

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

DOMAINE : SCINCES

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION : MICROBIOLOGIE APPLIQUEE

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : BEN RAYA nawel , BAKIR radia

BEN HALIMA nadjat

Intitulé

**Formulation des préparations dermatologique à base
des probiotiques**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. BOUBEKEUR Hafsa
Dr. ARIECH Mounira
Dr. GAMMANE Mustapha
Dr. GUETOUACHE Mourad
Dr. DRIF Seiffedine
Dr. BENTOUMI Sarra
M. OUALI Kadi

Université Mohamed Boudiaf-M'sila
Université Mohamed Boudiaf-M'sila
Université Mohamed Boudiaf-M'sila
Université Mohamed Boudiaf-M'sila
Université Mohamed Boudiaf-M'sila
Université Mohamed Boudiaf-M'sila
EURL Massilya

Présidente
Encadrante
Co-encadrant
Examineur
Représentant du CATI
Représentant de l'incubateur
Partenaire socio-économique

Année universitaire : 2022/2023.

Dédicace

Avec l'aide d'Allah J'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie À :
À l'âme bien-aimée de ma chère grand-mère disparue, ton amour et ta présence continuent de
M'entourer, Même si tu es partie, tu restes dans mon cœur à jamais.
L'étoile de ma vie Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma
réussite
Mon père qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui,
Mes sœurs et mes frères Thameur ,Walid ,Fatima ,Siham ,Manal , Messouda ,Faysal
,Mohamed
Chers neveux Serine, Omar, Hossam, Ali, Ayoub, Rokha, Ishak, Hafsa, Malek, Mohamed
A ma famille et toutes les personnes que j'aime .
A mon cher binôme Radia, Nadjat je leur souhaite la réussite et le bonheur dans sa vie.
A Mes Amies Assia, Iness , Iness, Oumbarka , Halima, Salima, Aicha ,Rania ,Ahlem pour
tous les moments qu'on a passés ensemble, à tous nos souvenirs .
A Tous Mes Collègues A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit
réalisé je vous dis merci.

BEN RAYA NAWEL



Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail :

A ma source de bonheur, mes parents qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Merci pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières, Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A mes chères sœurs et ses familles : Ahlem son mari et ses enfants surtout Ameer et Souhila.
A Zouina son mari et ses enfants, à Zoubida son mari et ses enfants, à Khalissa son mari et ses enfants, à Fatima, son mari et ses enfants, à Ikram son mari et ses enfants. Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mes chers frères, Taher sa femme et ses enfants, Hamza sa femme et ses enfants et à Ali sa femme et ses enfants, pour leur appui et leur encouragement.

A toute ma grande famille que j'aime surtout mes grands-mères et mes grands-pères et mes grandes mères rabi yarhamhom.

A mes chers binômes : Nawal et Nadjat pour Tous les moments heureux que nous avons passés ensemble. « Je vous souhaitent un avenir éclaircissant plein de joie santé et réussite »

A mes meilleures amies : Mebarka, Faiza, Soria, Khadra, Saadia, Meriem, Safia, Safa, Soumia, Asma, Zineb mouna warda .

À celui qui soutient mon âme et mon esprit Bouchiba. H et sa famille.

A mes collègues de travail au laboratoire d'hygiène : Mr m'hamedi et Mr kettab.

A ceux qui ont de la valeur : DR Kheniche, DR Gamra, DR Boudrissa et sa femme, monsieur bel houcin.

A tous mes enseignants de promotion : master1 2022 et master2 2023.

A tous les étudiants de la promotion 2023 microbiologie appliqué.

A tout ceux qui m'aiment et que j'aime merci beaucoup.

Bakir radia



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon dieu qui m'a donné la chance de compléter mes études supérieures

A l'âme pure de mon père que je n'oublie jamais de ma vie

A ma mère source de tendresse et de patience

A mes frères et sœurs et leurs enfants

A mon mari Nasser Eddine qui m'a encouragée et m'a soutenu tout au long de ce projet

A mes enfants : Abdelmadjid, Anis, Farah, Mohamed

A toute la famille Ben Halima et Lamani

A mes chères binômes Radia et Nawel

A monsieur le directeur de l'institut Pasteur m'sila Ben Azzi Nabil

A tous mes collègues sur tout Khalissa et à tous les enseignants

BEN HALIMA NADJAT



Remerciement

Mes remerciements en premier lieu Dieu tout puissant de m'avoir accordée

La puissance et la volonté pour achever ce travail.

Mes sincères remerciements à notre encadreur DR Ariech Mounira Maître de conférence à l'université de m'sila pour son suivi, ses conseils judicieux et ses discussions qui m'ont beaucoup aidée au cours des recherches.

A remercier avec plus grande gratitude Madame Boubkeur Hafsa, Professeur à l'université de m'sila de l'honneur qu'elle le ma fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

A remercie également Monsieur Gatouache Mourad docteur à l'université de m'sila, d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinateur.

A remercie vivement Monsieur Gamen Mustapha, Docteur à l'Université de m'sila qui a fait l'honneur de le Co-encadrer dans ce mémoire.

A également à présenter le remerciement à Monsieur Briki Youcef, professeur à l'Université de m'sila, d'avoir accepté d'être Examinateur et membre de ce jury.

Les grands remerciements vont également à toutes l'équipe du l'incubateur d'université Mohamed Boudiaf de m'sila pour tous les Cours de formation et d'enseignement, surtout l'équipe du laboratoire.

A remercier avec une grande gratitude monsieur le chef de département de la microbiologie Docteur Rahali Abd Allah et toute l'équipe du département.

Un grand remerciement aussi à monsieur Seghiri Kamel le chef des laboratoires pédagogiques de microbiologie et de la biochimie et toutes les équipes des ingénieurs.

A tous mes enseignants de promotion : master1, (2022) master2 (2023)

Surtout DR Harare Abd Nacer.

A tous les étudiants de la promotion 2023 microbiologie appliqué.

Sommaire :

Résumé.....	i
Liste des abréviations.....	ii
Liste des figures :	iii
Liste des tableaux :.....	iv
Introduction	1
chapitre I. Partie bibliographique	2
I.1. Le lait.....	2
I.1.1. Lait de chamelle	2
I.1.2. Lait bovin	2
I.1.3. Lait de chèvre.....	3
I.2. Bactéries lactiques	3
I.2.1. Généralités	4
.....	4
I.2.2. Habitat.....	4
I.2.3. Caractères	5
I.2.4. Classification taxonomique des bactéries lactiques	5
I.2.5. Applications industrielles des bactéries lactiques	7
I.2.5.1. Dans l'industrie alimentaire	7
I.2.5.2. Dans le domaine thérapeutique	8
I.3. Bactéries lactiques avec des propriétés favorables à la santé	9
I.3.1. Probiotiques	9
I.3.1.1. Concept « probiotique »	9
I.3.1.2. Historique	9
I.3.1.3. Paramètres importants pour sélectionner un probiotique	10
I.3.2. Les prébiotiques	11

I.3.3. Mécanismes d'action des probiotiques	12
I.3.4. Quelques effets des micro-organismes probiotiques sur la santé	13
I.3.5. Impact des prébiotiques et des probiotiques sur la santé de la peau	14
I.3.6. Pré- probiotiques dans les produits topiques commerciaux produits de soins de la peau	15
I.4. La peau	16
I.4.1. Peau et les mécanismes de défense de l'hôte	17
I.4.2. Flore bactérienne résidente de la peau	18
I.4.2.1. Bactéries à Gram positif.....	18
I.4.2.2. Bactéries Gram-négatives	18
I.4.3. Microbiome de la peau et la maladie	20
I.4.4. Cicatrisation des plaies cutanées.....	21
I.4.4.1. Processus de cicatrisation normal des plaies	21
I.5. Biosurfactants	22
I.5.1. Avantages des biosurfactants	23
I.5.2. Inconvénients des biosurfactants	23
I.5.3. Applications commerciales des biosurfactants	24
I.5.4. Application des biosurfactants dans l'agriculture	25
I.5.5. Application des biosurfactants dans l'industrie cosmétique	26
I.5.6. Applications des biosurfactants dans les détergents commerciaux pour le linge détergents	27
I.5.7. Application de biosurfactants dans la récupération microbienne améliorée du pétrole microbien.....	27
I.5.8. Biosurfactants des bactéries lactiques	27
chapitre II. Matériels et méthodes	29
II.1. Matériels	29
II.1.1. Matériels biologiques	29
II.2. Méthodes	29

II.2.1. Isolement de souches de bactéries lactiques.....	29
II.2.1.1. Provenance des échantillons.....	29
II.2.1.2. Isolement	30
II.2.2. Identification des bactéries lactiques.....	30
II.2.2.1. Observation macroscopique	30
II.2.2.2. Examen microscopique.....	30
II.2.2.3. Coloration de gram	30
II.2.2.4. Test de la catalase	30
II.2.2.5. Recherche de l'oxydase	31
II.2.2.6. Purification	31
II.2.3. Sélection des LAB avec des propriétés probiotiques	31
II.2.3.1. Activité antibactérienne des isolats lactiques contre les souches indicatrices.....	31
II.2.3.2. Test d'hémolyse.....	32
II.2.3.3. Sensibilité ou la résistance des souches probiotiques présumées aux antibiotiques	32
II.2.3.4. Test de coagulase	33
II.2.4. Caractérisations physiologiques	33
II.2.4.1. Croissance aux pH 4,4 et 9,6	33
II.2.4.2. Thermorésistante	34
II.2.5. Test d'émulsification	34
chapitre III. Résultats et discussion.....	36
III.1. Isolement des bactéries lactiques	36
III.2. Test d'émulsification	39
III.3. Sélection des LAB avec des propriétés probiotiques	39
III.3.1. Activité antibactérienne des isolats lactiques contre les souches indicatrices	39
III.3.2. Test coagulase	42
III.3.3. l'activité hémolytique.....	42

III.3.4. Antibiotogramme.....	43
III.3.5. Caractérisations physiologiques.....	45
III.3.5.1. Test de thermorésistance	45
III.3.5.2. Croissance des bactéries lactiques à différents pH	46
Conclusion.....	37
Références bibliographiques:	A-I

ملخص

بكتيريا حمض اللبن هي جزء طبيعي من بيئتنا والأطعمة التي نتناولها، بما في ذلك البروبيوتيك، والتي تمتلك خصائص بيو تكنولوجية مثل النشاط المضاد للميكروبات، والذي يلعب دورًا هامًا في حفظ الأطعمة أو كعوامل مضادة للعدوى.

تم تخمير عينات من حليب الإبل وحليب الماعز وحليب البقر بشكل طبيعي للمساعدة في عزل ودراسة الخصائص البيوتكنولوجية لسلاسل البروبيوتيك.

تشير النتائج إلى أن بكتيريا حمض اللبن المعزولة (45 سلالة) هي موجبة الغرام وتفتقر لإنزيم الكاتالاز. ولكن تعتبر فقط 13 سلالة منها بروبيوتيك تتميز جميع هذه السلالات بأنها معتدلة 0 إلى حرارية وتتحمل تركيزات معتدلة من كلوريد الصوديوم. وتظهر هذه السلالات نشاطًا عاليًا ضد البكتيريا الممرضة.

تم تقييم سلامة هذه البروبيوتيك وأظهرت عدم وجود نشاط بيتا-هيموليتيك ولا نشاط التخثر، وهي حساسة لمعظم المضادات الحيوية التي تم اختبارها. تم تحديد النمط الظاهري على أنها تنتمي إلى جنسي *Lactobacillus et Streptococcus*

الكلمات المفتاحية: الخصائص البيوتكنولوجية، الحليب، بروبيوتيك، البكتيريا اللبنية

Abstract

Lactic acid bacteria are a natural part of our environment and dietary intake; including probiotics, which have biotechnological properties such as antimicrobial activity, which plays a very important role in food preservation, or as anti-infectious agents.

Samples of camel milk, goat's milk and cow's milk were spontaneously fermented to help isolate and study the biotechnological characteristics of probiotic strains.

The results show that the 45 lactic acid bacteria isolated are Gram-positive and catalase-negative. But only 13 strains are considered probiotic. All these strains are characterized as mesophilic to thermophilic and tolerate moderate NaCl concentrations. These strains are highly active against pathogenic bacteria.

Safety evaluation of these probiotics has shown the absence of β -hemolytic activity, and of coagulase activity. Thus, they are sensitive to most antibiotics tested. These probiotics are phenotypically identified as belonging to the genera *Lactobacillus* and *streptococcus*.

Key words: milk, LAB, , probiotic, technological properties, *Lactobacillus* and *streptococcus* .

Résumé

Les bactéries lactiques font partie naturellement de notre environnement et de notre apport alimentaire ; y compris les probiotiques qui présentent des propriétés biotechnologiques, comme l'activité antimicrobienne qui joue un rôle très important dans la conservation des denrées alimentaires ou comme agent anti-infectieux .

Des prélèvements du lait de chamelle, du lait de chèvre et du lait de vache ont été fermentés spontanément afin de contribuer à isoler et à étudier les caractéristiques biotechnologiques des souches probiotiques.

Les résultats montrent que les 45 bactéries lactiques qui ont été isolées sont des Gram positif et catalase négatif. Mais seulement 13 souches sont considérées comme probiotiques. Toutes ces souches sont caractérisées comme mésophiles à thermophiles et tolèrent des concentrations modérées en NaCl. Ces souches sont très actives contre les bactéries pathogènes.

L'évaluation de l'innocuité de ces probiotiques a montré l'absence d'une activité β . hémolytique, et de l'activité de la coagulase. Ainsi, elles sont sensibles à la plupart des antibiotiques testés. Ces probiotiques sont identifiées phénotypiquement comme appartenant au genre *Lactobacillus* et *streptococcus*

Mots clés : BL, lait , probiotique, propriétés technologiques, *Lactobacillus* et *streptococcus*.

Liste des abréviations

- **ATCC** : American Type Culture Collection
- **UFC** : Unités Formant Colonies
- **MRS**: De Man, Rogosa and Sharpe
- **BL**: Bactéries lactiques
- **MH**: Mueller-Hinton

Liste des figures :

Figure I.1. Bactéries lactiques sous microscope électronique.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure I.2. Arbre phylogénétique de l'ordre de Lactobacilles	6
Figure I.3. Mécanismes d'action majeurs des probiotiques	13
Figure I.4. Schéma présentant les différentes manières dont les probiotiques exercent leurs rôles bénéfiques dans l'intestin.....	14
Figure I.5. Rôle des pré et probiotiques dans les soins de la peau	16
Figure I.6 Coupe histologique de la peau	17
Figure I.7 Quatre phases de la cicatrisation	22
Figure I.8. Structures biochimiques des biosurfactants les plus couramment produits par les microorganismes	24
Figure II.1. Mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des spots sur agar	32
Figure III.1. Observation microscopique.....	38
Figure III.2. Observation macroscopique	38
Figure III.3. Stabilité de l'émulsion.....	39
Figure III.4. Diamètres d'inhibition (mm) obtenus par les souches lactiques isolées.....	41
Figure III.5. Activité antibactérienne de quelques isolats lactiques contre certaines souches	41
Figure III.6. Résultat de test coagulase.....	42
Figure III.7. Aspect des colonies bactériennes sur la gélose au sang	43
Figure III.8. Résultat de l'antibiogramme des souches de bactéries lactiques	44
Figure III.9. Résultat de thermorésistance	46
Figure III.10. croissance a pH basique (pH 9.6).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure III.11. croissance a pH basique (pH 4.5).....	Erreur ! Signet non défini.

Liste des tableaux :

Tableau I.1.: Quelques applications des bactéries lactiques	8
Tableau I.2. Microorganismes probiotiques	11
Tableau I.4. Résidents bactériens de la peau et leurs dermatoses associées	19
Tableau I.6. Biosurfactants dérivés de diverses souches de BL	28
Tableau II.1. Echantillons de lait.	29
Tableau II.2. Liste des souches de références utilisées dans les tests d'antagonisme	29
Tableau III.1. Différents types des bactéries lactiques ont été isolés par différentes échantillons des laits.....	36
Tableau III.2. Résultat de l'antibiogramme des souches de bactéries lactiques.	43

Introduction

Introduction

Utilisés depuis des millénaires par nos ancêtres, les probiotiques sont des micro-organismes qui font partie intégrante de la vie humaine. Le mot « probiotique » vient notamment du mot grec « pro » qui signifie « en faveur » et « biotikos » qui signifie « la vie ». Les probiotiques sont des bactéries ou des levures naturellement présents dans l'organisme.

Depuis le Néolithique, les bactéries lactiques du lait et de l'environnement sont exploitées pour la conservation des laitages grâce à la fermentation lactique. Le second exemple de microorganisme indispensable à la vie humaine est la levure *Saccharomyces cerevisiae*, qui fût exploitée pour ses capacités de fermentation pour depuis l'Égypte ancienne pour la panification.

Depuis quelques décennies, les probiotiques sont mis en avant pour leur influence non négligeable sur la santé humaine et animale ([Streit et al., 2008](#)). En effet, au-delà de leur action indispensable dans le microbiote intestinal, des études récentes mettent en lumière leur influence dans certaines pathologies métaboliques, des démences ou des affections psychologiques.

De nos jours, les affections cutanées telles que la dermatite atopique et l'acné touchent une part non négligeable d'enfants et d'adolescents. L'impact social de ces troubles est parfois synonyme de mal être. Le vieillissement cutané est également un point d'intérêt pour une population vieillissante exposée à des facteurs extérieurs tels que la pollution et une surexposition aux UVs.

Les probiotiques utilisés dans les formulations dermatologiques sont généralement des souches spécifiques de bactéries lactiques comme les *Lactobacillus*, les *Bifidobacterium* et les *Streptococcus* ([Amrouche, 2005](#)), qui ont démontré des effets bénéfiques sur la peau. Ces souches probiotiques sont sélectionnées pour leur capacité à adhérer à la peau, à coloniser les sites cutanés pertinents et à produire des substances actives bénéfiques.

