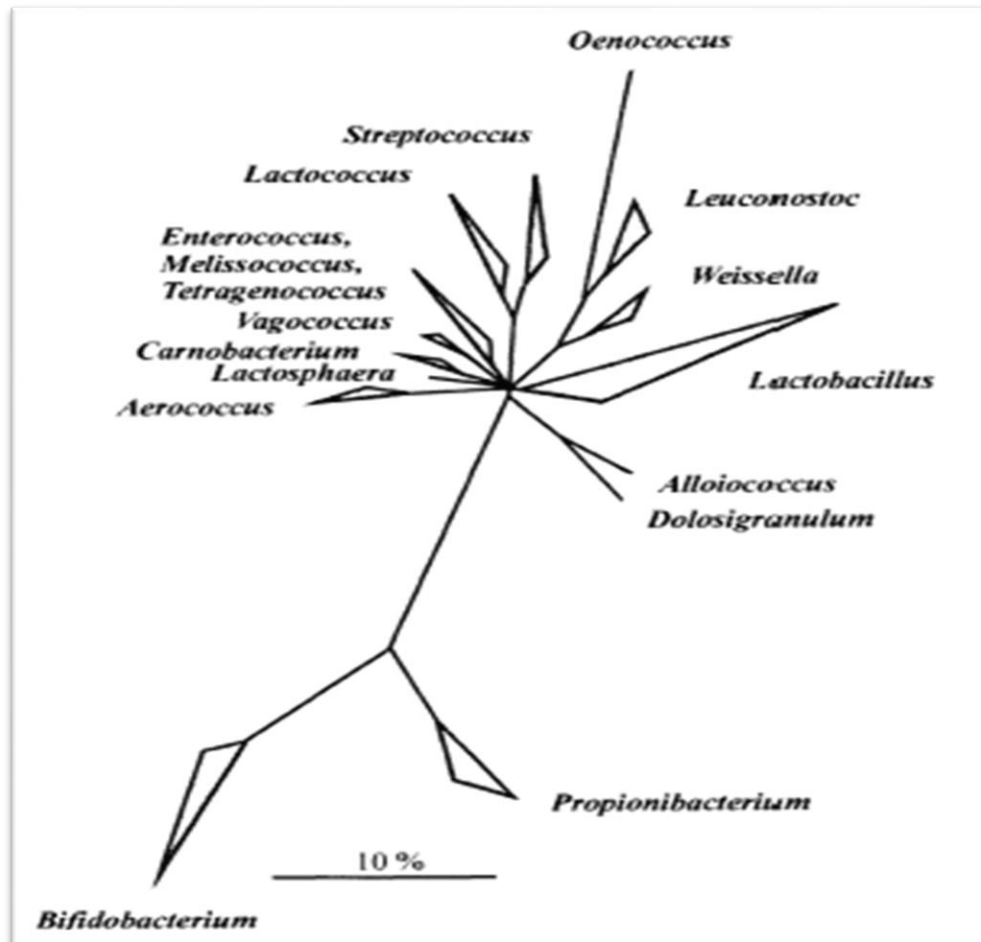


Figure 02 : Arbre phylogénétique des bactéries Gram positives basé sur la comparaison des séquences de l'ARNr (Holzapfel et al., 2001).

## I-6- Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques

### I-6-1 - Genre *Lactobacillus*

Les lactobacilles sont des bactéries lactiques ubiquitaires qui colonisent beaucoup d'habitats. Ce sont des bactéries Gram+ asporulées, immobiles, en forme bacille isolé ou groupées en paires ou en chaînette. Elles forment des colonies de petites tailles, lisses, brillantes non pigmentées et souvent opaques. Ce sont des anaérobies facultatifs ayant un pH optimum de croissance de 5,5 avec une température optimale de croissance comprise entre 30 et 40°C (HAMMES *et al.*, 2009). Les lactobacilles ont un métabolisme énergétique saccharolytique où le lactate est l'acide organique majoritaire (DE VUYST L *et al.*, 1994). Les *Lactobacillus* sont très exigeantes en matière nutritive (Euze'by, 1997).

Les bactéries appartenant au genre *Lactobacillus* se distinguent des autres bactéries à Gram positif par le fait qu'elles sont anaérobies ou microaérophiles, immobiles, dépourvus de catalase et d'oxydase. Très polymorphes, leur morphologie microscopique varie d'une espèce à l'autre, de coccobacilles aux bacilles fins et allongés. Leur métabolisme énergétique est fermentaire. Le principal produit final de la dégradation des sucres est l'acide lactique auquel peut s'ajouter l'acide acétique, l'éthanol et le CO<sub>2</sub> pour les espèces hétéro- fermentaires (FRENEY *et al.*, 2000).

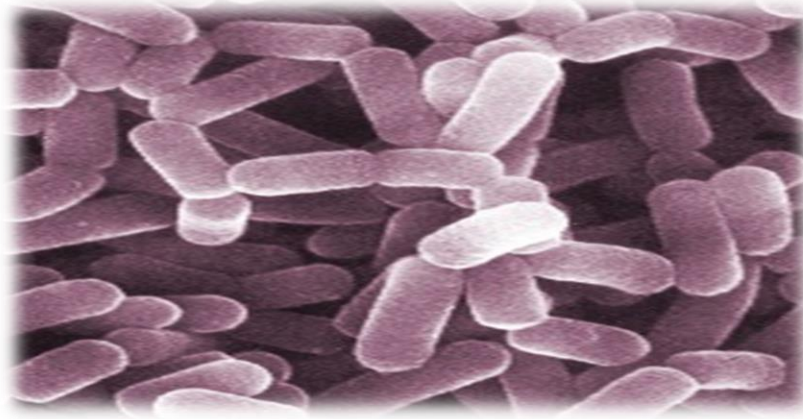
Le genre *Lactobacillus* a été subdivisé selon leur type fermentaire en trois groupes selon la classification de Orla-Jensen en trois groupes remaniés par Kandler et Weiss ; et cette classification est encore utilisée en milieu industriel (Tamime, 2002).

**I- 6-1-1 Groupe I « *Thermobacterium* »** Il comprend les lactobacilles homofermentaires stricts, la plupart étant thermophiles qui se développent à 45 °C mais pas à 15 °C. Ce groupe est constitué majoritairement d'espèces présentes chez l'homme et les animaux et qui participent à l'équilibre de la microflore de l'organisme. Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation (lait, yaourt, fromage) sont *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. acidophilus*.

**I-6-1-2 Groupe II « *Streptobacterium* »** Il regroupe les lactobacilles homofermentaires mésophiles et peuvent être occasionnellement hétérofermentaires en fonction du substrat. Ils métabolisent le glucose en acide lactique grâce à la voie homofermentaire d'Embden-Meyerhof-Parnas et dégradent les pentoses par la voie hétérofermentaire des pentoses phosphate. Ils ne produisent pas de CO<sub>2</sub> lors de la fermentation du glucose mais ils en produisent lors de la

fermentation du gluconate (**Kandler et Weiss, 1986 ; Stiles et Holzapfel, 1997**). Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation sont *Lb. casei*, *Lb. curvatus*, *Lb. sake* et *Lb. Plantarum*.

**I- 6-1-3 Groupe III « *Betabacterium* »** Ce sont des lactobacilles hétérofermentaires. Il comporte les espèces *Lb. fermentum*, *Lb. brevis* et *Lb. sanfrancisco*.



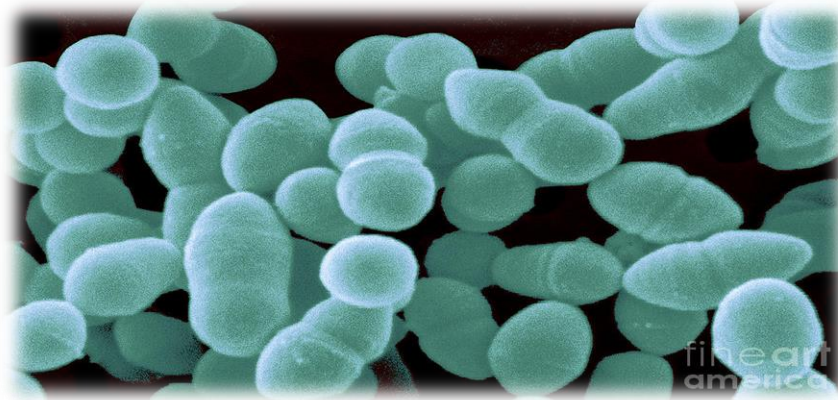
**Figure 03 : *Lactobacillus casei* au microscope électronique (Corrieu & Luquet, 2008).**

#### **I-6-2- Genre *Lactococcus***

Les études de **Schleifer et al. (1985)** basées sur des critères moléculaires, ont montré qu'il était justifié de séparer les streptocoques lactiques mésophiles du genre *Streptococcus* et de créer le genre *Lactococcus*. (**MOFREDJ et al., 2007 ; CASTALA et MONTEL, 2008**).

Se sont des coques présentent en chaînette, thermosensibles, homofermentaires produisant que de l'acide lactique L(+) (**DELLAGLIO et al, 1994**). Elles se caractérisent par la production de diacétyle à partir du citrate (citrate+), certaines espèces utilisent l'arginine (ARG+). (**GUIRAUD, 2003**).

Actuellement, le genre *Lactococcus* comprend cinq espèces, *Lactococcus lactis* est l'espèce la plus connue avec ses trois sous espèces : *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* et *Lc. lactis* ssp. *hordniae* (**POT, 2008**).

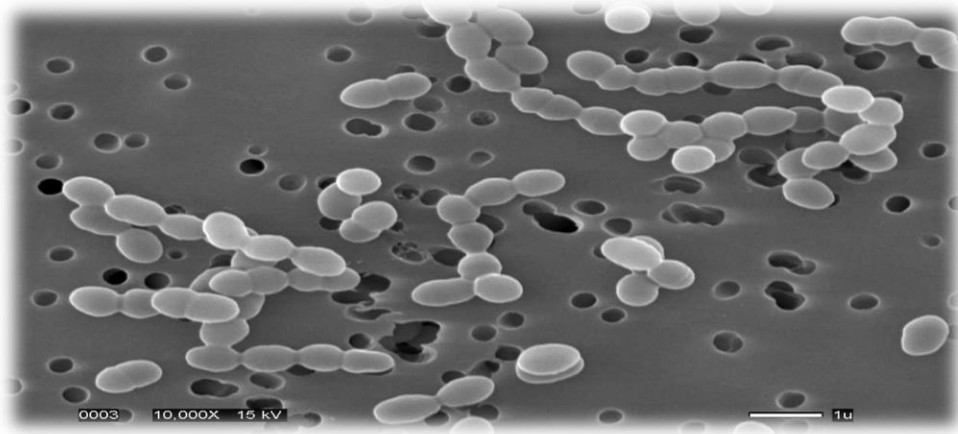


**Figure 04 : Lactococcus lactis, au microscope électronique (Corrieu et Luquet, 2008).**

### **I-6-3- Genres *Leuconostocs*, *Oenococcus* et *Weissella***

Appartient à la famille des leuconostocaceae, Gram positif, ont une forme cocci mais elles peuvent être allongés, associé en paire ou en chaînes, non sporulées (**BERGEY et al., 2009**). Ils rassemblent les coques lenticulaires en paires en chainettes, mésophiles, qui possèdent un caractère hétérofermentaire marqué, avec production d'acide lactique, de CO<sub>2</sub> et d'éthanol. Certaines espèces sont capables de fermenter le citrate ce qui leur confère une activité aromatique importante. D'autres synthétisent des dextrans en présence de saccharose. Ce genre comporte 6 espèces présentes majoritairement dans les produits végétaux, mais elles sont également isolées dans les produits laitiers. Ils participent à la fermentation des produits végétaux. (**FEDRIGHI., 2005**)

Le développement des leuconostoc entraîne souvent l'apparition d'une viscosité dans le milieu grâce à la production des exopolysaccharides. Les leuconostoc principalement *Ln. mesenteroides* ssp. *cremoris* et *Ln. lactis* sont utilisés en association avec les lactocoques dans l'industrie laitière pour produire en plus de l'acide lactique et le CO<sub>2</sub>, des substances aromatiques telles que le diacétyle et l'acétoïne à partir des citrates du lait (**HASSAN et FRANK, 2001 ; GUIRAUD, 2003 ; OGIER et al., 2008**).

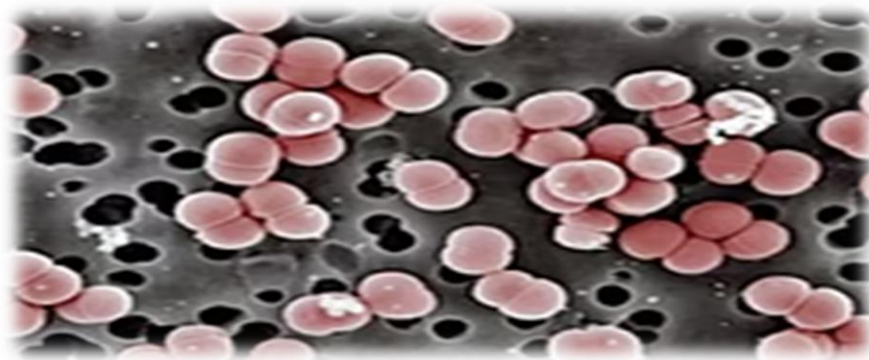


**Figure 05 : Leuconostoc mesenteroïdes au microscope électronique. (Wallace et *al.*, 2003)**

#### **I-6-4- Genres *Pediococcus* et *Tetragenococcus***

Des bactéries lactiques, de forme de coque, catalase négatif, aérobie facultative. Fermentent le glucose en acide lactique sans production de gaz. Elles croissent dans un pH 5 (**BERGEY et *al.*, 2009**).

Les *Pediococcus* sont des coques homofermentaires dont la particularité est le groupement en tétrade. Ils sont mésophiles, et le plus souvent incapables d'utiliser le lactose. Par contre, certaines espèces se distinguent par leur capacité à se développer à des teneurs en sel très élevées, comme *P.halophilus*, renommé *Tetragenococcus halophilus* qui tolère jusqu'à 18% de NaCl. Ils sont souvent présents dans la bière, le vin, les produits végétaux et saumures (anchois salés) et participent à la fermentation des saucissons. (**FEDRIGHI., 2005**)



**Figure 06 : Pediococcus au microscope électronique. (Wallace et *al.*, 2003)**

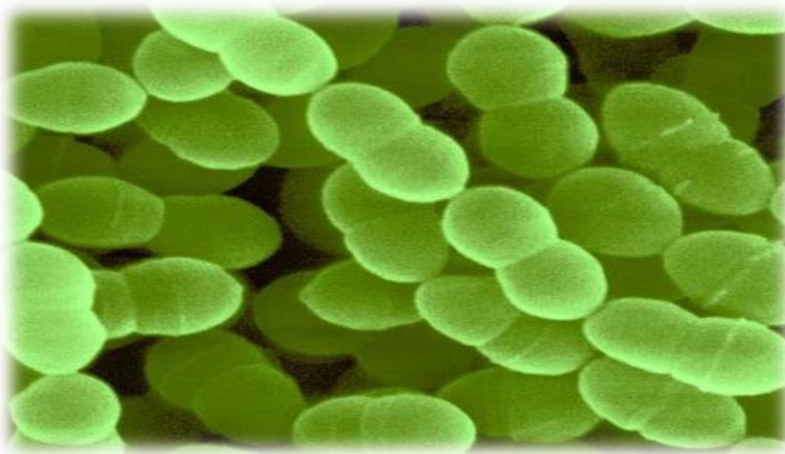
**I-6-5- Genre *Streptococcus***

bactéries Se sont des Gram positif, cocci non mobiles, appartenant à la famille des -Elles sont chimio-organotrophes à métabolisme fermentatif produisant de lactate mais sans gaz, catalase négative, et la température de leur croissance se situe entre 25-45°C avec une température optimale de 37°C (**BERGEY et al, 2009**).

Le genre *Streptococcus* comprend essentiellement des espèces d'origine humaine ou animale dont certaines sont pathogènes comme *S.pyogenes* et *S.agalactiae* ; d'autres sont impliquées dans la formation de la plaque dentaire (*S. mutans*) ; ces espèces étant rarement rencontrées dans les aliments. L'espèce thermophile *Streptococcus thermophilus* se différencie par son habitat (lait et produits laitiers), et son caractère non pathogène. Du fait de sa propriété technologique seule cette espèce est considérée comme appartenant aux bactéries lactiques. (**FEDRIGHI., 2005**)

La seule espèce de streptocoques qui soit utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus thermophilus* (**STILES et HOLZAPFEL, 1997**).

*Streptococcus thermophilus* étant connue comme une espèce type, une bactérie alimentaire (DELORME et al., 2010). Les *Streptococcus thermophilus* sont des bactéries lactiques à grande importance dans les industries laitières précisément dans la fabrication de yaourt et du fromage en collaboration avec d'autres espèces des bactéries lactiques : *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (**HOLS et al., 2005**).



**Figure 07 : *Streptococcus thermophilus*, au microscope électronique (Corrieu et Luquet, 2008).**

**I-6-6-Genre *Carnobacterium***

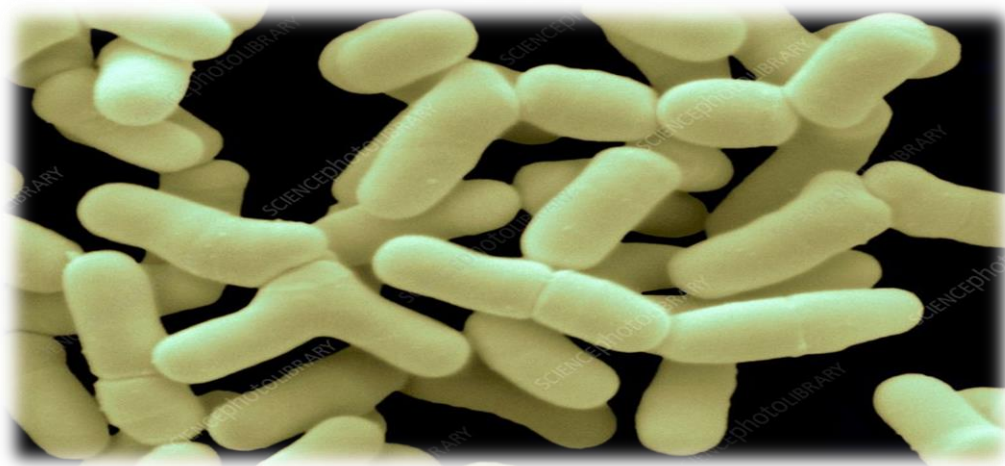
Leur cellules se forme de courts bâtonnets, isolés ou en paire, parfois en courtes chaînes, mobiles ou non. Ces bactéries sont catalase, oxydase et nitrate réductase négatives. La température optimale de croissance des *Carnobacterium* varie de 23 à 30°C, elles peuvent se multiplier à des températures proches de 0°C et sont inhibées à partir de 45°C. Ce sont donc des bactéries psychrotrophes. Leur pH optimum de croissance varie selon les espèces de 6,0 à 7,4 (**COLLINS et al., 1987**). Elles sont anaérobie aéro-tolérant. La plupart des espèces sont inhibées à partir de 7% de NaCl. En présence de sucre, leur métabolisme n'est que très faiblement hétérofermentaire, avec une large production d'acide lactique L(+). Contrairement aux *Lactobacillus*, les *Carnobacterium* sont peu acidifiants (**COLLINS et al., 1987**).

Des études menées sur les produits carnés ont conduit à isoler des bactéries lactiques décrites comme des *Lactobacillus* atypiques, peu acidifiants. Une étude taxonomique de ces différentes souches a permis de les regrouper après hybridation ADN-ADN, dans un nouveau genre, *Carnobacterium*. Morphologiquement proche des *Lactobacillus*, ils s'en différencient par leur tendance psychrotrophe et leur production majoritaire de l'isomère L de l'acide lactique. De même leur peptidoglycane est constitué d'acide mesodiaminopimelique alors qu'il est caractérisé par le peptide Lyse-Asp chez la plupart des *Lactobacillus*. Les carnobactéries sont phylogénétiquement plus proche du genre *Enterococcus*. Ce genre comprend 4 espèces fréquemment associées aux aliments *C.pisciola* (ou *maltaromicus*), *C.mobile* et *C.gallinarum* (**FEDRIGHI., 2005**) Ils sont isolés de produits carnés le plus souvent conditionnés sous atmosphère modifiée, ou de produits de la mer, saumon fumé notamment mais également du contenu intestinal ou du tissu rénal de salmonidés. Certains ont également été isolés de fromages. Les *Carnobacterium* n'interviennent pas dans les fermentations alimentaires, ils tolèrent difficilement un pH inférieure à 5, en revanche, ils sont souvent producteurs de substances inhibitrices. Deux espèces non associées aux aliments, isolées de l'eau d'un lac d'Antarctique, *C.funditum* et *C.alterfunditum* ont été récemment décrites. (**FEDRIGHI., 2005**)

**I-6-7- Genre *Bifidobacterium***

Le genre *Bifidobacterium* est considéré comme faisant partie du groupe des bactéries lactiques grâce à la similarité de ses propriétés physiologiques et biochimiques et à sa présence dans le même habitat écologique, tel que le tube gastro intestinal. (**PILET et al., 2005**).

C'est le genre le plus connu et le mieux étudié dans l'ordre des bifidobactériales. Les *Bifidobacterium* se sont des bâtonnets, Gram positives, asporulées, immobiles, ont des formes variées (incurvées, rarement ramifiées) celles de formes bâtonnets peuvent généralement être isolées ou en amas et en paires ou en forme de V (**LANSING et al., 2003**). Les *Bifidobacterium* sont anaérobies (**LANSING et al. 2003**), saccharolytiques (**SCARDOVI, V., 1986**), fermentent les glucides en donnant de l'acide acétique et l'acide lactique sans production de dioxyde de carbone (**LANSING et al. 2003**). Pas de production d'ammoniaque ou de H<sub>2</sub>S à partir des acides aminés et elles ne réduisent pas les nitrites nitrates. Le métabolisme des hydrates de carbone par des bifidobactéries est différente de bactéries homofermentaires et hétérofermentaires. En effet, le fructose-6-phosphocétolase, une enzyme typique du genre *Bifidobacterium*, est responsable de la dégradation du glucose. La détermination de cette enzyme est un test crucial pour l'identification de ces micro-organismes (**SHAH, 2000**).



**Figure 08 : *Bifidobacterium* sp (Wallace et al., 2003)**

Genre	Forme de la cellule	Type de fermentation	Configuration de l'acide lactique	Espèce type
<i>Aerococcus</i>	Coques	Homofermentaire		<i>Ac. viridans</i>
<i>Carnobacterium</i>	Bacilles	Hétérofermentaire	L(+)	<i>Cb. divergens</i>
<i>Enterococcus</i>	Coques	Homofermentaire	L(+)	<i>Ec. faecalis</i>
<i>Lactobacillus</i>	Bacilles	Homo ou hétéro-fermentaire	D(-), L(+) ou D/L	<i>Lb. delbrueckii</i>
<i>Lactococcus</i>	Coques	Homofermentaire	L(+)	<i>Lc. lactis</i>
<i>Leuconostoc</i>	Coques	Hétérofermentaire	D(-)	<i>Ln. mesenteroides</i>
<i>Oenococcus</i>	Coques	Hétérofermentaire	D(-)	<i>Oe. oeni</i>
<i>Pediococcus</i>	Coques	Homofermentaire	D/L ou L(+)	<i>Pc. damnosus</i>
<i>Streptococcus</i>	Coques	Homofermentaire	L(+)	<i>Sc. salivarius</i>
<i>Tetragenococcus</i>	Coques	Homofermentaire	L(+)	<i>Tc. halophilus</i>
<i>Vagococcus</i>	Coques ovoïdes	Homofermentaire	L(+)	<i>Vc. fluvialis</i>
<i>Weissella</i>	Petits bacilles	Hétérofermentaire	D/L ou D(-)	<i>We. viridescens</i>

**Tableau 02 : Principaux genres de bactéries lactiques. (SCHLEIFER et al., 1995) ; (COLLINS et al., 1987), (COLLINS et al., 1990) ; (DICKS et al., 1995).**

#### **I-6-8- Genres *Enterococcus* et *Vagococcus***

Le genre *Enterococcus* rassemble la plupart des espèces du groupe sérologique D et comprend notamment les espèces anciennement désignées sous le terme (*Streptocoques fécaux*), comme *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus faecium*. Ce sont également des coques homofermentaires qui se caractérisent par leur développement à 10 et 45°C, leur aptitude croître en présence de 6,5% de NaCl, et à pH 9.6, et leur grande résistance aux facteurs de l'environnement, en particulier la température (30 min à 60°C). Leur habitat est très varié : intestin de l'homme et des animaux, produits végétaux, sol, produits laitiers. Au sein des bactéries lactiques, les bactéries du genre *Enterococcus* ont une position particulière : parfois utilisés comme indicateur de contamination fécale dans les aliments, ils peuvent aussi être associés à la fermentation de certains fromages italiens. Certaines espèces de *Streptococcus* et *Lactococcus* isolées de poisson et d'eau douce et qui possèdent la particularité d'être mobiles, ont été répertoriées dans le nouveau genre *Vagococcus* mais ne concernent pas les aliments (FEDRIGHI., 2005)



**Figure 09 : Enterococcus faecalis au microscope électronique (Wallace et al,2003).**

#### **I-6-9- Genre Aerococcus**

Des bactéries à Gram positif, des coques isolées ou en paires ou arrangées en amas, microaérophile mais généralement anaérobies facultatives, catalase négative, asporulées, pH de croissance 9, la tolérance en NaCl 18%. (RUOFF, 2007).

#### **I-6-10- Genre Alloiococcus**

Des cellules ovoïdes, Gram positif, non-mobiles, asporulées, vivent en paire ou en tétrade. Se croissent en ralentis à un NaCl 6,5% mais pas 10%. Et ne préfèrent pas la T° 10°C ni 45°C. Sont aérobies, catalase - /+, oxydase négative, ne produisent de gaz, l'acide n'est pas produit à partir de la fermentation de glucose (COLLINS et al. ,1987).