Les probiotiques, utilisés par voie topique dans des préparations dermatologiques, pourraient-ils améliorer certaines affections et désagréments cutanées ? La « beauté par l'intérieur » a telle un sens et les probiotiques y ont-ils leur place ? Depuis ces cinq dernières années, les probiotiques ont fait leur émergence dans les produits cosmétiques et il semble légitime d'étudier leur potentiel d'amélioration de l'état de la peau lorsqu'ils sont utilisés per os.

Les objectifs visés à travers ce projet innovant ont été d'évaluer le potentiel de l'utilisation des probiotiques dans le cadre des préparations dermatologiques afin de les mettre aux mains de professionnels de ce marché après l'obtention du brevet d'invention ou de les mettre sur le marché algérien, en créant une unité de production de ces produits après avoir bénéficié d'un Label d'un projet innovant. Une revue de la littérature a donc été nécessaire afin de déterminer si

les données scientifiques actuelles démontrent un potentiel d'efficacité suffisant des probiotiques pour des affections cutanées.

Afin de répondre à ces objectifs, ce mémoire rassemble dans une première partie, les éléments nécessaires à la compréhension des probiotiques, ses bienfaits, ses métabolites secondaires comme les biosurfactants, et les différents segments cutanés en s'appuyant sur des données réglementaires et de marché.

Finalement, la deuxième partie expliquera les étapes de l'isolement des souches probiotiques à partir de plusieurs prélèvements du lait de chamelle et du lait de chèvre. Ainsi, les différents tests de leur innocuité ([Diana et al., 2015](#)). Le développement des préparations dermatologiques à base de probiotique jusqu'à la réalisation de son conditionnement font l'objet d'une demande de brevet d'invention.

Chapitre I

Partie bibliographique

chapitre I. Partie bibliographique

I.1. Le lait

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit le lait comme suit : Le lait est une sécrétion naturelle des glandes mammaires des mammifères, produite pour nourrir leurs petits. Il est caractérisé par sa composition nutritionnelle complète et équilibrée, contenant des protéines, des lipides, des glucides, des vitamines et des minéraux. Le lait est une source importante de nutriments essentiels, tels que le calcium, les vitamines B, les protéines de haute qualité et les acides gras essentiels. Il est utilisé comme aliment de base dans de nombreuses cultures à travers le monde et est également transformé en produits laitiers tels que le fromage, le yaourt et le beurre.

I.1.1. Lait de chamelle

Les chameaux sont considérés comme une bonne source de lait et de viande. Ils sont également utilisés à d'autres fins, telles que le transport et les courses sportives.

Le lait de chamelle joue un rôle important dans l'alimentation humaine dans les régions chaudes et les pays arides. Ce lait contient tous les nutriments essentiels du lait bovin ([El-Agamy et al., 1998](#)) .

Les laits de chamelle frais et fermentés ont été utilisés dans différentes régions du monde, dont l'Inde, la Russie et le Soudan, comme traitement d'une série de maladies telles que l'hydropisie, la jaunisse, la lèpre, la tuberculose, l'asthme et la leishmaniose ou kala-azar ([Abdelgadir et al., 1998](#)).

Récemment, le lait de chamelle a également été signalé comme ayant d'autres propriétés thérapeutiques potentielles, telles que les propriétés anti-cancérigènes ([Magjeed, 2005](#)), antidiabétique ([Agrawal et al., 2003](#)) ,et antihypertenseur ([Quan et al., 2008](#)), et sa consommation a été recommandée pour les enfants qui ont des problèmes de santé et pour les enfants allergiques au lait bovin ([El-Agamy et al., 2009](#)) .

I.1.2. Lait bovin

Le lait bovin et les produits laitiers ont une longue tradition dans l'alimentation humaine.

Le lait de vache contient les nutriments nécessaires à la croissance et au développement du veau et constitue une source de lipides, de protéines, d'acides aminés, de vitamines et de minéraux. Il contient des immunoglobulines, des hormones, des facteurs de croissance, des cytokines, des nucléotides, des peptides, des polyamines, des enzymes et d'autres peptides bioactifs.

Les lipides du lait sont émulsifiés dans des globules recouverts de membranes. Les protéines sont dispersées dans des colloïdes sous forme de micelles. Les micelles de caséine se présentent comme des complexes colloïdaux de protéines et de sels, principalement de calcium ([KEENAN & PATTON, 1995](#)).

I.1.3. Lait de chèvre

Le lait de chèvre a une image de bonne santé et son utilisation est en constante augmentation dans de nombreux pays, dont la Grande-Bretagne, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. De plus, il est traditionnellement utilisé dans de nombreuses régions de la Méditerranée, du Moyen-Orient et de l'Afrique([Middleton & Fitz-Gerald, 1981](#)) . Cependant, on sait peu de choses sur ses propriétés nutritionnelles , sauf le fait bien établi de sa faible teneur en acides foliques([Davidson & Townley, 1977](#); [Sullivan et al., 1966](#)).

Des études récentes faites chez le porcelet montrent que les lipides du lait de chèvre sont aussi bien assimilés que ceux de vache, et qu'ils ne présentent aucun inconvénient([Mourot et al., 1992](#)) Bien que le traitement par le lait de chèvre des enfants sévèrement malnutris l'une des recommandations les plus anciennes par Williams dès 1933 dans le kwashiorkor; personne n'a véritablement établi les qualités nutritionnelles du lait de chèvre dans cette situation.

Le lactose et la plupart des minéraux sont en solution. La composition du lait est dynamique et varie en fonction du stade de la lactation, de l'âge, de la race, de la nutrition, de l'équilibre énergétique et de l'état de santé de la mamelle. Le colostrum diffère considérablement du lait ; la différence la plus significative est la concentration en protéines du lait qui peut être environ le double dans le colostrum par rapport à la fin de la lactation ([Ontsouka et al., 2003](#))

L'évolution de la composition du lait pendant toute la période de lactation semble correspondre à l'évolution des besoins de l'enfant en croissance, en fournissant différentes quantités de composants importants pour l'apport en nutriments, la défense spécifique et non spécifique de l'hôte, la croissance et le développement. Des protéines spécifiques du lait sont impliquées dans le développement précoce de la réponse immunitaire, tandis que d'autres participent à la défense non immunologique (par exemple, la lactoferrine). Le lait contient de nombreux types d'acides gras différents ([Jensn & Newburg, 1995](#)) Tous ces composants font du lait un aliment riche en nutriments.

I.2. Bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques (Lactic acid bacteria) sont un groupe de bactéries à Gram positif qui se trouvent largement dans la nature et jouent un rôle important dans de nombreux processus

biologiques et industriels. Ces bactéries ont la capacité de convertir les sucres en acide lactique par fermentation, ce qui contribue à la conservation des aliments.

I.2.1. Généralités :

Les bactéries lactiques (BL) sont un groupe des bactéries apparentées qui produisent de l'acide lactique comme principal métabolite. Les BL ont la propriété de produire de l'acide lactique à partir d'hydrates de carbone par fermentation. Les BL sont pour fermenter ou cultiver des aliments depuis au moins 4000 ans. Ces organismes sont hétérotrophes et ont généralement des besoins nutritionnels complexes car ils sont dépourvus de nombreuses capacités de biosynthèse. La plupart des espèces ont des besoins multiples en acides aminés et en vitamines. ([Reddy et al., 2008](#)) ils sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour plusieurs raisons. Leur croissance réduit à la fois la teneur en glucides des aliments qu'elles fermentent et le pH grâce à la production d'acide lactique. C'est ce processus d'acidification qui est l'un des effets les plus souhaitables de leur croissance. Le pH peut descendre jusqu'à 4,0, un niveau suffisamment bas pour empêcher la croissance de la plupart des autres micro-organismes, y compris les agents pathogènes humains les plus courants, permettant ainsi à ces aliments de prolonger leur durée de conservation.

Les BL les plus fréquent sont : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* et les *Streptococcus*.

(A) *Lactococcus bulgaricus* (B) *Lactococcus lactis* (C) *Streptococcus thermophilus*



Figure I.1.Bactéries lactiques sous forme de bacilles (A), coques (B), bacilles arrondis(C)

(FESSARD, 2017)

I.2.2. Habitat:

Les bactéries lactiques constituent un groupe bactérien omniprésent dans la nature, dans des niches d'origine laitière (fermentée), carnée et végétale, dans les tractus gastro-intestinal et urogénital de l'homme et des animaux, ainsi que dans le sol et l'eau ([Liu et al., 2014](#)). L'écologie des bactéries lactiques a évolué au fil du temps, passant des habitats du sol et des plantes à

l'intestin des mammifères. L'intestin des mammifères est un réservoir de 100 billions de micro-organismes généralement appelés microbiote ([Hooper & Macpherson, 2010](#)). Le microbiote colonise le tractus gastro-intestinal et joue un rôle essentiel pour la santé en améliorant le métabolisme et la digestion et en renforçant le système immunitaire ([Hooper & Macpherson, 2010](#)). Le microbiote est bien adapté à l'intestin des mammifères, principalement grâce à trois facteurs : l'adhésion aux cellules intestinales, la résistance aux barrières de l'hôte et la fermentation des substrats dans l'intestin ([Lebeer et al., 2008](#)). Les sels biliaires et un faible pH affectent également la composition de la membrane lipidique du microbiote ([Ruiz et al., 2013](#)).

L'adhésion des bactéries lactiques aux cellules intestinales est facilitée par l'action du péristaltisme qui est couplée à la lubrification par les mucines qui protègent et tapissent les cellules intestinales épithéliales. Cette coordination garantit ainsi une capacité d'adhésion accrue des bactéries lactiques aux cellules intestinales ([Corfield et al., 2000](#)). Les mucines intestinales sont donc très importantes car leur production continue empêche les bactéries pathogènes d'adhérer aux cellules épithéliales intestinales, favorisant ainsi l'activité des bactéries intestinales résidentes. Par conséquent, ces bactéries gastro-intestinales constituent un système de barrière qui agit contre les agents pathogènes ([Liévin-Le Moal & Servin, 2006](#)). Il a été confirmé que les substances antimicrobiennes produites par *Lactobacillus* et *Bifidobacterium spp.* possèdent des propriétés antimicrobiennes qui s'exercent contre les bactéries entéropathogènes responsables de la diarrhée ([Servin, 2004](#)), et ces deux genres peuvent exercer un effet inhibiteur sur l'action des bactéries entériques pathogènes ([Liévin-Le Moal & Servin, 2006](#)).

I.2.3. Caractères :

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif, non sporulées, non respirantes mais aérotolérantes, qui produisent de l'acide lactique, l'un des principaux produits de fermentation, en utilisant les hydrates de carbone au cours de la fermentation. Ces bactéries produisent de l'acide lactique en tant que produit final du catabolisme des glucides et fabriquent également des substances organiques qui contribuent à la saveur, à la texture et à l'arôme, ce qui donne des caractéristiques organoleptiques uniques ([Hayek et al., 2019](#); [Sadishkumar & Jeevaratnam, 2017](#)).

I.2.4. Classification taxonomique des bactéries lactiques :

[Orla-Jensen, 1919](#) a publié pour la première fois une monographie qui a jeté les bases de la classification des bactéries lactiques. Ce système de classification était lié à certains facteurs, à savoir les caractéristiques de fermentation du glucose, la morphologie cellulaire, la capacité à utiliser les sucres et la plage de température de croissance optimale. Ce système de classification ne reconnaissait donc que quatre genres de bactéries lactiques : *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* et *Streptococcus* ([Sadishkumar & Jeevaratnam, 2017](#)). Les bactéries lactiques ont

également été classées en différents genres/espèces en fonction de leurs caractéristiques de production d'acide par fermentation des sucres et de leur croissance à des températures spécifiques ([Parvez et al., 2006](#)). En outre, les bactéries lactiques peuvent être classées en organismes homofermentaires ou hétérofermentaires en fonction de leur capacité à fermenter les hydrates de carbone ([Mokoena, 2017](#)).

Les bactéries lactiques homofermentaires, telles que *Lactococcus* et *Streptococcus*, produisent deux molécules de lactate à partir d'une molécule de glucose.

les bactéries lactiques hétérofermentaires, telles que *Leuconostoc*, *Wiessella* et certains lactobacilles, génèrent du lactate, de l'éthanol et du dioxyde de carbone à partir d'une molécule de glucose ([S Salminen et al., 1998](#)).

L'approche conventionnelle de la classification des bactéries lactiques était basée sur les caractéristiques physiologiques et biochimiques ; cependant, plus récemment, la caractérisation moléculaire est devenue un outil important pour la classification et l'identification des bactéries lactiques. La caractérisation moléculaire comprend le profilage de l'ADN polymorphe amplifié aléatoirement, le séquençage du gène de l'ARNr 16S, les empreintes digitales basées sur la PCR et les profils de protéines solubles ([Sharma et al., 2019](#)), ainsi que la différenciation des espèces par PCR multiplex à l'aide d'amorces spécifiques d'érivées de recA ([Ni et al., 2015](#)).

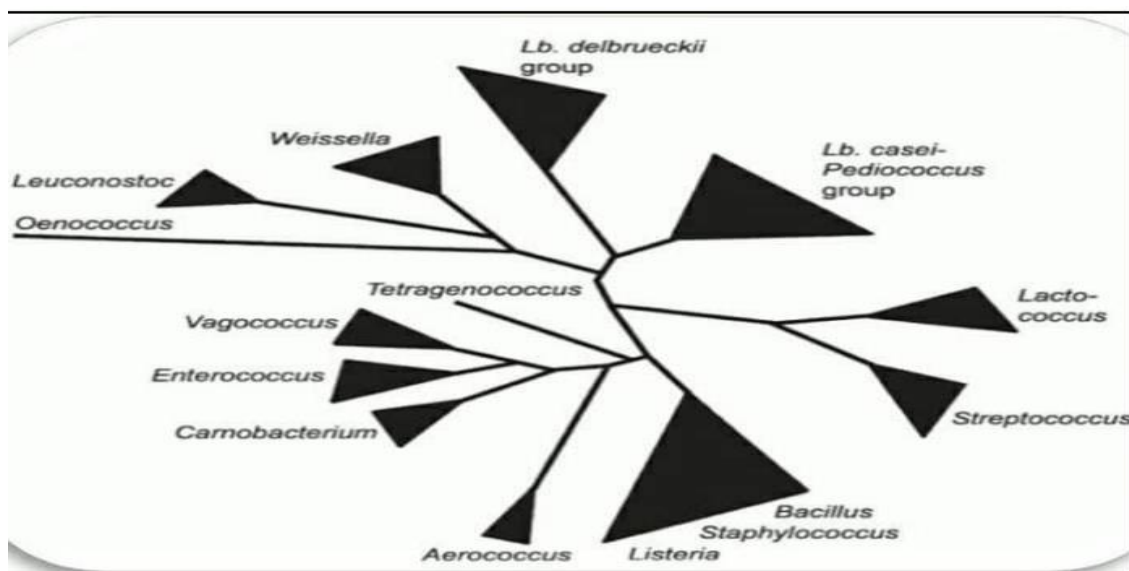


Figure I.2. Arbre phylogénétique de l'ordre de Lactobacilles ([Ludwig & Kabat-Zinn, 2008](#))

BL sont constituées de genres bactériens au sein du phylum Firmicutes, qui comprend environ 20 genres. Les genres *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*,

Aerococcus, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella* sont les principaux membres des BL ([Axelsson, 2004](#)).

Le genre *Lactobacillus* a récemment été reclassé par les scientifiques en 25 genres. Cette reclassification a été rendue nécessaire par l'étendue de la diversité du genre original, qui rendait très difficile la classification, la dénomination et la distinction entre les différents lactobacilles ([Zheng et al., 2020](#)). Les nouveaux genres sont *Lactobacillus*, *Paralactobacillus* et Les vingt-trois (23) nouveaux genres comprennent : *Amylolactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus* et *Secundilactobacillus* ([Zheng et al., 2020](#)).

I.2.5. Applications industrielles des bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques présentent des activités métaboliques assez diversifiées et une capacité d'adaptation aux différents environnements. Cette diversité est responsable de leur large gamme d'applications à l'échelle industrielle ([Streit et al., 2007](#)) .

I.2.5.1. Dans l'industrie alimentaire :

Les bactéries lactiques sont impliquées dans la fermentation et la bio-conservation de différents aliments. Ainsi, les souches de *Lactobacillus bulgaricus*, *Sterptococcus thermophilus* sont utilisées pour la production du yaourt, des fromages et des laits fermentés ([Yateem, 2008](#)). Le vin, les poissons, les viandes, les charcuteries, le pain au levain entre autres sont aussi des produits de fermentation par des bactéries lactiques ([Badis et al., 2005a](#))

Le but de leur utilisation est d'améliorer les caractéristiques Propriétés sensorielles des produits fermentés et prolongement de leur durée de conservation sans l'utilisation de conservateurs chimiques est attribuée aux substances antimicrobiennes qu'ils contiennent sécrétion (([Dortu & Thonart, 2009](#)) Les souches utilisées dans l'industrie alimentaire (Tableau 1) doivent répondre à certaines exigences standard: absence de pathogénicité ou de toxicité ,la capacité d'améliorer les propriétés sensorielles, domination ,Facile à cultiver et à protéger et conserve les propriétés souhaitables lors de la plantation et le stockage ([Marth & Steele, 2001](#))

Tableau I.1.: Quelques applications des bactéries lactiques

Souches lactiques	Applications	Références
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NCFM	Probiotique	Altermann et al. (2005)
<i>Lactobacillus brevis</i> ATCC 367	Ferment de l'ensilage, Levain, fermentation de la bière.	Dubchaket et al. (2006)
<i>Lactobacillus casei</i> ATCC 334	Probiotique, fermentation du lait, la flaveur des fromages	Dubchaket et al. (2006)
<i>Lactobacillus casei</i> BL23	Probiotique, fermentation du lait, la flaveur des fromages	Kandler et Welss (1986)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> sub sp, bulgaricus ATCC BAA-365	Fermentation du yaourt	Tamime et Robinson (1999)
<i>Lactobacillus helveticus</i> DPC 4571	Industrie fromagère	Callanan et al. (2008)
<i>Lactobacillus johnsonii</i> NCC 533	Probiotique	Primore et al. (2004)
<i>Lactobacillus plantarium</i> WCFSI	Conservation des aliments, tels que le lait, la viande et les végétaux, probiotique	Kleerebezem et al. (2003)
<i>Lactobacillus reuteri</i> F275	Probiotique	Morita et al. (2008)
<i>Lactobacillus sakei</i> sub sp, sakei23 K	La fermentation des aliments laitiers, une souche modèle	Chailionis et al. (2005)
<i>Lactobacillus</i> Lactissub sp, cremoris MG1363	La fermentation des Aliments laitiers, une souche modèle	Wegmann et al. (2007)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> sub sp, Mesenterii ATCC 8293	Fermentation d'aliment : Choucroute, des légumes, production de dextrane.	Debchak et al. (2006)
<i>Streptococcus thermophilus</i> LMC 18311	Fermentation du fromage et du yaourt	Bolotin et al. (2006)

I.2.5.2. Dans le domaine thérapeutique

Les bactéries lactiques présentes dans le tube digestif de l'homme et de l'animal jouent un rôle important pour la santé de son hôte.

Les substances antimicrobiennes qu'ils produisent contrôlent la croissance des agents pathogènes non souhaitable ([CORCY & LEPAGE, 1991](#)). Leurs effets bénéfiques sur la santé comprennent :

- Ils développent des enzymes qui aident au métabolisme de l'hôte, plus surtout pour les personnes ayant un déficit en lactase
- Leurs propriétés anti cholestérol interviennent en abaissant le taux de cholestérol sérique .
- Elles peuvent réduire les chances d'apparition du cancer du côlon en éliminant les substances pro-carcinogènes et en intervenant sur les enzymes fécales susceptibles de transformer les substances pro-carcinogènes en substances carcinogènes
- Elles interviennent sur la suppression des tumeurs par activation des macrophages.

I.3. Bactéries lactiques avec des propriétés favorables à la santé

En plus des fonctions importantes assurées par les bactéries lactiques dans l'industrie alimentaire, elles constituent le groupe le plus réputé parmi les probiotiques.

I.3.1. Probiotiques :

I.3.1.1. Concept « probiotique » :

Le nom probiotique vient du grec "pro bios qui signifie "pour la vie". L'histoire des probiotiques a commencé avec l'histoire de l'homme ; le fromage et le lait fermenté étaient bien connus des Grecs et des Romains, qui en recommandaient la consommation, en particulier pour les enfants et les convalescents. Les probiotiques sont définis comme les micro-organismes administrés en nombre suffisant pour survivre dans l'écosystème intestinal. Ils doivent avoir un effet positif sur l'hôte ([Gismondo et al., 1999](#)).

I.3.1.2. Historique :

Le terme "probiotique" a été utilisé pour la première fois par Lilly et Still well ([Lilly & Stillwell, 1965](#)) pour décrire les "substances sécrétées par un micro-organisme qui stimulent la croissance d'un autre". Une évolution importante de Parker en 1974 ([Parker, 1974](#)), qui a proposé que les probiotiques soient "des organismes et des substances qui contribuent à l'équilibre microbien intestinal" ([Fioramonti et al., 2003](#)). Dans les définitions plus modernes, le concept d'action sur la microflore sur la microflore intestinale, et même celle de microorganismes vivants, a disparu. ([Seppo Salminen et al., 1998](#)) définissent les probiotiques comme les aliments qui contiennent des bactéries vivantes bénéfiques pour la santé", tandis que Marteau et al. ([Philippe R Marteau et al., 2001](#)) les définissent comme des "préparations de cellules microbiennes ou des composants de cellules microbiennes". Qui ont un effet bénéfique sur la santé et le bien-être".

Certaines définitions modernes incluent plus précisément une action préventive ou thérapeutique des probiotiques. ([Charteris et al., 1997](#)), par exemple, définissent les probiotiques comme des "micro-organismes qui, lorsqu'ils sont ingérés, peuvent avoir un effet positif dans la prévention

et le traitement d'un état pathologique spécifique". Enfin, étant donné que les probiotiques se sont avérés efficaces dans le traitement de certaines maladies gastro-intestinales([Philippe R Marteau et al., 2001](#)), ils peuvent être considérés comme des thérapeutiques. Il est clair qu'un certain nombre de définitions du terme "probiotique" ont été utilisées au fil des ans., mais celle de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture /Organisation mondiale de la santé ([Food & Organization, 2001](#))et approuvée par l'Association scientifique internationale pour les probiotiques et les prébiotiques ([Reid et al., 2003](#)) illustre le mieux là l'étendue et la portée des probiotiques tels qu'ils sont connus aujourd'hui : des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte".

Cette définition conserve des éléments historiques de l'utilisation d'organismes vivants à des fins de santé, mais ne s'applique pas aux probiotiques. D'organismes vivants à des fins sanitaires, mais ne limite pas l'application du terme aux seuls probiotiques oraux à effet intestinal ([Reid, 2006](#)).ayant des effets sur l'intestin ([Reid, 2006](#)).Malgré ces nombreuses définitions théoriques, la question pratique se pose de savoir si un micro-organisme donné peut être considéré comme un probiotique ou non.

I.3.1.3. Paramètres importants pour sélectionner un probiotique :

Certains critères stricts ont été proposés([Havenaar, 1992](#)), par exemple, ont proposé les paramètres suivants pour sélectionner un probiotique :

- ❖ Une sécurité totale pour l'hôte
- ❖ Une résistance à l'acidité gastrique et aux sécrétions pancréatiques
- ❖ L'adhésion aux cellules épithéliales
- ❖ L'activité antimicrobienne
- ❖ L'inhibition de l'adhésion des bactéries pathogènes
- ❖ L'évaluation de la résistance aux antibiotiques
- ❖ La tolérance aux additifs alimentaires
- ❖ La stabilité dans la matrice alimentaire.

Les probiotiques utilisés aujourd'hui n'ont pas été sélectionnées sur la base de tous ces critères, mais les probiotiques les plus couramment utilisés sont les souches de bactéries lactiques telles que *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* et *Streptococcus* (*S. thermophilus*).Les deux premières sont connues pour résister à l'acide gastrique, aux sels biliaires et aux enzymes pancréatiques, pour adhérer à la muqueuse colique et pour coloniser facilement le tractus intestinal([Fioramonti et al., 2003](#)).

Tableau I.2. Les microorganismes probiotiques ([Konuray & Erginkaya, 2017](#))

<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lb. Casei</i> , <i>Lb. Brevis</i> , <i>Lb. Bulgaricus</i> , <i>Lb. Cellebiosus</i> , <i>Lb. Delbrueckii</i> , <i>Lb. Johnsonii</i> , <i>Lb. Lactis</i> , <i>Lb. Reuteri</i> , <i>Lb. Rhamnosus</i> , <i>Lb. Plantarum</i> , <i>Lb. Fermentum</i> , <i>Lb. Helveticus</i> , <i>Lb. Curvatus</i> , <i>Lb. Salivarius</i> , <i>Lb. Gasseri</i>
<i>Bifidobacterium</i> spp.	<i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. breve</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. thermophilum</i>
<i>Bacillus</i> spp.	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. lentus</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. Cereus</i>
<i>Pediococcus</i> spp	<i>P. Cerevisiae</i> , <i>P. acidilactici</i> , <i>P. Pentosaceus</i>
<i>Streptococcus</i> spp.	<i>S. Cremoris</i> , <i>S. Thermophilus</i> , <i>S. Intermedius</i> , <i>S. Lactis</i> , <i>S. Diacetylactis</i>
<i>Bacteriodes</i> spp	<i>B. capillus</i> , <i>B. suis</i> , <i>B. ruminicola</i> , <i>B. amylophilus</i>
<i>Propionibacterium</i> spp.	<i>P. shermanii</i> , <i>P. freudenreichii</i>
<i>Leuconostoc</i> spp.	<i>L. mesenteroides</i>
<i>Moisissures</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>aspergillus Oryzae</i>
Levures	Levures <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces boulardii</i> , <i>Candida torulopsis</i>

I.3.2. Prébiotiques :

Les prébiotiques sont des nutriments qui atteignent directement le gros intestin sans être digérés dans l'intestin grêle et qui augmentent les effets bénéfiques des probiotiques sur la santé ([Granato et al., 2010](#); [Siro et al., 2008](#)). Récemment, l'utilisation des prébiotiques en tant qu'aliments fonctionnels pour réguler la composition du microbiote gastro-intestinal afin de montrer un effet bénéfique sur la santé de l'hôte ([Özyurt & Ötles, 2014](#)).

Les prébiotiques sont des ingrédients alimentaires fonctionnels qui améliorent la qualité de nombreux aliments. Les prébiotiques sont utilisés comme compléments alimentaires dans les produits laitiers fermentés, le pain, les confitures, les boissons et les bonbons ([Yerlikaya & Karagözlü, 2009](#)).

L'enrichissement du régime alimentaire humain en prébiotiques a des effets positifs sur la microflore du système gastro-intestinal. Pour être reconnu comme prébiotique, un ingrédient alimentaire doit présenter les qualités suivantes ;

- Il doit être résistant à la digestion (il ne doit pas être absorbé dans l'estomac et l'intestin grêle)
- Il doit être hydrolysé par les bactéries de la microflore du côlon
- Il doit être sélectif pour les micro-organismes bénéfiques du côlon et encourager leur prolifération
- Il doit avoir des effets positifs sur la santé de l'hôte ([Yerlikaya & Karagözlü, 2009](#)).

Les prébiotiques peuvent contribuer à la protection contre les maladies intestinales et, selon des études cliniques expérimentales, les prébiotiques peuvent avoir des effets positifs sur le système gastro-intestinal. ([Yerlikaya & Karagözlü, 2009](#))

I.3.3. Mécanismes d'action des probiotiques

Oelschlaeger a indiqué que les effets des probiotiques peuvent être classés en trois modes d'action:

- Les probiotiques pourraient être capables de moduler les défenses de l'hôte, y compris le système immunitaire inné et acquis. Ce mode d'action est très probablement important pour la prévention et la thérapie des maladies infectieuses, mais aussi pour le traitement de l'inflammation (chronique) du tube digestif ou de certaines de ses parties. En outre, cette action probiotique pourrait être importante pour l'éradication des cellules hôtes.
- Les probiotiques peuvent également avoir un effet direct sur d'autres micro-organismes, commensaux et/ou pathogènes. Ce principe est, dans de nombreux cas, important pour la prévention des maladies infectieuses et la thérapie des infections et le rétablissement de l'équilibre microbien dans l'intestin
- Enfin, les effets des probiotiques peuvent être basés sur des actions affectant les produits microbiens tels que les toxines et les produits de l'hôte.

Le même auteur a également déclaré que le type d'effet(s) d'un probiotique donné dépend de ses propriétés métaboliques, des molécules présentées à sa surface ou des composants sécrétés. Même les parties intégrantes de la cellule bactérienne, comme l'ADN ou le peptidoglycane, peuvent être d'importance pour son efficacité probiotique. La combinaison individuelle de ces propriétés dans une certaine souche probiotique détermine une action probiotique spécifique et, par conséquent, son application efficace pour la prévention des maladies infectieuses ([Oelschlaeger, 2010](#)).

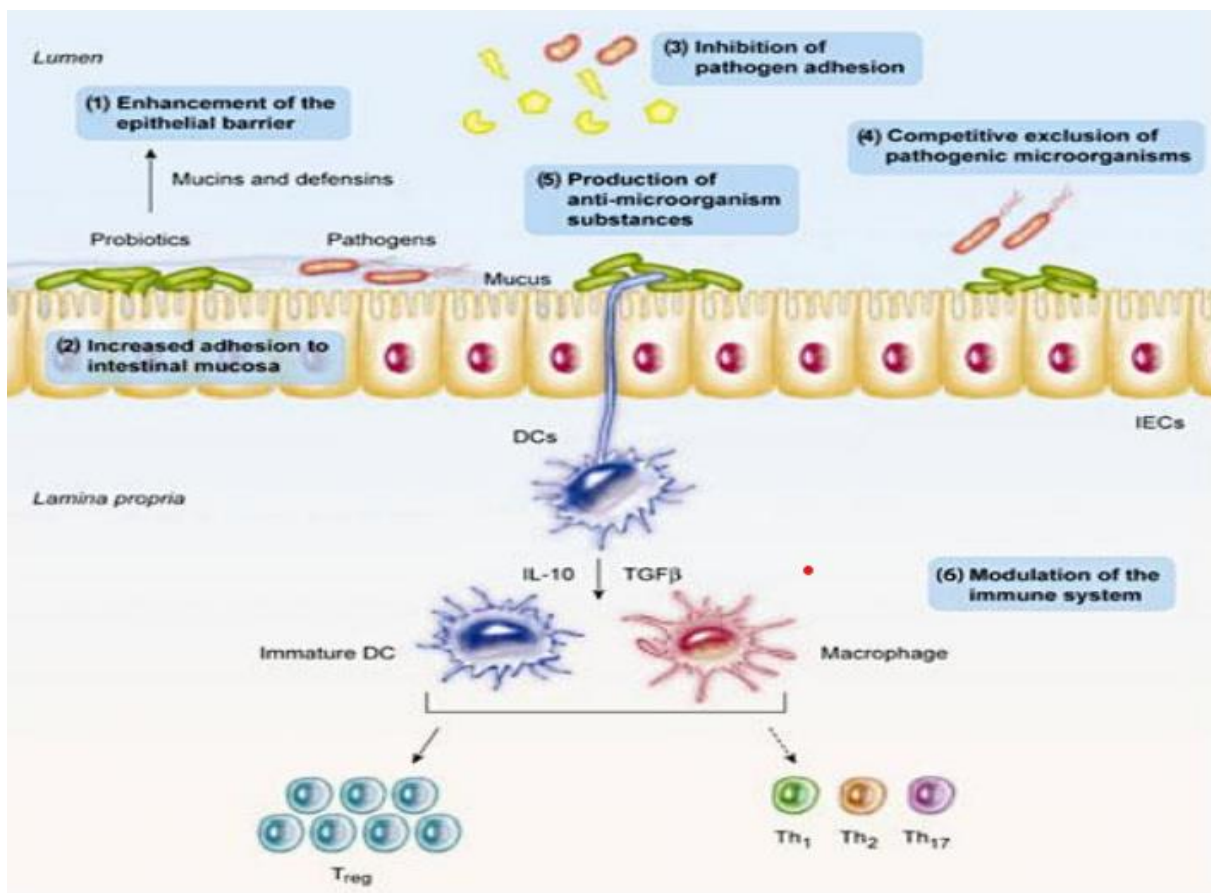


Figure I.3. Mécanismes d'action majeurs des probiotiques (([Bermudez-Brito et al., 2012](#))).

I.3.4. Quelques effets des micro-organismes probiotiques sur la santé :

Plusieurs avantages pour la santé sont attribués à l'ingestion d'aliments contenant des probiotiques. Certains d'entre eux ont été prouvés scientifiquement et d'autres doivent encore faire l'objet d'études supplémentaires chez l'homme. Les principaux avantages scientifiques liés aux probiotiques sont les suivants :

- activités antimicrobiennes et antimutagènes ([Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001](#))
- propriétés anticancérigènes ([P. R. Marteau et al., 2001](#))
- des propriétés antihypertension ([Lye et al., 2009](#)) des effets bénéfiques sur le métabolisme minéral, en particulier sur la stabilité osseuse ([Arunachalam, 1999](#))
- atténuation des symptômes des maladies de l'intestin et du syndrome de Crohn ([Philippe R Marteau et al., 2001](#))
- réduction des symptômes d'allergies alimentaires ([S Salminen et al., 1998](#))
- la réduction du taux de cholestérol LDL ([Sindhu & Khetarpaul, 2003](#)).

- Certaines souches de *Lactobacillus* ont également montré qu'elles supprimaient les microorganismes pathogènes tels que le *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *shigella onnei* et *Serratia marcescens* ([Drago et al., 1997](#)).
- Les bactéries probiotiques favorisent également les mécanismes de défense endogènes de l'hôte.

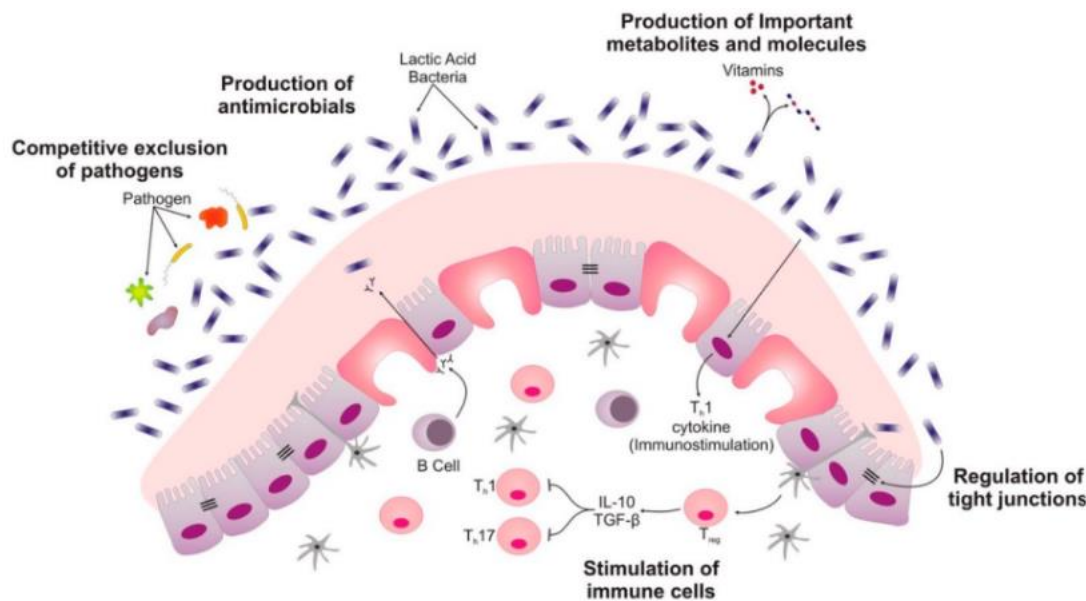


Figure I.4. Schéma présentant les différentes manières dont les probiotiques exercent leurs rôles bénéfiques dans l'intestin ([Ayivi et al., 2020](#)).