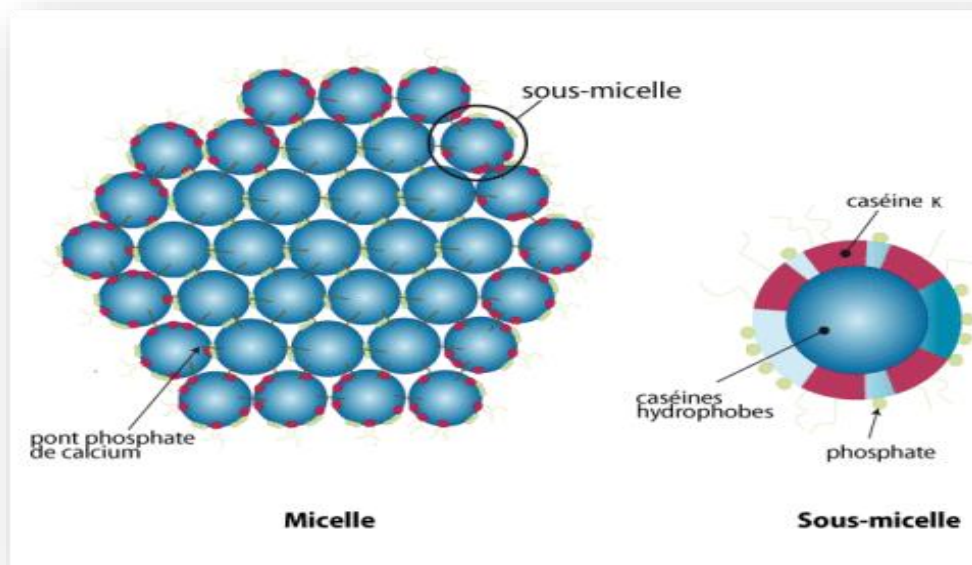
### **I-7- Métabolisme des bactéries lactiques**

#### **I-7-1 - La protéolyse :**

Protéolyse chez les bactéries lactiques Le système protéolytique des bactéries lactiques est composé de protéases associées à la paroi cellulaire, qui catalysent l'hydrolyse initiale des protéines en peptides. Ces peptides sont ensuite dégradés par des endopeptidases ou exopeptidases en acides aminés et oligopeptides facilement transférables à travers les parois cellulaires. (Belkhir,2017)

Dans le lait, la dénaturation des caséines laitières conduit à leur précipitation en petits flocons puis en caillé conduisant à la coagulation du lait (figure 09). La protéolyse dans les produits alimentaires est assurée surtout par les enzymes microbiennes des starters initiaux mésophiles (Lactococcus

lactis et Leuconostoc) ou thermophiles (*Lb delbrueckii*, *Lb helveticus* et *Streptococcus thermophilus*). Cependant la grande partie de l'activité protéolytique est le résultat des enzymes tardives libérées dans les fromages par la flore additive homofermentaire stricte (*Lb farciminis*), hétérofermentaire facultative (*Lb casei*, *Lb paracasei*, *Lb plantarum*, *Lb pentosus*, *Lb curvatus* et *Lb rhamnosus*) ou hétérofermentaire stricte (*Lb fermentum*, *Lb buchneri*, *Lb parabuchneri* et *Lb brevis*) (Belkhir,2017).



**Figure 10 : Evolution de la structure de la caséine au cours de la coagulation acide à (30°C). (Belkhir,2017)**

### **I-7-2- Le métabolisme des sucres :**

Les bactéries lactiques sont dépourvues de système de respiration fonctionnelle, leur énergie est obtenue par la phosphorylation au niveau du substrat. Le mode de fermentation du glucose présente une caractéristique importante pour la différenciation des genres, il permet de les classer en deux grands groupes. (Belhamra,2017)

**Les bactéries lactiques homofermentaires :** transforment tout le glucose en excès en acide lactique. Le transport du glucose ou du lactose vers les cellules diffèrent selon les espèces. Elles utilisent la voie EMP dans la dernière étape de la glycolyse, convertissent le pyruvate en lactate et

régénèrent ainsi du NAD<sup>+</sup> à partir du NADH formé auparavant. Dans cette dernière étape les bactéries font intervenir une lactate-déshydrogénase. **(Bekhouche,2006 )**

**Hétérofermentaires** : ce groupe de BL utilise la voie des pentoses phosphate (ou 6-phosphogluconate) qui consiste à phosphorylation, pour donner le 6-phosphogluconate qui subira une décarboxylation. Le pentose résultant est clivé en glycéraldéhyde phosphate qui suit la voie de la glycolyse une déshydrogénation du glucose, après sa donnant l'acide lactique et l'acétyl phosphate qui sera réduit en éthanol. En raison de la production de CO<sub>2</sub>, d'éthanol ou de l'acétate en plus de l'acide lactique, cette fermentation est appelée hétérolactique **(Djellouli,2018)** (figure 10).

Les bifidobactéries sont le seul groupe qui utilise la voie « Bifidus » **(Djellouli,2018)**

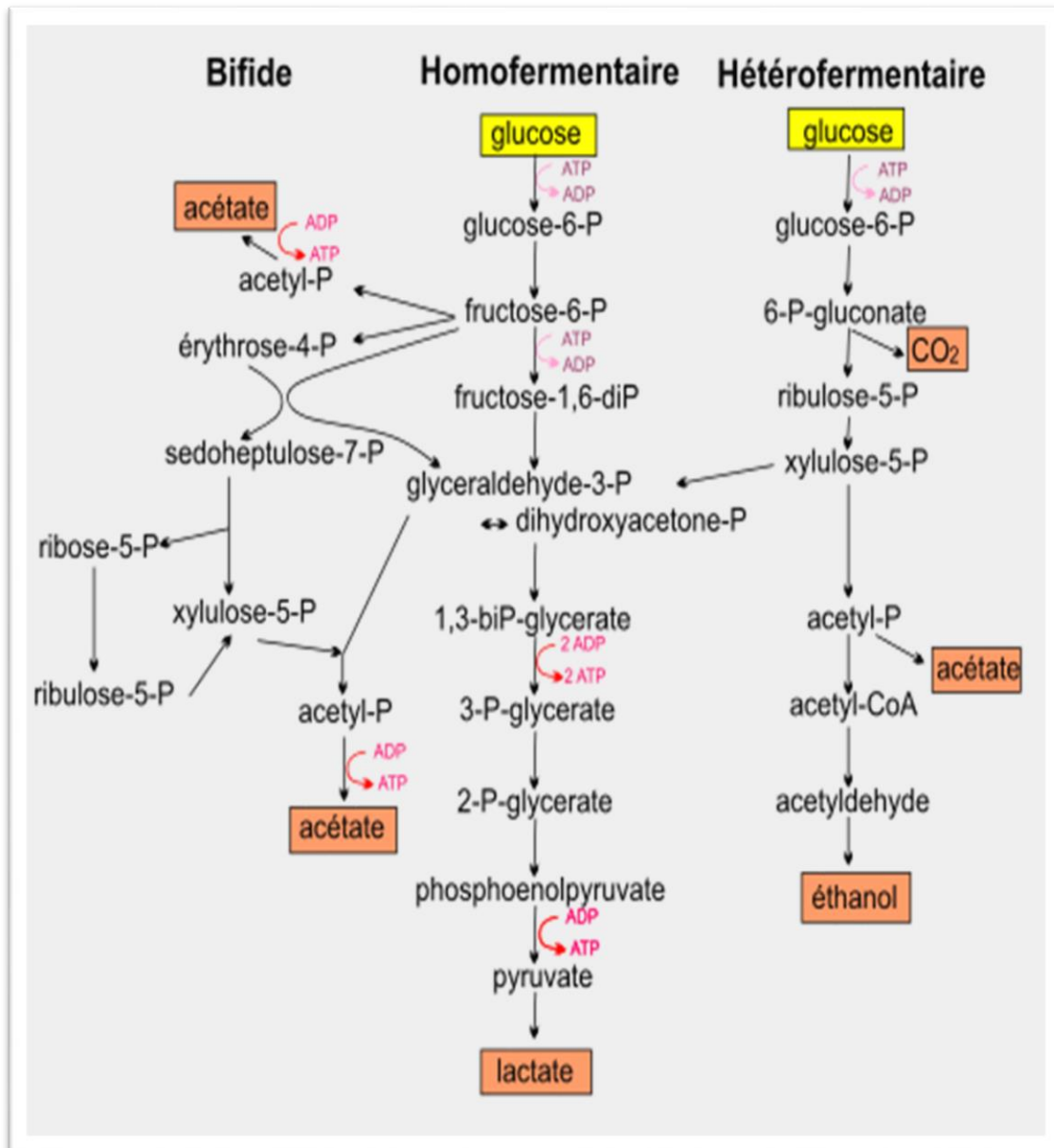


Figure 11 : Différents types de fermentation. (Axelsson, 2004)

### I -7-3-La lipolyse :

Les enzymes produites par les bactéries lactiques ont une importance majeure en industrie alimentaire. La lipolyse joue un rôle crucial dans l'affinage du fromage, les acides gras sont convertis en méthyl-cétones, des lactones et des thioesters qui contribuent, en plus des acides gras, à la saveur du produit fermenté. (Ouali,2010) Bien que les bactéries lactiques possèdent une

variété d'enzymes lipolytiques capables d'hydrolyser divers esters d'acide gras, des substrats de tri-, di- et monoacylglycérol, ils sont généralement considérés comme faiblement lipolytiques en comparaison avec d'autres microorganismes tels que *Pseudomonas*. (Belhamra,2017)

### **I -7-3-1-Métabolisme du citrate**

Le citrate est un intermédiaire central du cycle des acides tricarboxyliques . Il joue un rôle important dans le métabolisme énergétique des cellules vivantes et également un précurseur pour la synthèse des acides aminés . L'acide citrique est utilisé par nombreuses espèces des genres *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostocet* *Lactobacillus* . Le citrate ne peut être dégradé qu'en présence d'un substrat fermentescible et d'une source d'azote, il est transporté à l'intérieur des cellules par une citrate-perméase, où il est scindé en acétate (en majeure partie excrétés) et enoxaloacétate par le complexe enzymatique citrate lyase . L'oxaloacétate est ensuite converti en pyruvate et en CO<sub>2</sub> par une oxaloacétate décarboxylase . Des transformations successives du pyruvate aboutissent à la formation de composés aromatisants et le produit fini est le 2,3-butylen-glycol (2,3-butanediol) (Bekhouche, 2006;Dridr et Prevost, 2009) .

### **I -8-Application des bactéries lactiques :**

#### **I -8-1- Domaine médical :**

Les bactéries lactiques interviennent dans le contrôle des infections intestinales comme la prévention des diarrhées par l'introduction d'une nouvelle flore intestinale qui agit sur les entérobactéries responsables de ces désordres intestinaux. Elles sont aussi connues pour la production des agents antimicrobiens évitant ainsi l'usage des antibiotiques.

Les bactéries lactiques colonisent l'intestin de la plupart des animaux, jouant un effet sur leur système immunitaire, souvent, en tant que probiotique pour améliorer certaines fonctions biologiques de leur hôte. (Mermouri,2018)

#### **I -8-2- Domaine alimentaire :**

Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries qui possèdent le "statut GRAS" ce qui autorise officiellement leur usage dans les applications alimentaires.

Ces microorganismes permettent la conversion d'une grande variété de matières premières, conduisant ainsi à de nombreux produits : les saucissons, les laits fermentés, les fromages, les

olives fermentés et certains vins. Parmi ces applications, l'industrie laitière est, sans doute, le plus grand utilisateur de ferments lactiques commerciaux. (Hassaine,2013)

#### **I- 8-2-1- Aptitude acidifiante :**

La fonction acidifiante constitue la propriété métabolique la plus recherchée des bactéries lactiques utilisées dans les industries alimentaires. Elle se manifeste par la production de l'acide lactique à partir de la fermentation des hydrates de carbone au cours de la croissance bactérienne. (Boullouf,2017)

Les conséquences, d'ordre physico-chimique et microbiologique, peuvent se résumer ainsi par :

- Accumulation d'acide lactique participant à la saveur des aliments fermentés.
- Abaissement progressif du pH des milieux de culture et des matrices alimentaires.
- Limitation des risques de développement des flores pathogène et d'altération dans les produits finaux
- Déstabilisation des micelles de caséines, coagulation des laits et participation à la synérèse.

(Allouache et al,2017)

#### **I -8-2-2- Aptitude protéolytique :**

La croissance jusqu'à des densités cellulaires permettant aux bactéries lactiques d'assurer les fonctions de fermentation repose sur un système protéolytique capable de satisfaire tous les besoins en acides aminés en hydrolysant les protéines. Les bactéries lactiques démontrent des potentialités différentes, liées à leur équipement enzymatique, pour l'utilisation de la fraction azotée. Les lactobacilles présentent généralement une activité protéolytique plus prononcée que les lactocoques.(Hadef,2012)

#### **I- 8-2-3- Aptitude texturante :**

Certaines souches de bactéries lactiques ont la faculté de synthétiser des exopolysaccharides, glucanes et fructosanes, qui constituent la capsule cellulaire. Ces macromolécules contribuent à modifier la texture des produits dans lesquels se développent les souches compétentes cette aptitude texturante est aussi exercée par le pouvoir acidifiant (Chemlal-Kheraz,2013) .

**I-8-2-4- Aptitude aromatisante :**

Cette activité est très liée aux propriétés organoleptiques du produit dans lequel elles se développent. En effet, certaines bactéries lactiques sont capables de produire des composés d'arômes qui participent aux qualités organoleptiques des fromages. La plupart des composés d'arômes sont issus du métabolisme du citrate, l'acétoïne et le diacétyle sont les plus importants). Ces propriétés aromatisantes ne sont pas toujours souhaitables, car elles sont redoutables dans la brasserie et dans le cas de nombreux produits. (Chemlal-Kheraz,2013).

**I- 8-2-5- Activité gazogène :**

Les ferments contenant des BL hétérofermentaires (principalement du genre *Leuconostoc*) ou capables de métaboliser le citrate (*Leuconostoc* ou souches de *Lc.lactis* subsp. *Lactis* var. *diacetylactis*) produisent des quantités significatives de CO<sub>2</sub>. Cette production favorise la formation des ouvertures dans certain type de fromages comme elle peut conduire à des --défauts dans d'autres types (CORRIEU et LUQUET, 2008).

**I-8-2-6- Propriétés enzymatique :**

La nutrition azotée dans le lait constitue l'un des principaux facteurs limitant la croissance des BL auxotrophes pour un nombre variable d'acides aminés. Certaines espèces possèdent un système protéolytique leur permettant d'utiliser les acides aminés issues de la dégradation des protéines et des peptides. Cette activité participe au développement de la texture et de la saveur dans les produits laitiers. L'activité lipolytique présente, de plus, un intérêt pour les applications fromagères (CORRIEU et LUQUET 2008 ; MOZZI et al, 2010).

**I- 8-3-Domaine Cosmétique :**

La capacité de retenue d'eau de l'acide lactique le rend approprié à l'usage comme produit hydratant dans les formulations cosmétiques . Le lactate d'éthyle est un ingrédient actif dans plusieurs préparations anti-acné . L'occurrence naturelle de l'acide lactique dans le corps humain fait qu'il est très utile comme substance active dans les produits cosmétiques (Wee et al., 2006) .

**I-8-4- Domaine Industrielle :**

L'acide lactique est utilisé dans divers procédés industriels, comme: agent de détartrage, dissolvant, nettoyeur, mouillant,... etc . En raison de l'augmentation des quantités de déchets

plastiques dans le monde entier, des efforts considérables de recherches et de développement ont été consacrés afin de substituer les thermoplastiques conventionnels par des matériaux biodégradables, à une seule utilisation (**Reddy et al., 2008**).

#### **I-9- Effets sur les propriétés sensorielles :**

En produisant des produits autres que l'acide lactique, tels que le diacétyl et l'acétaldéhyde, qui est responsable de la saveur unique (**Boudjema., 2008**).

#### **I-10-Pouvoir antimicrobien : (Antibactérien, Antagoniste) :**

Les bactéries lactiques peuvent synthétiser des substances antibactériennes et sont utilisées dans la fermentation et la bioconservation des aliments. (**Labioui et al., 2005**) Les bactéries lactiques constituent un moyen biologique efficace pour la préservation des qualités hygiéniques des aliments, du fait de leur aptitude inhibitrice vis-à-vis des microorganismes nuisibles (**Caridi et al., 2003**). En effet, les bactéries lactiques produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes, comme des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène, du dioxyde de carbone, de la reutéline, du diacétyl et des bactériocines (**Dortu et Thonart, 2009**). Durant la fermentation du lait, différents agents antimicrobiens ayant la capacité d'inhiber le développement de bactéries pathogènes et/ou d'une flore de dégradation de l'aliment sont produits par les bactéries lactiques.

***Chapitre II :***  
***Les infection urinaires***

## II-Les infections urinaires :

### II-1 -Définition

Les infections urinaires sont parmi les infections bactériennes les plus fréquentes et constituent une part importante du travail des laboratoires de microbiologie clinique. Les bactéries d'origine intestinale, en particulier *Escherichia coli*, restent la cause principale, bien que le profil des agents pathogènes responsables évolue progressivement (**Wilson et Gaido, 2004**).

Ces infections surviennent généralement lorsque des bactéries remontent l'urètre et atteignent les voies urinaires. Elles peuvent se développer à différents niveaux, depuis l'urètre jusqu'au tissu rénal (**Barola et al., 2024**).

Il s'agit d'une infection microbienne courante pouvant toucher des personnes de tout âge et de tout sexe, provoquant une inflammation des voies urinaires (**Kaur et Kaur, 2020**). Les femmes sont plus souvent touchées que les hommes, même si, chez les personnes âgées, la fréquence est similaire entre les deux sexes. La plupart des recherches ont été menées sur les jeunes femmes sexuellement actives, qui présentent un risque élevé d'infection (**Harrington et al., 2000**).

#### II-1-1-Classification des infections urinaire

##### *Selon la localisation*

Les infections urinaires peuvent être classées en fonction de la zone de l'appareil urinaire touchée. On distingue principalement deux formes :

- **Infection urinaire haute :**

##### **Pyélonéphrite**

La pyélonéphrite est une infection bactérienne qui touche les reins et les voies urinaires supérieures (**Chivima, 2014**). Elle résulte généralement d'une infection ascendante, partie de la vessie, qui remonte jusqu'aux reins.

Chaque année, la pyélonéphrite aiguë affecte plus de 250 000 personnes et entraîne plus de 100 000 hospitalisations (**Hussein et al., 2021**).

- **Infection urinaire basse :**

**Cystite**

La cystite correspond à une infection des voies urinaires inférieures, localisée principalement au niveau de la vessie (**Raymund Li et al., 2023**).

Les femmes présentent un risque bien plus élevé de développer une cystite que les hommes. Avant l'âge de 24 ans, environ un tiers des femmes auront connu au moins un épisode. En revanche, la cystite reste rare chez les hommes de moins de 50 ans (**Wilson et J.K. Wilson, 2021**).

**Urétrite** : Il s'agit d'une inflammation de l'urètre. Dans la majorité des cas, elle est provoquée par une infection sexuellement transmissible. L'urétrite est l'affection la plus souvent diagnostiquée et traitée chez les hommes dans les cliniques de santé génito-urinaire (GUM) au Royaume-Uni (**Cook-Jones et Humphries, 2021**).

**Prostatite** : Elle se caractérise généralement par une inflammation douloureuse de la prostate, qui peut être d'origine bactérienne ou non. C'est la pathologie urologique la plus fréquente chez les hommes de moins de 50 ans, et la troisième chez ceux de plus de 50 ans. La prostatite touche surtout les hommes jeunes et d'âge moyen (**Kanani et al., 2020**).

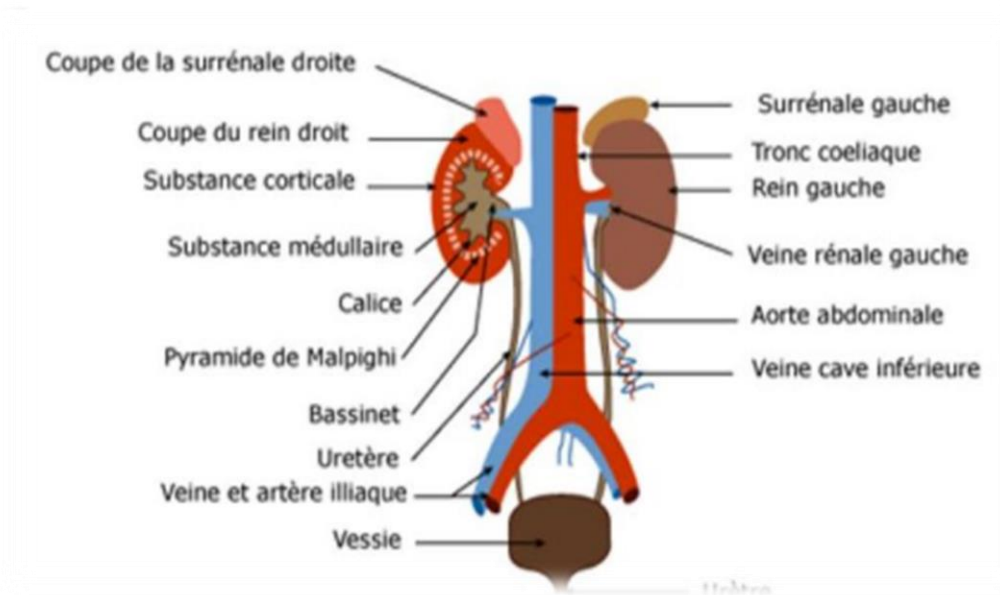


Figure 12 : Appareil urinaire humain (Hanslik et *al.*, 2013).

## II -2- Certains germes responsables des infections urinaires :

### II -2-1- Généralité sur *Escherichia coli* :

La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) est généralement inoffensive et fait partie de la flore intestinale normale de l'homme et des animaux. Cependant, certaines souches peuvent être pathogènes. Elles sont responsables de diarrhées, en particulier chez les enfants dans les pays en développement, et touchent aussi les voyageurs provenant de pays industrialisés (Nauciel et Vildé, 2005).

*E. coli* se propage dans l'environnement principalement par les excréments. Sa présence dans l'eau ou les aliments est un indicateur de contamination fécale. La transmission à l'homme se fait par la voie féco-orale (Goubau et Pellegrims, 2000).

Elle est la cause la plus fréquente d'infections urinaires. Certaines souches peuvent aussi provoquer des diarrhées par divers mécanismes, ainsi que d'autres infections, que ce soit en milieu communautaire ou hospitalier. Si cette bactérie était autrefois sensible à de nombreux antibiotiques, elle a aujourd'hui développé des résistances, notamment dans les hôpitaux (Nauciel et Vildé, 2005).

Parmi les **facteurs de virulence** d'*E. coli*, on retrouve :

- Des flagelles et des pilis, qui facilitent l'adhésion à la muqueuse intestinale,
- Une capsule protectrice contre la phagocytose,
- Et des entérotoxines, qui peuvent causer des troubles digestifs (**Goubau et Pellegrims, 2000**).

### II –2-1-2-Découverte d'*Escherichia coli*

En 1885, le pédiatre et bactériologiste germano-autrichien Dr Theodor Escherich a isolé pour la première fois *Escherichia coli* dans le laboratoire d'Otto von Bollinger à Munich (**Escherich, 1988**). Il a étudié le méconium des nouveau-nés ainsi que les selles des nourrissons allaités pour mieux comprendre le développement de la flore intestinale.

En préparant des échantillons au microscope, il a observé des « bâtonnets fins et courts » mesurant entre 1 et 5 µm de longueur et 0,3 à 0,4 µm de largeur, qu'il a initialement nommés *Bacterium Coli Commune* (**Erjavek, 2019**). Ce n'est qu'en 1919 que le microbiologiste américain Charles-Edward Winslow a proposé de la renommer *Escherichia coli*, en hommage à son découvreur (**Ullmann, 2011**).

### II- 2-1-3 -Taxonomie

La taxonomie, qui provient des mots grecs *taxis* (ordre) et *Nomos* (loi ou science), est la science qui s'intéresse à la classification des organismes vivants (**Rossello-Mora, 2011**).

**Tableau 03: La classification d'*E. coli* selon le Bergey'smanual 2012.**

Domaine	Procaryota
Règne	Bacteria
Embranchement	Protobacteria
Classe	Gammaprobacteriales
Ordre	Enterobacteriales
Famille	Enterobacteriaceae
Genre	Escherichia
Espèce	Coli

#### II -2-1-4- Habitat

Le tractus digestif des vertébrés à sang chaud représente l'habitat principal d'*E. coli* (Smati et al., 2015), notamment au niveau du côlon et du cæcum, où sa concentration dépasse généralement  $10^6$  UFC par gramme de contenu intestinal. *Coli* se loge particulièrement dans le mucus qui recouvre les cellules épithéliales de la paroi intestinale. Cette niche écologique lui procure des conditions idéales pour son développement, telles que la température, l'humidité et la disponibilité des nutriments, avec une concentration d'environ  $10^6$  UFC par gramme de contenu intestinal (Baliere, 2016).

#### II -2-1-5- Caractères bactériologiques d'*E. coli*

- **Caractères morphologiques et structuraux**

L'espèce *Escherichia colis* présente les caractéristiques morphologiques et structurales suivantes (Basavaraju & Gunashree, 2022) :

- Forme cylindrique (bacille) ou Cocco bacillaire
- Bactérie à Gram négatif
- Ne forme pas de spores (asporulée)
- Peut-être mobile grâce à des cils péritriches, ou non mobile
- Dimensions : environ 0,4 à 0,6  $\mu\text{m}$  de largeur pour 1  $\mu\text{m}$  de longueur
- Masse : entre 0,5 et 5 pictogrammes
- Présente ou non une capsule

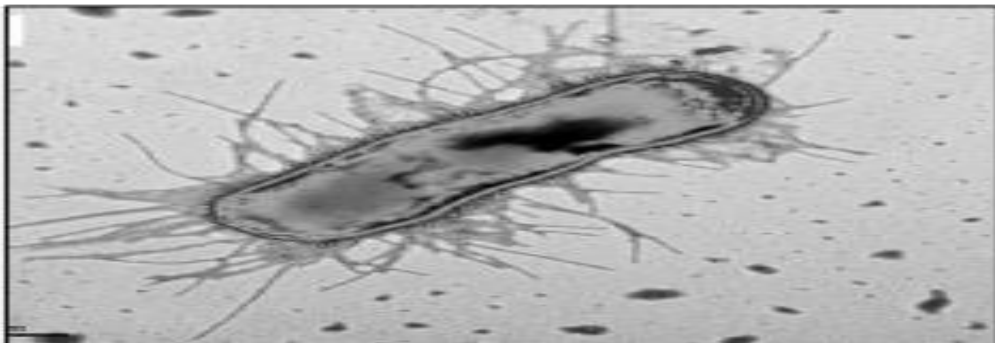


Figure 13 : micrographie d'*E. coli* par microscope électronique. (Baudin, 2017)

**II-2-1-6- Étiologie**

Les infections urinaires sont majoritairement causées par des micro-organismes tels que des bactéries, des champignons, des virus ou encore des parasites. Cependant, la grande majorité de ces infections sont dues à des bactéries Gram négatif et Gram positif, qui résident habituellement dans le côlon (**Maclellan et Hunstad, 2016**).

**Germes en cause** : Les bacilles Gram négatif sont les agents pathogènes les plus fréquemment retrouvés. Parmi eux, *Escherichia coli* (E. coli) est la cause la plus courante des infections urinaires, représentant environ 70 à 80 % des cas, qu'ils soient acquis en milieu hospitalier ou dans la communauté (**Renthlei et al., 2023**).

**Tableau 04 : Les agents causals des infections urinaires.**

Bacilles Gram négatifs	Cocci Gram positifs	Bacilles Gram positifs	Fungi	Parasites	Virus
<b>Escherichia coli : la cause la plus courante.</b> <b>Klebsiella pneumoniae</b> <b>Proteus mirabilis</b> <b>Enterobactr spp.</b> <b>Pseudomonas aeruginosa.</b> <b>Acinetobacter spp. Serratia spp.</b>	Enterococcus spp. Staphylococcus saprophyticus. Staphylococcus aureus. Staphylococcus epidermidis. Streptococcus agalactiae.	Mycobacterium tuberculosis	Candida albicans	Schistosoma haematobium. Enterobius vermicularis. Trichomonas vaginalis.	Adenovirus. Cytomegalovirus. Human polyoma virus.