I.3.5. Impact des prébiotiques et des probiotiques sur la santé de la peau

Récemment, l'attention s'est portée sur l'utilisation des pré et probiotiques dans le domaine cosmétique. Premièrement, pour manipuler la composition et/ou les propriétés fonctionnelles du microbiote cutané. Deuxièmement, pour contribuer à la régénération de la peau et à la cicatrisation des imperfections et des plaies.

- ❖ L'efficacité des probiotiques concerne traditionnellement l'intestin de l'hôte (en particulier le côlon). En termes d'applications sur la peau, l'effet bénéfique peut être obtenu :

- (1) par l'ingestion de microorganismes vivants ([Levkovich et al., 2013](#))
- (2) par des applications topiques ([Volz & Biedermann, 2009](#)).

- ❖ Les probiotiques ont la capacité d'optimiser, de maintenir et de restaurer le microbiote de la peau de différentes manières. Cependant, l'application de probiotiques vivants sur la peau pose de nombreux défis ([Tester & Al-Ghazzewi, 2012](#)). Il s'agit de garantir la viabilité des bactéries probiotiques, la possibilité de recoloniser la peau après l'ajout d'un nouveau microbiote.
- ❖ Dans les formulations cosmétiques, le terme prébiotique peut s'appliquer "en principe" au microbiote cutané où les hydrates de carbone stimulent sélectivement l'activité et la croissance du microbiote cutané "normal" bénéfique ([Krutmann, 2009](#)). Certains glucides, par exemple le glucomannane de konjac, fructo oligosaccharides, sont capables de promouvoir la santé de la peau de manière unique, en particulier les glucomannanes ([Bateni et al., 2013](#)).

I.3.6. Pré- probiotiques dans les produits topiques commerciaux produits de soins de la peau

Un certain nombre de produits contenant des prébiotiques, des probiotiques ou symbiotiques sont commercialisés par l'industrie des soins de la peau. Cependant, il semble qu'une gamme limitée de produits de soins topiques contenant des prébiotiques ou des symbiotiques soit disponible.

probiotiques. Il s'agit principalement de crèmes et de lotions formulées avec des prébiotiques ou des probiotiques ou les deux.

Certains de ces produits prétendent protéger les mains et les ongles contre les bactéries. D'autres sont conçus pour traiter les pellicules, les démangeaisons ou les éruptions cutanées.

Des défis considérables se posent pour garantir que toute fonctionnalité souhaitée du pré ou du probiotique soit conservée au contact de la peau. Dans de nombreuses situations, cela est difficile à garantir en raison de l'exposition du corps à l'environnement, de l'hygiène et du contact avec la peau.

Toutefois, contrairement aux probiotiques, l'efficacité potentielle d'un prébiotique est positive. l'efficacité potentielle d'un prébiotique est conservée dans une formulation grâce à la stabilité relative des hydrates de carbone (même dans des formats relativement durs). Ce n'est souvent pas le cas pour d'autres types d'ingrédients d'intervention cutanée([F. H. Al-Ghazzewi & R. F. Tester, 2014](#)).

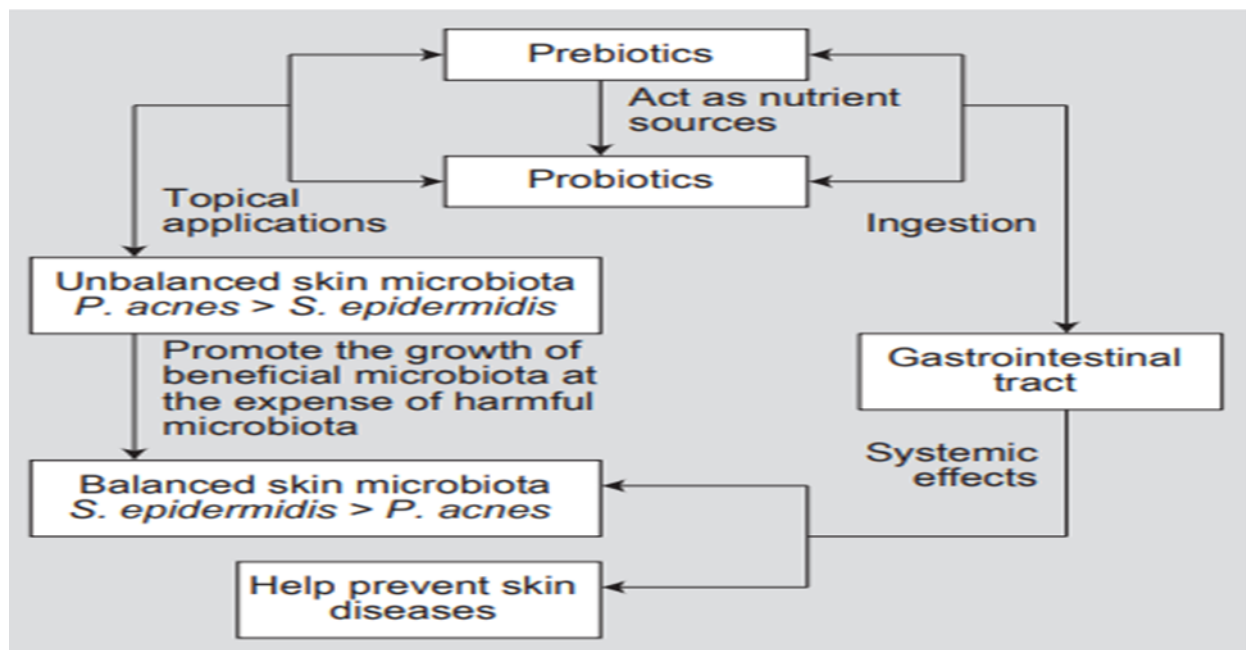


Figure I.5. Rôle des pré et probiotiques dans les soins de la peau ([F. Al-Ghazzewi & R. Tester, 2014](#))

I.4. La peau

La peau est un organe très dynamique composé d'une série de types de cellules et de structures qui travaillent ensemble pour préserver la barrière cutanée et faire face aux défis extérieurs.

Les principales couches sont l'épiderme et le derme, le tissu adipeux sous-cutané sous-jacent assurant l'amortissement et les réserves d'énergie du corps ([Zwick et al., 2018](#)). La peau abrite également des appendices, tels que les follicules pileux et les glandes, qui sont impliqués dans de nombreuses fonctions homéostatiques, de la thermorégulation à la réparation des plaies ([Ito et al., 2005](#); [Rittié et al., 2013](#)). Les glandes sébacées sécrètent des lipides non polaires pour empêcher la perte d'eau ([Pappas, 2009](#)), tandis que les peptides antimicrobiens (AMP) excrétés par les glandes sudoripares limitent la croissance des organismes pathogènes ([Rieg et al., 2006](#); [Schitteck et al., 2001](#)). Le derme préserve l'intégrité structurelle de la peau, l'épiderme est la principale barrière de défense qui maintient un contact direct avec l'environnement extrinsèque. Cette barrière comprend de multiples composants biologiques, structurels et chimiques essentiels à la prévention des infections internes. Cependant, des perturbations de la barrière cutanée, comme cela se produit avec le vieillissement de la peau, la pathologie et les blessures, peuvent provoquer une dysbiose microbienne, et augmenter le risque d'infection ([Kong et al., 2012](#); [Zeeuwen et al., 2012](#)).

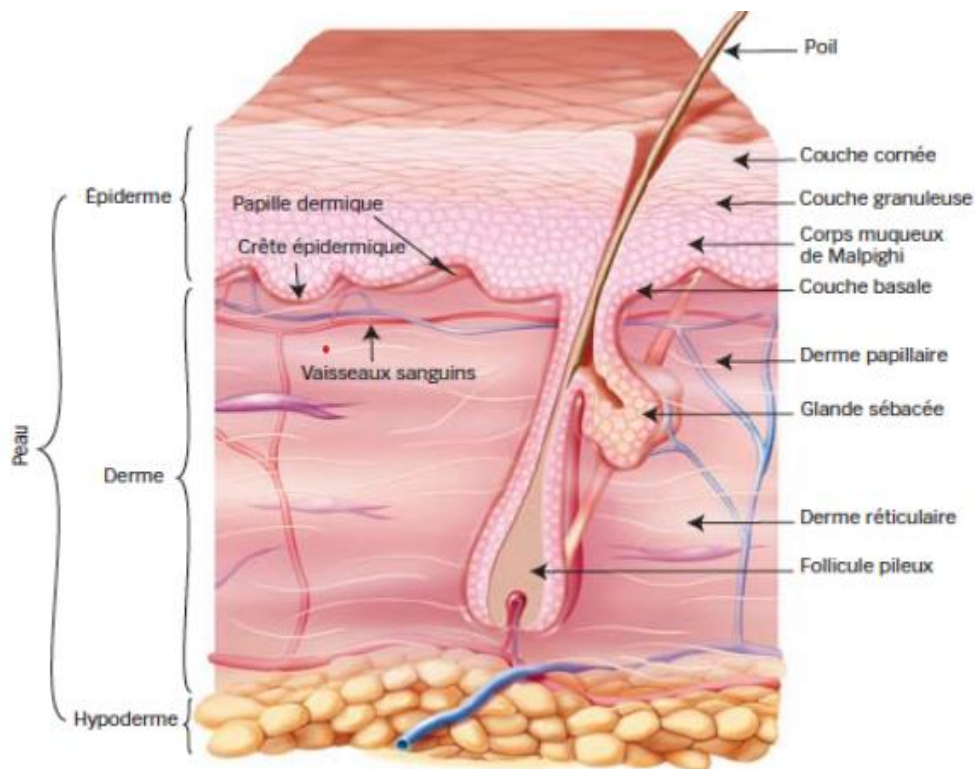


Figure I.6 Coupe histologique de la peau (Bruno Sassolas 2010)

I.4.1. Peau et les mécanismes de défense de l'hôte :

La peau est une barrière qui limite l'invasion et la croissance des bactéries pathogènes.

Les mécanismes de défense antimicrobiens cutanés sont les suivants :

- 1/ La rigidité mécanique du stratum corneum et sa faible teneur en humidité.
- 2/ Les lipides de la couche cornée.
- 3/ La production de lysozyme.
- 4/L'acidité (pH 5) et les défensines ([Harder et al., 1997](#)).

Plus précisément, la plupart des zones de la peau sont sèches, ce qui crée un environnement défavorable à la réplication bactérienne. Les kératinocytes morts se détachent et éliminent physiquement les bactéries colonisatrices. La peau est plus froide que la température normale du corps et légèrement acide ; la plupart des bactéries se développent mieux à un pH neutre et à 37°C.

Si les organismes peuvent échapper aux défenses cutanées de l'hôte, la ligne de protection suivante implique le système immunitaire, ou le tissu lymphoïde associé à la peau (SALT).

I.4.2. Flore bactérienne résidente de la peau:

I.4.2.1. Bactéries à Gram positif

Les *Staphylococcus* sp. Sont des Cocci à Gram positif qui se regroupent en amas. Les *Staphylococcus* sp. Commensaux se distinguent par leur incapacité à produire de la coagulase, une enzyme importante associée à la virulence. Il existe 32 espèces de staphylocoques à coagulase négative, dont 15 sont exclusives à l'homme et 10 sont régulièrement isolées de la peau glabre normale. *Staphylococcus epidermidis* et *S. hominis* sont les commensaux à coagulase négative les plus répandus. Ces organismes sont parfois à l'origine d'infections nosocomiales chez des patients porteurs de corps étrangers à demeure, tels que des valves cardiaques et des cathéters intraveineux ([Archer, 1995](#)).

Les *Micrococcus* sp. Sont également des Cocci gram-positifs qui se distinguent des Staphylocoques par leur incapacité à produire de l'acide en anaérobiose à partir du glycérol. En outre, *Micrococcus* sp. n'est pas lysé par la lysostaphine et le nitrofurane. Au moins huit espèces ont été isolées de la peau au moins huit espèces ont été isolées de la peau humaine, la plus courante étant *Micrococcus Luteus*.

Les *Corynéformes* sont des *Bacillus pléomorphes* gram-positifs. Les commensaux de la peau comprennent *Corynebacterium* sp., *Propionibacterium* sp., *Dermabacter* sp. et *Brevibacterium* sp. Les *Corynébactéries* sont classées en deux catégories : lipophiles et non lipophiles. Les organismes lipophiles colonisent les zones riches en lipides ou en sébum, comme l'aisselle. *Arcanobacterium haemolyticum*, *C. xerosis*, *C. minutissimum* et *C. striatus*. Ces organismes ne produisent pas de toxines et ne sont pas mobiles.

Propionibacterium acnes est la *corynéforme* anaérobie dominante sur la peau. Contrairement à la plupart des commensaux, ses besoins anaérobies favorisent la croissance en profondeur dans les structures annexielles par opposition à l'épithélium squameux. *Dermabacter* et *Brevibacterium* sp. préfèrent la peau glabre, et humide comme les toeweb. La production de méthane thiol par *Brevibacterium* sp. est à l'origine de l'"odeur de pied".

I.4.2.2. Bactéries Gram-négatives

Les organismes Gram-négatifs ne résident pas normalement dans l'environnement sec normalement pas dans l'environnement sec de la peau normale. Occasionnellement, les zones intertrigineuses humides permettent la croissance d'*Acinetobacter* sp.

Tableau I.3.Résidents bactériens de la peau et leurs dermatoses associées ([Archer, 1995](#))

Bactérie	Localisation	Caractéristiques distinctives	Pathologie cutanée
Gram positive			
Staphylococcus • <i>S. epidermidis</i> • <i>S. hominis</i> • <i>S. haemolyticus</i> • <i>S. capitis</i> • <i>S. midis</i> • <i>S. warneri</i> • <i>S. saprophyticus</i> • <i>S. cohnii</i> • <i>S. xylosus</i> • <i>S. simulans</i> • <i>S. saccharolyticus</i>	Tronc supérieur Peau glabre Produit de la bave Tête Périnée front/antecubital	Produire de la bave Provoquent des infections urinaires Anaérobie	
Micrococcus • <i>M. Luteus</i> • <i>M. Varians</i> • <i>M. Lylae</i> • <i>M. Kristinae</i> • <i>M. Nishinomiyaensis</i> • <i>M. Roseus</i> • <i>M. Sedentarius</i> • <i>M. Agieis</i>	Chez les enfants/température Chez les enfants kératolyse piquée		
Corynebacterium • <i>C. minutissimum</i> • <i>C. tenuis</i> • <i>C. xerosis</i> • <i>C. jeikeium</i>	Intertriginale Intertriginale Conjonctive Intertriginale	Lipophile/porphyrine Lipophile Lipophile Lipophile/ résistant aux antibiotiques	Erythrasme Trichomycose Conjonctivite
Rhodococcus	Lipophile	granulome dans le VIH	
Propionibacterium • <i>P. acnes</i> • <i>P. granulosum</i> • <i>P. vidum</i>	Glande sébacée Glande sébacée Axillaire	Lipophile/anaérobie Lipophile/anaérobie Lipophile/anaérobie	Acné Acné sévère

• <i>Brevibacterium</i>	Toiles d'orteils	Non lipophile (grande colonie)	Odeur de pied, pied blanc
• <i>Dermabacter</i>	Non lipophile (grande colonie)	Kératolyse piquée	
Gram négatif			
• <i>Acinetobacter</i>	Zones sèches	Gram-négative	

I.4.3. Microbiome de la peau et la maladie :

De nombreuses affections cutanées courantes sont supposées avoir une contribution microbienne sous-jacente car les traitements antimicrobiens entraînent une amélioration clinique. Cependant, un composant microbien qui satisfait pleinement aux postulats de Koch a rarement été identifié dans ces maladies de la peau.

Nous illustrons les différentes façons dont une maladie cutanée peut être associée à un organisme spécifique à l'aide de trois cas :

- Premièrement, les maladies cutanées en corrélation avec le microbiote .
- Deuxièmement, une maladie de la peau avec une composante microbienne non identifiée à l'heure actuelle
- Troisièmement, un commensal de la peau qui peut devenir invasif. et provoquer une

Affections cutanées en corrélation avec le microbiote :

- ✚ La dermatite séborrhéique est une affection cutanée hyperproliférative et prurigineuse, affectant typiquement le cuir chevelu. On suppose qu'une composante fongique participe à la pathogenèse de la maladie, Une large gamme de fongicides permet de lutter efficacement contre la dermatite séborrhéique. La cible présumée de ces fongicides est *Malassezia* spp, qui est le champignon dominant cultivé sur la peau et qui est particulièrement répandu dans la dermatite séborrhéique([Pierard et al., 1997](#)).
- ✚ La bactérie commensale de la peau ***P. acnes*** est associée à une maladie très courante chez les adolescents, l'acné une affection inflammatoire de l'unité pilo-sébacée. L'apparition de la puberté entraîne la maturation de l'unité pilo-sébacée, ce qui augmente la prépondérance de l'acné.

L'unité pilo-sébacée, augmentant la prépondérance des micro-organismes lipophiles, en particulier *P. Acnes*, qui sécrète des lipases, des protéases et des hyaluronidases qui blessent le revêtement tissulaire de l'unité pilo-sébacée([Dessinioti & Katsambas, 2010](#)) .Le génome de *P.*

Acnes code pour divers facteurs immunogènes, notamment protéines de surface cellulaire ayant des propriétés d'adhérence et des porphyrines([Bruggemann et al., 2004](#))..

Cependant, l'utilisation de méthodes moléculaires pour examiner la composante bactérienne de l'acné a été limitée, et une petite étude de séquençage n'a pas identifié de nouvelles aucune nouvelle bactérie associée à l'acné([Bek-Thomsen et al., 2008](#)).

- ✚ La dermatite atopique est un trouble chronique récurrent qui touche environ 15 % des enfants et 2 % des adultes aux États-Unis et qui est également associée à la colonisation et à l'infection microbiennes ([Grice et al., 2009](#)).