## II -2- 2-Généralités sur *Klebsiella pneumoniae*

### II -2-2-1- Position taxonomique

#### Dénomination

Le genre *Klebsiella* a été introduit par Trévisan en 1887, en hommage à Edwin Klebs, un microbiologiste allemand du XIXe siècle. L'espèce type de ce genre est *Klebsiella pneumoniae*, autrefois connue sous le nom de pneumobacille de Friedländer. Ce dernier avait observé cette bactérie dans les poumons d'un patient décédé des suites d'une pneumonie. (**Freney J, R. F., Hansen W, and Bollet TC. 2000**)

#### II-2-2-2-Classification

Règne: Bacteria

Embranchement : Protéobactéria

Classe : Gamma Protobacteria

Ordre : Enterobacteriales

Famille : Enterobacteriaceae

Genre : *Klebsiella*

Espèce : *Klebsiella pneumoniae*

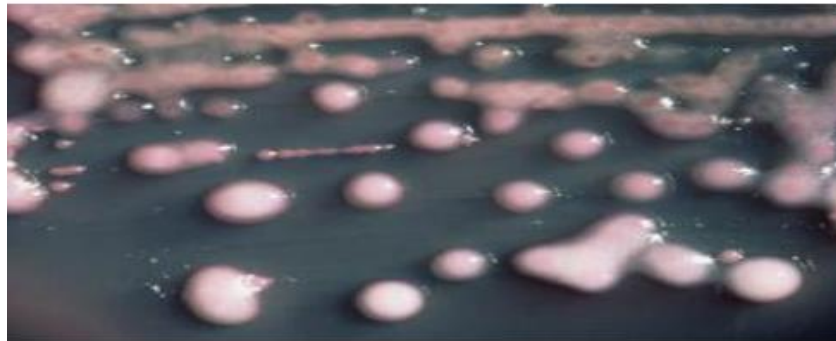
Le genre *Klebsiella* (*Klebsielles*) comporte cinq espèces dont l'espèce type est *K.p* (**Bergogne-Berézin E, Dellamonica P. 1995**) L'espèce *K.p* est subdivisée en 3 sous espèces : *K. pneumoniae* subsp *pneumoniae*, *K. pneumoniae* subsp *ozaenae* et *K. pneumoniae* subsp *Rhinoscleromatis* (**Avril, J.L., Dabernat, H., Denis, F., and Monteil, H. 2000**).

#### II- 2-2-3- Caractères morphologiques

Les bactéries de l'espèce *Klebsiella pneumoniae* sont des bacilles Gram-négatifs, immobiles et souvent disposés en diplobacilles. Elles sont généralement entourées d'une capsule, ne forment pas de spores et sont des anaérobies facultatifs. (**El Fertas-Aissani R., Messai Y., Alouche S., Bakour R. 2012**).

## II -2-2- 4-Habitat

*Klebsiella pneumoniae* est une bactérie ubiquitaire, souvent retrouvée dans l'environnement, notamment dans le sol, les eaux de surface, les eaux usées, les végétaux, ainsi que sur les muqueuses des mammifères, particulièrement dans la flore intestinale. Chez l'homme, cette bactérie colonise la peau, les muqueuses et les voies respiratoires supérieures, et peut être isolée des selles de 30 % des individus en bonne santé. En milieu hospitalier, les principales sources d'infection nosocomiale sont le tube digestif des patients et les mains du personnel médical. Les sous-espèces *K. pneumoniae* subsp. *Ozaenae* et *K. pneumoniae* subsp. *Rhinoscleromatis* ont uniquement été retrouvées dans des contextes pathogènes, principalement dans l'arbre respiratoire humain (*Baerwolf S, Geffers C, Behnke M. 2002*).



**Figure 14 : Aspect des colonies de *K. pneumoniae* sur milieu gélosé (Gueye O.2007).**

## II -2-3-1- Définition et caractéristiques de *Proteus vulgaris*

*Proteus vulgaris* est une bactérie du genre *Proteus*, qui regroupe cinq espèces : *Proteus hauseri*, *Proteus mirabilis*, *Proteus myxofaciens*, *Proteus penneri* et *Proteus vulgaris*.

Les bactéries de ce genre sont des bacilles à Gram négatif, mobiles, capables de vivre en milieu aérobie ou anaérobie, oxydase négatif, réducteurs de nitrates, et fermentent le glucose (Ito, 2003).

Une caractéristique notable est leur capacité à effectuer un essaimage (swarming) : entre 85 % et 100 % des souches se déplacent activement sur la surface des milieux tels que la gélose nutritive

ou la gélose au sang, formant des vagues concentriques. Ce comportement est dû à leur grande mobilité.

Cependant, cet essaimage est inhibé sur :

- Des milieux sans chlorure de sodium (Na Cl),
- Des milieux sélectifs ne contenant pas de sels biliaires (Catherine, 2014).

### **II -2-3-2-Habitat de *Proteus vulgaris***

Les bactéries du genre *Proteus* sont couramment présentes dans l'environnement, notamment dans l'eau contaminée, le sol et le fumier. Elles font également partie de la flore intestinale normale chez l'homme et les animaux.

On les retrouve aussi dans diverses infections humaines, en particulier dans les plaies et les infections urinaires, où leur production d'uréase constitue un facteur clé de virulence (**Singleton, 1999**).

### **II -2-3-3-Pouvoir pathogène de *Proteus vulgaris***

*Proteus vulgaris* est une bactérie opportuniste capable de provoquer diverses infections, principalement en milieu hospitalier. Elle est classée parmi les uropathogènes majeurs, souvent impliquée dans les infections urinaires, en particulier chez des patients à risque (diabétiques, porteurs de sondes urinaires, ou ayant des anomalies des voies urinaires).

Chez les personnes âgées ou immunodéprimées, *P. vulgaris* peut également entraîner des septicémies. Moins fréquemment que *P. mirabilis*, elle peut aussi infecter la peau et les tissus mous (plaies, abcès).

Cette espèce est fréquemment retrouvée dans les infections nosocomiales, avec une prédominance pour les infections urinaires d'origine hospitalière (**Prescott et al., 2010**).

## II -2-4-Généralités sur *Proteus mirabilis*

### II -2-4-1 Historique :

Le genre *Proteus* a été identifié en 1885 par le pathologiste allemand Gustav Hauser, qui lui donna son nom en raison de sa capacité à envahir rapidement les milieux solides comme la gélose (**Hauser, 1885**). Il distingua quatre espèces principales : *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Proteus penneri* et *Proteus myxofaciens* (**Brenner et Holmes, 1995**).

À l'origine, seules deux espèces étaient reconnues : *P. mirabilis* et *P. vulgaris*, différenciées par leur vitesse de liquéfaction de la gélatine : *P. vulgaris* étant plus rapide que *P. mirabilis* (**Hauser, 1892**).

Ces bactéries à Gram négatif sont souvent responsables d'infections urinaires, en particulier chez les patients âgés porteurs de sondes urinaires à long terme (**Warren, 1991**). *P. mirabilis* est impliqué dans environ 90 % de ces infections. Grâce à la diversité de ses réservoirs naturels, cette espèce possède plusieurs voies d'infection chez l'humain (**Liu, 2010**).

### II -2-4-2 – Classification :

La classification des bactéries de genre *Proteus* a changé au cours du XXe siècle. Le genre *Proteus* est actuellement défini comme appartenant à la famille des Enterobacteriaceae au sein de l'ordre Enterobacteriales qui regroupe l'espèce *Proteus mirabilis* (**Bergey's ,1998**).

**Règne :** Bacteria.

**Embranchement :** Protéobactéria.

**Classe :** Gamma Protobacteria.

**Ordre :** Entérobactériale.

**Famille :** Enterobacteriaceae.

**Genre :** *Proteus*.

**Espèce :** *Proteus mirabilis* (**Bergey's ,1998**).

### II 2-4-3- Caractères bactériologiques

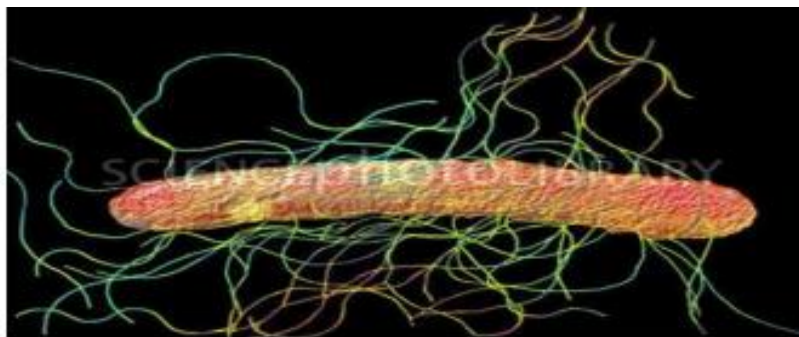
#### Caractères morphologiques

Les bactéries de l'espèce *Proteus mirabilis* sont des bacilles à Gram négatif, de petite taille, en forme de bâtonnet. Elles sont généralement très mobiles et polymorphes, mesurant entre 0,4 et 0,8 µm de diamètre, pour une longueur allant de 1 à 80 µm. Elles possèdent de nombreux flagelles et alternent entre deux formes cellulaires : des cellules végétatives nageuses et des cellules grouillantes allongées et hyper-flagellées (**Belas, 1996**).

En présence de surfaces solides, *P. mirabilis* peut s'allonger et produire un polysaccharide, ce qui lui permet de se déplacer activement sur des supports comme les équipements médicaux. Elle se distingue par sa motilité par essaimage, sa capacité à fermenter le maltose, ainsi que son incapacité à fermenter le lactose (**Liu, 2010**).

#### II -2-4- 4-Habitat

*Proteus mirabilis* est une bactérie présente dans l'environnement naturel, notamment dans l'eau polluée, le sol, le fumier et la viande en décomposition (**Janda et al., 2006**). Elle est aussi fréquemment retrouvée dans les voies urinaires humaines, où elle est responsable d'infections, souvent associées à la formation de calculs rénaux ou vésicaux (**Kelley Struble et al., 2009**). Environ 25 % de la population humaine en sont porteurs au niveau intestinal, ce qui peut entraîner des infections par auto-infection. La transmission peut également se faire par contact avec d'autres personnes ou par des réservoirs communs (**Holt et al., 1986**). Enfin, *P. mirabilis* se développe de manière optimale dans un environnement alcalin, avec un pH supérieur à 7 (**Frasca et al., 2008**).



**Figure 15 : Proteus mirabilis (Ehinger M., 2015).**

### II-2-5-1-Généralité sur *Enterococcus faecalis*

*Enterococcus faecalis* fait partie de la flore intestinale normale des humains et des animaux, il a été longtemps reconnu comme agent pathogène important (**De Perio et al., 2006**).

### II-2-5-2-Classification

La classification taxonomique de *Enterococcus faecalis* a été établie selon les critères proposés par Delarras et collaborateurs (2010). Elle se décline comme suit :

- **Domaine** : Eubacteria
- **Phylum** : Firmicutes (Phylum XII)
- **Classe** : Bacilli
- **Ordre** : Lactobacillales
- **Famille** : Enterococcaceae
- **Genre** : *Enterococcus*
- **Espèce** : *Enterococcus faecalis*

### II-2-5-3 Habitat

*Enterococcus faecalis* fait partie intégrante de la flore intestinale chez l'homme et les animaux. Il peut également coloniser certaines zones cutanées, notamment le périnée et le vagin. En dehors de son hôte, cette bactérie est présente dans l'environnement, notamment dans les eaux usées, l'eau douce et les sols. Elle peut aussi être à l'origine de la contamination de divers aliments [[http://www.unige.ch/uni3/Ateliers/ Séminaire Bactériologie/ PolyCours6](http://www.unige.ch/uni3/Ateliers/Séminaire_Bactériologie/PolyCours6). Consulter le : 12/3/2016.)

### II-2-5-4-Caractéristiques :

Les principaux caractères d'identification de l'espèce *Enterococcus faecalis* sont représentés dans le **tableau 5** :

**Tableau 05: Principaux caractères de *Enterococcus faecalis* (Paulsen et al., 2003).**

<b>Morphologie</b> diplocoques, chainettes	<b>Cocci de 0,6 à <math>\mu\text{m}</math> en moyenne, ovalaires, isolé,</b>
Coloration de Gram	Bactérie à Gram +
Mobilité	Immobilés
Type respiratoire	anaérobies facultatifs
Oxydase	–
Catalase	–
Température de croissance	Entre 10-43°C

#### II-2-5-5-Pouvoir pathogène

*Enterococcus faecalis* est un des causes majeures des infections nosocomiales, il fait partie des pathogènes nosocomiaux les plus communs, et il est responsable d'infections urinaires ou intra-abdominales, d'abcès viscéraux, de pneumonies, de septicémies, d'endocardites et de méningites (Jett et al., 1994 ; Megran, 1992).

***Chapitre III :***  
***Activité antimicrobienne***  
***des bactéries lactiques***

**III-1-Activité antimicrobienne des bactéries Lactiques**

Les microorganismes possèdent un groupe extraordinaire de défense microbien pour maintenir leurs existences ou leurs niches écologiques contre des concurrents ou des infections. La production des peptides microbiens, c'est une première barrière de défense, ces peptides ont un effet direct sur les microorganismes, par exemples déstabiliser la membrane bactérienne, virale ou fongique ou agir sur d'autres cibles (**Djadouni, 2013**).

Plusieurs études ont montré l'activité inhibitrice des bactéries lactiques vis-à-vis des bactéries pathogènes (**Rodrigues et al., 2005 ; Reis et al., 2012 ; Mercha et al., 2020**). Les propriétés antimicrobiennes de ces bactéries peuvent être associées à de nombreux éléments. Elles résultent de l'effet combiné de différents facteurs biologiques provenant de leurs activités métaboliques, synthétisent des molécules à actions bactéricides et ou bactériostatiques tels que l'acide lactique des acides organiques le diacétyl, dioxyde de carbone, ... (**Chentouf, 2015 ; Bouzaidet et al., 2016**).

**Tableau 06 : Métabolites antimicrobiens de faible masse moléculaire secrétés par les bactéries lactiques autres que les bactériocines (Leonard, 2013).**

Composés antimicrobiens	Souches productrices	Spectre microbien
<b>Acide lactique</b>	Touts les bactéries lactiques	Levures Bactéries gram+/-
<b>Acide acétique</b>	Bactéries lactiques hétéro fermentaires	Levures Bactéries gram+/-
<b>Diacétyl</b>	Lactococcus Leuconostoc Lactobacillus Pedicoccus	Levures Bactéries gram+/-
<b>Peroxyde d'hydrogène</b>	Touts les bactéries lactiques	Levures Bactéries gram+/-
<b>Dioxyde de carbone</b>	Les bactéries lactiques hétérofermentaires	La plus part des groupes taxonomiques de micro organismes

## III-2- Les métabolites antimicrobiens non peptidiques

### III-2-1- Les acides organiques

Les acides organiques sont produits par les bactéries lactiques lors du processus de fermentation . Les principaux acides produits sont: l'acide lactique, l'acide acétique et propionique . Ces derniers permettent d'inhiber la croissance des levures et d'autres bactéries qui ne peuvent se développer à pH acide .

L'effet inhibiteur de ces acides organiques est principalement provoqué par les molécules non dissociées qui diffusent à travers les couches lipidiques des membranes des microorganismes provoquant ainsi un abaissement du pH dans le cytoplasme qui a pour conséquence la déstabilisation des cellules (**Zhitnitsky et al., 2014**) .

### III-2-2- Acides gras

Dans certaines conditions, quelques lactobacilles et lactocoques possédant des activités lipolytiques peuvent produire des quantités significatives d'acides gras, par exemple dans la fermentation du lait fermenté (**RAO et al., 1984**). L'activité antimicrobienne des acides gras a été identifiée pendant plusieurs années. Les acides gras insaturés présentent une activité contre les bactéries à Gram+, et l'activité antifongique des acides gras dépend de la composition, de la concentration, et du pH du milieu (**GOULD, 1991**).

### III-2-3- Le peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) présente un effet antimicrobien qui peut être expliqué par la production de radicaux libres tels que le groupement superoxyde (O<sub>2</sub>•) et le groupement hydroxyle (OH•) capables d'endommager l'ADN bactérien . En outre, le pouvoir inhibiteur du peroxyde d'hydrogène pourrait être dû à des réactions d'oxydation des groupes sulfhydriles provoquant une modification de la conformation des protéines et donc la perte de fonction des enzymes . De plus, il peut engendrer la peroxydation des lipides membranaires, augmentant ainsi la perméabilité de la membrane du microorganisme cible (**Nair et al., 2017**).

#### III-2-4- Le dioxyde de carbone

Les bactéries lactiques hétérofermentaires synthétisent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) comme métabolite secondaire . Son accumulation dans le milieu extérieur crée une anaérobiose qui peut être toxique pour les microorganismes aérobies présents dans l'aliment . Toutefois, le dioxyde de carbone peut aussi, à faible concentration, stimuler la croissance de certaines bactéries (**Singh, 2018**).

#### III-2-5- Di acétyle (2,3- butanédione)

Le diacétyle est produit suite à la dégradation du citrate, il est synthétisé par différentes espèces de bactéries lactiques appartenant à plusieurs genres comme *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Pediococcus*. Il présente des propriétés antimicrobiennes contre les levures, les bactéries Gram négatif et les bactéries Gram positif non lactiques. La concentration nécessaire à l'obtention d'une inhibition dépend essentiellement du microorganisme cible (**DORTU et THONART ., 2009**).

#### III-2-6- Reutéline

La reutéline (ou 3-hydroxypropionaldéhyde) est une substance antimicrobienne qui est produite comme métabolite intermédiaire pendant la fermentation anaérobique du glycérol par certaines espèces de *Lactobacillus* . La fermentation du glycérol se déroule en deux étapes . Le glycérol sera tout d'abord déshydraté par un glycérol déshydratase pour former de la reutéline qui sera ensuite réduite en 1,3-propanediol par une oxydoréductase . Cette deuxième étape est inhibée en l'absence de glucose . La reutéline s'accumule alors dans le microorganisme producteur . À haute concentration, elle est excrétée dans le milieu . Sa toxicité contre la cellule productrice limite sa production, certaines espèces comme *Lactobacillus reuteri* sont plus résistantes (**Langaet al., 2014**) .

#### III-2-7- Reutélicine

Certaines souches de *Lactobacillus reuteri* secrètent d'autres substances antimicrobiennes, reutélicine. On a remarqué que la concentration d'inhibition minimale de cette molécule est de 0.05-1 mg/L pour les bactéries à gram positives. Tandis qu'on n'a pas trouvé aucune sensibilité des bactéries à gram négative et les champignons à la reutélicine (**OUWEHAND et al., 1996**).

### III-2-8- Acétaldéhyde

Chez *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, l'action d'une thréonine aldolase, clive la thréonine en acétaldéhyde et en glycine. L'acétaldéhyde à une concentration de 10 à 100 ppm empêche la croissance de *Staphylococcus aureus*, de *Salmonella typhimurium* et d'*E. Coli* dans les produits laitiers (PIARD et DESMAZEAUD, 1991). Les quantités d'acétaldéhyde produites par les lactocoques oscillent entre 2,60 et 6,50 mg/ml (BOTTAZZI et DELLAGLIO, 1967). La contribution de l'acétaldéhyde à la biopréservation est mineure puisque le seuil de saveur est beaucoup inférieur aux niveaux qui sont considérés nécessaires à l'inhibition des microorganismes (KULSHRESTHA et MARTH, 1974).

### III-2-9- 2-pyrrolidone-5-carboxylic Acide

Ou PCA cette molécule est surtout produite par *Lactobacillus casei ssp.casei*, *L.casei ssp. Pseudopantarum* et *Streptococcus bovis*. Elle est présente aussi dans les fruits, les légumes. Elle inhibe les *Bacillus subtilis*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas putida* et *Pseudomonas fluorescens*. Elle est stable à la grande température (121°C/20min) mais elle perd son activité inhibitrice quand le pH est de 2,5. PCA est reconnu comme un fort agent antimicrobien comme l'acide lactique. Et son mécanisme d'action est le même que les acides organiques (OUWEHAND et al.,1996 ).

## III-3- Les métabolites antimicrobiens peptidiques : Les bactériocines

### III-3-1-Définition

Le terme « bactériocine » fut utilisé pour la première fois en 1964 par André Lwoff, médecin et biologiste français (Dillenseger, 2019) . Les bactériocines sont des protéines, ou complexes de protéines possédant une activité bactéricide dirigée contre des espèces proches de la souche productrice . Ce sont des peptides antimicrobiens de 20 à 60 acides aminés synthétisés selon la voie ribosomique impliquant des groupes de gènes ou clusters comportant une ou plusieurs unités de transcription, génotypiquement spécifique, par les bactéries de gram positif, négatif et les archées(Sidhu et Nehra, 2017) . Les bactériocines sont généralement cationiques, amphiphiles, thermostables, modifiés ou non post- traductionnellement, de masses moléculaires comprises entre 2 et 6 kDa . Elles sont représentées une large classe de substances antagonistes qui varient

considérablement du point de vue de leur poids moléculaire, de leurs propriétés biochimiques, de leurs spectres d'action et de leurs modes d'action (**Taale et al., 2016**) . Ces métabolites ne sont pas des antibiotiques mais elles possèdent des propriétés antibiotiques car elles peuvent être bactéricides ou bactériostatiques . Les bactériocines se diffèrent des antibiotiques par une synthèse ribosomale contrairement à la synthèse enzymatique des antibiotiques, une activité à des concentrations bien plus faibles que celles et un spectre d'activité généralement plus restreint (**Mekri, 2016 ;Djelloul, 2021**).

### **III-3-2- Classification des bactériocines**

Les bactériocines diffèrent entre elles par leur structure primaire, tridimensionnelle, mode d'export et leur mécanisme d'action . Ces critères permettent de classer les bactériocines en quatre classes comme proposé par Klaenhammer (1993). Ces classes sont :

#### **III-3-2-1-Bactériocine de classe I : lantibiotiques**

Les lantibiotiques, c'est-à-dire des petits peptides cationiques, hydrophobes et thermostables qui contiennent des acides aminés inhabituels (thioéther aminoacides lanthionine et / ou méthyl lanthionine) qui sont formés post-traductionnellement. Protéines de poids moléculaire inférieur à 10 kDa avec modifications posttraductionnelles comprend des protéines susceptibles de subir certaines modifications par leur biosynthèse, en raison de la présence d'une séquence de peptides signaux cela permettra la reconnaissance, le transport et le maintien du peptide inactif . Cette classe I peut être divisée en 3 sous-classes Ia, Ib et Ic selon la charge des peptides : **Ia** cationiques hydrophobes avec 34 acides aminés, **Ib** globulaires chargés négativement ou sans charge contenant jusqu'à 19 acides aminés et **Ic** leur structure cyclique formés de 2 peptides agissant en synergie (**Mekri, 2016 ; Gonzalez-perez et al., 2018**) .



**Tableau 07 : Séquence de quelques bactériocines de classe II — Sequence of some class II bacteriocins. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2009 13(1), 143-154 Dortu C. & Thonart P.**

Classe IIa: « Pediocin-like bacteriocin »	
Mésentéricine Y105	MTNMKSVEAYQQLDNQN <del>L</del> KKVVGGKYYGNGVHCTKSGCSVNWGEAASAGI <del>H</del> RLANGNGFW
Sakacine P	-----MEKFIELSLKEVTAITGGKYYGNGVHCGKHSCTVDWGTAIGNIGNNAAANWATGWNAGG
Curvacine A	-----MNNVKELSMTELQTITGGARSYGN <del>G</del> VYCN <del>N</del> KKCWVNRGEATQSIIGGMISGWASGLAGM
Piscicoline 126	-----MKTVKELSVKEMQLTTGGKYYGNGVSCNKN <del>G</del> CTVDWSKAIGIIGNNAAANLTTGGAAGWNKG
Carnobactériocine Bm1	-----MKSVKELNKKEMWINGGAI <del>S</del> YGN <del>G</del> VYCN <del>N</del> KEK <del>C</del> WVNKAENKQAITGIVIGGWASSLAGM <del>G</del> H
Pédiocine PA-1	-----MKKIEKLTEKEMANIIGGKYYGNGVTCGKHS <del>C</del> SVDWGKATT <del>C</del> IINNGAMAWATGGH <del>Q</del> GNHK <del>C</del>
Entéroccine A	-MKHLKILSIKETWLIYGGTTHSGKYYGNGVYCTKNK <del>C</del> TVDWAKATT <del>C</del> IAGMSIGGFLGGAI <del>P</del> GK <del>C</del>
Sakacine G	-----MKNTRSLTIQEIKSITGGKYYGNGVSCNSHGCSVNWGQAWTCGVNHLANGGHGGVC
Classe IIb: « Two-peptides bacteriocin »	
ABP-118	α KRGPNCVGNFLGGLFAGAAAGVPLGPAGIVGGANLGMVGGAL <del>T</del> CL
	β KNGYGGSGNRWVHCGAGIVGGALIGAIGGPWSAVAGGISGGFT <del>S</del> CR
Lactocine 705	α MDNLNKF <del>F</del> KLSDNKLQATIGG
	β MESNKLEKFANISNKDLNKITGG
Lactococcine MN	M IRGTGKGLAAAMVSGAAMGGAIGAFGGFPVGAIMGAWGGAVGGAMKYSI
	N GSIWGA <del>I</del> AGGAVKGAIAASWTGNFVIGMSALGGAVLGGVTYAR <del>P</del> VH
Plantaricine EF	E FNRGGYNFGKSVRHVVDAIGSVAGIRGILKSIR
	F VFHAYSARGVRRNNYKSAVGPADWVISAVR <del>G</del> FIHG
Classe IIc	
Plantaricine A	MKIQIKGMKQLSNKEMQKIVGGKSSAYS <del>L</del> QMGATAIKQVKKL <del>F</del> KKW <del>G</del>
Lactococcine A	MKNQLNFNIVSDEELSEANGGKLTFIQSTAAGDLYYNTNTHKYVYQQTQNAFGAAANTIVNGWMGG AAGGFGLHH
Lactococcine 972	MKTKSLVLALSAVTLFSAGGIVAQAEGTQWHGYGVSSAYS <del>N</del> YHHGSKTHSATVVNNNTGRQ <del>G</del> KDT <del>Q</del> RAGVWAKATVGRNLTEKASFY <del>N</del> FW

### III-3-2-3- Bactériocines de classe III : Bactériolysines

Protéines de taille supérieure à 30 kDa et sensibles à la chaleur. La structure et le mode d'action de ces bactériocines diffèrent complètement des autres bactériocines produites par les bactéries lactiques. Cette classe ne contient que quatre bactériocines : l'helvecine J produite par *Lactobacillus helveticus* A, l'enterolysine A produite par *Enterococcus faecium*, la zoocine A produite par *Spreptococcus zooepidemicus* et la millericine B produite par *Streptococcus milleri* (NILSEN et al., 2003 ; PAPAGIANNI, 2003 ; NIGUTOVA et al., 2007).

**Tableau 08** : Les quartes Bactériocines de classe III produites par des bactéries lactiques. (NILSEN *et al.*, 2003 ; PAPAGIANNI, 2003 ; NIGUTOVA *et al.*, 2007).

Bactériocines	ESpèce producteur
Helveticin	<i>Lactobacillus helveticus A</i>
Enterolysine A	<i>Enterococcus faecium</i>
Zoocin A	<i>Streptococcus zooepidemicus</i>
Millericin B	<i>Streptococcus milleri</i>

#### III-3-2-4- Bactériocines de Classe IV : Bactériocine complexe

La Classe IV est constituée des peptides nécessitant une partie lipidique ou carbohydrates pour avoir leur activité . A ce jour, aucune bactériocine de cette classe n'a été décrite (Makhloufi, 2012) .

#### III-3-4- La biosynthèse des bactériocines

Les bactériocines sont produites à la fin de la phase exponentielle et au début de la phase stationnaire de croissance . Elles peuvent être dégradées par les protéases produites par les bactéries lactiques productrices ou être adsorbées à sa surface, ce qui mène à la baisse de la concentration de bactériocines dans la culture . Différentes protéines sont impliquées dans la production des bactériocines et sa régulation . Elles sont produites sous forme d'un pré peptide non-biologiquement actif qui subira des modifications post traductionnelles pour aboutir au peptide actif . Cette production est souvent régulée par un système de Quorum Sensing . Les facteurs influençant la production de bactériocines sont principalement la souche productrice, la température, le pH, la composition du milieu et la technologie de fermentation employée (Delesa, 2017 ; Tahlaïti, 2019) .

#### III-3-5- Le conditionnement des bactériocines :

Il est très difficile de conditionner les bactériocines sous une forme purifiée. La purification des bactériocines est une procédure longue et couteuse qui nécessite la mise en œuvre de nombreuses

techniques, à savoir une précipitation des protéines au sulfate d'ammonium, différentes combinaisons de chromatographies sur colonne telles que des échanges d'ions ou des interactions hydrophobes et une étape finale de chromatographie liquide à haute performance en phase inverse. Ces traitements ne sont pas applicables à l'échelle industrielle. La stratégie souvent mise en œuvre consiste dès lors en l'adsorption de la bactériocine sur la cellule productrice suivie d'une centrifugation ou d'une ultrafiltration de la culture et de la désorption de la bactériocine par abaissement du pH à 2 et augmentation de la concentration en chlorure de sodium. Les bactériocines semi-purifiées peuvent alors être conditionnées sous forme sèche par atomisation ou lyophilisation par exemple (**Parente et al., 1999**). La nisine, la seule bactériocine légalement approuvée comme additif alimentaire, est commercialisée sous une forme semi-purifiée.

### **III-3-6- Mode d'action de bactériocine**

Les bactériocines ont des mécanismes d'action distincts et peuvent être divisées en ceux qui favorisent un effet bactéricide, avec ou sans lyse cellulaire, et bactériostatiques, inhibant la croissance cellulaire. Les bactériocines altèrent la perméabilité membranaire des bactéries, soit inhibent la synthèse de leurs peptidoglycane, soit encore agissent en détruisant les liaisons peptidiques entre les peptidoglycane (**Nes et al., 2011**).

Les lantibiotiques (bactériocines de classe I), interagissent avec les membranes cellulaires par interaction électrostatique ou par liaison à des récepteurs spécifiques. Ces interactions permettent de former des pores larges et non-spécifiques à la surface des cellules cibles, causant un efflux rapide des composés cytoplasmiques (ions, ATP, acides aminés,...). Elles détruisent donc les bactéries en augmentant leur perméabilité membranaire. Les bactériocines de Classe II agissent de la même manière, en provoquant la perméabilisation de la membrane, ce qui conduit à la mort cellulaire. Pour la Classe III, le mode d'action est complètement différent. En effet, elles agissent par hydrolyse des liens peptidiques entre les peptidoglycane de la membrane des bactéries sensibles. Selon le nombre de bactéries sensibles, le spectre d'action des bactériocines est plus ou moins large (étroit pour la zoocine A, large pour l'entérolysine A et la millericine B) (**De freireBastos et al., 2015 ; Bali et al., 2016 ;Tenea et Yépez, 2016**).

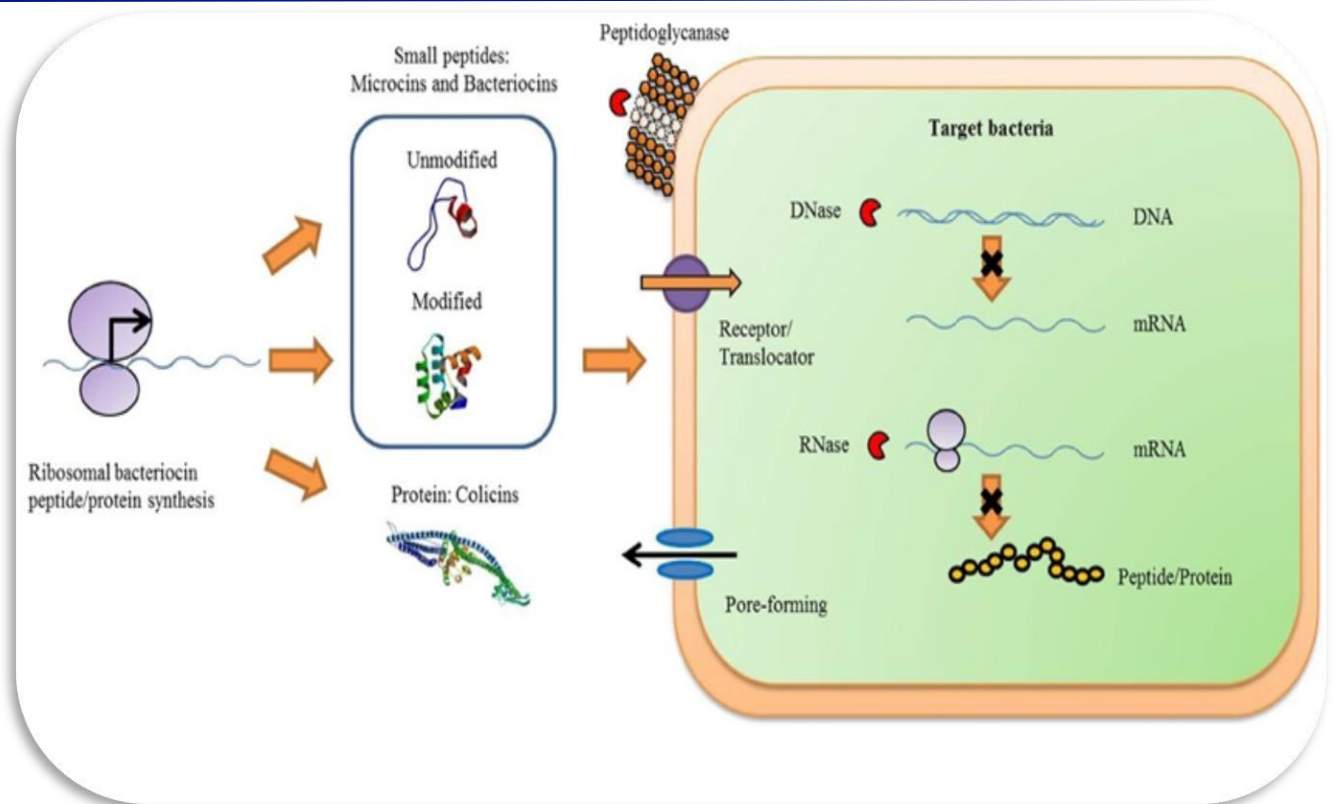


Figure 17: Mode d'action des bactériocines (Yang et al., 2014) .

### III-3-7- Applications potentielles des bactériocines

Les bactériocines produites par LAB ont attiré trop d'attention en raison de leur utilisation sûre et naturelle en tant qu'inhibiteur contre micro-organismes pathogènes dans la production alimentaire (Demir et Başbülbul, 2017) .

#### III-3-7-1 -Domaine alimentaire

Les bactériocines sont incolore, inodore et sans saveur, et par conséquent, ne nuisent pas à l'acceptabilité de l'alimentation si elles sont utilisées comme supplément . D'un autre côté, elles peuvent facilement être dégradées par les enzymes dans l'hôte ou dans l'environnement, ce qui réduit la possibilité d'interaction de ces fragments dégradés avec les souches cibles et les chances de développement de la résistance (Alvarez et al., 2018) .

Leur utilisation dans le domaine alimentaire est devenue très intéressante grâce à leur potentiel d'assurer une sécurité microbienne et une bonne qualité du produit alimentaire . L'utilisation des bactériocines comme additifs naturels dans les aliments a suscité l'intérêt du consommateur qui

cherche à minimiser l'utilisation des additifs chimiques artificiels dans les produits alimentaires . Plusieurs études ont montré l'efficacité de la nisine en tant qu'agent de conservation dans les aliments comme la truite fumée, les produits à base d'œufs liquides pasteurisés, les fromages et d'autres produits laitiers . En effet, la nisine est la plus étudiée des bactériocines et la seule utilisée commercialement dans les produits alimentaires (**Egan et al., 2016**) .

### **III-3-7-2 -Domaine thérapeutique**

Il est urgent de trouver des solutions au nombre croissant d'infections causées par des bactéries résistantes aux antibiotiques, l'émergence de la résistance des bactéries pathogènes a orienté la recherche vers de nouvelles molécules antimicrobiennes (**Bemena et al., 2014**) . Grâce à leur mode d'action différent des antibiotiques conventionnels, les bactériocines, pourraient être considérées comme une alternative prometteuse aux antibiotiques dans le cadre de contrôle de la prolifération et à l'inhibition des souches bactériennes pathogènes émergentes et le traitement des infections cutanées, systémiques, urogénitales, des gingivites, la mastite, de l'otite,...etc (**Chikindas et al., 2018**) .

Dans le cas du traitement du cancer, certains chercheurs ont démontré que les bactériocines, ont une activité contre les cellules tumorales . À titre d'exemple, des recherches ont démontré in vitro que la nisine a montré des capacités de prévention de la croissance des cellules tumorales . Cette bactériocine et d'autres peptides antimicrobiens in vitro ont mis en évidence qu'ils pourraient avoir une application potentielle en tant que médicaments anticancéreux (**Chikindas et al., 2018 ; Ibrahim, 2019**) .

A cause de leur nature peptidique, les bactériocines sont susceptibles d'être modifiées génétiquement afin de développer des peptides de conception, de biosécurité et de stabilité sur mesure pour obtenir des médicaments plus efficaces dans les traitements (**Cotter et al., 2013 ; Chikindas et al., 2018**) .

**III-3-7-3 -Domaine vétérinaire**

Les bactériocines pourraient être utilisées avec les ionophores dans une stratégie visant à prévenir l'apparition d'une résistance . L'utilisation d'une bactériocine à la place d'un antibiotique, par intermittence, aiderait à détruire les populations résistantes. Les ionophores antibiotiques ont un très large spectre d'action, donc ils peuvent agir sur à peu près la moitié de la flore naturelle trouvée dans le rumen des bovins, alors que les bactériocines sont par contre extrêmement spécifiques, ce qui permet, par exemple, de cibler seulement les bactéries qui dégradent des protéines alimentaires ou seulement celles qui produisent du méthane . Un autre avantage qui s'ajoute, tient au fait que les bactériocines sont des protéines non toxiques qui se digèrent facilement. Comme elles sont digérées par l'animal, il n'y a aucun risque qu'il reste des résidus dans la viande ou le lait . Par contre, les ionophores antibiotiques classiques ne sont pas digestibles, sont très toxiques et doivent être manipulés et administrés avec précaution (**Menad,2017**) .

**III-3-7-4-Domaine agricole**

La protection des plantes contre les microorganismes phytopathogènes ainsi que la préservation des semences, sont les objets de l'exploitation des bactériocines en agriculture . Dans ce cas, les substances antibactériennes et substances antifongiques seront associées afin de lutter contre les ravageurs phytopathogènes (**Khodja, 2018**) .

# *Etude Expérimentale*

***Chapitre I:***  
***Matériels et méthodes***

**I- Matériels et méthodes :****I-1-Objectif d'étude :**

L'objectif de ce travail repose sur :

Etude de l'activité antimicrobienne de quelques souches de bactéries lactiques productrices des substances antimicrobiennes vis-à-vis des bactéries pathogènes de référence responsable des infections urinaires .

**I-2. Lieu et période d'étude :**

Cette étude a été réalisée dans le laboratoire de microbiologie N° 03 et et laboratoire des sciences et techniques de production animale (LSTPA) à hasi mamach , faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem- une période de deux mois et 10 jours allant du 01 Mars jusqu'au 10 Mai 2025.

**I-3-Matériels****I-3-1-Matériels biologiques :**

Pour la réalisation de la partie expérimentale, nous nous sommes servi dumatériel biologique suivant :

**I-3-1-1-Les souches cibles:**

Dans le cadre de cette étude, cinq souches locales de bactéries lactiques, précédemment isolées et caractérisées par la doctorante Melle Amamra Djamila au niveau du laboratoire des sciences et techniques de production animale (LSTPA) -hasi mamach- faculté des sciences de la nature et de la vie de Mostaganem. ont été employées. Leur identification a été réalisée par des techniques classiques de microbiologie. Le (**Tableau 09** ) en détaille les espèces et les origines :

**Tableau 09** : Souches de bactéries lactiques utilisées.

Souches bactériennes	Code	Origine
<b>Limosilactobacillus fermentum</b>	<b>LB 25.b</b>	<b>Produits laitiers</b>
<b>Lactobacillus acidophilus</b>	<b>LB 13</b>	<b>Produits laitiers</b>
<b>Levilactobacillus brevis</b>	<b>LB 31</b>	<b>Produits laitiers</b>
<b>Limosilactobacillus fermentum</b>	<b>LB 02</b>	<b>Produits laitiers</b>
<b>Lactobacillus acidophilus</b>	<b>LB 32</b>	<b>Produits laitiers</b>

**I-3-1-2- Les souches de références:**

Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne des souches lactiques, quatre bactéries indicatrices de référence (uropathogènes) ont été utilisées (**voir tableau 10**), isolées et identifiées par la doctorante Melle Amamra Djamilia, Ces souches nous ont été fournies par le laboratoire des sciences et techniques de production animale (LSTPA) à hasi mamach, faculté des sciences de la nature et de la vie de Mostaganem.

**Tableau 10:** Souches de références utilisées.

Souches bactériennes	Code	Origine
<b>Escherichia coli</b>	<b>915</b>	<b>Des urines des femmes ont des infections urinaires.</b>
<b>Klebsiella pneumoniae</b>	<b>K.P</b>	<b>Des urines des femmes ont des infections urinaires.</b>
<b>Proteus vulgaris</b>	<b>P.V</b>	<b>Des urines des femmes ont des infections urinaires.</b>
<b>Proteus mirabilis</b>	<b>P.H</b>	<b>Des urines des femmes ont des infections urinaires.</b>

**I-3-2- Matériels non biologiques**

Lors de la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé le matériel de laboratoire suivant :

Les milieux de cultures utilisés lors de notre travail étaient soit liquide, soit solide par addition d'Agar (18g/L). Ils sont stérilisés par autoclavage à 121°C pendant 10 min. (**Annexe 01**)

**Tableau 11** : Matériels non biologiques

Milieux de culture	Appareillage	Réactifs, colorants et autres
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milieu MRS bouillon et gélose ;</li> <li>• Milieu nutritif bouillon et gélose</li> <li>• Milieu MRS gélose 10 % de lait écrémé ;</li> <li>• Milieu PDA 10 % de lait écrémé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitateur électrique (Stuart)</li> <li>• Autoclave (Pbinternational)</li> <li>• Bain marie (memmert);</li> <li>• Balance (Kern);</li> <li>• Pied a coulisse (Stainless hardened);</li> <li>• Réfrigérateur (Campingaz);</li> <li>• Spectrophotomètre (Jenway) ;</li> <li>• Vortex électrique (Fisher scientific) ;</li> <li>• Microonde (Rotel) ;</li> <li>• Micropipette (Socorex) ;</li> <li>• Microscope optique (Optika);</li> <li>• pH-mètre(Hannainstruments);</li> <li>• Etuve (Memmert) .</li> <li>•Bec benzène..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huile à immersion ;</li> <li>• Lait écrémé ;</li> <li>• Lugol ;</li> <li>• HCL ;</li> <li>•Eau distillée</li> <li>• NaOH ;</li> <li>• Violet de Gentiane ;</li> <li>• L'eau oxygéné ;</li> <li>• Eau physiologique ;</li> <li>• Ethanol 96° ;</li> <li>• Fuchsine ;</li> <li>• Glycérol ;</li> <li>• Disques oxydase.</li> </ul>

**I-4- Méthodes****I-4-1- Revivification et purification des souches bactériennes**

La revivification des souches bactériennes a été réalisée par leur mise en culture dans des milieux liquides appropriés, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures (Les lactobacilles (LB) ont été cultivés dans du bouillon MRS, tandis que les souches pathogènes de référence ont été mises en culture dans du bouillon nutritif ). La croissance bactérienne se manifeste par un trouble

du milieu, accompagné, dans le cas des LB, de la formation d'une pastille blanche caractéristique au fond du tube.

La purification des souches a été effectuée par repiquages successifs sur gélose et bouillon (MRS, milieu nutritif). L'ensemencement sur gélose a été réalisé selon la méthode des stries, suivi d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures, jusqu'à l'obtention de colonies homogènes, présentant une morphologie, une taille et une coloration uniformes (**Idoui et al., 2009**).

#### **I-4-2- Conservation des bactéries lactiques**

##### **I-4-2-1- Conservation à court terme**

Pour une conservation à court terme, les souches pures sont maintenues sur milieu solide MRS. Après leur croissance à la température optimale, elles sont conservées à 4 °C. Afin de préserver leur viabilité et leurs caractéristiques phénotypiques, un repiquage est effectué toutes les quatre semaines (**Badis et al., 2005 ; Brahim, 2015**).

##### **I-4-2-2- Conservation à long terme**

Afin d'assurer leur conservation à long terme, les souches ont été congelées à -20 °C dans des tubes Eppendorf, en utilisant un bouillon MRS issu d'une culture de 18 heures, complété par 30 % de glycérol (**Samelis et al., 1994**).

#### **I-4-3- Confirmation de la pureté**

##### **I-4-3-1-Examen macroscopique**

L'étude de la morphologie et de la taille des colonies est réalisée à partir des cultures cultivées sur gélose MRS et gélose nutritive. Elle permet d'observer la forme, l'aspect, les bords, la texture de surface, la couleur des colonies et l'aspect du trouble dans le bouillon MRS et bouillon nutritive.

##### **I-4-3-2- Examen microscopique**

L'observation microscopique à un grossissement de ( $G \times 100$ ) permet de distinguer les bactéries selon leur type de coloration de Gram (positive ou négative), leur morphologie cellulaire, la mobilité ainsi que leur mode d'association. Cette observation est effectuée à partir d'un frottis bactérien préparé à partir de colonies suspectes issues de cultures pures, puis fixé et coloré par la méthode de Gram. (**Voir l'annexe 02**).

### I-4-3-3- Coloration de Gram :

La coloration de Gram, réalisée à partir d'un frottis, permet de distinguer deux types de bactéries : les Gram négatives (G-) et les Gram positives (G+). Cette différenciation repose sur la composition de leur paroi cellulaire, en particulier sur l'épaisseur du peptidoglycane et la présence d'une membrane externe (**Larpent, 1990**).

Les bactéries lactiques sont des bactéries Gram positives ; elles retiennent le violet de gentiane lors de la coloration.

### I-4-3-4- Recherche de la catalase

Chez les bactéries à métabolisme oxydatif, le système respiratoire comprend notamment une enzyme appelée catalase. Celle-ci intervient dans la dégradation du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) selon la réaction suivante :



La recherche de cette enzyme a été mise en évidence en déposant une colonie à étudier sur une lame additionnée d'une goutte d'eau oxygénée (10 volumes), un dégagement de bulle de gaz indique la présence de catalase (**Idoui et al.,2009**).

### I-4-3-5- Test d'oxysase

Le test d'oxydase a été réalisé en appliquant une colonie bactérienne sur un disque OX contenant le réactif tétraméthyl-p-phénylènediamine dihydrochlorure. L'apparition d'une coloration violette dans un délai de 2 à 3 minutes indique un résultat positif (**Guiraud, Joseph-Pierre, 1998**).

### I-4-4-Mise en évidence de l'activité antimicrobienne

Les souches de bactéries lactiques ont été évaluées pour leur **activité antibactérienne** en utilisant des cultures jeunes en ( phase exponentielle) de croissance.

Ces souches ont été testées contre quatre bactéries pathogènes de référence : **Proteus mirabilis (P.H)**, **Proteus vulgaris (P.v)**, **Escherichia coli (915)**, et **Klebsiella pneumoniae (K.p)**.

#### **I-4-4-1-Principe de la détection de l'activité antimicrobienne des souches lactique**

La détection de l'activité antimicrobienne repose sur le principe de diffusion de substances antimicrobiennes dans un milieu de culture solide, entraînant l'inhibition de la croissance de micro-organismes indicateurs sensibles.

L'évaluation de cette activité a été réalisée sur certaines souches sélectionnées, représentant des espèces présentant un intérêt particulier. Les souches montrant un effet inhibiteur ont ensuite été soumises à des tests indirects, notamment **le test des puits**.

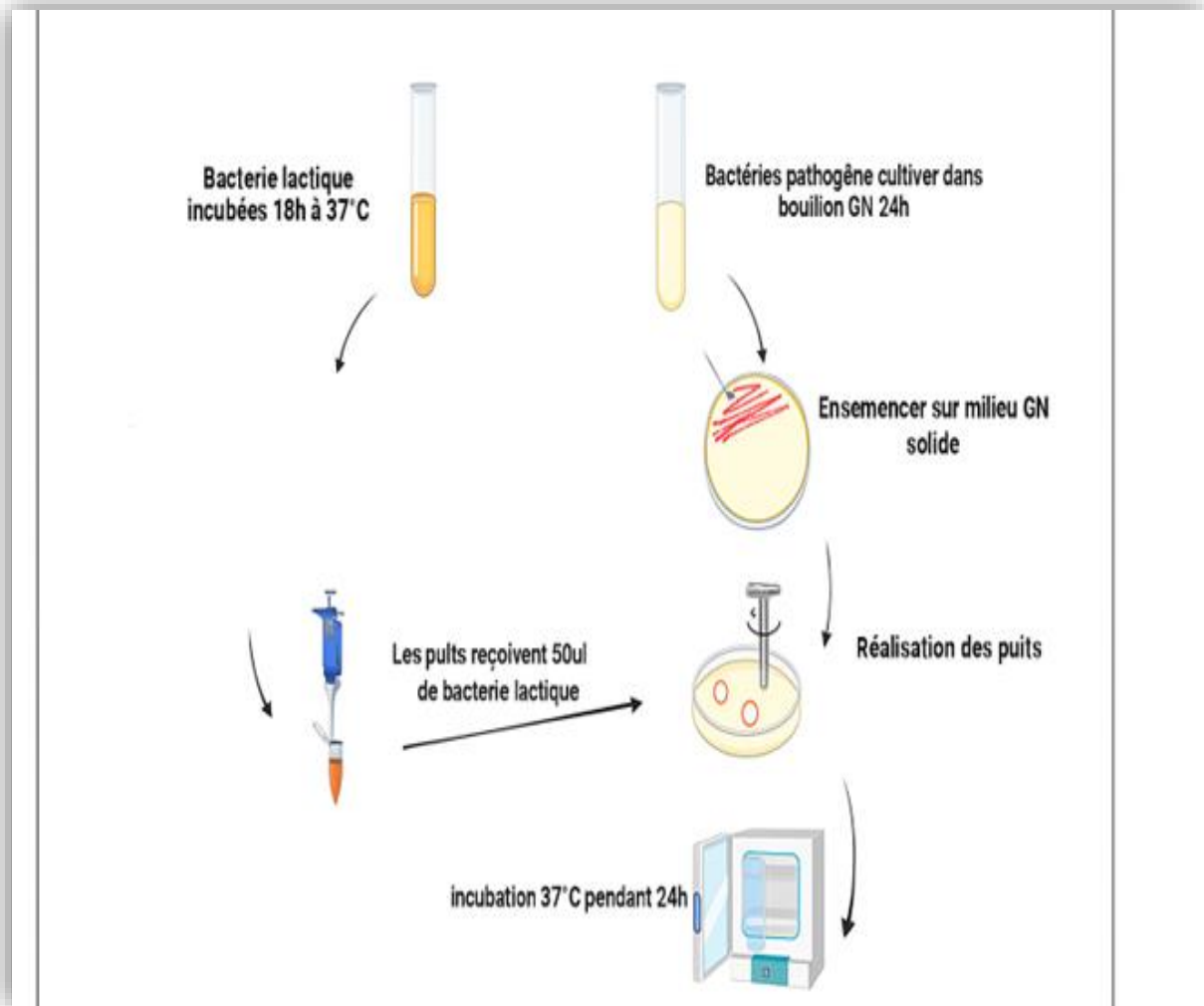
#### **I-4-4-2-Préparation des suspensions bactériennes**

En vue du test d'antagonisme, des pré-cultures récentes des souches lactiques (productrices) et des souches pathogènes (indicatrices) ont été préparées. À partir des boîtes de Pétri contenant respectivement de la gélose MRS et de la gélose nutritive, chaque souche a étéensemencée dans des tubes à essai contenant 07mL de bouillon MRS pour les lactiques ou de bouillon nutritif pour les pathogènes. Ces tubes ont été incubés à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

La standardisation des souches indicatrices a été réalisée par dilution des cultures dans une solution saline physiologique stérile, jusqu'à obtention d'une densité optique comprise entre 0,08 et 0,1 à 600 nm.

#### **I-4-4-3-Méthode des puits**

Le potentiel antimicrobien des souches contre *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Proteus vulgaris* a été déterminé par la technique de diffusion en puits. Les germes pathogènes ont cultivé dans le bouillon nutritif pendant 18 à 24 h à 37°C, après l'incubation chaque souche a été ajustée à une DO de 0.08 à 0.1 à 620 nm etensemencée sur gélose GN puis laissées 1h à une température ambiante. Ensuite des puits ont été réalisés à l'aide d'une pipette pasteur stérile et chaque puits a été rempli par 50 µl d'une culture jeune des souches lactiques, avant l'incubation à 37°C pendant 24h, les boites ont été conservées à 4 °C pendant 1h. le potentiel antimicrobien a été évalué par la mesure les diamètres des zones qui ont été apparues autour des puits. (Nami et al., 2019.)



**Figure 18 :** Méthode de diffusion en puits.

#### **I-4-4-4-Potentiel protéolytique**

L'activité protéolytique des souches isolées a été mise en évidence à l'aide d'un milieu MRS et PDA complété par 10 % de lait écrémé. Les souches ont été déposées en surface du milieu à l'aide d'un inoculateur multipoint, puis incubées à 30 °C durant 24 heures. L'apparition d'un halo clair autour des colonies traduit une dégradation des protéines, et la mesure du diamètre de ce halo permet d'évaluer l'intensité de l'activité protéolytique (**Badis et al., 2005**).