I.4.4. Cicatrisation des plaies cutanées

Les plaies cutanées sont fréquentes et représentent un problème majeur de santé publique, avec plusieurs risques de complications et un impact négatif significatif sur la qualité de vie des patients. En effet, les plaies cutanées provoquent des douleurs, une perte de fonction et de mobilité et peuvent altérer le bien-être mental, entraînant dépression, détresse, anxiété, gêne et isolement social([Botting & Haniffa, 2020](#); [Visscher et al., 2022](#)) Les cicatrices qui en résultent, en plus d'être visibles, peuvent également provoquer du prurit, des douleurs et d'autres gênes, ce qui représente un énorme fardeau pour les patients([Hornef & Torow, 2020](#))En outre, l'incapacité des plaies à cicatriser à terme, telle qu'observée dans les plaies chroniques, est associée à un taux de mortalité élevé et à des coûts de soins de santé importants([Ubags et al., 2021](#)).

La cicatrisation est un processus complexe et coordonné de réparation des tissus blessés. Une compréhension plus complète de ce processus et des facteurs susceptibles d'altérer ou de favoriser la cicatrisation est cruciale pour le développement de traitements efficaces. En particulier, le microbiome de la peau est apparu comme un acteur crucial dans l'apparition et la cicatrisation des plaies chroniques([Antolin-Amerigo et al., 2012](#)).

I.4.4.1. Processus de cicatrisation normal des plaies :

Classiquement, la cicatrisation des plaies aiguës est décrite comme une séquence de quatrephases imbriquées : hémostase, inflammation, prolifération et remodelage

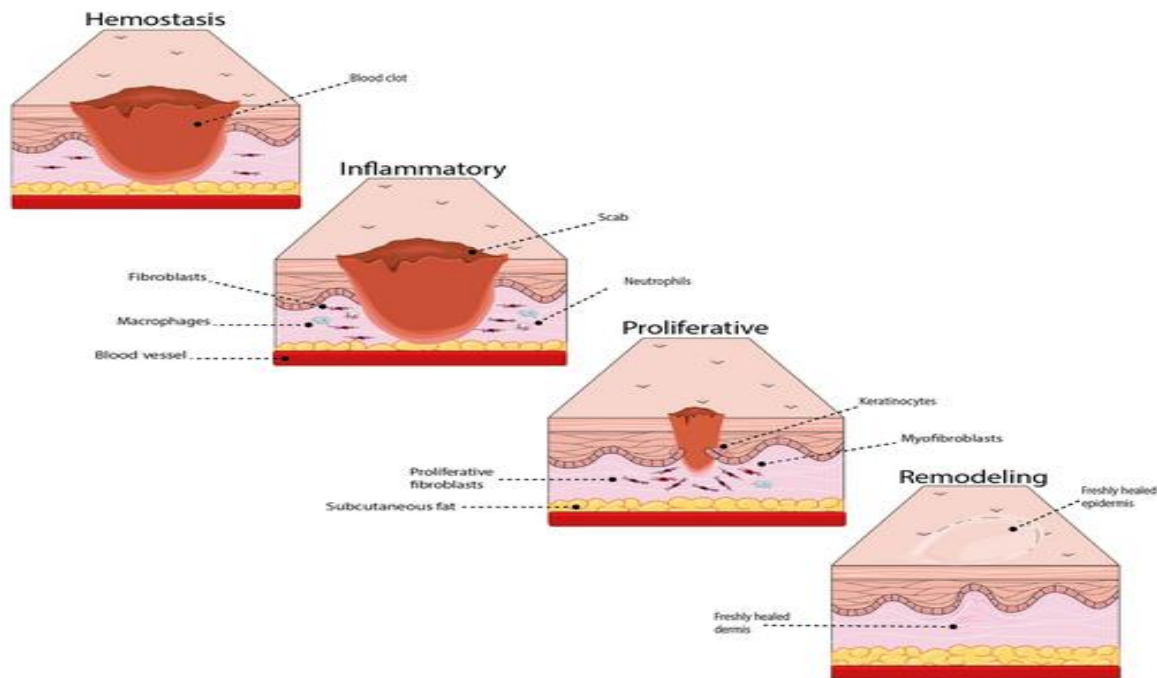


Figure I.7: Les quatre phases de la cicatrisation (Landen NX, Li D, Stahle M. 2016).

I.5. Biosurfactants

Les biosurfactants (BS) regroupent une classe de molécules tensioactives, structuralement variées, et communément synthétisées par les microorganismes (bactéries, levures, champignons, et archées halophiles) (Kebbouche-Gana *et al.*, 2009). Les BS sont des biomolécules amphiphiles, possèdent à la fois une fraction hydrophile et une autre hydrophobe.

Généralement, le groupement hydrophile est constitué d'acides aminés, peptides ou de polysaccharides ; le groupement hydrophobe est constitué d'acides gras saturés ou insaturés (Ligia Rodrigues *et al.*, 2006). Parmi les différents biosurfactants décrits, on trouve des glycolipides, des lipopeptides, des phospholipides, des lipides neutres, des acides gras ou des lipopolysaccharides (Meylheuc *et al.*, 2001).

Tout comme leurs homologues de synthèse chimique, ils peuvent avoir des propriétés émulsifiantes, moussantes, mouillantes ou encore dispersantes, mais également des propriétés plus spécifiques (i.e. propriétés antibiotiques), elles jouent aussi un rôle dans la solubilisation des substrats hydrophobes (Meylheuc *et al.*, 2001; L. R. Rodrigues *et al.*, 2006). Certaines de ces propriétés peuvent, de plus, être conservées dans des conditions extrêmes d'utilisation telles que

: pH acide, température élevée, etc. Compte tenu de leurs potentialités et de leur innocuité, ils sont aujourd'hui utilisés dans différents domaines .

I.5.1. Avantages des biosurfactants

Les avantages des biosurfactants par rapport à leurs homologues synthétisés chimiquement sont nombreux :

- **Biodégradabilité** : les tensio-actifs biologiques sont facilement dégradables par les micro-organismes([Mohan et al., 2006](#)).
- **Fausse toxicité** : les composés chimiques tensio-actifs présentent une toxicité plus élevée que les tensio-actifs biologiques et des valeurs CE50 plus élevées (concentration nécessaire pour réduire 50 % de la population testée)([Muthusamy et al., 2008](#)).
- **Disponibilité de la matière première** : Les matières premières très rentables et largement accessibles à partir desquelles les biosurfactants peuvent être produits en grandes quantités. La source de carbone peut être constituée d'hydrates de dioxyde de carbone, d'hydrocarbures, de glucides et/ou de lipides, qui peuvent tous être utilisés séparément ou en combinaison les uns avec les autres ([Kosaric, 2001](#)).
- **Tolérance aux changements de facteurs physiques** : Beaucoup de biosurfactants ne sont pas affectés par des facteurs exogènes comme la température, le pH et les forces ioniques. La lichensyne produite par la souche *Bacillus Licheniformis* n'a pas été affectée par une plage de température d'environ 50°C, une plage de pH de 4 à 9 et une plage de salinité d'environ 50 g/l pour le NaCl et 25 g/l pour le Ca²⁺ (**Krishnaswamy, 2008**).
- **Réduction du stress au niveau de la surface et de l'interface** : ([Mulligan, 2005](#))a déclaré

Un bon agent tensioactif peut réduire la tension superficielle de l'eau de 75 à 35 mN/m et la tension interfaciale entre l'eau et l'hexadécane de 40 à 1 mN/m, respectivement (Krishnaswamy, 2008). L'agent de surface a la capacité de réduire ces valeurs à moins de 1 mN/m, ainsi que la tension superficielle de l'eau à 25 mN/m.

- **Autres avantages** : Leur utilisation dans les produits cosmétiques, pharmaceutiques et les additifs alimentaires est rendue possible par leur biocompatibilité et leur digestibilité ([Kosaric, 2001](#)). .

I.5.2. Inconvénients des biosurfactants :

Si l'on compare les biosurfactants à leurs homologues synthétisés chimiquement, on constate que les premiers présentent de nombreux avantages. Cependant, leurs coûts de production sont encore trop élevés et limitent leur utilisation" ([Bognolo, 1999](#)). Le milieu de croissance des

micro-organismes qui produisent des biosurfactants n'est pas cher, mais en raison du faible taux de production et des processus de purification, leurs coûts peuvent parfois dépasser ceux des produits chimiques tensioactifs ([Fiechter, 1992](#)).

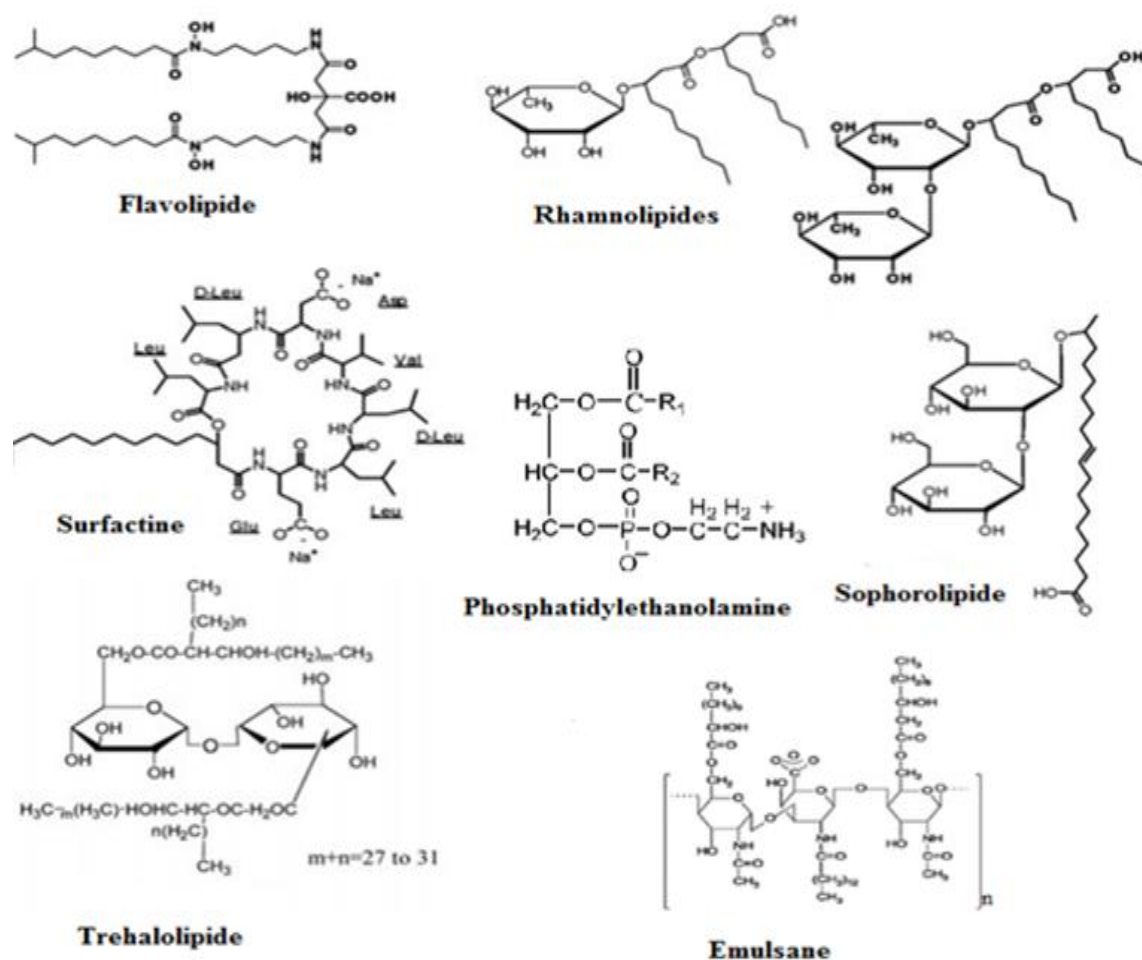


Figure I.8. Structures biochimiques des biosurfactants les plus couramment produits par les microorganismes ([Das et al., 2010](#); [Md, 2012](#))

I.5.3. Applications commerciales des biosurfactants

La production mondiale d'agents tensioactifs est passée à 17 millions de tonnes métriques en 2000 (y compris les savons). taux de croissance prévus de 3 à 4 % par an au niveau mondial ([Rahman & Gakpe, 2008](#)). Ces tensioactifs synthétisés chimiquement à base de pétrole et sont généralement non biodégradables et restent donc toxiques pour l'environnement dans lequel ils se trouvent.

En outre, ces composés peuvent s'accumuler dans l'organisme et leurs processus de production et sous-produits peuvent être dangereux pour l'environnement.

En raison de cette prise de conscience croissante de la nécessité de protéger l'écosystème, les scientifiques de l'environnement ont resserré leurs exigences en matière de protection de l'écosystème, les spécialistes de l'environnement ont renforcé les réglementations d'où un intérêt accru pour les tensioactifs d'origine microbienne comme alternatives possibles aux tensioactifs synthétisés chimiquement ([Benincasa, 2007](#)).

Les biosurfactants ont plusieurs applications dans l'agriculture, la médecine, le pétrole et l'industrie, l'agriculture, la médecine, le pétrole et l'industrie.

I.5.4. Application des biosurfactants dans l'agriculture

L'un des moyens d'améliorer la solubilité des composés chimiques présentant un risque biologique, tels que les HAP, consiste à utiliser des surfactants comme agents mobilisateurs.

Cela augmente la solubilité apparente des contaminants organiques hydrophobes (HOC).

On dit également que les surfactants aident les microbes à s'adsorber sur les particules de sol occupées par les polluants, diminuant ainsi la longueur du chemin de diffusion entre le site d'absorption et le site d'élimination. la longueur du chemin de diffusion entre le site d'absorption et le site de biopsie par les microorganismes ([Makkar & Rockne, 2003](#)). En agriculture également, les surfactants sont utilisés pour hydrophiliser les sols lourds afin d'obtenir une bonne mouillabilité et d'assurer une distribution uniforme des engrais dans le sol. Ils empêchent également l'agglomération de certains engrais pendant le stockage et favorisent l'étalement et la pénétration des substances toxiques contenues dans les pesticides ([Makkar & Rockne, 2003](#)).

Le biosurfactant rhamnolipide, principalement produit par le genre *Pseudomonas*, est connu pour posséder une puissante activité antimicrobienne. En outre, l'exposition globale au rhamnolipide ne devrait avoir aucun effet néfaste sur l'homme ou l'environnement.

Les fengycines possèdent également une activité antifongique et peuvent donc être utilisées dans le cadre de la lutte biologique contre les organismes nuisibles ([Traudel & Merten, 2017](#)).

Application des biosurfactants en médecine : ([Mukherjee et al., 2006](#)) ont élucidé le large éventail d'applications des biosurfactants en médecine :

Activité antimicrobienne : Les diverses structures des biosurfactants leur confèrent la capacité d'afficher des performances polyvalentes. De par leur structure, biosurfactants exercent leur toxicité sur la perméabilité de la membrane cellulaire avec un effet similaire à celui d'un détergent ([Gharaei-Fathabad, 2011; Zhao et al., 2010](#)) a rapporté que plusieurs biosurfactants ont de fortes propriétés antibactériennes, antifongiques , anti-inflammatoires et antivirale.

Ces surfactants jouent le rôle d'agents antiadhésifs pour les pathogènes, ce qui les rend utiles pour le traitement de nombreuses maladies ainsi que pour le traitement des maladies infectieuses, ainsi que pour leur utilisation en tant qu'agents thérapeutiques et probiotiques.

Activité anticancéreuse : Certains glycolipides extracellulaires microbiens induisent la différenciation cellulaire au lieu de la prolifération cellulaire dans la leucémie promyélocytaire humaine, de même, l'exposition des cellules PC 12 au MEL a augmenté l'activité de l'acétylcholine estérase et a interrompu le cycle cellulaire à la phase G1, ce qui a entraîné une croissance excessive des neurites et une différenciation cellulaire partielle.

ce qui suggère que le MEL induit la différenciation neuronale dans les cellules PC 12 et fournit un moyen d'améliorer la qualité de vie des patients ([Muthusamy et al., 2008](#)).

Agents antiadhésifs : Les biosurfactants inhibent l'adhésion des organismes pathogènes aux surfaces solides ou aux sites d'infection.

[L. Rodrigues et al., 2006](#) ont démontré que le pré-enrobage d'un cathéter urétral en vinyle urétrales en y faisant passer la solution de surfactine avant l'inoculation avec un milieu de culture a permis de réduire la quantité de biofilm formé par les bactéries.

Adjuvants immunologiques : Les lipopeptides bactériens constituent de puissants adjuvants immunologiques non toxiques et non pyrogènes lorsqu'ils sont mélangés à des antigènes conventionnels avec des antigènes conventionnels. Une amélioration de la réponse humorale a été démontrée lorsque des antigènes de faible masse moléculaire sont mélangés à des antigènes conventionnels ([Gharaei-Fathabad, 2011](#)).

Activité antivirale : Les effets antibiotiques et l'inhibition de la croissance du virus de l'immunodéficiência humaine dans les cellules leucocytaires ont été cités dans la littérature ([Muthusamy et al., 2008](#)).

I.5.5. Application des biosurfactants dans l'industrie cosmétique :

Dans l'industrie cosmétique, en raison de ses propriétés d'émulsification, de moussage, de liaison à l'eau, d'étalement et de mouillage sur la viscosité et sur la consistance du produit, les biosurfactants ont été proposés pour être utilisés dans l'industrie cosmétique et sur la consistance du produit, les biosurfactants ont été proposés pour remplacer les tensioactifs synthétisés chimiquement. Ces tensioactifs sont utilisés émulsifiants, agents moussants, solubilisant, agents mouillants, nettoyants, agents antimicrobiens, médiateurs de l'action enzymatique, dans les insectifuges, antiacides, produits pour le bain, tampons contre l'acné, produits antipelliculaires, solutions pour lentilles de contact, produits pour bébés, mascara, rouge à lèvres, dentifrice, nettoyants pour la dentine, etc ([L. Rodrigues et al., 2006](#)).