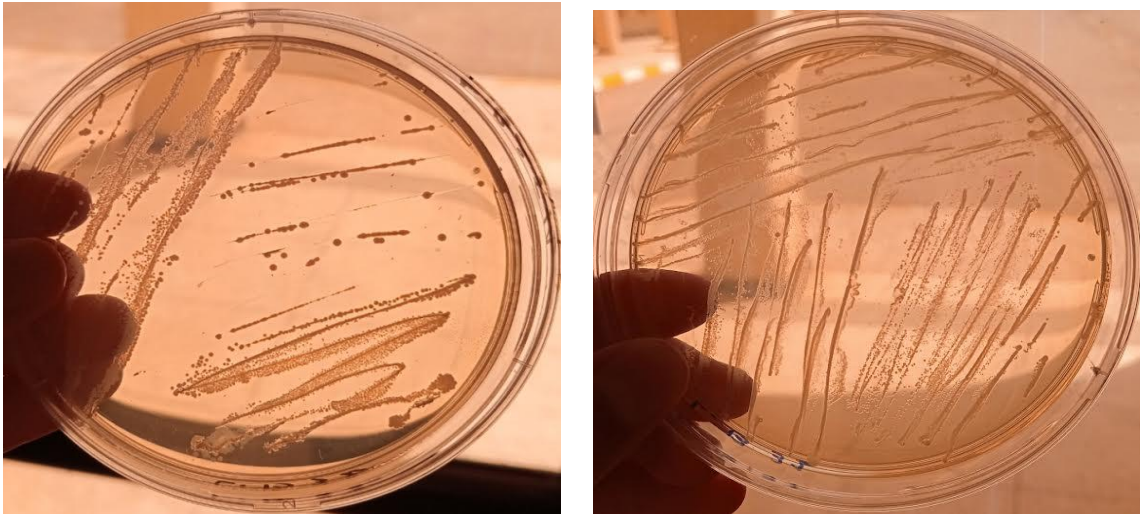
***Chapitre II :***  
***Résultats et discussion***

**II -Résultats et discussion :****II- 1-Revivification et confirmation de la pureté des souches****II-1-1- Les bactéries lactiques****II-1-1-1- Examen macroscopique**

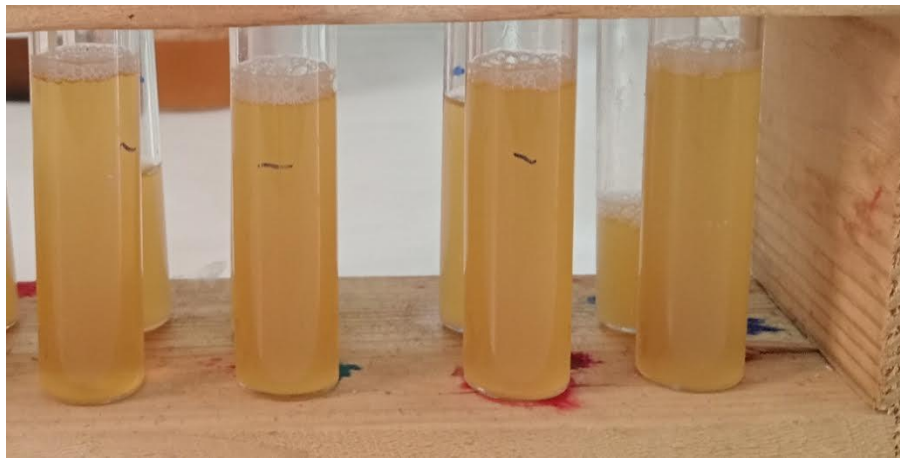
La revivification des souches lactiques a été effectuée sur milieu MRS. L'observation macroscopique a révélé un trouble homogène accompagné d'un dépôt blanc au fond du tube, indiquant la viabilité des souches lactiques . Sur milieu solide, les colonies observées présentaient des caractéristiques morphologiques similaires : elles étaient lisses, légèrement bombées, à contours réguliers, translucides à opaques, de petite taille (1 à 2 mm) et de couleur blanche (**Tableau 12**).

**Tableau 12** : Observation macroscopique des bactéries lactique .

Les souches lactiques	Examen macroscopique						
	Gélose					Bouillon	
	Dimension mm	Forme	Couleur	Contours	Surface	Culot	Trouble
LB 25B	0,5 < $\varnothing$ < 1	circulaire	Blanche, translucide	Régulier	Lisse	+	+
LB02	0,8 < $\varnothing$ < 1	circulaire	Blanche, opaque	Régulier	Lisse	+	+
LB31	0,5 < $\varnothing$ < 2	circulaire	Blanche, opaque	Régulier	Lisse	+	+
LB32	0,8 < $\varnothing$ < 1	circulaire	Blanche, opaque	Régulier	Lisse	+	+
LB13	0,5 < $\varnothing$ < 1	circulaire	Blanche, opaque	Régulier	Lisse	+	+



(a) :Sur milieu MRS solide



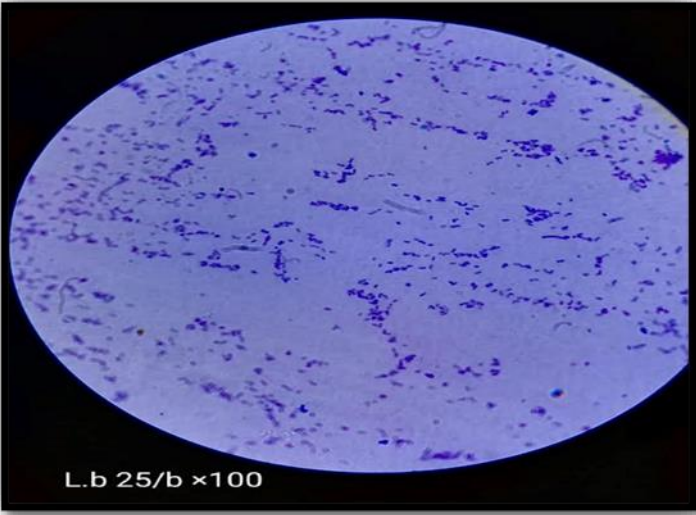
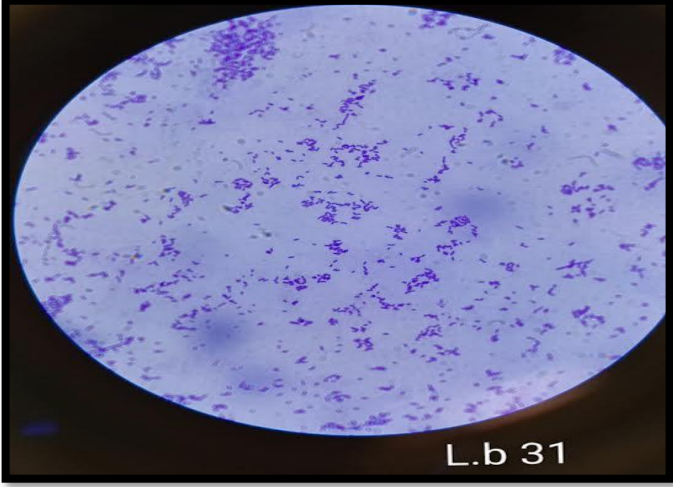
(b) :sur milieu MRS liquide

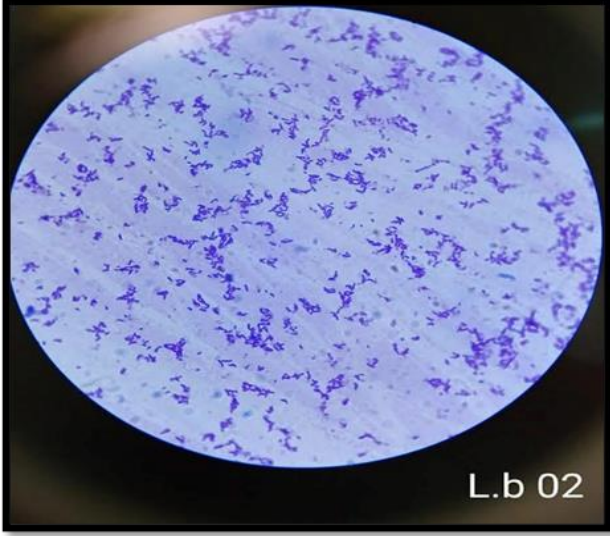
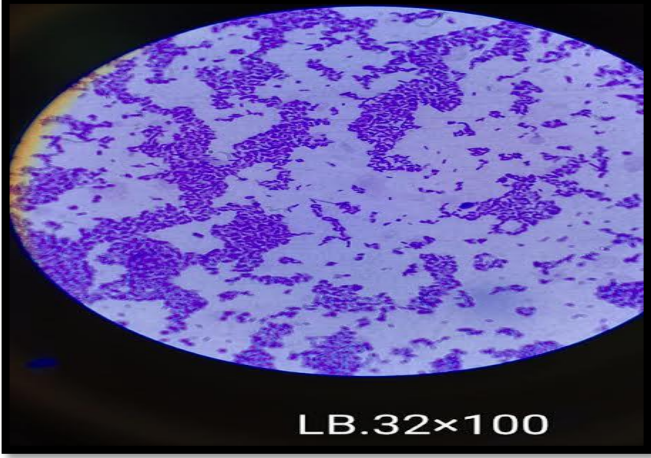
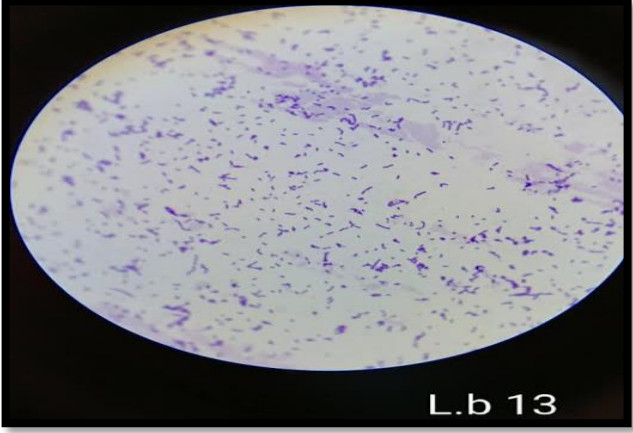
**Figure19** : Aspect macroscopique des souches lactiques. Après incubation à 30°C pendant 24h on anaérobiose.

### II-1-1-2- Examen microscopique

L'étude microscopique des bactéries lactiques après la coloration de gram (**tableau13**), nous a révélé que les souches sont toutes à gram positif. Ce test nous a permis de distinguer également la morphologie et le mode de regroupement des bactéries lactiques : les cinq souches (LB 25b, LB31, LB02, LB 32, LB13) sont sous forme de bâtonnets. Ces souches ont été disposées en paires, en courtes chaînettes ou isolées.

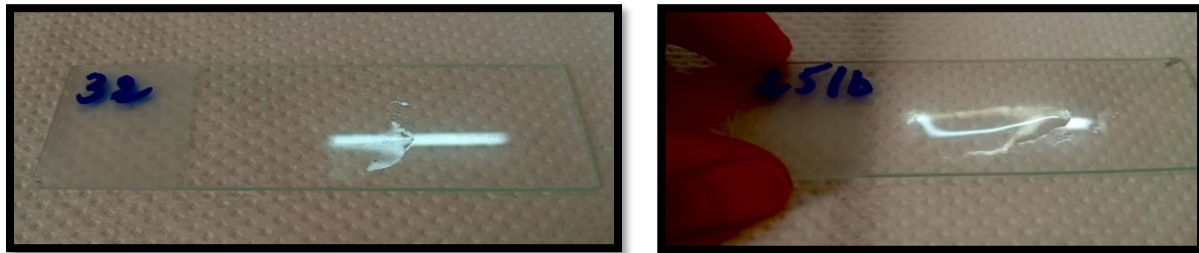
**Tableau 13** : Observation microscopique des souches lactiques (avec grossissement  $\times 100$ ).

Les souches	Caractéristiques microscopiques
 <p style="text-align: center;">LB 25b</p>	<p>Forme : Bacille (bâtonnet droit ou légèrement incurvé)</p> <p>Gram : Positive (Gram +)</p> <p>Arrangement : se présenter seule, en paires ou en courtes chaînes</p> <p>Mobilité : Non mobile</p> <p>Spores : Non sporulée</p>
 <p style="text-align: center;">LB31</p>	<p>Forme : Bâtonnet court (on dit aussi bacille).</p> <p>Gram : C'est une bactérie Gram positive (coloration violette au Gram).</p> <p>Arrangement: Se retrouve souvent isolé, en paires ou en chaînes courtes.</p> <p>Autres caractéristiques :</p> <p>Mobilité : Non mobile</p> <p>Spores : Non sporulée</p>

 <p style="text-align: center;">LB02</p>	<p>Forme : Bacille (bâtonnet droit ou légèrement incurvé)</p> <p>Gram : Positive (Gram +)</p> <p>Arrangement : se présenter seule, en paires ou en courtes chaînes</p> <p>Mobilité : Non mobile</p> <p>Spores : Non sporulée</p>
 <p style="text-align: center;">LB32</p>	<p>Forme : Bacilles (bâtonnets allongés)</p> <p>Gram : Positive (Gram +)</p> <p>Arrangement :: Isolés, par paires ou en chaînes courtes</p> <p>Mobilité : Non mobile</p> <p>Spores : Non sporulée</p>
 <p style="text-align: center;">LB13</p>	<p>Forme : Bacilles (bâtonnets allongés)</p> <p>Gram : Positive (Gram +)</p> <p>Arrangement :: Isolés, par paires ou en chaînes courtes</p> <p>Mobilité : Non mobile</p> <p>Spores : Non sporulée</p>

### II-1-1-3- Recherche de catalase

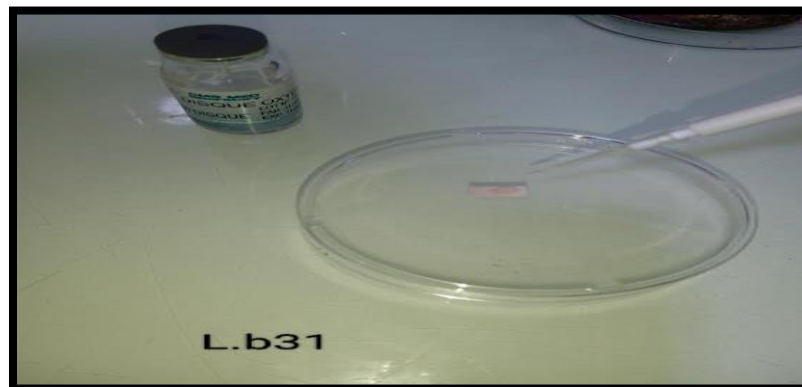
Pour vérifier la pureté des souches lactiques, un test à la catalase a été réalisé. L'absence de formation de bulles après addition de peroxyde d'hydrogène témoigne d'une réaction négative, confirmant l'absence de l'enzyme catalase dans l'ensemble des souches.



**Figure 20:** Test de catalase négative.

### II-1-1-4- Test d'oxydase

Aucun changement de couleur n'a été observé suite à l'ajout de colonie fraîche sur disque oxydase en 10-30 secondes. donc les souches ne possèdent pas l'enzyme cytochrome c oxydase représente une réaction négative.



**Figure 21 :** Test d'oxydase négative.

### II-1-2-1- Les bactéries pathogènes de référence

#### II-1-2-1- Examen macroscopique

Les milieux Nutritif ont été utilisés pour la revivification des souches pathogènes de référence ainsi que pour vérifier leur pureté. En milieu liquide, l'observation macroscopique a mis en évidence un trouble homogène, indiquant une bonne croissance des souches. En milieu solide les colonies présentent des morphologies distinctes, dont les caractéristiques sont synthétisées dans le (tableau 14).

Tableau 14 : Observation macroscopique des bactéries pathogènes de référence .

Les souches	Examen macroscopique					
	Gélose					Bouillon
	Dimension mm	Forme	Couleur	contours	Surface	Trouble
<b>Escherichia coli</b>	2 < Ø < 4	Rondes	Blanches à grisâtres	Régulier	Lisse et humide	+
<b>Klebsiella pneumoniae</b>	2 < Ø < 5	Rondes	Crème à grisâtres	Régulier	Très muqueuse, visqueuses	+
<b>Proteus vulgaris</b>	2 < Ø < 4	Irréguliers, étalés	Beige à Brunatre translucide	frangé	Lisse et humide	+
<b>Proteus mirabilis</b>	2 < Ø < 4	Irréguliers, étalés	Beige clair	frangé	Lisse et humide	+



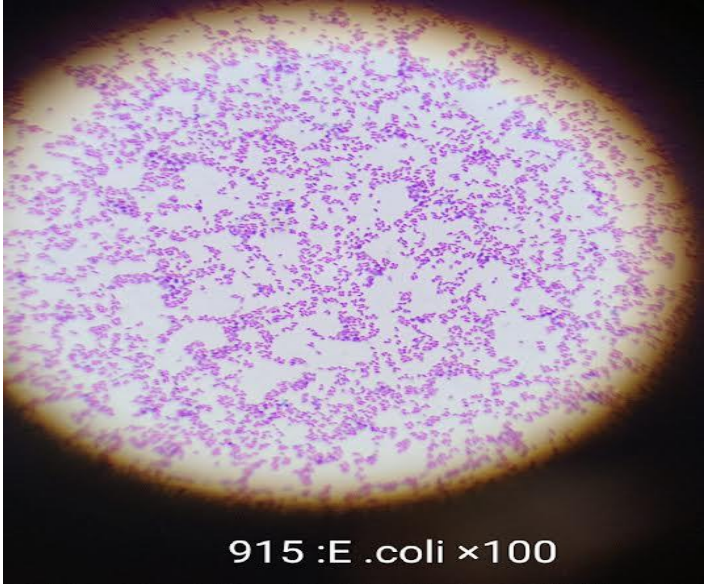
Figure 22 : croissance les souches pathogènes dans le Bouillon Nutritif

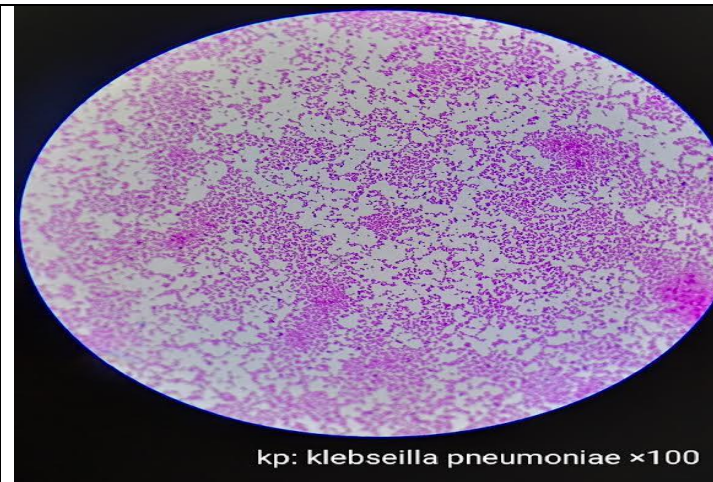
**II-1-2-2- Examen microscopique**

Pour vérifier la pureté des souches pathogènes de référence revivifiées, une coloration de Gram a été effectuée. Celle-ci a permis de différencier les bactéries à Gram positif, apparaissant en violet, des bactéries à Gram négatif, colorées en rose.

La forme cellulaire (bacilles) ainsi que leur mode de regroupement ont également été observés et notés, comme présenté dans **le tableau 15**.

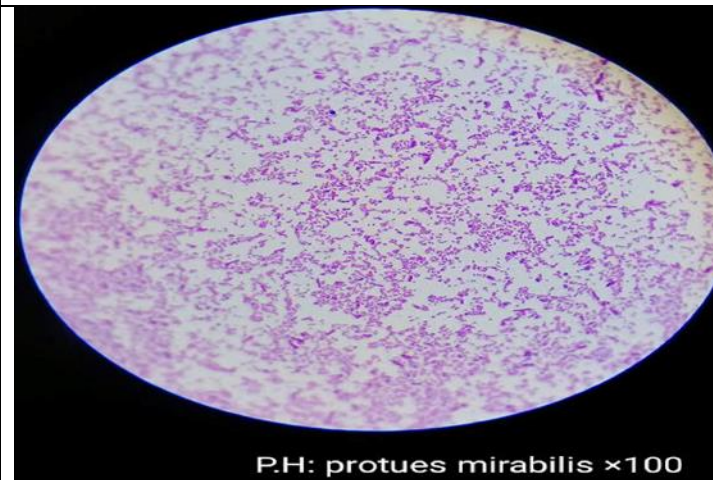
**Tableau 15** : Observation microscopique des bactéries pathogènes (avec grossissement  $\times 100$ )

Les souches	Caractéristiques microscopique
 <p data-bbox="440 1331 768 1367">915 :E .coli <math>\times 100</math></p> <p data-bbox="513 1400 646 1436"><b>E . COLI</b></p>	<p data-bbox="971 842 1377 877">Forme : Bacille (bâtonnet droit)</p> <p data-bbox="971 915 1377 1003">Arrangement : isolée , en paires Ou en chaînes courtes</p> <p data-bbox="971 1062 1230 1098">Gram :Gram négatif</p> <p data-bbox="971 1136 1252 1171">Spores : Non sporulée</p> <p data-bbox="971 1209 1187 1245">Mobilité :Mobile</p>



**KLebseilla pneumoniae**

Forme :Bacille (bâtonnet droit)  
 Arrangement : isolée , en paires  
 Ou en chaînes courtes  
 Gram :Gram négatif  
 Spores : Non sporulée  
 Mobilité :immobile



**Proteus mirabilis**

Forme: Bacille (bâtonnet  
 ou légèrement courbé)  
 Arrangement : isolée ou en chaînes  
 courtes  
 Gram :Gram négatif  
 Spores : Non sporulée  
 Mobilité : Mobile



**Proteus vilgarus**

Forme : Bacille (bâtonnet droit ou  
 légèrement incurvé)  
 Arrangement : isolée ou parfois en  
 paires  
 Gram :Gram négatif  
 Spores : Non sporulée  
 Mobilité : Mobile

### II-1-2-3- Test d'oxydase :

Les résultats de ce test ont révélé que toutes les souches pathogènes sont oxydase négatives. .  
(Voir l'annexe 03).

### II-2-Activité antimicrobienne des souches lactiques

Les bactéries lactiques se distinguent par leur aptitude à synthétiser divers composés à effet antimicrobien, tels que les acides organiques, les bactériocines, les acides gras à chaîne courte, le diacétyle ainsi que le peroxyde d'hydrogène (Armas *et al.*, 2017 ; Reuben *et al.*, 2020).

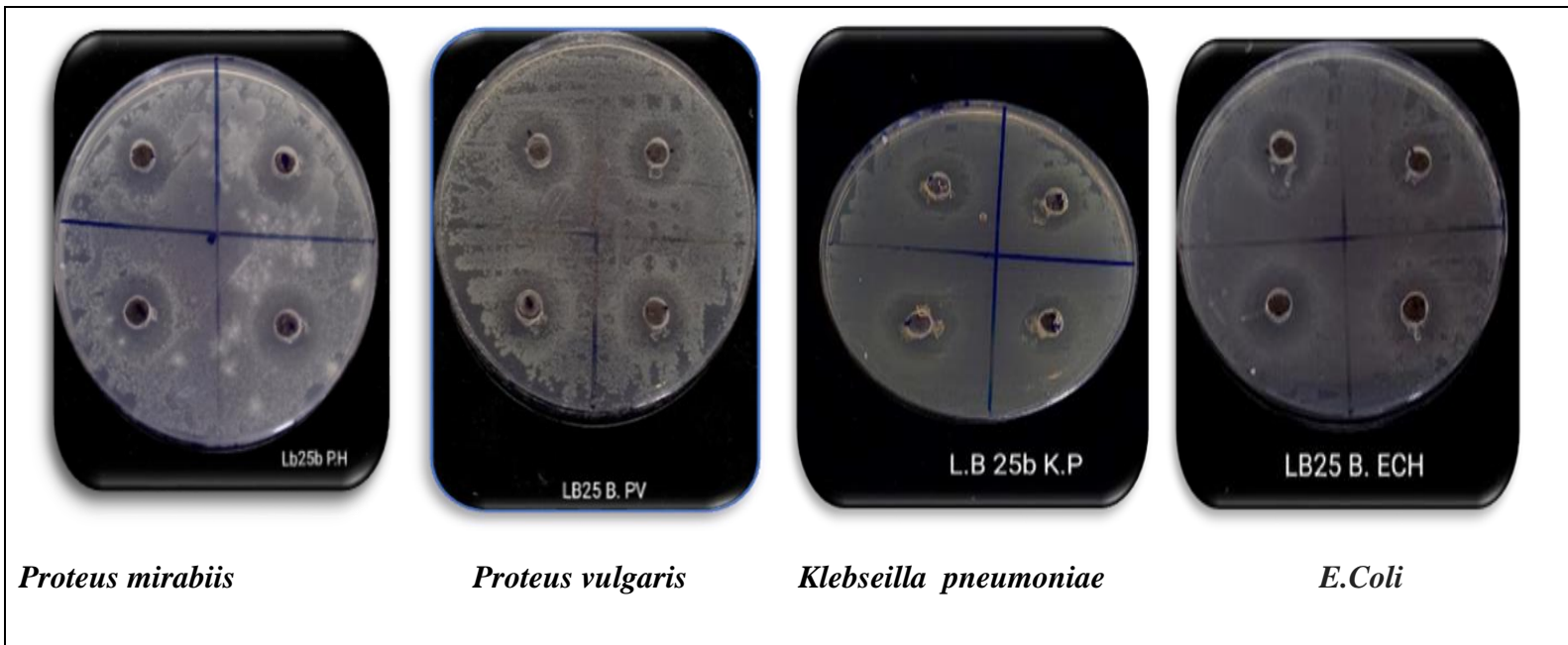
Cette activité antimicrobienne revêt une importance particulière dans le processus de colonisation des muqueuses intestinales, où ces micro-organismes jouent un rôle de protection contre les agents pathogènes. Ils exercent cette fonction à travers différents mécanismes : compétition pour les sites d'adhésion, modulation du système immunitaire de l'hôte, et production de métabolites inhibiteurs (Al-Dhabi *et al.*, 2020 ; Barzegar *et al.*, 2021).

Pour évaluer leur pouvoir inhibiteur vis-à-vis de bactéries pathogènes, Nous l'avons utilisé la méthode des puits . Les méthodes d'antagonisme reposent généralement sur la capacité des composés antimicrobiens diffusés à travers un milieu gélosé à inhiber la croissance de micro-organismes indicateurs sensibles, traduite par l'apparition de zones claires d'inhibition autour des souches testées.

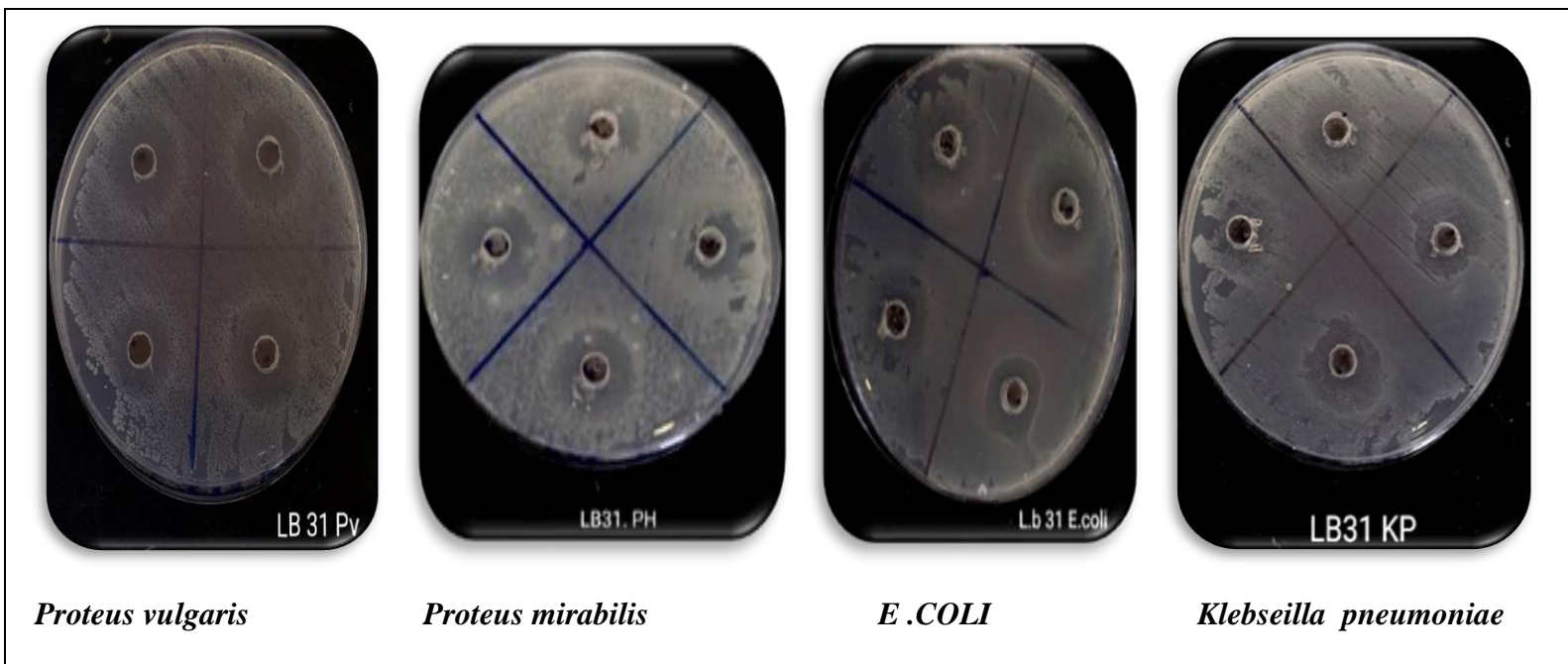
#### II-2-1-Méthode des puits

L'activité antimicrobienne des bactéries lactiques a été testée sur milieu GN (milieu favorisant la croissance des souches indicatrices) par la méthode des puits . A travers les résultats obtenus, nous constatons que les cinq souches lactiques ( **LB31 ,LB32 , LB02, LB25b, LB13**) possèdent une activité antagoniste à l'égard des souches indicatrices utilisées (*E.coli ,klebseilla pneumoniae ,Proteus mirabilis, Proteus vulgaris*) et l'effet inhibiteur diffère d'une souche à une autre dont nous avons noté des zones d'inhibition importante avec les deux souches *klebseilla pneumoniae et Proteus vulgaris* .