I.5.6. Applications des biosurfactants dans les détergents commerciaux pour le linge détergents

Presque tous les tensioactifs, un composant important utilisé dans les détergents commerciaux modernes, sont synthétisés chimiquement et exercent une toxicité sur les organismes vivants d'eau douce. Le public est de plus en plus sur les dangers pour l'environnement et les risques associés aux tensioactifs chimiques a stimulé la recherche de substituts naturels et respectueux de l'environnement dans les détergents à lessive. Les biosurfactants tels que le lipopeptide cyclique (CLP) sont stables dans une large gamme de pH (7,0-12,0) et le fait de les chauffer à haute température n'entraîne aucune perte de leurs propriétés tensioactives([Mukherjee, 2007](#)) .

Ils ont montré une bonne capacité à former des émulsions avec des huiles végétales et ont fait preuve d'une excellente résistance à la corrosion.

I.5.7. Application de biosurfactants dans la récupération microbienne améliorée du pétrole microbien

La récupération assistée de pétrole par voie microbienne comprend l'utilisation de micro-organismes et l'exploitation de leurs processus métaboliques afin d'augmenter la production de pétrole à partir de réservoirs peu productifs. Les tensioactifs microbiens sont largement utilisés dans la récupération du pétrole ces derniers temps.

Le mécanisme responsable de la libération du pétrole est l'acidification de la phase solide. Certains micro-organismes, tels que *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Torulopsis bombicola*

ont été signalés comme utilisant le pétrole brut et les hydrocarbures comme seules sources de carbone et peuvent être utilisés pour lutter contre les marées noires.

Sources de carbone et peuvent être utilisés pour le nettoyage des marées noires ([Das & Mukherjee, 2007](#)).

I.5.8. Biosurfactants des bactéries lactiques :

Plusieurs études ont été menées sur les biosurfactants dérivés de *lactobacilles*, mais leur structure est peu connue, principalement en raison de leur grande complexité. Les biosurfactants dérivés de différentes souches de lactobacilles ont été classés comme des mélanges complexes, limitant l'adhérence des microbes pathogènes aux surfaces biotiques et abiotiques. Cependant, leur composition chimique n'a pas été pleinement rapportée et seules quelques-unes ont été partiellement décrites. Il est crucial d'obtenir une meilleure connaissance de la composition des biosurfactants issus des lactobacilles pour identifier

efficacement leurs composants actifs et être en mesure de les transformer afin d'améliorer leurs propriétés (Tableau 6) ([Sharma et al., 2014](#)).

Tableau I.4. Biosurfactants dérivés de diverses souches de BL ([Sharma et al., 2014](#)).

Souche lactique	Biosurfactants produits
<i>Lb. acidophilus</i> RC14	Riche en protéines, grande quantité de polysaccharides et teneur en phosphate.
<i>St. thermophilus</i>	Glycolipide
<i>Lb. acidophilus</i>	Surlactine
<i>St. mutans</i> NS	Rhamnolipides
<i>St. thermophilus</i> A	Glycolipide
<i>Lb. casei</i>	Glycoprotéine
<i>L. lactis</i>	Xylolipides
<i>Lb. acidophilus</i>	Glycoprotéine
<i>Lb. plantarum</i>	Glycolipide
<i>Lb. plantarum</i>	Glycoprotéine
<i>Lb. pentosus</i>	Glycolipide
<i>Lb. casei</i> MRTL3	Glycolipide
<i>E. faecium</i> MRTL9	Xylolipide
<i>Lb. helveticus</i> MRTL91	Glycolipide
<i>Lb. pentosus</i>	Glycopeptide

Partie pratique

**Chapitre II : Matériels et
méthodes**

chapitre II. Matériels et méthodes :

II.1. Matériels :

II.1.1. Matériels biologiques :

Tableau II.1. Les échantillons de lait.

Prélèvement	Nature	Conservation
Lait de chamelle	Cru et fermenté	Conservés à 4°C jusqu'à l'utilisation
Lait de chèvre		
Lait de vache		

Tableau II.2. Liste des souches de références utilisées dans les tests d'antagonisme.

Souches de références utilisées	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 27853
	<i>Staphylococcus aureus</i> 25923
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> 12228
	<i>Bacillus cereus</i> 10876

II.2. Méthodes :

II.2.1. Isolement de souches de bactéries lactiques

II.2.1.1. Provenance des échantillons

Les bactéries lactiques ont été isolées à partir du lait cru et fermenté de trois animaux domestiques chèvre, vache et chamelle provenant de la région de Msila. Après lavage du pis de (la chèvre, vache et chamelle) le lait a été recueilli dans 3 flacons stériles (250ml), puis transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire. (doit être transporté à 4 °). Les analyses doivent être réalisées immédiatement, sinon, il faut ranger l'échantillon dans un réfrigérateur à 4°C ([Guétouache et al.](#)). Les échantillons étaient répartis dans deux flacons qui étaient alors incubés, l'un à 30 °C et l'autre

à 45 °C, jusqu'à obtention d'un coagulum sous l'effet de l'acidification due à la flore lactique endogène mésophile ou thermophile ([Karam & Karam, 2006](#))

II.2.1.2. Isolement :

Pour l'isolement des bactéries lactiques, Utilisation de tubes contenant de l'eau physiologique stérile (0,9 %), dilutions en série jusqu'à 10⁻⁶ Atteint. Placer ensuite 100 µL de lait et sa dilution dans Surface solide d'une boîte de Pétri contenant du milieu MRS ou M17, puis incubée à 30°C Dure 3 à 5 jours.

Dans des boîtes contenant 10 à 300 UFC/mL, prélevez au hasard 3 à 5 colonies, et Purifié par repiquages successifs sur milieux appropriés jusqu'à Isolat pur([Jans et al., 2012](#)) . La purification des isolats a été réalisée par repiquages successifs sur géloses MRS et M17 avec vérification de lapureté des isolats après chaque repiquage en étudiant les caractères cultureux des colonies (mêmetaille, même forme et même couleur...) Le type de Gram et la catalase ont été vérifiés chez toutes les bactéries isolées. Les isolats à Gram positif et catalase négative présumés comme lactiques ont été retenus. Ils sont conservés à -20 °C dans des tubes Eppendorf contenant le bouillon MRS additionné de 30 % de glycérol (v/v) ([Blajman et al., 2015](#)).

II.2.2. Identification des bactéries lactiques

II.2.2.1. Observation macroscopique

Cette étude est basée sur l'observation visuelle de la culture des isolats sur milieu M17, MRS solide pour caractériser la taille, la forme et la couleur des colonies sur milieu solide

II.2.2.2. Examen microscopique

Au grossissement (G ×100) permet de classer les bactéries selon leur Gram, leur morphologie cellulaire et leur mode d'association .

II.2.2.3. Coloration de gram

Cette méthode est basée sur la différence de la paroi chez les deux grands groupes des bactéries, forte proportion de lipides chez les Gram (-) et faible

Proportion chez les Gram (+) ([Moumène et al., 2015](#)).

II.2.2.4. Test de la catalase

La catalase est une enzyme qui catalyse la dégradation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), produit toxique du métabolisme aérobie de nombreuses bactéries, en H₂O et ½ O₂.

La technique consiste à déposer une goutte de H₂O₂ sur une lame qui contient une colonie prélevée à partir de la gélose MRS isolée d'une culture de de 24 h. La lecture du résultat est

immédiate : s'il y a effervescence, signe d'un dégagement gazeux d'oxygène, la souche testée est dite catalase positive, sinon elle est considérée comme étant catalase négative ([Reiner, 2010](#)).



II.2.2.5. Recherche de l'oxydase

Ce test est un critère d'identification des bactéries lactiques. A l'aide d'une pipette Pasteur, une colonie bactérienne est déposée sur un disque pré-imprégné du réactif Ndiméthylparaphénylènediamine. Après une minute, les bactéries produisant l'oxydase deviennent violettes ([Guiraud, 1998](#)). Les bactéries oxydases négatives sont retenues

II.2.2.6. Purification

Après avoir effectué deux tests (coloration de Gram et test de catalase) sur les bactéries obtenues. Seules celles à Gram positif et à catalase négative ont été gardées. Une colonie est prélevée de chaque boîte puisensemencée dans le même milieu (MRS gélosé) par la méthode des stries. L'incubation se fait en anaérobiose à 30°C pendant 24h à 48h. La pureté des souches se confirme par des colonies homogènes ayant le même aspect extérieur.

II.2.3. Sélection des LAB avec des propriétés probiotiques

II.2.3.1. Activité antibactérienne des isolats lactiques contre les souches indicatrices

Plusieurs techniques sont utilisées pour détecter l'activité antimicrobienne. La majorité des tests antagonistes sont réalisés dans des environnements solides et comprennent l'identification de la suppression de la croissance d'un essaim indicateur provoquée par la culture testée (LAB). Les deux méthodes de base souvent utilisées sont connues sous le nom de procédures d'antagonisme simultané (ou direct) et diffracté ([Polak-Berecka et al., 2009](#)).

L'étude a été réalisée selon la méthode des spots sur agar décrite par ([Fleming et al., 1975](#)) Cette méthode consiste à cultiver deux souches bactériennes dans le même milieu en double couche (fig) Une culture jeune des bactéries lactiques estensemencée en point sur la surface sèche de la gélose MRS. Après une incubation en anaérobiose à 30°C pendant 24 heures, les plaques de géloseensemencées sont recouvertes de 7 ml de BHI en gélose molle (0,7% agar) inoculée avec 1% d'une culture jeune de bactéries pathogènes. Après 24 heures d'incubation à 37°C, l'apparition d'une zone claire autour des taches est considérée comme une inhibition positive (modifie).

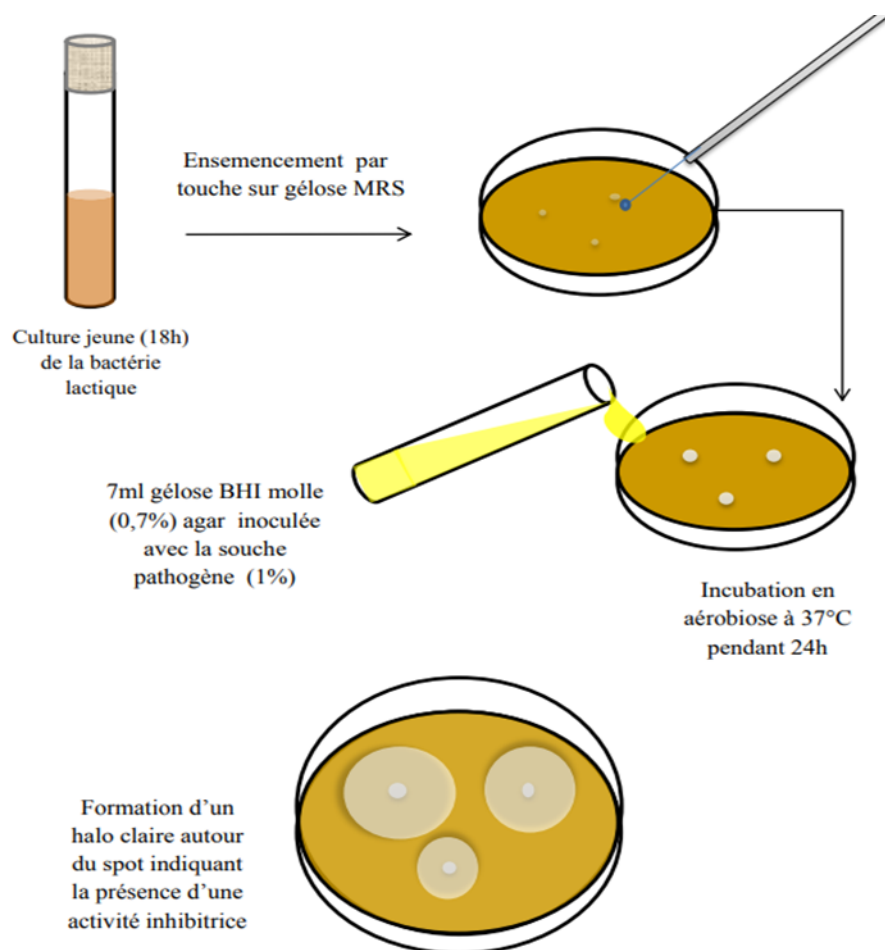


Figure II.1. Mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des spots sur agar

II.2.3.2. Test d'hémolyse

pour le test d'activité hémolytique, les souches des B L ont été ensemencées sur une gélose au sang frais et cuit. Après 24 h d'incubation à 37°C, les géloses sont vérifiées pour une présence ou absence d'une β -hémolyse (zone claire autour des colonies), α -hémolyse (zone verte autour des colonies) et γ -hémolyse (absence de zone autour des colonies) ([Ghrairi et al., 2008](#); [Rivas & Huelga, 2012](#))

II.2.3.3. Sensibilité ou la résistance des souches probiotiques présumées aux antibiotiques

Selon la méthodologie décrite par [de Almeida Júnior et al., 2015](#), la sensibilité ou la résistance des souches probiotiques présumées aux antibiotiques a été évaluée.

Les souches lactiques sont d'abord cultivées sur milieu gélosé MRS et incubées pendant 24 heures à 30 °C. Ensuite, les bactéries de chaque souche sont transférées dans de l'eau physiologique, et leur DO est ajusté à 0,50 Mc Farland. Ces suspensions bactériennes sont ensuite inoculées par évaporation dans des boîtes contenant le gélose MRS, et des disques antibactériens ont été placés à la surface. Après 48 heures d'incubation à 30 °C dans les boîtes,

Tableau 10. Liste des antibiotiques utilisés pour évaluer la sensibilité des souches présumées probiotiques.

Antibiotiques	Symbole	Concentration	Antibiotiques	Symbole	Concentration
Céftazidime	CAZ	30 µg	Acide fusidique	FA	10 µg
Céfuroxime	CXM	30 µg	Tcarcilline+ A/clavilanique	TIM	75 Mcg/D
Céfazoline	CZ	30 µg	Gentamicine	CN	10 ug
Rifampicine	RD	5 µg	Acide Nalidixique	NA	30 µg
Chloramphénicole	C	30 ug	Pénicillin G	P	10 UI
Oxacilline	OX	1 µg	Colistine	CS	10 µg
Kanamycine	K	30 µg	Clindamycine	DA	2 µg
Ciprofloxacine	CIP	5ug	Teicoplanine	TEC	30 µg
Teimethoprim- sulfamethoxazole	SXT	25 µg	Amikacine	AK	30µg
Acide pipémidique	PI	20 µg	Erythromycin	E	15µg

II.2.3.4. Test de coagulase :

La coagulase a été détectée en utilisant la méthode décrite par [de Almeida Júnior et al., \(2015\)](#) de la manière suivante :Un mélange a été préparé en combinant 1 mL de plasma humain avec 1 mL de chaque culture bactérienne. Les tubes contenant ces mélanges ont ensuite été incubés à une température de 37 °C pendant 6 heures. Après cette période d'incubation, les tubes ont été examinés pour déterminer s'il y avait formation d'un caillot ou coagulation complète du plasma. Un tube contenant la souche de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 a été utilisé comme témoin positif dans cette expérience.

II.2.4. Caractérisations physiologiques

II.2.4.1. Croissance aux pH 4,4 et 9,6

Dans cette expérience, des souches probiotiques sont testées pour leur croissance dans des conditions de pH acide (4,4) et basique (9,6). Les souches sont inoculées dans des tubes contenant du bouillon MRS ajusté à ces pH respectifs en utilisant de l'HCl ou du NaOH. Les tubes sont ensuite incubés à 30 °C pendant 48 heures pour permettre la croissance des souches probiotiques.

II.2.4.2. Thermorésistante :

La thermorésistance des souches est également évaluée. Des tubes contenant du bouillon MRS sont inoculés avec chaque souche probiotique, puis exposés à une température de 60 °C dans un bain-marie pendant 30 minutes. Après une semaine d'incubation à 30 °C, la présence d'un trouble dans les tubes indique que la bactérie est thermorésistante, c'est-à-dire qu'elle peut survivre à des températures élevées([Badis et al., 2005b](#)).

II.2.5. Test d'émulsification :

Ce test consiste à mélanger 2 ml de la culture avec 2 ml de gasoil dans un tube à essai (15×125 mm). Le mélange a été agité pendant 4 minutes et laissé au repos. Le volume d'émulsion (EV%) et la stabilité de l'émulsion (ES%) ont été mesurés comme suit :

$$x = \frac{\text{Hauteur de l'émulsion (mm)} \times \text{surface (mm}^2\text{)}}{\text{surface (mm}^2\text{)} \times \text{Volume du liquide total (mm}^3\text{)}} \times 100$$

$$\text{ES\%} = \frac{\text{EV\% à temps 24h}}{\text{EV\% à temps 0h}} \times 100$$

Les émulsions formées par les cultures bactériennes ont été comparés à ceux qui sont formés par une solution de 1% d'un tensioactif synthétique (SDS) comme un contrôle positif et par le milieu de culture stérile comme un témoin négatif([Kebbouche-Gana et al., 2009](#)). Un critère cité pour confirmer la production des biosurfactants, est la capacité de maintenir au moins 50% du volume initial de l'émulsion après 24h de sa formation ([Nasr et al., 2009](#)).

Chapitre III : Résultats & Discussion

chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Isolement des bactéries lactiques:

Plusieurs types des isolas et été purifier au laboratoire par déférentes types des laits fermentés ; lait de vache , lait de chever et lait de chamelle, Avant d'isoler les bactéries lactiques, une étape d'enrichissement par fermentation spontanée est nécessaire car leur présence est limitée dans le lait de chamelle cru. Cette situation peut être attribuée aux propriétés inhibitrices des facteurs antimicrobiens présents dans le lait.([Karam & Karam, 2006](#)) ont également enrichi les bactéries lactiques avant de les isoler du lait de chamelle.

Après avoir effectué deux tests (coloration de Gram et test de catalase) sur les bactéries obtenues. Seules celles à Gram positif et à catalase négative ont été gardées.

Tableau III.1.Différents types des bactéries lactiques ont été isolés par différentes échantillons des laits

Type de lait	code	Prélèvement	Aspect macroscopique des colonies	Formes des bactéries	gram	Catalase	Oxydase
Lait de chevre	9p	Lait fermenté 1 10-1 (M17)	Colonie fine	Cocci en chaînette	+	-	-
	9G	Lait fermenté 1 : 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie moyenne	Bacille	+	-	-
	11p	Lait fermenté 1 10-1 (M17)	Colonie moyenne	Cocci	+	-	-
	10	Lait fermenté 2 SM (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	11G	Lait fermenté 1 10-1 (MRS)	Colonie blanche	Bacille	+	-	-
	12	Beur SM (MRS)	Colonie blanche	Bacille	+	-	-
	13p	Lait Fermeté 2 SM (M17)	Colonie fine	cocci	+	+	+
	13G	Lait Fermeté 2 SM (MRS)	Colonie blanche	bacilles	+	-	-
	15P	Lait fermenté 10-1 (M17)	Cocci on chainettes	cocci	+	-	-
	15G	Lait fermenté 10-1 (MRS)	Colonie moyenne	Bacille	+	-	-
	14	Laitfermenté 10-3 M17	Colonie grande	Cocci	+	-	-
	16G	Lait fermenté2 10-2 (MRS)	Colonie muqueuse	Bacille	+	-	-
	16p	Lait fermenté2 10-2 M17	Colonie fine	diplococc	+	-	-
	17	Lait fermenté 2 : 10 ⁻³ M17	Colonie blanche	Cocci	+	-	-
	18	Lait férmenté 2 SM (MRS)	Colonie fine	diplococus	+	-	-
	19	Lait fermenté1 10-1 (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	20p	Lait fermenté 10-3 (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	20G	Lait fermenté 10-3 (MRS)	Colonie jaune	bacille	+	-	-
chamelle	1p	Lait fermenté 2 10-1 (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-

	1G	Lait fermenté 2 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie blanche	Bacille	+	-	-
	2	Lait de chamelle 2 10 ⁻² (M17)	Colonie fine	cocci	+	-	-
	3	Lait fermenté 2 10 ⁻³ MRS	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	4	Lait fermenté 2 10 ⁻² M17	Colonie jaune	Cocci	+	-	-
	5	Lait fermenté 1 SM M17	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	6	Lait fermenté 10 ⁻² M17	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	7	Lait fermenté SM (MRS)	Colonie fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	8p	Lait fermenté 10 ⁻¹ (M17)	Colonie fine	cocci	+	-	-
	8G	Lait fermenté 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie moyenne	Bacille	+	-	-
	41	Lait fermenté 2 10 ⁻¹ (M17)	Colonie jaune	Cocci	+	-	-
	42	Lait fermenté 1 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie fine	bacilles	+	-	-
	43	Lait fermenté 2 10 ⁻² (MRS)	Colonie fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	44	Lait fermenté 2 10 ⁻⁴ (MRS)	Colonie fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	45	Lait fermenté 2 10 ⁻³ (MRS)	Colonie fine	bacilles	+	-	-
	46	Lait fermenté 1 10 ⁻² (MRS)	Colonie fine	bacilles	+	-	-
	47	Lait fermenté 2 10 ⁻³ (MRS)	Colonie blanche	Cocci	+	-	-
	48	Lait fermenté 2 10 ⁻² (M17)	Colonie blanche	Cocci	+	-	-
	49	Lait fermenté 1 10 ⁻³ (M17)	Colonie blanche	Cocci	+	-	-
vache	22	Lait fermenté 1 SM (MRS)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	23	Lait fermenté 1 10 ⁻³ (MRS)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	24	Lait fermenté 1 10 ⁻² (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	25	Lait fermenté 1 SM (MRS)	Colonie fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	26	Lait fermenté 1 10 ⁻⁴ (MRS)	Colonie blanche	bacilles	+	-	-
	27	Lait fermenté 1 10 ⁻² (MRS)	Colonie blanche	bacilles	+	-	-
	28	Beur SM (M17)	Colonie fine	Cocci	+	-	-
	31	Beur SM (M17)	Colonie moyenne	Cocci on chainettes	+	-	-
	32	Lait fermenté 2 SM (M17)	Colonie blanche		+	-	-
	34	Lait fermenté 2 10 ⁻³ (M17)	Colonie fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	35	Lait fermenté 2 10 ⁻³ (M17)	Colonie très fine	Cocci on chainettes	+	-	-
	36	Lait fermenté 1 10 ⁻¹ (M17)	Colonie très fine	Cocci	+	-	-
	37	Lait fermenté 1 10 ⁻³ (M17)	Colonie moyenne	Cocci	+	-	-
	38	Lait fermenté 1 10 ⁻³ (MRS)	Colonie blanche	bacilles	+	-	-
	39	Lait fermenté 1 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie blanche	bacilles	+	-	-
	40	Lait fermenté 1 10 ⁻¹ (MRS)	Colonie moyenne	bacilles	+	-	-

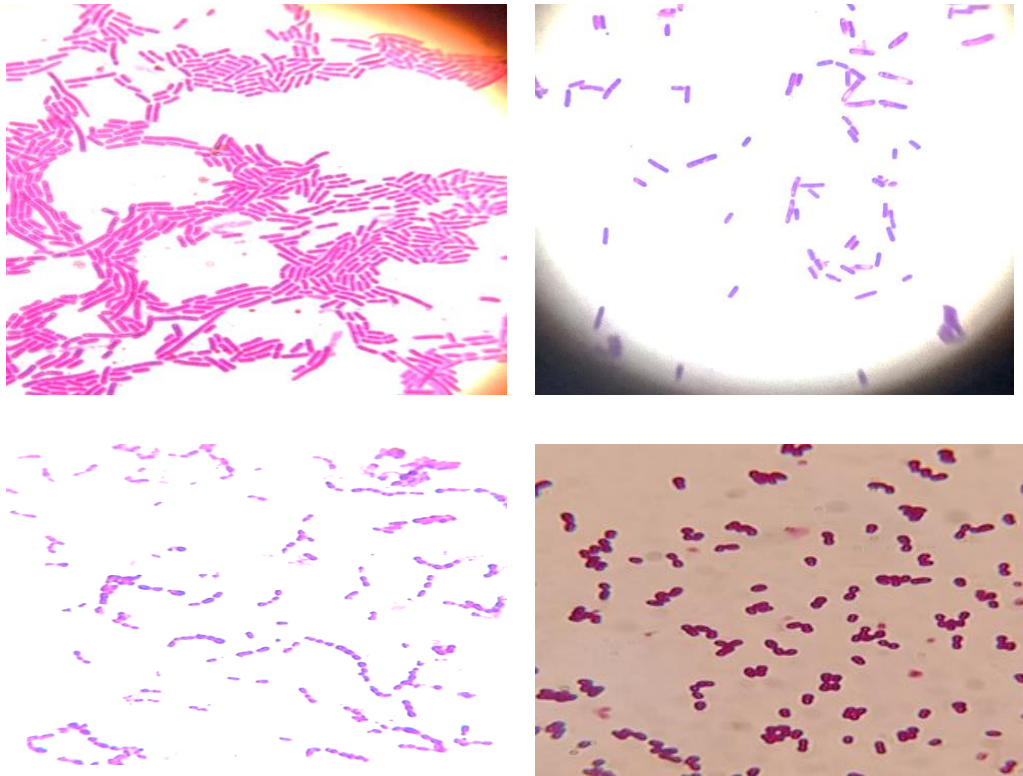


Figure III.1.Observation microscopique



Figure III.2.Observation macroscopique

III.2. Test d'émulsification :

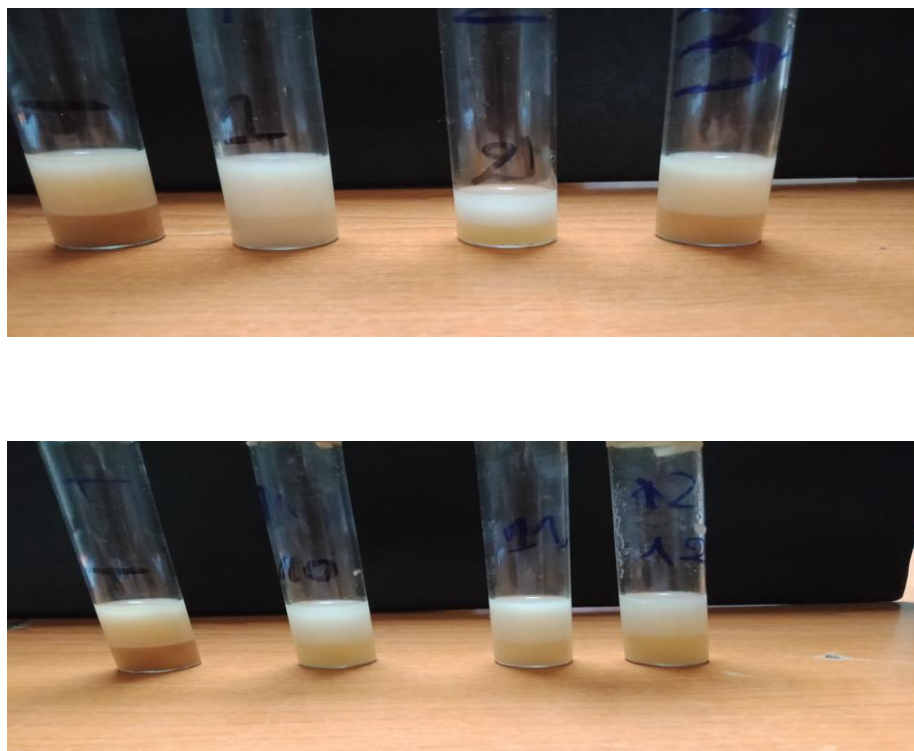


Figure III.3. la stabilité de l'émulsion

D'après ([Willumsen & Karlson, 1996](#)) le critère de sélection des microorganismes producteurs de biosurfactants repose sur leur capacité à maintenir au moins 50 % du volume initial de l'émulsion après 24 heures de formation.

Cette évaluation de la capacité d'émulsification constitue une méthode préliminaire de screening simple et appropriée. Cependant, elle ne fournit qu'une indication préliminaire de la présence de biosurfactants. Par conséquent, cette méthode a été fréquemment utilisée dans des études antérieures ([Chen et al., 2007](#)).

III.3. Sélection des LAB avec des propriétés probiotiques :

III.3.1. Activité antibactérienne des isolats lactiques contre les souches indicatrices

Au cours des dernières décennies, l'intérêt s'est porté sur l'utilisation des diverses activités antagonistes des LAB pour prolonger la durée de conservation des aliments ([Lindgren & Dobrogosz, 1990](#)). La capacité antagoniste des souches LAB est un facteur important pour l'évaluation des probiotiques. La capacité antagoniste comprend la production d'acides organiques, de dioxyde de carbone, d'éthanol, de peroxyde d'hydrogène et d'eau oxygénée, des bactériocines ([De Vuyst & Vandamme, 2012](#)), de composés antifongiques tels que comme les

acides gras([Corsetti et al., 2008](#)) ou l'acide phényllactique ([Lavermicocca et al., 2000](#)), et des antibiotiques comme la reutéricycline ([Höltzel et al., 2000](#)) .

les isolats étudiés ont une activité inhibitrice contre les bactéries pathogènes, car l'inhibition est considérée comme positive si le diamètre de la zone claire autour des colonies est supérieur ou égal à 0,5 mm.

Code	Bactéries lactique	Zone d'inhibition contre <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (mm)	Activité contre <i>staphylococcus aureus</i>	Activité contre <i>staphylococcus épidermidis</i>	Activité contre <i>Bacillus ceures</i>
01B	Lait de chamelle fermenté	8	4	5	5
01 C	Lait de chamelle fermenté	5	10	6	3
08B	Lait de chamelle fermenté	5	0	9	8
08 C	Lait de chamelle fermenté	5	6	10	0
09B	Lait de chèvre fermenté	5	2	15	8
09C	Lait de chèvre fermenté	6	2	11	7
11B	Lait de chèvre fermenté	7	2	13	6
11C	Lait de chèvre fermenté	8	6	9	7
13B	Lait de chèvre fermenté	6	5	12	7
13C	Lait de chèvre fermenté	2	8	7	7
15B	Lait de chèvre fermenté	10	8	9	6
15C	Lait de chèvre fermenté	7	9	9	6
16B	Lait de chèvre fermenté	8	5	11	2
16C	Lait de chèvre fermenté	6	7	11	11
17	Lait de chèvre fermenté	2	2	11	0
19	Lait de chèvre fermenté	2	6	8	3
20B	Lait de chèvre fermenté	6	8	8	3
20C	Lait de chèvre fermenté	6	0	8	3
31	Lait de vache fermenté	0	0	0	0
46	Lait de chamelle fermenté	0	3	8	0

D'après le test d'antagonisme qui montre l'efficacité de notre isolat vis à vis des bactéries pathogènes ATCC tels que ; *Pseudomonas aeruginosa* 27853, *Staphylococcus aureus* 25923, *Staphylococcus epidermidis* 12228, *Bacillus cereus* 10876. L'effet inhibiteur diffère d'une souche à une autre.

4 souches lactiques, 08C, 17, 31, 46, se sont révélées inactives contre *Bacillus cereus* . De plus, les souches 8B, 20C, 31, sont révélées inactives contre *S. aureus* et les souches 31, 46, inactives contre *Pseudomonas aeruginosa*.

Ces six souches ne seront pas incluses dans les prochains tests visant à étudier leur potentiel probiotique. On a choisi les souches les plus actives sur quatre des bactéries pathogènes .

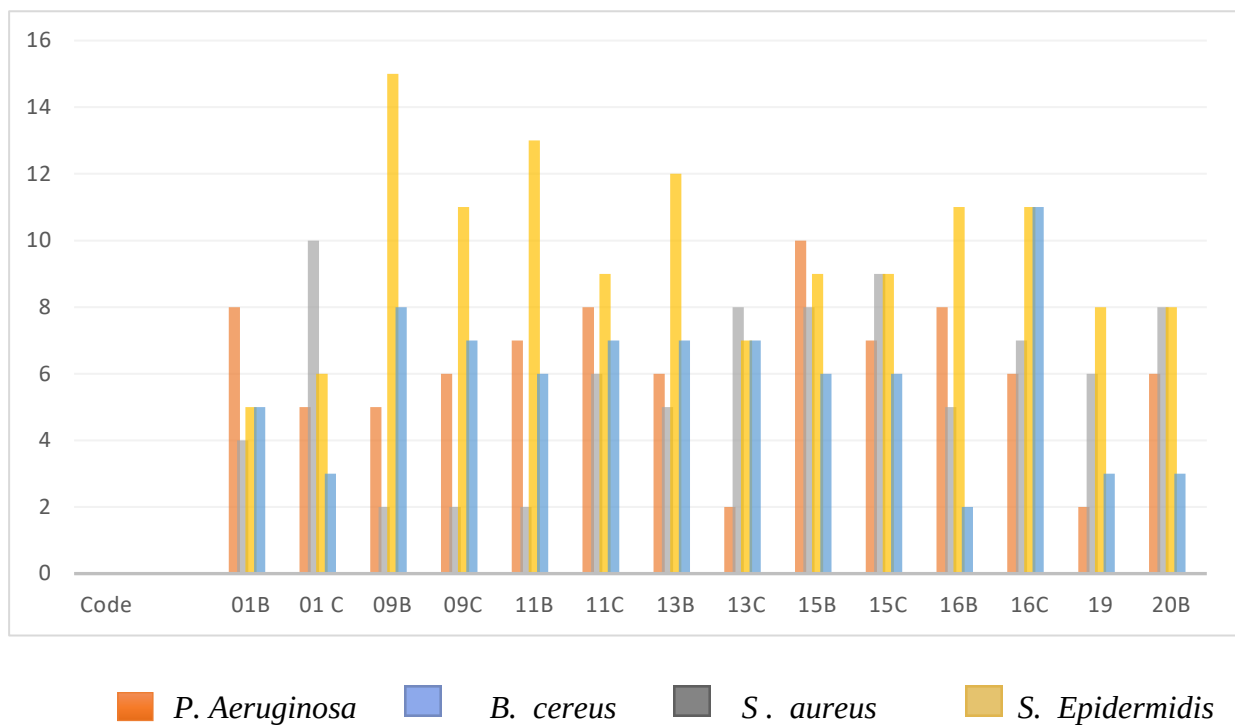


Figure III.4. Diamètres d'inhibition (mm) obtenus par les souches lactiques isoléeses .