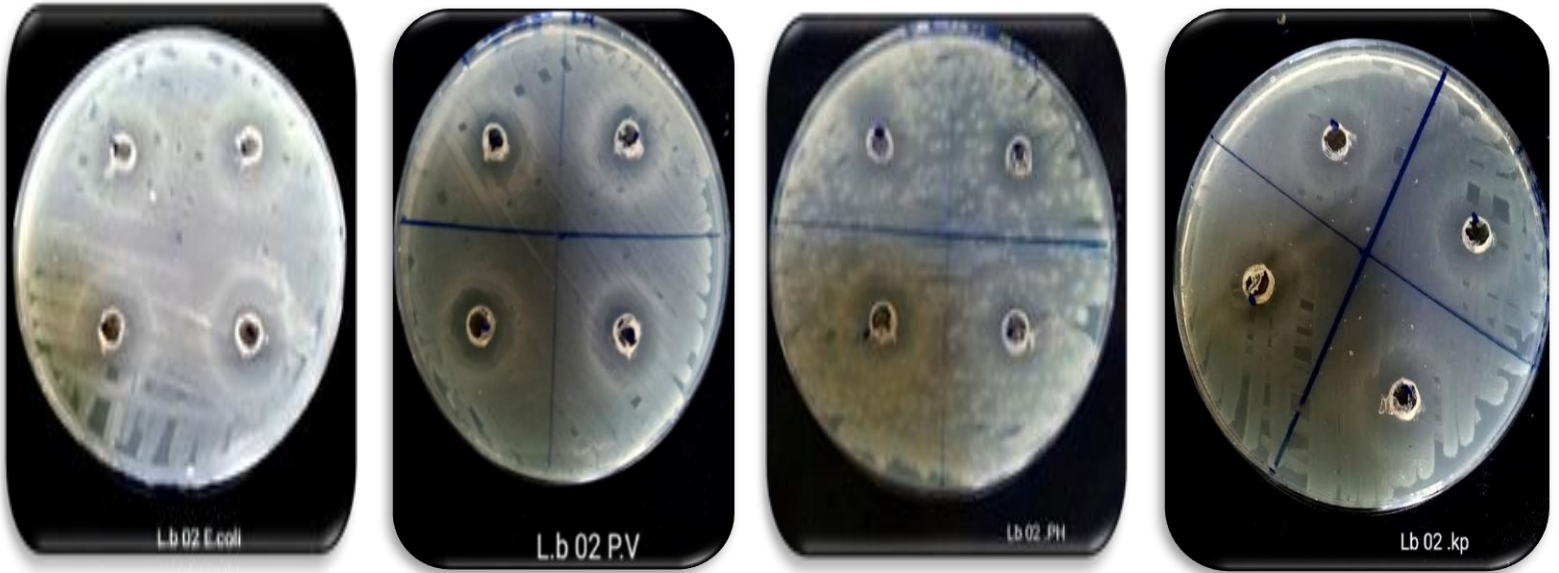
Les résultats de l'interaction obtenue après l'incubation 24h à 37°C ,révèlent la présence d'une zone claire au tour des puits..



**Figure 23:** L'activité antagoniste de la souche **LB 25b ; *Limosilactobacillus fermentum*** vis-à-vis les bactéries pathogènes. (*Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *klebsiella pneumoniae*, *E.Coli*).



**Figure 24 :** L'activité antagoniste de la souche **LB 31 ; *Levilactobacillus brevis*** vis-à-vis les bactéries pathogènes. (*Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *klebsiella pneumoniae*, *E.Coli*).



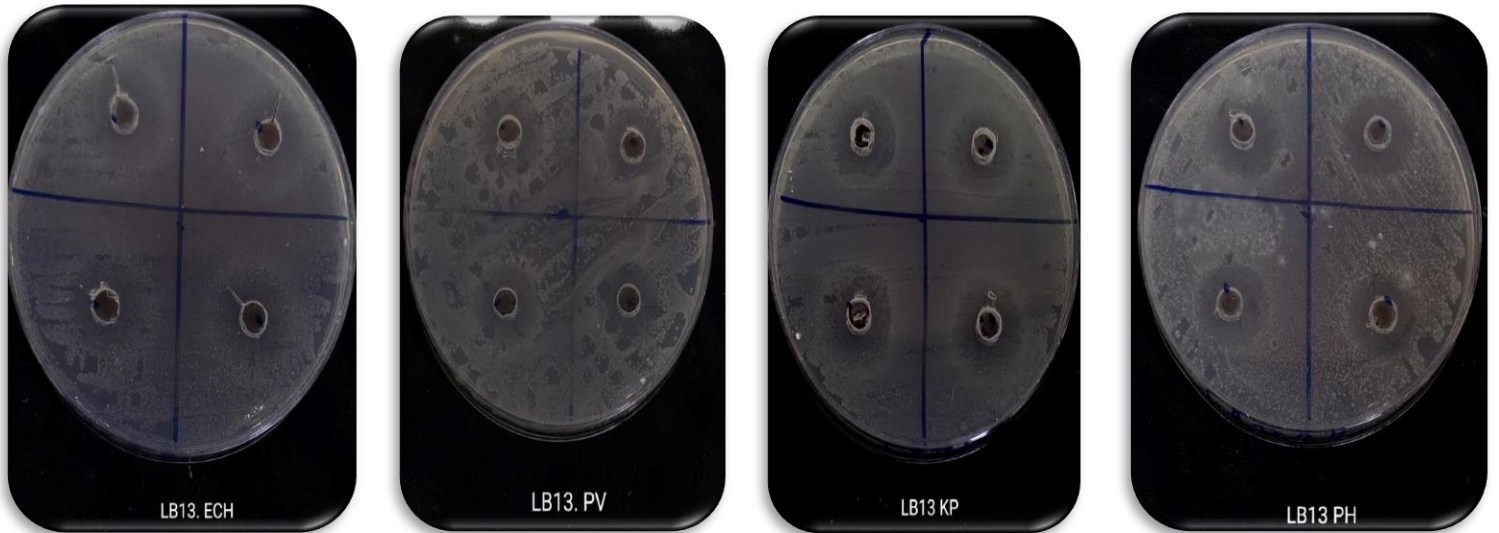
*E.COLI*

*Proteus vulgaris*

*Proteus mirabilis*

*Klebseilla pneumoniae*

**Figure 25 :** Mise en évidence de l'activité antimicrobienne de la souche **LB 02** ; *Limosilactobacillus fermentum* contre les bactéries les souche indicatrices *Proteus mirabilis* , *Proteus vulgaris* , *klebseilla pneumoniae* , *E.Coli* ).



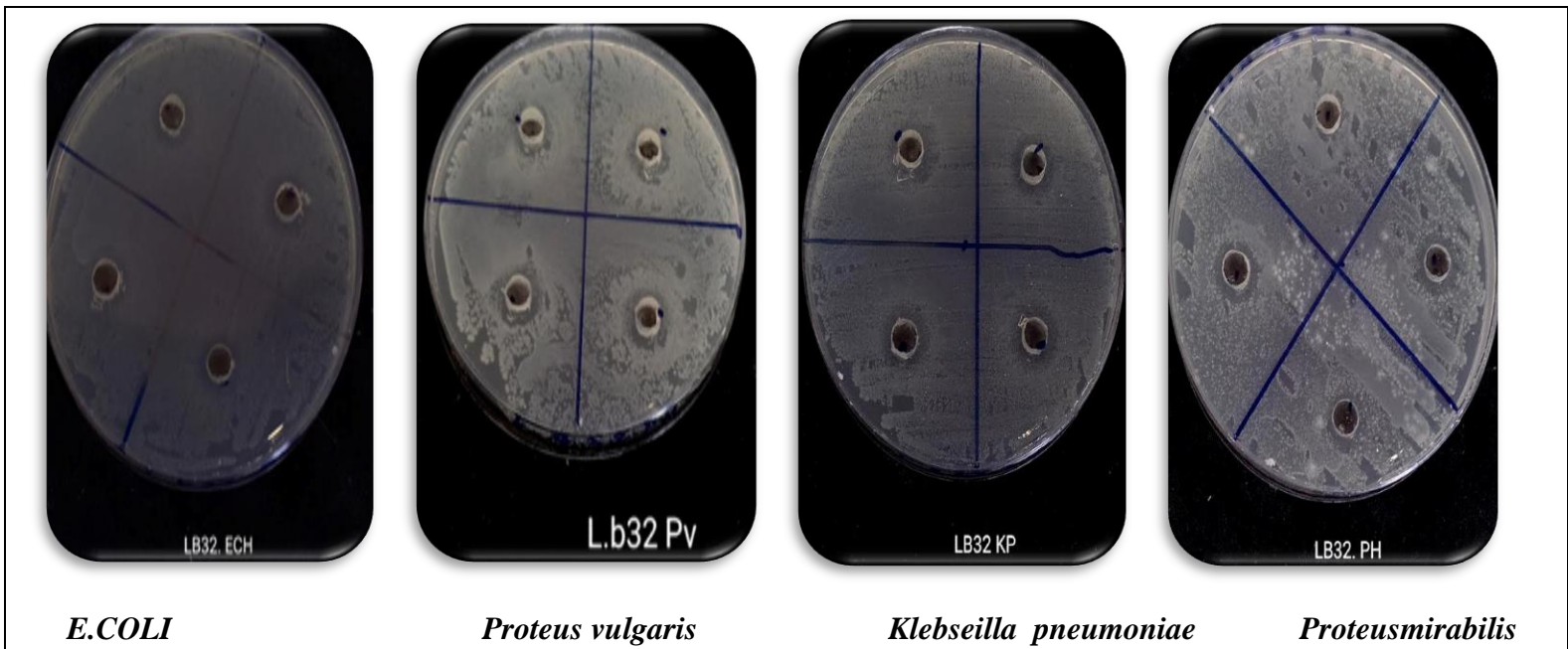
*E.COLI*

*Proteus vulgaris*

*Klebseilla pneumoniae*

*Proteus mirabilis*

**Figure26 :** L'activité antagoniste de la souche **LB 13** ; *Lactobacillus acidophilus* vis-à-vis les bactéries pathogènes.( *Proteus mirabilis* , *Proteus vulgaris* , *klebseilla pneumoniae* , *E.Coli* ).



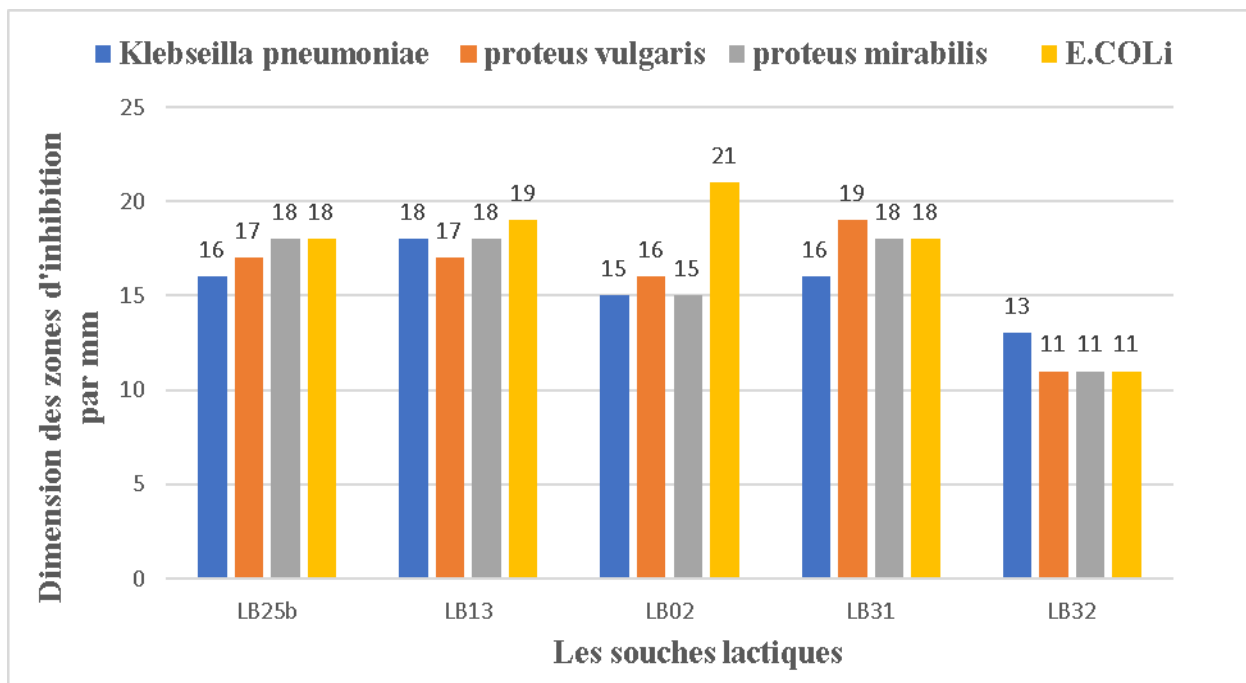
**Figure 27** : Mise en évidence de l'activité antimicrobienne de la souche *LB 32 ; Lactobacillus acidophilus* contre les bactéries les souche indicatrices( *Proteus mirabilis* , *Proteus vulgaris* , *klebsiella pneumoniae* , *E.Coli* ).

Les résultats des tests d'inhibition des souches pathogènes par les souches lactiques sont aussi exprimés en mm , par mesure de diamètre de la zone d'inhibition et sont présentés dans le (tableau)

**Tableau 16** : Illustration de l'effet inhibiteur des bactéries lactiques ( LB 25b.LB13. LB02 .LB32 .LB31) vis -à-vis des souches pathogènes par la méthodes des puits.

Les souches pathogènes	Dimension des zones d'inhibition mm				
	LB25 b	LB13	LB02	LB31	LB32
<i>Klebseilla pneumoniae</i>	16 mm	18 mm	15mm	16mm	13mm
<i>Proteus vulgaris</i>	17mm	17mm	16mm	19mm	11mm
<i>Proteus mirabilis</i>	18mm	18mm	15mm	18mm	11mm
<i>E.COLI</i>	18mm	19mm	21mm	18mm	11mm

Ces résultats sont aussi représentés et exemplifiés dans le graphique suivant (figure 28) :



**Figure 28 :** Diamètre des zones d' inhibition exercés par les souches lactiques sur les souches indicatrices à Gram négatif par la méthode des puits .

Les résultats obtenus indiquent que les cinq souches lactiques présentent une activité antimicrobienne dont l'intensité varie d'une souche à l'autre entre 11mm- 21mm. indépendamment des conditions de culture."

La souche LB25b présente une activité antimicrobienne élevée contre *E. coli* et *Proteus mirabilis*, avec des diamètres d'inhibition de 18 mm chacun. Elle montre également une action modérée contre *Proteus vulgaris* et *Klebsiella pneumoniae*, avec des zones d'inhibition comprises entre 16 et 17 mm.

LB13 présente une forte activité antibactérienne contre *E.coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Proteus mirabilis*, avec des zones d'inhibition comprises entre 18 et 19 mm, ainsi que contre *Proteus vulgaris*, avec une zone d'inhibition de 17 mm."

LB02 démontre une activité antimicrobienne marquée, avec un diamètre d'inhibition de 21 mm contre *E.coli*. Elle montre également une efficacité contre *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Proteus vulgaris*, avec des zones d'inhibition variant entre 15 et 16 mm."

LB31 possède une haute activité contre *proteus vulgaris* avec diamètre d'inhibition de 19mm ,ainsi que contre *E.coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Proteus mirabilis* avec spectre d'action entre 16mm - 18 mm.

LB32 possède une haute activité contre *klebseilla pneumoniae* avec un diamètre 13mm et une activité moyenne contre *E.coli*, *Proteus mirabilis* et *Proteus vulgaris* pour un spectre d'action d'environ 11mm.

Le diamètre des zones d'inhibition varie entre les souches, une zone d'inhibition maximale était détectée avec *E.coli* 21mm par la souche LB02 et le diamètre minimal observé contre *E.coli*, *Proteus mirabilis* et *Proteus vulgaris* à 11 mm par la souche LB32 .

Nos résultats , on remarque que LB 13démontre une effet antagoniste marquée que LB32 malgré que elles sont les même espèces de BAL et cultivés de même conditions. Alors que , chacun une capacité d'inibitrice contre les souches pathogènes. et pour LB25b ,LB02 elles même.

*E.coli* s'est avérée la plus être sensible à l'activité de la souche LB02 , par une zone de lyse de 21mm de diamètre. Par contre, elle a été résistante à l'effet inhibiteur de la souche LB32.

Nos résultats sont similaires avec ceux de **Belhamra (2019)**, qui a trouvé que les souches de *Lactobacillus* testées ont une activité inhibitrice contre les microorganismes pathogènes de gram positif et négatif et elles ont donné un bon spectre d'activité contre *Klebsiella pneumoniae* et *E. coli*

La méthode de **Fleming et al. (1975)** repose sur les interactions cellule-cellule, c'est-à-dire un contact direct entre les cellules. L'effet inhibiteur observé dans ce test peut être attribué à plusieurs facteurs, notamment :

la concurrence pour les nutriments en l'absence de synthèse de métabolites inhibiteurs, ou encore à une faible production de ces métabolites dans les conditions de culture utilisées.

En revanche, **Rahmeh et al. (2019)** ont étudié l'activité antimicrobienne et ont trouvé que l'espèce *Lb fermentum* présente une forte activité antimicrobienne.

Nos résultats sont similaires avec ceux de **bouchibene (2022)**, qui a trouvé que les souches de *Lactobacillus* testées ont une activité inhibitrice contre les microorganismes pathogènes de gram positif et négatif et elles ont donné un bon spectre d'activité contre *K. pneumoniae*, *E. coli*, *P. mirabilis*.

Les travaux de **Nigam et al. (2012)** ainsi que de **Ravindran et al. (2016)** ont mis en évidence une bonne capacité d'inhibition de certaines souches de bactéries lactiques vis-à-vis de micro-organismes pathogènes. De même, **Yerlikaya et al. (2021)** ont confirmé l'effet antagoniste de souches de *Lactobacillus* et de *Streptococcus* couramment utilisées comme ferments dans l'industrie laitière.

**Selon Labioui et al (2005)** L'activité antimicrobienne diffère d'une souche de *Lactobacillus* à l'autre. L'absence d'activité antimicrobienne ne signifie pas forcément que la substance est absente ou pas assez active, mais cela peut être dû à une mauvaise diffusion de celle-ci dans le milieu, car n'étant pas polaire ou bien constituée de composés non polaires.

Nos résultats se rapprochent à ceux de **(Izerghouf et Habhoub, 2021)** qui ont obtenu des zones d'inhibitions allant de 13 à 24 mm.

**(Guertarni, 2018)** a rapporté que les bactéries lactiques isolées de différents milieux (lait de vache cru, selles des enfants, lait de brebis et de chèvre) ont démontré un effet inhibiteur des souches pathogènes responsables des maladies diarrhéiques telles que *Escherichia coli*, *Klebsiella*

pneumoniae, . Ces recherches sont semblables à notre étude dont on a remarqué après la mise en évidence l'activité antagoniste par la méthode des puits . que nos souches lactiques exercent une activité qu'on peut dire importante sur les bactéries à Gram négatif.

Selon **Gaamouche et al (2014)** .L'inhibition de ce type de bactéries peut probablement être due au pouvoir acidifiant élevé des bactéries lactiques, ainsi la production d'autre types des acides organiques qui vont diffuser vers le cytoplasme et modifier son pH donc la mort de la cellule cible.

La croissance des bactéries à Gram négatif en présence des bactéries lactiques antagonistes peut être due principalement à la présence d'une membrane extraine qui constitue une véritable barrière et empêche les bacteriocines à d'atteindre la membrane interne (**Mekri,2016**)

Les variations des zones d'inhibition sont dues au fait qu'une souche de lactobacillus peut produire plusieurs molécules antimicrobiennes (différents spectres d'action) dont la nature dépend de la composition du milieu de culture(**Alouane et Belkadi, 2019**).

Nos résultats se rapprochent de ceux cités par plusieurs études menées dans le même contexte que le nôtre et réalisées sur des produits laitiers tels que les laits crus, les fromages et les yaourts comme (**Belhamra, 2017**), (**Mermouri, 2018**), (**Deffous et al., 2017**) et (**Izerghouf et Habhoub, 2021**).

### II-3-Résultats du potentiel protéolytique

Les résultats obtenus pour le pouvoir protéolytique sont représentés dans le Tableau 13 et la Figure 37 , toutes les souches ont présenté une activité protéolytique sur les milieux testés (PCA et MRS additionné au lait écrémé ) dont les diamètres des zones de la protéolyse varient de 19mm à 23mm et 21 mm à24 mm respectivement .

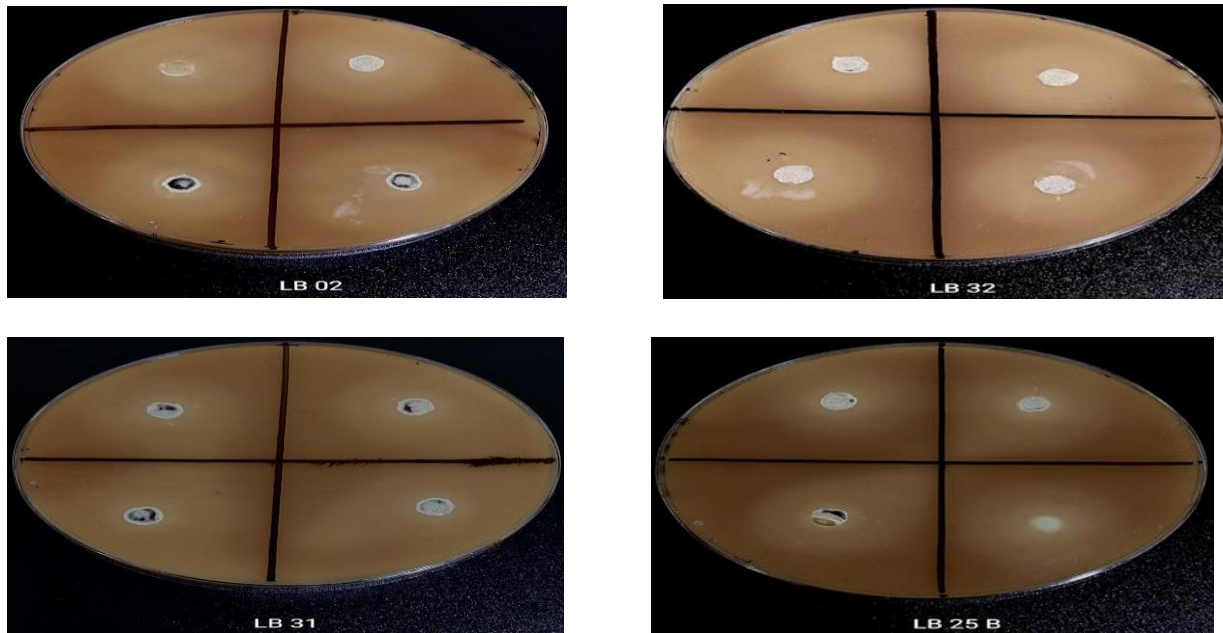
Nous avons également remarqué que l'activité protéolytique des souches testées sur gélose MRS se manifeste par l'apparition de zones sombres, comparativement à deuxième milieu . De plus, les diamètres mesurés sur ce milieu étaient semblable à ceux observés sur la gélose PCA (**Tableau 17**).**Silva et al., (2018)** ont également observé deux types de zones et ont rapporté que les zones protéolytiques présentées sur milieu MRS étaient différentes de celles trouvées sur le milieu gélose au lait. Ils ont expliqué que la zone claire entourant les colonies est un indicateur que les bactéries protéolytiques hydrolysent la caséine pour former des composés azotés solubles. Et la plus claires sur la gélose au lait que les bactéries produisent également de l'acide à partir des hydrates de carbone fermentescibles présents dans le milieu . Nous avons constaté que la souche Lb02 (*Limosilactobacillus fermentum* 2) est la

souche la plus performante affiche un diamètre de 25 mm sur milieu MRS , et presque la totalité de nos souches testées ont une forte activité protéolytique.

Ce résultat s'accorde avec L'étude menée par **Tandi Ruba et al. (2020)** a montré que les souches de *Lactobacillus* ayant une forte activité protéolytique par rapport les autres espèces et que l'activité la plus élevée a été trouvée dans le lait fermenté par les espèces *Lb fermentum* et *Lb kéfiri*. L'activité protéolytique des bactéries lactiques est très importante, intervient dans les caractéristiques organoleptiques des produits laitiers. La dégradation de la caséine est une étape cruciale dans le développement des caractéristiques du fromage, libère des peptides des acides aminés libres qui améliorent le développement de la texture et contribuent à l'apparition des précurseurs des composés aromatiques. (**Campagnollo et al., 2018**). D'autre part **Bonomo et Salzano, (2013)**, ont signalé que les souches hautement protéolytiques ne sont pas toujours adaptées à une utilisation comme starter, car elles provoquent l'hydrolyse excessive de la caséine qui peut conduire à la production incontrôlée de peptides amers et d'autres substances indésirables, ce qui influence la texture et la qualité produit final.

**Tableau 17** : Les diamètres des zones de la protéolyse mm

Les bactéries lactiques	Les diamètres des zones de la protéolyse mm	
	milieu MRS	milieu PCA
LB 25b	24mm	24mm
LB 02	25mm	24mm
LB13	23mm	24mm
LB31	23mm	21mm
LB32	24mm	23mm

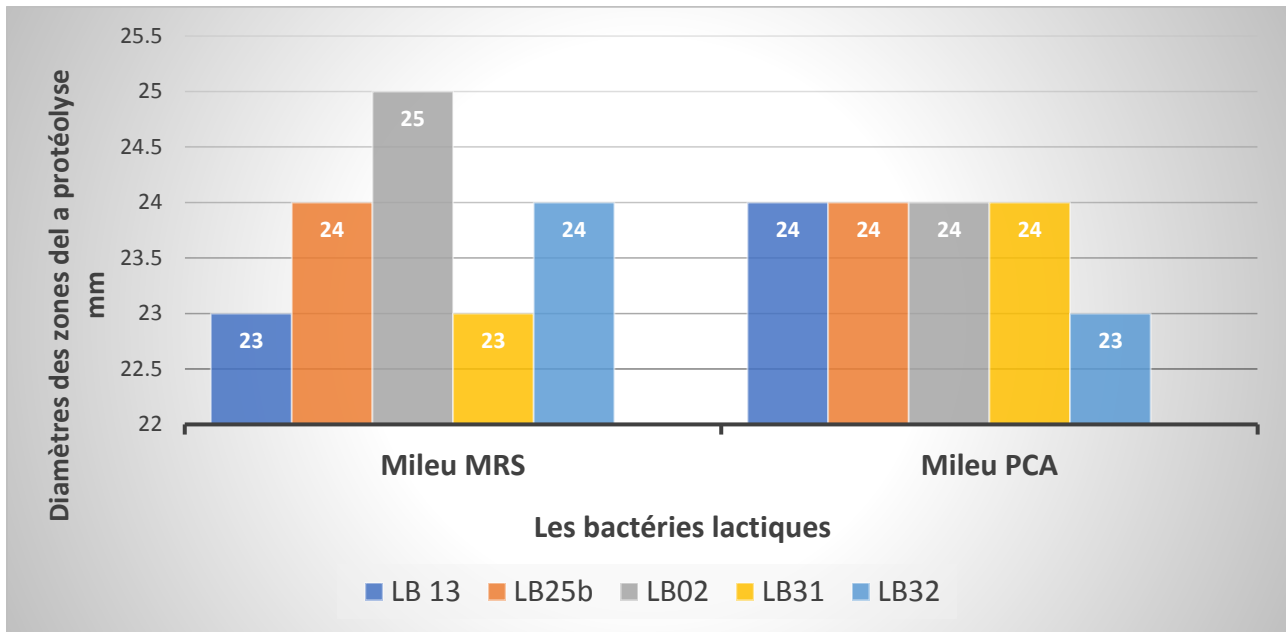


**Figure29:** Le potentiel protéolytique des bactéries lactiques sur milieu MRS.



**Figure30 :** Le potentiel protéolytique des bactéries lactiques sur milieu PCA.

Ces résultats sont aussi représentés et exemplifiés dans le graphique suivant (**figure 31**) :



**Figure31** :Diamètres des zones de la protéolyse exercés par les souches lactiques sur les milieus MRS et PCA.

#### II-4- conservation à long terme :

Quand nous aurons terminé notre travail, les souches ont été congelées à  $-20^{\circ}\text{C}$  dans des tubes Eppendorf, en utilisant un bouillon MRS issu d'une culture de 18 heures, complété par 30 % de glycérol.



**Figure 32** : conservation des souches à long terme

## Conclusion

---

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine, notamment par leur capacité à inhiber la croissance de micro-organismes indésirables ou pathogènes. Elles jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la digestion, le maintien de l'équilibre de la flore intestinale ainsi que de l'équilibre acido-basique au niveau du côlon. Grâce à leurs propriétés fermentaires et conservatrices, elles sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire, où elles participent à la production de divers composés antimicrobiens.

Les infections urinaires constituent un problème clinique majeur en raison de leur fréquence élevée, de la gêne qu'elles provoquent, ainsi que du risque de complications parfois sévères. Le traitement de première intention repose généralement sur l'administration d'antibiotiques. Toutefois, la montée en flèche de la résistance bactérienne à ces derniers représente un défi considérable pour la médecine moderne. Dans ce contexte, la recherche de solutions alternatives ou complémentaires s'impose comme une nécessité.

L'utilisation de substances antimicrobiennes, notamment les bactéries lactiques, représente une approche prometteuse et complémentaire pour la prévention et le traitement des infections urinaires, notamment dans un contexte de résistance croissante aux antibiotiques."

L'étude de l'activité antimicrobienne des souches lactiques contre diverses souches pathogènes montre que la production de métabolites antimicrobiens par ces bactéries peut contribuer à pallier les problèmes de résistance associés à différentes infections pathologiques.

Dans le cadre de la réalisation de ce travail, nous avons travaillé sur cinq isolats lactiques obtenus à partir produits laitiers. En parallèle, quatre des souches pathogènes de référence et des cultures urinaires contenant *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* et *Klebsiella pneumoniae*,

En premier lieu, revivification et purification des souches bactériennes .

Après, nous avons utilisé la méthode des puits des spots sur gélose GN pour la détection de l'existence d'un effet inhibiteur des souches lactiques (LB 25B , LB 02, LB 13. LB31 .LB32) vis-à-vis les souches pathogènes . L'apparition des halos clairs autour des spots a indiqué qu'il y a une activité antimicrobienne contre ces bactéries de référence. Les résultats montrent que les souches

## Conclusion

---

de probiotiques étudiées ont un effet inhibiteur significatif sur la croissance des agents pathogènes responsables des infections urinaires.

Les plus grandes zones d'inhibition ont été observées chez la souche LB02, notamment contre *Escherichia coli*. Il convient également de souligner les activités antimicrobiennes des souches LB02 et LB25b, ainsi que celles de LB13 et LB32. Bien que ces paires de souches appartiennent chacune à la même espèce de *Lactobacillus*, elles ont présenté des zones d'inhibition différentes, ce qui met en évidence une variabilité d'efficacité entre souches d'une même espèce.

Nous concluons, les mêmes souches de *Lactobacillus* peuvent différer génétiquement et fonctionnellement, ce qui explique des résultats antimicrobiens variables.

De plus, toutes les souches ont présenté une activité protéolytique sur les milieux testés (PCA et MRS) qui contribue aux principales industries alimentaires.

Les perspectives pour continuer cette étude sont très larges, mais on peut suggérer dans l'avenir de :

- Rechercher la nature exacte des facteurs inhibiteurs (bactériocines, polysaccharides,... etc) ;
- Etudier l'activité antimicrobienne des souches des bactéries lactiques à l'égard des souches multi résistantes ;
- Etudier les propriétés probiotiques des souches isolées in vivo et in vitro ;
- Etude utilisation des bactéries lactiques en agriculture biologique.

# *Références bibliographiques*

### *A*

Al-Dhabi, N. A., Valan Arasu, M., Vijayaraghavan, P., Esmail, G. A., Duraipandiyar, V., Kim, Y. O., ... et Kim, H. J. (2020). Probiotic and antioxidant potential of lactobacillus reuteri LR12 and lactobacillus lactis 110 isolated from pineapple puree and quality analysis of pineapple-flavored goat milk yoghurt during storage. *Microorganisms*, 8(10), 1461.

Allouache K & Smaoun O. (2017). Caractérisation de souches locales de bactéries lactiques isolées à partir de quelques produits laitiers artisanaux et mise au point d'un produit type Raib, mémoire de master. Université A. MIRA - Bejaia, Département de Microbiologie, 63p.

Alouane, L., belkadi, s (2019). Etude de l'activité antibactérienne de certaines souches de bactéries lactiques vis-à-vis des bactéries pathogènes résistantes aux antibiotiques. Mémoire de Master : Biotechnologie microbienne. Bouira : Université Akil Mohand Oulhadj, 136 p. Disponible sur : <http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/handle/123456789/5320>. Consulté le : 13/05/2023.

Alvarez-Sieiro, P., Redruello, B., Del Rio, B., Martin, M. C., Fernandez, M., Ladero, V., et Alvarez, M. A. (2018). Lactobacillus rossiae strain isolated from sourdough produces putrescine from arginine. *Scientific reports*, 8(1), 1-10.

Armas, F., Camperio, C., et Marianelli, C. (2017). In vitro assessment of the probiotic potential of Lactococcus lactis LMG 7930 against ruminant mastitis-causing pathogens. *PLoS One*, 12(1), e0169543.

Avril, J.L., Dabernat, H., Denis, F., and Monteil, H. 2000. Bactériologie clinique, Ellipses, Paris. 2ème édition

Axelsson L. 2004. Classification and physiology in: Lactic bacteria : Microbiological and functional aspects. Salsinen S. Wright A V Ouwehand A 3ème ed New York Marcel Dekker Inc Vol, 633-1-66.

### *B*

Boudjemaa Khaled. (2008). Essai D'optimisation De La Production D'acide Lactique Sur Lactisérum Par Streptococcus Thermophilus. Mémoire De Magister. Option Biochimie Et Microbiologie Appliquées. Université M'Hmed Bougara –Boumerdés

Badis, A., Guetarni, D., Moussa Boudjema, B., Henni, D. E., and Kihal, M. (2004). Identification and technological properties of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk of four Algerian races. *Food Microbiology*, 21(5), 579-588.

Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., et Ouzrout, R. (2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait de chèvre de deux populations caprines locales " arabia et kabyles ". *Sciences et Technologies. C, Biotechnologies*, 30-37

## Références Bibliographiques

---

- Baerwolf S, Geffers C, Behnke M. 2002. Correlation between transmissions and the nosocomial infection rate in five different intensive care units in a German university hospital. SHEA 216.
- Bali, V., Panesar, P. S., Bera, M. B., et Kennedy, J. F. (2016). Bacteriocins: recent trends and potential applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(5), 817-834.
- Balière, C. (2016). Les Escherichia coli potentiellement pathogènes dans l'environnement littoral : cas des STEC et des EPEC (Doctoral dissertation, Université de Bretagne Occidentale).
- Barefoot S.F., Kleanhammer T.R., 1984. Purification and characterization of the Lactobacillus acidophilus bacteriocin, lactacin b. *Antimicrobial. Agents chemother.*, 26: 328-334.
- Barola S, Grossman OK, Abdelhalim A. Urinary Tract Infections In Children. (2024). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK599548/>
- Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., et Falah, F. (2021). Safety, probiotic properties, antimicrobial activity, and technological performance of Lactobacillus strains isolated from Iranian raw milk cheeses. *Food Science et Nutrition*.
- Basavaraju, M., & Gunashree, B. S. (2022). Escherichia coli: an overview of main characteristics. *Escherichia coli-Old and New Insights*.
- Baudin, M. (2017). Couplage de rapporteurs génétiques et d'une molécule active pour l'étude de la dispersion de biofilms (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE)).
- Bekhouche, F. (2006). Bactéries lactiques du lait cru de vache et Microorganismes pectinolytiques des olives noires et vertes : 1. Isolement et Identification biochimique. 2. Evaluation et Optimisation de la production d'enzyme polygalacturonase, thèse de doctorat. Université de Mentouri Constantine institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires, 149p.
- Belhamra, Z. (2017). Croissance et survie des probiotiques en présence des édulcorants et des additifs alimentaires, thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 147p
- Belkhir, K. (2017). Caractérisation technologique de nouvelles souches de bactéries lactiques isolées du lait de chamelle d'Algérie. Réalisation de ferments lactiques, thèse de doctorat. Université d'Oran1 Ahmed Ben Bela faculté des sciences de la nature et de la vie département de biotechnologie, 198p.
- Belyagoubi L., 2014. Antibiotiques produits par des bactéries (actinomycètes et bactéries lactiques) issus de différents écosystèmes naturels Algériens. Thèse de doctorat. Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, 209p.

## Références Bibliographiques

---

Bemena, L. D., Mohamed, L. A., Fernandes, A. M., et Lee, B. H. (2014). Applications of bacteriocins in food, livestock health and medicine. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(12), 924-49.

BERGEY'S MANUAL TRUST, 2001–2009. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, vol. 1–5, 2nd ed. Springer-Verlag, New York

Bergogne-Berézin E, Dellamonica P. 1995. *Antibiothérapie en pratique clinique*. Masson, P.

Besma, H. A. D. J. A. Z. Z. E. M., & Maroua, M. A. Z. O. U. Z. (2021). *Activité antimicrobienne des Bactéries lactiques* (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).

BEY, A., & DEGAICHIA, A. (2021). *Etude de l'effet probiotique chez les bactéries lactiques dans le traitement des maladies du tube digestif* (Doctoral dissertation, Université laarbi tebessi tebessa).

Bonomo, M. G., and Salzano, G. (2013). Genotypic and technological diversity of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei* strains for use as adjunct starter cultures in Pecorino di Filiano cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66(3), 402-409. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12040>

BOTTAZZI V. et DELLAGLIO F. 1967. Acetaldehyde and diacétyle production by *Streptococcus thermophilus* and other lactic streptococi. *J. Dairy Res.* 34: 109-113.

Boudersa, W & Nekkaa, R. (2017). Étude de l'activité antibactérienne de bactéries lactiques isolées à partir d'un produit laitier fermenté : le yaourt brassé, Thèse de doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 84p.

Bouguerra, A. (2021). Evaluation du potentiel probiotique des souches lactiques isolées à partir du lait de chamelle, thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, 141p.

Boullouf, A. (2017). Etude du pouvoir technologique de quelques bactéries lactiques du fromage traditionnel Bouhezza, thèse de Magister. Université des frères Mentouri Constantine, institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.), 135p.

Bouzaid, M., Chatoui, R., Latrache, H., et Hasib, A. (2016). Activité antimicrobienne des souches de bactéries lactiques isolées de viande hachée de dromadaire et du lait cru de vache (Maroc). *Microbiologie industrielle sanitaire et environnementale*, 10(1), 1-12

Brahimi, S. (2015). Isolement et Caractérisation Biotechnologiques des Bactéries Lactiques Isolées à Partir des Margines d'Olives «AMOREDJ » Fermentés, thèse de doctorat. Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella, Faculté de science département de biologie, 203p.

Brahimi, S. (2015). Isolement et caractérisation biotechnologiques des bactéries lactiques isolée à partir des margines d'olives « AMOREDJ » fermentés (Thèse de Mgister, Université d'Oran).

BRENNER DJ, HOLMES B, HAWKER PM. Replacement of NCTC4175, The current Type strain of *Proteus mirabilis*, *J. SystBactriol*, 1995, Vol 26, pp 323-327.

### C

- Campagnollo, F. B., Margalho, L. P., Kamimura, B. A., Feliciano, M. D., Freire, L., Lopes, L. S., Alvarenga, V. O., Cadavez, V. A. P., Gonzales-Barron, U., Schaffner, D. W., and Sant'Ana, A. S. (2018). Selection of indigenous lactic acid bacteria presenting anti-listerial activity, and their role in reducing the maturation period and assuring the safety of traditional Brazilian cheeses. *Food Microbiology*, 73, 288-297. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.02.006>
- Caridi A., Micari P., Caparra P., Cufari A. And Sarullo V. (2003). Ripening And Seasonal Changes In Microbial Groups And In Physico-Chemical Properties Of The Ewes' Cheese Pecorino Del Poro. *International Dairy Journal* 13, 191-200.
- CASTALA, E., MONTEL, M. C., 2008. Safety assessment of dairy microorganisms: The *Lactococcus* genus. *International Journal Food Microbiology* 126, 271-273.
- Catherine D.(2014). Isolement et identification de l'espèce *Proteus vulgaris*. FICHE TECHNIQUE BACTERIOLOGIE. [en ligne] Expert biologiste -Bactériologie CHU Toulouse. p 1-3. <https://www.ctcb.com/documentation/Fiches%20techniques%20Art/Proteus> (date de consultation :18/04/2019)
- Chemlal-Kheraz, D. (2013). Isolement et identification phénotypique des bactéries lactiques isolées du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et mise en évidence de leur potentiel probiotique, thèse de doctorat. Université d'Oran faculté des science département de biologie, 217p.
- Chentouf, H. (2015). Effet des substances antimicrobiennes produites par *Leuconostoc mesenteroides* isolées à partir du lait cru de chamelle d'Algérie sur la croissance de *Listeria monocytogenes* dans les produits alimentaires (Thèse de doctorat, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Cherier, D. (2017). Caractérisation biochimique et structurale de bactériocines ciblant le métabolisme du peptidoglycane bactérien, alternative potentielle aux antibiotiques (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).
- Chikindas, M. L., Weeks, R., Drider, D., Chistyakov, V. A., et Dicks, L. M. (2018). Functions and emerging applications of bacteriocins. *Current opinion in biotechnology*, 49, 23-28. • Cholet, O. (2006). Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire (Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon).
- Chivima, B. (2014). Pyelonephritis. *Nursing standard* (Royal College of Nursing (Great Britain): 1987), 28(23), 61-62.
- Collins M.D., Samelis J., Metaxopoulos J et Wallbanks S.,1993. Taxonomic studies of some *Leuconostoc* like organisms from fermented sausages, description of a new genus *Weissella* for the *Leuconostoc paramesenteroides* group of species. *J. Appl.Bacteriol.*75: 595-603 p.

## Références Bibliographiques

---

COLLINS, M. D., WILLIAMS, A. M. AND WALLBANKS, S. (1990). The phylogeny of *Aerococcus* and *Pediococcus* as determined by 16S rRNA sequence analysis: description of *Tetragenococcus* gen. nov. *FEMS Microbiology Letters* 70, 255-262.

COLLINS, M.D., FARROW, J.A., PHILLIPS, B., FERUSA, S. AND JONES, D. (1987) Classification of *Lactobacillus divergens*, *Lactobacillus piscicola* and some catalase-negative, asporogenous, rod-shaped bacteria from poultry in a new genus, *Carnobacterium*. *International Journal of Systematic Bacteriology* 37, 310-316. compound. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:1-5.

Cooke-Jones, R., & Humphries, K. (2022). Urethritis in men. *Innovait*, 15(1), 40-43

Corrieu, G. & Luquet, F. M.(2008) *Bactéries lactiques : De la génétique au ferment*. Paris: Édition Tec et Doc p. 849.

Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: Developing innate immunity for food. *Nature Reviews Microbiology*, 3(10), 777–788. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1273>

Cotter, P. D., Ross, R. P., & Hill, C. (2013). Bacteriocins—a viable alternative to antibiotics?. *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 95-105.

## D

Daoudi, H & Khelef, C. (2018). Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques isolées à partir du lait cru, thèse de doctorat. Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued, 104p.

De Freire Bastos, M. D. C., Coelho, M. L. V., et Da Silva Santos, O. C. (2015). Resistance to bacteriocins produced by Gram-positive bacteria. *Microbiology*, 161(4), 683-700.

De Perio. M.A., Yarnold. P.R., Warren. J. (2006). Risk factors and outcomes associated with *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* enterococcal bacteremia. *Infect. Control Hosp. Epidemiol. J.* 27(1):28-33. : [http://www.unige.ch/uni3/Ateliers/ Séminaire Bactériologie/ PolyCours6](http://www.unige.ch/uni3/Ateliers/Séminaire Bactériologie/PolyCours6). Consulter le : 12/3/2016.

DE VUYST L. ET VANDAMME E. J. (1994). A bacterial potential of lactic acid bacteria. Dans: *Bacteriocin of lactic acid bacteria*. End. Blacki Academic & Profitionel, Londre.

Deffous, S., Foughalia, Z., Ait Meddour, A. E. (2017). Etude de l'activité antimicrobienne et d'adhésion des souches de bactéries lactique .mémoire de master : Microbiologie Appliquée. Jijel : université Mohammed Seddik ben Yahia de Jijel, 77 p. Disponible sur : <http://dspace.univjijel.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1994/M-MB-01-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulté le : 17/05/2023.

## Références Bibliographiques

---

- Delarras.C., Trébaol.B., Durand.J. (2010). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation-Micro-organismes-Prélèvements-Analyse. 2ème édition. Éditions Tec et Doc. Lavoisier. 542 p
- Delesa, D. A. (2017). Bacteriocin as an advanced technology in food industry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(12), 178-190.
- DELLAGLIO F., DE ROISSARD H., TORRIANI S., CURK M.C. ET JANSSENS D., 1994. Caractéristiques générales des bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques (De Roissard H. et Luquet F.M.).Ed., Loriga, Uriage. 1 :pp. 25-116.
- Demir, E., et Başbülbül, G. (2017). Screening of bacteriocin production in lactic acid bacteria isolated from fermented dairy products. *Biotechnology Journal International*, 1-9.
- DICKS, L. M., DELLAGLIO, F. AND COLLINS, M. D. (1995). Proposal to reclassify *Leuconostoc oenos* as *Oenococcus oeni* [corrig.] gen. nov., comb. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 45, 395-397.
- Dillenseger, H. (2019). Les bactériocines: en alternative aux traitements antibiotiques (Thèse de doctorat, Université de Bordeaux).
- Djadouni, F. (2013). Evolution de l'activité antimicrobienne des isolats des bactéries lactiques et détermination des spectres d'action de leurs biopeptides vis-à-vis des germes d'altération. (Thèse de doctorat, Université d'Oran).
- Djadouni, F. (2013). Evolution de l'activité antimicrobienne des isolats des bactéries lactiques et détermination des spectres d'action de leurs biopeptides vis-à-vis des germes d'altération. (Thèse de doctorat, Université d'Oran).
- Djelloul, D, S. (2021). Isolement et identification des bactéries antagonistes vis-à-vis des souches pathogènes multirésistantes (Thèse de doctorat, Université de Djilali liabes de Sidi bel Abbes).
- Djellouli, M. (2018). Production et caractérisation de peptides bioactifs issus de l'hydrolyse des protéines alimentaires par cas de protéines de coproduits marins les protéases des bactéries lactiques. Cas de protéines de coproduits marins, thèse de doctorat. Université Oran 1 Ahmed Ben Bella faculté de science de la nature et de la vie département de biotechnologie, 193p.
- Dortu C., Et Thonart P. (2009). Les Bactériocines Des Bactéries Lactiques : Caractéristiques Et Intérêts Pour La Bioconservation Des Produits Alimentaires. *Biotechnol Agron Soc Environ* 13.143-154.
- Dortu, C., et Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques: caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(1), 143-154
- Doumandji A., Hellal A., Saidi N., 2010. Purification de la bactériocine a partir de *Lb.acidophilus* 11, *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.*, 4: 25-47.

## Références Bibliographiques

---

DRIDER J., PREVOST H. (2009). Bactéries lactiques. Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles. Ed . Economica., Paris , 504p.

Drider, D., Fimland, G., Héchard, Y., McMullen, L. M., et Prévost, H. (2006). The continuing story of class IIa bacteriocins. *Microbiology and molecular biology reviews*, 70(2), 564-582.

### *F*

Egan, K., Field, D., Rea, M. C., Ross, R. P., Hill, C., et Cotter, P. D. (2016). Bacteriocins: novel solutions to age old spore-related problems?. *Frontiers in microbiology*, 7, 461

Ehinger M., (2015). Structure cellulaire bactérienne et le contenu. Structures cellulaires externes. L'ADN de la bactérie. P 2.

El Fertas-Aissani R., Messai Y., Alouche S., Bakour R. 2012. Virulence profiles and antibiotic susceptibility patterns of *Klebsiella pneumoniae* strains isolated from different clinical specimens. PATBIO-3048 ; No. of Pages 8.

El-Idrissi. (2020). Probiotique et pathologie digestive. Thèse de doctorat. Université Mohammed V de Rabat. Faculté de Médecine et de Pharmacie- Rabat, 167p.

Erjavec, M. S. (2019). Introductory chapter: the versatile *Escherichia coli*. *The Universe of Escherichia coli*, 3.

EUZÉBY, J.P., (1997). List of Bacterial Names with Standing in Nomenclature. *International Journal of Systematic Bacteriology* 7: 590-592.

### *F*

Fenton M., 1987. An investigation into the sources of lactic acid bacteria in grass silage. *J. Appl. Microbiol.* 62 : 181–188 p

Fleming, H. P., Etchells, J. L., Costilow, R. N. (1975). Microbial inhibition by an isolate of *Pediococcus* from cucumber brines. *Applied microbiology*, 30(6), 1040-1042. Disponible sur : <https://doi.org/10.1128/am.30.6.1040-1042.1975>. Consulté le : 05/04/2023.

Flores-Mireles, A. L., Walker, J. N., Caparon, M., & Hultgren, S. J. (2015). Urinary tract infections: Epidemiology, mechanisms of infection and treatment options. *Nature Reviews Microbiology*, 13(5), 269–284. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3432>

FRASCA D, DAHYOT-FRIZELIER C, MIMOZ O. La colistine en réanimation, 2008, Vol 17, pp 8- 251.

## Références Bibliographiques

---

Freney J, R. F., Hansen W, and Bollet TC. 2000. Précis de bactériologie clinique

FRENEY, J., RENAUD, F., HANSEN, W., BOLLET, C., 2000. Précis de Bactériologie clinique. Ed. Eska (Paris), 1692 p



Gaamouche, S., Arakrak, A., Bakkali, M., Laglaoui, A. (2014). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria and bacteriocins isolated from a traditional brine table olive against pathogenic bacteria. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 3(11), 657-666. [https://www.researchgate.net/publication/325575709\\_Antimicrobial\\_activity\\_of\\_lactic\\_acid\\_bacteria\\_and\\_bacteriocins\\_isolated\\_from\\_a\\_traditional\\_brine\\_table\\_olives\\_against\\_pathogenic\\_bacteria](https://www.researchgate.net/publication/325575709_Antimicrobial_activity_of_lactic_acid_bacteria_and_bacteriocins_isolated_from_a_traditional_brine_table_olives_against_pathogenic_bacteria). Consulté le: 15/05/2023.

Gänzle, M. G. (2009). Lactic acid bacteria as protective cultures in meat products. *Microbial Biotechnology*, 2(6), 641–647. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2009.00130.x>

González-Pérez, C. J., Aispuro-Hernández, E., Vargas-Arispuro, I., et Martínez-Téllez, M. A. (2018). Induction of bacteriocins from lactic acid bacteria; a strategy to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Agricultural Research Technology Open Access Journal*, 14(4).

Goubau P. et Pellegrims E. 2000. Repères en microbiologie, Édition Garant. P: 391.

GOULD G.W. 1991. Antimicrobial compound. In: *Biotechnology and Food Ingr.*

Guessas Bettache., 2007. Les potentialités métaboliques des bactéries lactiques isolés du lait cru de chèvre dans le biocontrôle de *Staphylococcus aureus*. Thèse de Doctorat en microbiologie appliqué. Université d'Oran Es-Senia

Guetarni, H. (2018). Les probiotiques et leur métabolite : une alternative de traitement des pathologies gastro-intestinales systèmes agraires et environnement. 2 (2) :11-22. Disponible sur : <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/67250>. Consulté le : 20/03/2023.

Gueye O.2007. Utilisation des méthodes biométrique dans l'identification de quelques bacilles à Gram négatif. P 22,24-28

GUIRAUD J.P. (2003). *Microbiologie alimentaire*. Edition DUNOD. P.

Guiraud, J. P. (1998). *Microbiologie alimentaire: Rappels de microbiologie générale. 2, Microbiologie alimentaire. 3, Techniques d'analyse microbiologique. 4, Analyse microbiologique des aliments*. Dunod.



- Hadef, S. (2012). Evaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries lactiques locales, thèse de magister. Université Kasdi Merbah-Ouargla Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers Département des Sciences de la Nature et de la Vie, 135p
- HAMMES W.P. ET HERTEL C. (2009). Genus I. Lactobacillus. Dans: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology
- Hammi, I. (2016). Isolement et caractérisation de bactériocines produites par des souches de bactéries lactiques isolées à partir de produits fermentés marocains et de différentes variétés de fromages français (Thèse de doctorat, Université de Strasbourg).
- Hanslik T., Flahault A., 2013. Campus de Sémiologie. Urologie Néphrologie [en ligne]. Disponible sur : <http://campus.cerimes.fr/semiologie/enseignement/esemio10/site/html/1.html> (Consulté le 05/06/2020).
- Harrington, R. D., & Hooton, T. M. (2000). Urinary tract infection risk factors and gender. The journal of gender-specific medicine: JGSM: the official journal of the Partnership for Women's Health at Columbia, 3(8), 27-34.
- Hassaine O., 2013. Caractéristiques d'intérêts technologiques de souches de bactéries lactiques isolées de lait camelin du sud algérien. Thèse de doctorat. Université d'Oran Esenia, 180p.
- HASSAN A.N. ET FRANK J.F., 2001. Starter Cultures and their use. In: Applied Dairy Microbiology (Marth E.H. et Steele J.L.) 2e Ed., Marcel Dekker, Inc. New York. 151-205.
- HAUSER G. About not bacteria and their relationship to Septicemia, Vogel Leipzig, 1985, pp 107
- He S., Liang Y., Shao F et Wang X., 2011. Toll-like receptors activate programmed necrosis in macrophages through a receptor-interacting kinase-3-mediated pathway. Proc. Natl. Acad. Sci. 108:20054–20059p.
- HOLS P., HANCY F., FONTAINE L., GROSSIORD B., PROZZI D. ET LEBLONDBOURGET N., (2005). New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. FEMS Microbiology Reviews, 29:435–463.
- HOLT J. Bergey's Manual of Systemic Bacteriology, Williams & Wilkins, Baltimore MD, Vol. I &II, 1986.
- Holzappel W., Haberer P., Geisen R., Björkroth J. et Schillinger U., 2001. Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. Am. J. Clin. Nutr. 73: 365–73p.

## Références Bibliographiques

---

Hussein, M. S., Almukalaf, J. A., Alalyani, S. M., Alharbi, R. M., Alzahrani, W. I., Aldhubiani, D. S., ... & Alrumyyan, R. A. R. (2021). Causes and management of acute pyelonephritis. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(58A), 13-19

### *J*

Ibrahim, O. O. (2019). Classification of antimicrobial peptides bacteriocins, and the nature of some bacteriocins with potential applications in food safety and bio-pharmaceuticals. *EC Microbiology*, 15, 591-608.

Idoui, Tayeb, and Essaid Leghouchi. (2009). Lactic acid bacteria from Jijel's traditional butter : Isolation, identification and major technological traits. *Grasas y Aceites*, 59(4), 361-367. <https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i4.530>

Ito Y. Hirano T, (2003). *Journal of Applied Microbiology*. Résistances aux  $\beta$ -lactamines. [en ligne]. Carbenicillin-hydrolysing penicillinase mediated by a plasmid of proteus mirabilis and its relationship to the pse-type enzymes of pseudomonas aeruginosa., pages 175-180, 1997 Aug. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/bacter/io/Journal/Applied/Microbiology/resistlacta/index.html>. (date de consultation: 18/04/2019).

Izerghouf, T., Habhoub, S. (2021). Activité antimicrobienne et protéolytiques des bactéries lactiques isolées du lait et des produits laitiers fermentés. Mémoire de Master : Microbiologie Appliquée. Tebessa : Université Al-Chahid Laarbi Tebessi de Tebessa, 124 p. Disponible sur : <http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/806>. Consulté le : 20/05/2023.

Izquierdo Alegre, E. (2009). Les protéines bactériennes en tant que biomarqueurs de l'activité probiotique (Thèse de doctorat, université Strasbourg).

### *J*

JANDA J, ABBOT S. the genus proteus, in 2nd editor, the Enterobacteriaceae, Washington, DC: ASM Press, 2006

Jett. B. D., Huycke. M. M., Gilmore. M. S. (1994). Virulence of Enterococci. *Clin. Microbiol. Rev.* 7:462-478.

### *K*

Kanani, S., Mujtaba, N., & Sadler, P. (2021). Acute and chronic prostatitis. *InnovAiT*, 14(1), 33-37.

## Références Bibliographiques

---

Kandler, O., et Weiss, N.(1986).Genus Lactobacillus Beijerinck 1901. In Bergey's manual of systematicbacteriology..1209-1234. Esited by P.H.A.Sneath, N.S. Mair, M.E.Sharpe et J.G.Holt.Baltimore: William et Wilkin.

Kaur, R., & Kaur, R. (2021). Symptoms, risk factors, diagnosis and treatment of urinary tract infections. *Postgraduate médical journal*, 97(1154), 803-812.

KELLEY STRUBLE, MICHAEL STUART BRONZE, RHETT L JACKSON, GUS GONZALEZ, "Proteus Infections: Overview", *Medicine*, 2009.

Khodja, B. (2018). Caractérisation phénotypique et moléculaire des souches de bactéries lactiques productrice de bactériocine (Thèse de doctorat, Université de Djillali liabes de Sidi bel Abbes).

KULSHRESTHA D.C. ET MARTH E.H. 1974. Inhibition of bacteria by some volatile and nonvolatilecompounds associated with milk. I. Escherichia coli. *J. Milk Food Technol.* 37:510-516.

Kumar, A., & Sharma, S. (2015). Probiotic bacteria: A promising tool for the prevention and treatment of urinary tract infections. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 7(6), 350–356. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000220>.



Labioui H., Laaroussi E., E L Yachioui M., Mohammed. O., 2005. Sélection De Souches De Bactéries Lactiques Antibactériennes. *Bull. Soc. Pharm.* , 144(1): P. 237-250.

Langa, S., Martín-Cabrejas, I., Montiel, R., Landete, J. M., Medina, M., et Arqués, J. L. (2014). Combined antimicrobial activity of reuterin and diacetyl against foodborne pathogens. *Journal of dairy science*, 97(10), 6116-6121.

LANSING M., PRESCOTT, JOHN P., HARLEY, DONALD A. KLEIN, (2003). *Microbiologie De Boeck Supérieur*, P 549

Larpent J.P., 1997. *Microbiologie Alimentaire*. Tec & Doc, Lavoisier. Paris. 10-72.Larpent, J. P. (1990). *Les Fermentations Alimentaires*. In-*Microbiologie Alimentaire, Technique & Documentation*, Lavoisier, Apria, 02:3-17.

Léonard, L. (2013). Evaluation du potentiel bioprotecteur de bactéries lactiques confinées dans une matrice polymérique (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne).

Leveau J. et Bouix M., 1993. *Les microorganismes d'intérêt industriel*. Tec & Doc, Lavoisier. Paris. *Microbiol. indust*, 85-87p.

LIU D. *Molecular Detection of Foodborne Pathogens*, 2010, CRC Press: Boca Raton

# M

- Makhloufi, K. M. (2011). Caractérisation d'une bactériocine produite par une bactérie lactique *Leuconostoc pseudomesenteroides* isolée du boza (Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).
- McLellan, L. K., & Hunstad, D. A. (2016). Urinary tract infection: pathogenesis and outlook. *Trends in molecular medicine*, 22(11), 946-957.
- Mechai, A. (2009). Isolement, caractérisation et purification de bactériocines produites par des bactéries lactiques autochtones : études physiologiques et biochimiques, thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar- Annaba, 99p
- Mekri, M. (2016). Effet de synergie des bactériocines issues des bactéries lactiques et pseudolactiques et des huiles essentielles d'*Inula viscosa* contre les germes pathogènes. Thèse de doctorat : Micro-organismes producteurs de métabolites secondaires et enzymes. Sidi Bel Abbes : Université Djillaliabbes de Sidi Bel Abbes, 205 p. Disponible sur : <https://www.thesesalgerie.com/1937891153173412/these-de-doctorat/universite-djillali-liabes---sidi-belabbes/effet-de-synergie-des-bact% C3% A9riocines-issues-des-bact% C3% A9ries-lactiques-etpseudo-lactiques-et-des-huiles-essentiels-d-inula-viscosa-contre-les-germespathog% C3% A8nes>. Consulté le : 23/05/2023.
- Menad N., 2018. Effet antagoniste des bactéries lactiques isolées à partir du lait de vache vis à vis de salmonella sp.thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie ,196p.
- Mercha, I., Lakram, N., Kabbour, M. R., Bouksaim, M., et Zkhiri, F. (2020). Probiotic and technological features of *Enterococcus* and *Weissella* isolates from camel milk characterised by an Argane feeding regimen. *Archives of Microbiology*, 202(8), 2207-2219.
- Mermouni ,L (2018). Etude de l'effet de souches probiotiques de bactéries lactiques (*Lactobacillus* spp) Isolées et Produits Fermentés sur la Valeur Nutritive de Fourrages Conservés par Ensilage. Thèse de doctorat : Biotechnologie Végétale. Oran : Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf, 177p. Disponible sur : <https://www.pnst.cerist.dz/detail.php?id=897405>. Consulté le : 18/05/2023.
- Mermouri L.,2018. Étude de l'Effet de Souches Probiotiques de bactéries Lactiques (*Lactobacillus* spp.). Isolées e Produits Fermentés. sur la Valeur Nutritive de Fourrages Conservés par Ensilage. thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf, 177p.
- MICHEL FEDRIGHI, 2005. Bactériologie alimentaire. Compendium d'hygiène des aliments. 2ème édition. Page
- MOFREDJ, A., BAHLOUL, H., CHANUT, C., 2007. *Lactococcus lactis* : un pathogène opportuniste. *Revue générale. Médecine et Maladies infectieuses* 37, 200-207.

## Références Bibliographiques

---

Mozzi, F., et Vignolo, G. M. (2010). *Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications* (1st Ed). John Wiley et Sons.

### N

Nair, M. S., Amalaradjou, M. A., et Venkitanarayanan, K. (2017). Antivirulence properties of probiotics in combating microbial pathogenesis. *Advances in applied microbiology*, 98, 1-29.

Nes, I. F., Kjos, M., et Diep, D. B. (2011). *Antimicrobial components of lactic acid bacteria. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* (4th Ed). Chemical Rubber Company Press, Boca Raton, FL, 66(1), 285-329.

Nami, Y., Vaseghi Bakhshayesh, R., Mohammadzadeh Jalaly, H., Lotfi, H., Eslami, S., and Hejazi, M. A. (2019). Probiotic Properties of Enterococcus Isolated From Artisanal Dairy Products. *Frontiers in Microbiology*, 10. -

Nauciel C et Vildé J.L. 2005. *Bactériologie médicale : Abrégés Connaissances et pratique*. Elsevier Masson. Paris. Pp : 257.

Nes, I. F., Kjos, M., et Diep, D. B. (2011). *Antimicrobial components of lactic acid bacteria. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* (4th Ed). Chemical Rubber Company Press, Boca Raton, FL, 66(1), 285-329.

NIGUTOVA, K., MOROVSKY, M., PRISTAS, P., TEATHER, R.M., HOLO, H., JAVORSKY, P., 2007. Production of enterolysin A by rumen *Enterococcus faecalis* strain and occurrence of *enlA* homologues among ruminal Gram+ cocci. *Journal of Applied Microbiology* 102, 563-569.

NILSEN, T., NES, I.F., HOLO, H., 2003. Enterolysin A, a cell wall-degrading bacteriocin from *Enterococcus faecalis* LMG2333. *Applied and Environmental Microbiology* 69, 2975-2984.

### O

OGIER J.C., CASALTA E., FARROKH C. ET SAIHI A. 2008. Safety assessment of dairy microorganisms : The *Leuconostoc* genus. *International Journal of Food Microbiology* 126 p 286-290.

Ouali Samia ép. ABDOUNE. (2010). *Qualité du fromage a pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage.*mémoire de master . Université Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences, p128.

OUWEHAND, A. C., KIRJAVAINEN , P. V., GRONLUND, M. M., ISOLAURI, S. J ET SALMINEN, S. (1999). Adhesion of probiotic microorganisms to intestinal mucus. *International Dairy Journal*, 9:623-630

### P

- PAPAGIANNI, M., 2003. Ribosomally synthesized peptides with antimicrobial properties: biosynthesis, structure, function and applications. *Biotechnology Advances* 21, 465- 499.
- Parente E. & Ricciardi A., 1999. Production, recovery and purification of bacteriocins from lactic acid bacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 52, 628-638.
- Paulsen. I. T. L., Banerjee. G. S., Myers. K. E., Nelson. R., Seshadri. T. D., Read. D. E., Fouts. J. A., Eisen. S. R., Gill. J. F., Heidelberg. H., Tettelin. R. J., Dodson. L., Umayam. L., Brinkac. M., Beanan. S., Daugherty. R. T., DeBoy. S., Durkin. J., Kolonay. R., Madupu. W., Nelson. J., Vamathevan. B., Tran. J., Upton. T., Hansen. J., Shetty. H., Khouri. T., Utterback. D., Radune. K. A., Ketchum. B. A.,
- PIARD J.C. ET DESMAZEAND M., 1991. Inhibiting factors produced by lactic and bacteria part L.oxygen metabolites and catabolism end-products. *Lait*. 71: 525-
- Pilet M ., Magras C. et Federigh M., 2005. Bactéries lactiques. In : bactériologie alimentaire (Federighi M.). Ed., Economica. Paris. 219-240p.
- PILET M.F., MAGRAS C., FEDERIGH M., 2005. Bactéries lactiques. In : bactériologie alimentaire (Federighi M.). 2e Ed., Economica. Paris. 219-240.
- POT B., 2008. The taxonomy of lactic acid bacteria. In : Bactéries lactiques de la génétique aux ferments (Corrieu G. et Luquet F.M.). Tec & Doc, Lavoisier. Paris.1 106.
- Prescott. Harley. Klein. Willey. Sherwood. Woolverton., (2010). Diversité & écologie microbienne. Microbiologie. 3ème édition. Bruxelles (Belgique).p 556-561.

### R

- Rahmeh, R., Akbar, A., Kishk, M., Al-Onaizi, T., Al-Azmi, A., Al-Shatti, A., Akbar, B. (2019). Distribution and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from raw camel milk. *New Microbes and New Infections*, 30, 100560. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2019.100560>. Consulté le : 15/05/2023.
- RAO D.R., REDDY A.V., PULUSANI S.R. ET CORNWELL P.E. 1984.
- Ravindran, L., Manjunath, N., Darshan, R. P., et Manuel, S. G. (2016). In vitro study analysis of antimicrobial properties of lactic acid bacteria against pathogens. *Journal of Biotechnology Innovation*, 5(2), 262-269.

## Références Bibliographiques

---

- Raynaud S., 2006. Régulation métabolique et transcriptionnelle de l'autoacidification chez *Lactococcus lactis*. Thèse de Doctorat, Spécialité : Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries Toulouse, 309p.
- Reddy, G., Altaf, M. D., Naveena, B. J., Venkateshwar, M., et Kumar, E. V. (2008). Amylolytic bacterial lactic acid fermentation—a review. *Biotechnology advances*, 26(1), 22- 34.
- Reis, J. A., Paula, A. T., Casarotti, S. N., et Penna, A. L. B. (2012). Lactic acid bacteria antimicrobial compounds: characteristics and applications. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 124-140.
- Renthlei, A. L. A review article on the microbes associated with Urinary Tract Infection\* Angela Laldinpuii Renthlei, Anshu Kumar Singh & Pankaj Kishor Mishr
- Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, A. R. U., et 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), 1223-123.
- Rodriguez, E., Arques, J. L., Nunez, M., Gaya, P., et Medina, M. (2005). Combined effect of high-pressure treatments and bacteriocin-producing lactic acid bacteria on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 in raw-milk cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(7), 3399-3404.
- Rosselló-Móra, R. (2011). Taxonomy. In: Gargaud, M., et al. *Encyclopedia of Astrobiology*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-11274-4\\_1562](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11274-4_1562)
- RUOFF, K. L. (2007). *Aerococcus*, *Abiotrophia*, and Other Aerobic Catalase-Negative, Gram-Positive Cocci. In P. R. Murray, E. J. Baron, M. L. Landry, J. H. Jorgensen & M. A. Pfaller (Eds.), 9th ed., pp. 443-454.

## S

- Samelis, J., Maurogenakis, and F., Metaxopoulos, J. (1994). Characterisation of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented Greek dry salami. *International Journal of Food Microbiology*, 23(2), 179-196. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90051-5](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90051-5)
- SCARDOVI, V.,(1986). Section 15. Irregular nonsporing. Gram-positive rods. Genus *Bifidobacterium* Orla- Jensen 1924. In: Sneath, P.H.A., N.S. Mair, M.E., Sharpe and J.G. Holt (Eds.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 9th Edn., Williams and Wilkins Co., Baltimore, 2: p 1418-1434.
- SCHLEIFER, K. H., EHRMANN, M., BEIMFOHR, C., BROCKMANN, E., LUDWIG, W. AND AMANN, R. (1995). Application of molecular methods for the classification and identification of lactic acid bacteria. *International Dairy Journal* 5, 1081- 1094
- SCHLEIFER, K. H., EHRMANN, M., BEIMFOHR, C., BROCKMANN, E., LUDWIG, W. AND AMANN, R. (1995). Application of molecular methods for the classification and identification of lactic acid bacteria. *International Dairy Journal* 5, 1081- 1094

## Références Bibliographiques

---

SHAH, N.P. ,(2000) : Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods, Journal of Dairy Science, , 83, 894-907

Sidhu, P. K., et Nehra, K. (2019). Bacteriocin-nanoconjugates as emerging compounds for enhancing antimicrobial activity of bacteriocins. Journal of King Saud University Science, 31(4), 758-767.

Silva, C. C. G., Silva, S. P. M., and Ribeiro, S. C. (2018). Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. Frontiers in Microbiology, 9, 594. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00594>

Smati, M., Clermont, O., Bleibtreu, A., Fourreau, F., David, A., Daubié, A. S., ... & Denamur, E. (2015). Quantitative analysis of commensal Escherichia coli populations reveals host-specific enterotypes at the intra-species level. Microbiologyopen, 4(4), 604-615

Stiles, M.E. and W.H. (Holzapfel, 1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. Int. J. Food. Microbiol 36, 1-29.

STILS M.E. and Holzapfel W.H. (1997), Int. J. food Microbiol ., 36:1-29. Th. Méd. Vét., Dakar, 1997, n09, III p



Taale, E., Savadogo, A., Zongo, C., Tapsoba, F., Karou, S. D., et Traore, A. S. (2016). Les peptides antimicrobiens d'origine microbienne: cas des bactériocines. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10(1), 384-399.

Tahlaiti, H. (2019). Étude des propriétés technologiques et inhibitrices de bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté (Thèse de doctorat, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis).

Tamime A.Y., (2002). Microbiology of starter cultures. In: Dairy microbiology handbook (Robinson R.K.). 3e Ed., John Wiley and Sons, Inc., New York. 261-36.

Tandi Ruba, Y., Nuraida, L., Iswantini, D., and Prangdimur, E. (2020). Proteolytic Activity of Indigenous Lactic Acid Bacteria and Angiotensin-I-Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity in Fermented Soy Milk. Pakistan Journal of Nutrition, 19(6), 295-302. <https://doi.org/10.3923/pjn.2020.295.302>

Tenea, G. N., et Yépez, L. (2016). Bioactive compounds of lactic acid bacteria. Case study: Evaluation of antimicrobial activity of bacteriocin-producing lactobacillus isolated from native ecological niches of Ecuador. Probiotics and prebiotics in Human Nutrition and Health, 149-167..

### U

Ullmann, A. (2011). *Escherichia coli* and the Emergence of Molecular Biology. *Eco Sal Plus*, 4(2), 10-1128

Urinary Tract Infections: Molecular Pathogenesis and Clinical Management." J.W. Warren, Editor, ASM Press: Washington, D.C, 1996, pp 271-298.

### W

Wallace, T. D., Bradley, S., Buckley, N. D. & Green-Johnson, J. H.(2003). Interactions of lactic acid bacteria with human intestinal epithelial cells: Effects on cytokine production. *Journal of Food Protection* 2003. Vol. 66 (3) : 466-472.

WARREN, J. W. The catheter and urinary tract infection. *Med. Clin. N. Am*, 1991, Vol 75, pp 481–493.

Wee, Y. J., Yun, J. S., Kim, D., et Ryu, H. W. (2006). Batch and repeated batch production of L (+)-lactic acid by *Enterococcus faecalis* RKY1 using wood hydrolyzate and corn steep liquor. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 33(6), 431

Wilson, M. L., & Gaido, L. (2004). Laboratory diagnosis of urinary tract infections in adult patients. *Clinical infectious diseases*, 38(8), 1150-1158.

### Y

Yang, S. C., Lin, C. H., Sung, C. T., et Fang, J. Y. (2014). Antibacterial activities of bacteriocins: application in foods and pharmaceuticals. *Frontiers in microbiology*, 5, 241.

Yerlikaya, O., Saygili, D., et Akpınar, A. (2021). Evaluation of antimicrobial activity and antibiotic susceptibility profiles of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* strains isolated from commercial yoghurt starter cultures. *Food Science and Technology*, 41, 418-425

### Z

Zhitnitsky, D., Rose, J., et Lewinson, O. (2017). The highly synergistic, broad spectrum, antibacterial activity of organic acids and transition metals. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.

# *Annexes*

**Annexe01 :**

**I- Composition des milieux de culture (pour 1 litre d'eau distillée)**

**Gélose MRS (Man Rogosa et Sharpe, 1960)**

Utilise pour la culture des lactobacilles.

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	8g
Extrait de levure.....	4g
Glucose.....	20g
Phosphate di potassique.....	2g
Acétate de sodium.....	5g
Citrate d'ammonium.....	2g
Sulfate de magnésium, 7H <sub>2</sub> O.....	0,2g
Sulfate de manganèse, 4H <sub>2</sub> O.....	0,05g
Tween 80.....	1ml
Agar.....	18g
Eau distillée.....	1000ml

On ajuste le pH à 6,5

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20 min.

**Bouillon MRS (Man Rogosa et Sharpe, 1960)**

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	8g
Extrait de levure.....	4g
Glucose.....	20g
Phosphate di potassique.....	2g
Acétate de sodium.....	5g
Citrate d'ammonium.....	2g

## Annexes

---

Sulfate de magnésium, 7H <sub>2</sub> O.....	0,2g
Sulfate de manganèse, 4H <sub>2</sub> O.....	0,05g
Tween 80.....	1ml
Eau distillée.....	1000ml

On ajuste le pH à 4/ 6,5/9

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20 min.

### **Gélose nutritif**

Extrait de viande .....	3g
Peptone .....	5g
Chlorure de sodium .....	5g
Agar (gélose) .....	15g
Eau distillé.....	1000ml

On ajuste le pH a7,2

Stérilisation par Autoclavage à 121 °C pendant 20min

### **Bouillon nutritif**

Extrait de viande .....	3g
Peptone .....	5g
Chlorure de sodium .....	5g
Eau distille.....	1000ml

On ajuste le pH a7,2

Stérilisation par Autoclavage à 121 °C pendant 20min

### **Milieu PCA**

Peptone .....	5g
Extrait de levure.....	2,5g
Glucose.....	1g
Agar.....	15g
Eau distillé.....	1000ml

On ajuste le pH a 7

## Annexes

---

Stérilisation par autoclavage à 121 pendant 20min

### Lait écrémé

Lait poudre.....6g

Eau distillée.....1000mL

Ebullition

Stérilisation par autoclavage à 120° C pendant 10min

### II- Les diluants :

#### Eau physiologique

Utilise pour la réalisation des dilutions.

Chlorure de sodium .....9g

Eau distillée.....1000 ml

Stérilisation à 120°C pendant 20 min.

### Annexe 02 :

#### I-Coloration de Gram :

##### I-1. Matériels :

- Les lames
- Les colorants

##### I-2. Mode opératoire :

- Réaliser un frottis ou un étalement.
- Fixer la préparation à la flamme, sécher soigneusement puis laisser refroidir la lame.
- Immerger la lame dans la solution de Cristal violet pendant 1 mn.
- Immerger la lame dans Lugol 30 seconde.
- Décolorer jusqu'à disparition de la couleur violette dans l'alcool en faisant couler goutte à goutte sur la lame inclinée.
- Rincer à l'eau.

## Annexes

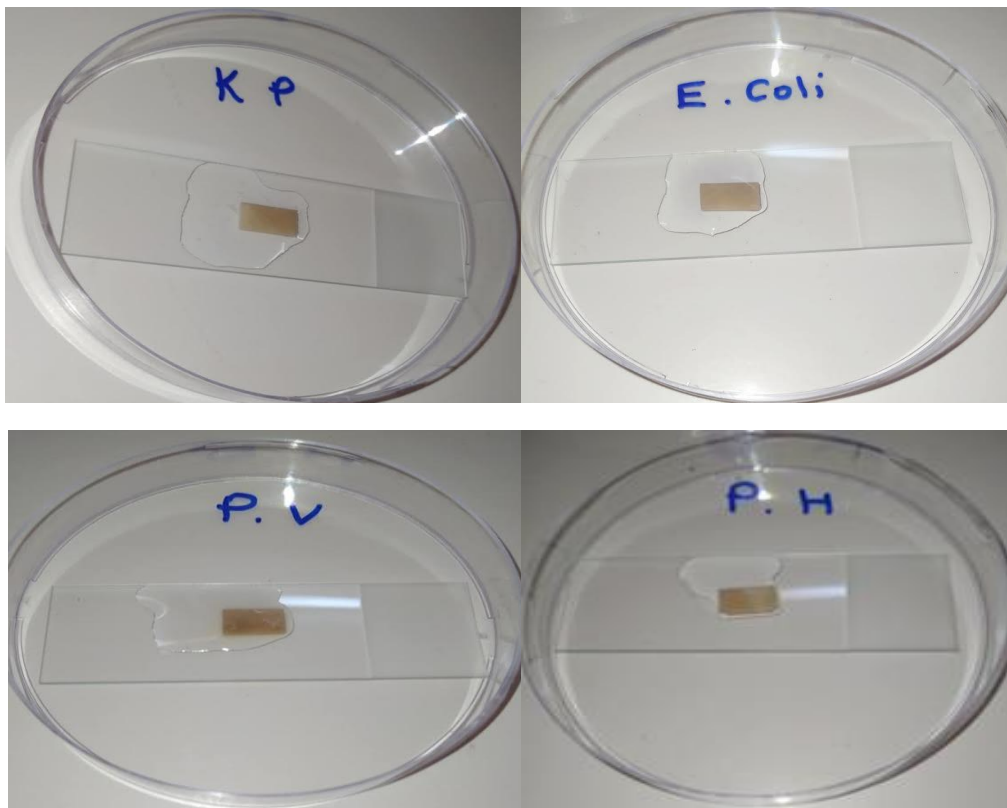
---

- Colorer avec la solution de Fuchsine pendant 1mn.
- Laver à l'eau.
- Observer à l'objectif X 100, en immersion avec l'huile.

### I-3. Résultat :

Les bactéries Gram+ sont colorées en violet, les bactéries Gram- sont colorées en rose.

### Annexe 03 : Photos des Résultats



**Figure 01:** oxydase négative des germes pathogènes .

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-  
كلية علوم الطبيعة والحياة

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية  
لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،

الطالب(ة): بن أحمد سعاد ..... رقم التسجيل الجامعي: 202037028385

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 118241338 والصادرة بتاريخ: 2020.07.30

عن بلدية مستغانم

المسجل ب كلية علوم الطبيعة والحياة / قسم البيولوجيا .....

شعبة علوم البيولوجيا / التخصص Microbiologie fondamentale

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

Activité antimicrobienne des bactéries lactique vis-à-vis  
des infections urinaires

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 26/06/2021

إمضاء المعني

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم -  
كلية علوم الطبيعة والحياة

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية  
لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،

الطالب(ة): علوتش إيمان نورالدين رقم التسجيل الجامعي: 202037031208

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 407430149 والصادرة بتاريخ: 2023-10-23

عن بلدية وادي الخين

المسجل ب كلية علوم الطبيعة والحياة / قسم البيولوجيا

شعبة علوم البيولوجية / التخصص Microbiologie Fondamentale

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

Activité antimicrobienne des bactéries lactiques vis-à-vis  
des infections urinaires

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية  
المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 2025.06.26

إمضاء المعني

\* ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.