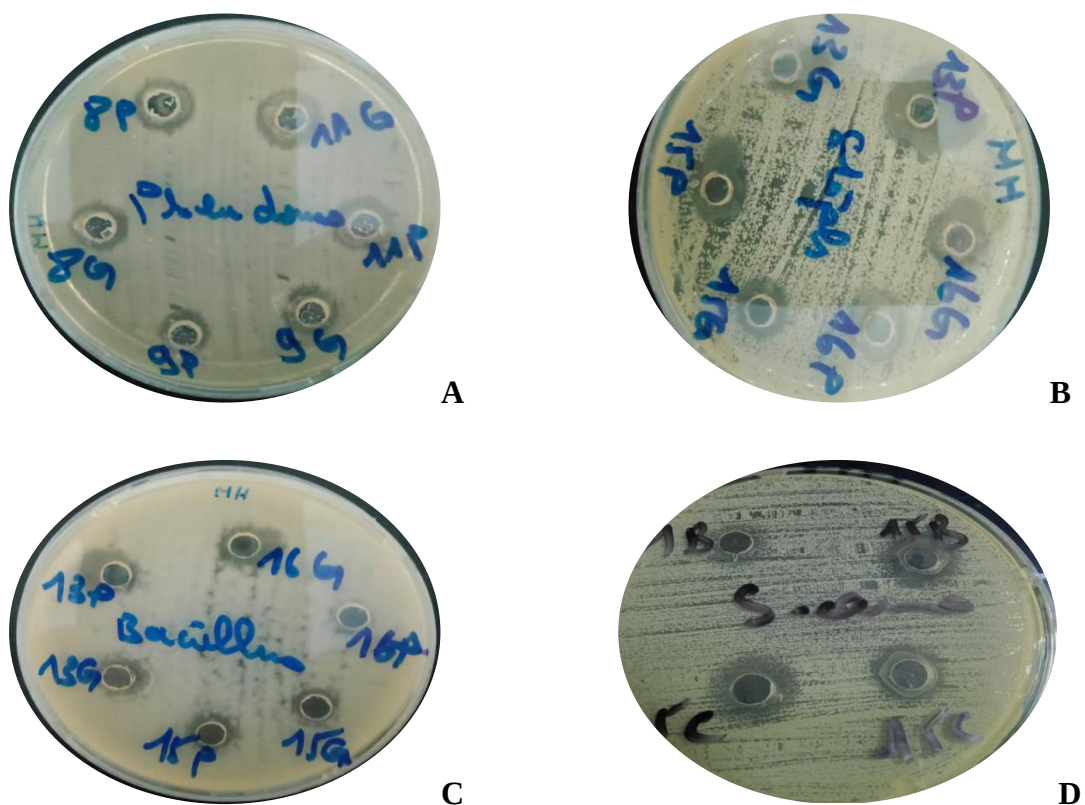


Figure III.5.Activité antibactérienne de quelques isolats lactiques contre certaines souches

A : *Pseudomonas aeruginosa* 27853

C : *Staphylococcus aureus* 25923

B : *Staphylococcus epidermidis* 12228

D : *Bacillus cereus* 10876

Le résultat confirme celui obtenu par **Bouguerra (2012)** qui a trouvé que toutes les souches lactiques du lait de chamelle fermenté sont actives contre 5 bactéries pathogènes (*Staphylococcus aureus* ATCC: 25923, *Salmonella* sp., *Escherichia coli* ATCC: 25922, *Bacillus subtilis* et *Enterobacter cloacae*).

Almeida et al.,(2015) ont rapporté que les isolats de lait de chèvre ont présenté différents niveaux d'action inhibitrice contre les agents pathogènes. activité antibactérienne contre *Salmonella Typhi* et *Listeria monocytogenes*. Ont présenté une production de diacétyle et une activité antibactérienne contre *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*. Et des propriétés probiotiques potentielles Les activités antimicrobiennes

de la présente étude sont en accord avec les résultats rapportés par d'autres auteurs (**Das et al., 2016**).

III.3.2. Test coagulase

Ce test vise à détecter l'activité de la coagulase sécrétée par la bactérie, qui agit sur la prothrombine pour générer une enzyme similaire à la thrombine. Cette enzyme, à son tour, convertit le fibrinogène en fibrine. Après avoir inoculé 15 souches lactiques dans du plasma humain et les avoir incubées pendant 6 heures à 37 °C, aucune des souches n'a réussi à provoquer une coagulation, que ce soit de manière complète ou partielle.



Figure III.6.Résultat de test coagulase

III.3.3. l'activité hémolytique

Les résultats obtenus indiquent qu'en culture sur gélose au sang, aucune des souches examinées ne présente d'activité β -hémolytique, c'est-à-dire l'absence de formation d'une zone claire autour de la colonie bactérienne.

Les résultats obtenus démontrent que lors de leur culture sur gélose sanguine, aucune des souches examinées n'a manifesté d'activité α . hémolytique (zone verte autour de la colonie bactérienne) sans aucune activité hémolytique détectable.

Les résultats obtenus par Bouguerra (2012) ont démontré que les isolats testés ne présentaient pas d'activité B. hémolytique, mais ils présentaient une activité α . hémolytique.

selon [Abushelaibi et al., 2017](#) les isolats LAB n'ont pas montré d'activité hémolytique, à l'exception des isolats 22, 51 et 73.

Les isolats 22 et 51 ont montré une β -hémolyse, tandis que l'isolat 73 a montré une α -hémolyse.

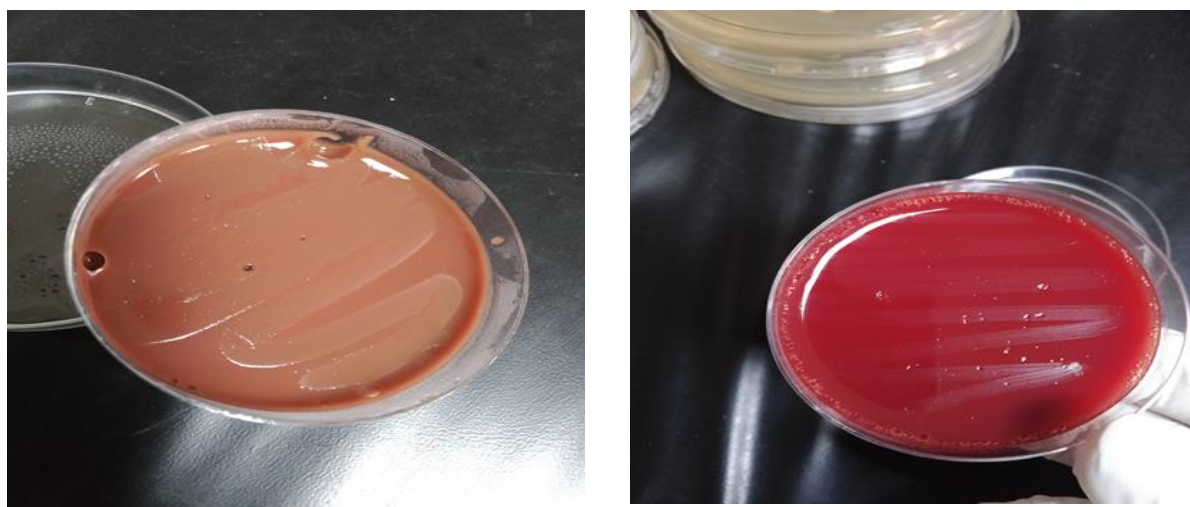


Figure III.7.Aspect des colonies bactériennes sur la gélose au sang

III.3.4. Antibiogramme:

C'est un examen bactériologique de référence qui permet de prédire la sensibilité d'une bactérie à un ou plusieurs antibiotiques (teste de sensibilité bactérienne) dans le but essentiellement thérapeutique .Mais également de surveiller l'épidémiologie des résistances (l'étude de l'effet bactériostatique ou bactéricide des antibiotiques (**joensen et al.,1999**))

Lecture et résultat :

L'inhibition de croissance s'exprime par la formation d'une zone claire appeler (zone d'inhibition) autour des disques d'antibiotique voir .figure (n).La lecture se fait par la mesure de diamètre de zone à l'aide d'une règle graduée ou pied à coulisse.

Il a été considéré que pour un diamètre inférieur à 15 mm la souche est résistante (R) à l'antibiotique testé et pour un diamètre supérieur et égale à 15 mm la souche est sensible (S) à l'antibiotique ([Karam et Karam, 1994](#))

L'étude de la sensibilité des souches de bactérie lactique aux antibiotiques a montré excellent résultat para port à l'activité des antibiotiques utilisés (voir tableau n :2)

Les résultats obtenus montrent que les trises souches bactériennes sans sensible à la totale des antibiotiques et aucune souche n'est sensible à tous les antibiotiques .

Une sensibilité totale a été remarqué de toutes les souches à la (Sxt) et cependant autre sensibilité a été remarqué à la plupart des antibiotiques comme (C), (Cn), (k), (k), (Ax), (Rd), (Cip), (Cxm), (Fa) , (E), (ox) ,(Cln), (Tm), (Caz) .Et les souches plus sensible presque à tous les antibiotique sent (1c , 8g, 9p, 8p , 13g, 15p, 11p).

On revanche toutes les souches ont une résistance aux (NA ,PI,CS,P)

On remarque aussi parmi les trises souche bactéries lactique 10 souches sont résistant à la pénicilline

sauf 9p 9g 11p et que toutes les souches sont sensible à la rifampicine (RD) et la Gentamicine(CN) sauf la souche 15C.Et cinq souches de trises sent résistantes à la teicoplanine sauf 1c, 15c, 9g et trois souche 8G, 9G, 13G sensible à (TI) sauf 1b ,11g ; 15b qui sent résistantes à la (TI)

Des résultats similaires ont été obtenus par zdolek *et al.*, 2011 concernant la résistance des leuconostocs aux (FA,NA,CS) des rapports ont signalé que le souche *leuconostoc* qui fait partie de la bacterie lactiques présente une faible résistance aux antibiotiques d'intérêt clinique ([ogier et cerrou 2008](#)).

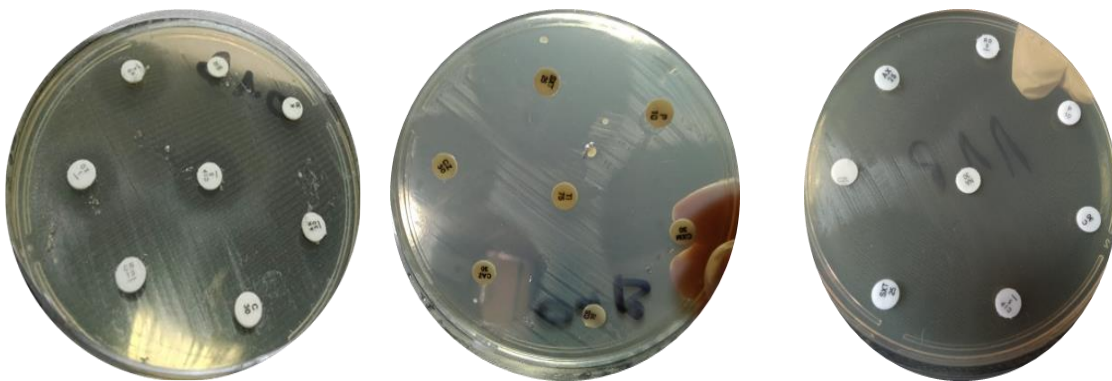


Figure III.8.Résultat de l'antibiogramme des souches de bactéries lactiques

Tableau III.2.Résultat de l’antibiogramme des souches

Souches Antibiotiques	1C	1B	8P	8G	9P	9G	11P	11G	13P	13G	15P	15C	15B
Penicillin (P)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	35(S)	32(S)	32(S)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)
Oxacillin (ox)	15(S)	14(R)	/	18(S)	21(S)	20(S)	11(R)	0(R)	15(S)	19(S)	20(S)	0(R)	0(R)
Gentamicin (CN)	34 (S)	35(S)	30(S)	36(S)	35(S)	28(S)	26(S)	24(S)	28(S)	29(S)	40(S)	0(R)	/
Amikacin (AK)	40(S)	25(S)	40(S)	32(S)	38(S)	33(S)	24(S)	40(S)	/		32(S)	0(R)	25(S)
Amoxicillin (AX)	/	/	24(S)	40(S)	43(S)	42(S)	40(S)	16(S)	40(S)	40(S)	40(S)	30(S)	/
Kanamycin (K)	30(S)	20(S)	26(S)	20(S)	33(S)	20(S)	15(S)	0(R)	0(R)	15(S)	20(S)	0(R)	0(R)
Acide Nalidixique (NA)	0(R)	0(R)	0(R)	/	/	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	0(R)	12(R)
Colistin (CS)	/	0(R)	/	0(R)	0(R)	0(R)	/	0(R)	/	0(R)		/	0(R)
Rifampicin (RD)	/	15(S)	24(S)	25(S)	31(S)	30(S)	28(S)	21(S)	24(S)	23(S)	28(S)	14(R)	16(S)
Erythromycin (E)	42(S)	/	40(S)	/	40(S)	/	35(S)	/	48(S)		40(S)	25(S)	/
Clindamycin (CLN)	40(S)	/	36(S)	/	43(S)	/	34(S)	/	42(S)		40(S)	35(S)	/
Acid fucidique (FA)	16(S)	/	15(S)	/	20(S)	/	14(R)	/	16(S)		16(S)	26(S)	/
Acid pipimidique (PI)	0(R)	/	0(R)	/	0(R)	/	0(R)	/	0(R)		0(R)	0(R)	/
Céfazolin (CZ)	/	33(S)	0(R)	0(R)	/	32(S)	0(R)	30(S)	0(R)	26(S)	0(R)	/	35(S)
Ceftazidime (CAZ)	/	41(S)	/	40(S)	/		/	43(S)	/	34(S)		/	40(S)
Teicoplanin (TEC)	16(S)	/	0(R)	/	0(R)	32(S)	0(R)	/	0(R)		0(R)	25(S)	/
Ticarcillin + acid calvinalique (TI)	/	0(R)	/	30(S)	/	33(S)	/	0(R)	/	28(S)		/	11(R)
Ciprofloxacin (CIP)	17(S)	16(S)	14(R)	16(S)	19(S)	25(S)	15(S)	12(R)	21(S)	20(S)	20(S)	18(S)	11(R)
Chloramphenicol (C)	40(S)	30(S)	40(S)	/	38(S)	33(S)	32(S)	32(S)	30(S)	34(S)	40(S)	30(S)	40(S)
Cifoxitime (CXM)	/	40(S)	/	32(S)	/	44(S)	/	42(S)	/	35(S)		/	45(S)
Trimethoprim + sulfamethoxazole (SXT)	30(S)	40(S)	28(S)	40(S)	39(S)	42(S)	40(S)	32(S)	40(S)	40(S)	40(S)	25(S)	40(S)

III.3.5. Caractérisations physiologiques

III.3.5.1. Test de thermorésistance :

La thermorésistance des bactéries lactiques est un facteur important à prendre en compte dans de nombreuses applications industrielles et alimentaires. Comprendre la capacité de ces bactéries à résister à la chaleur est crucial pour garantir leur survie et leur fonctionnalité lors de la production. chaque souche de bactérie lactique a ses propres caractéristiques de thermorésistance .

La révélation résulte de l'exposition des isolats(13) à une température de 60°C pendant 30 minutes, démontrant ainsi que tous les isolats ont résisté à ces conditions thermiques.

il est intéressant de noter que certaines souches spécifiques de bactéries lactiques ont développé une certaine résistance à la chaleur. Par exemple, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sont deux souches couramment utilisées dans la production de yaourts.



Figure III.9.Résultat de thermorésistance.

III.3.5.2. Croissance des bactéries lactiques à différents pH :

Les résultats de l'étude montrent que les souches lactiques testées n'ont pas montré de croissance dans les environnements basiques avec un pH de 9,6. Les bactéries lactiques ont généralement du mal à se développer dans des environnements basiques en raison de leur sensibilité à l'environnement alcalin. Un pH élevé peut inhiber leur croissance et leur activité métabolique en altérant leur physiologie et leur capacité à fermenter les sucres en acide lactique.

De plus, aucune croissance n'a été observée pour les isolats dans des environnements acides avec un pH de 4,5. La plupart des souches lactiques se développent de manière optimale à un pH compris entre 4 et 6. Elles sont capables de fermenter les sucres présents dans les aliments pour produire de l'acide lactique, ce qui abaisse encore davantage le pH et crée un environnement favorable à leur croissance.

Il est important de noter que chaque souche spécifique de bactéries lactiques peut avoir des exigences de pH légèrement différentes pour une croissance optimale. Certaines souches peuvent

être plus tolérantes aux variations de pH, tandis que d'autres sont plus sensibles et nécessitent des conditions de pH spécifiques pour se développer efficacement.



Figure III.10.croissance a pH basique (pH 4.5) **Figure III.11.**croissance a pH basique (pH 9.6)

Conclusion

Conclusion

Les probiotiques, utilisés par voie topique dans des préparations dermatologiques, pourraient-ils améliorer certaines affections et désagréments cutanées ? Cette question a été la ligne directrice de la rédaction de ce mémoire.

Suite à la synthèse de généralités sur les probiotiques qui ont montré que certaines souches probiotiques avaient des effets positifs sur la peau, au sujet de préoccupations dermatologiques telles que la sécheresse, la sensibilité, le vieillissement cutané, la dermatite atopique ou l'acné.

Et grâce à certaines manipulations pratiques qui ont été faites aux laboratoires (comme les tests d'antagonisme et le test d'innocuité), nous avons pu déterminer que parmi les 45 isolats de bactéries lactiques (BL) obtenus, 22 se sont révélés producteurs de biosurfactants .

Parmi ces 22 isolats, 13 souches ont été sélectionnées comme actives contre les quatre bactéries pathogènes .Et possèdent une activité inhibitrice , ces bactéries sont bactéricides et parfois bactériostatique sur les bactéries à gramme positif et sur les gramme négatif (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cerus* , *Pseudomonas aeruginosa*).

Aucune souche n'a pu développer au pH 4,5 ni au pH 9,5 par a port au pH optimum qui est au tour de 6,2. Ainsi, ces bactéries sont considérées comme thermorésistante a température élevée plus de 60°.

L'évaluation de l'innocuité de ces probiotiques a montré : l'absence d'une activité β . hémolytique, et de l'activité de la coagulase. Ainsi, elles sont sensibles à la plupart des antibiotiques testés. Ces probiotiques sont identifiées phénotypiquement comme appartenant au genre *Lactobacillus* et *streptococcus*.

Le travail qui a été réalisé n'est qu'une étude préliminaire, qui nécessite d'autres tests complémentaires à savoir :

- Identification moléculaire des souches ;
- Validation des propriétés physico-chimiques et microbiologiques des préparations dermatologiques ;
- Evaluation des effets probiotiques in vivo ;
- Détermination des tests de toxicité et les effets des probiotiques à long terme ;
- Optimisation des conditions de conservation de ces préparations.

Aujourd'hui, le marché algérien des produits dermocosmétiques est vaste et laisse la place au développement de produits à base de probiotiques, qui pouvant avoir de nombreuses revendications.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques:

- Abdelgadir, W. S., Ahmed, T. K., & Dirar, H. A. (1998). The traditional fermented milk products of the Sudan. *International journal of food microbiology*, 44(1-2), 1-13.
- Abushelaibi, A., Al-Mahadin, S., El-Tarabily, K., Shah, N. P., & Ayyash, M. (2017). Characterization of potential probiotic lactic acid bacteria isolated from camel milk. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 316-325.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.041>
- Agrawal, R., Swami, S., Beniwal, R., Kochar, D., Sahani, M., Tuteja, F., & Ghorui, S. (2003). Effect of camel milk on glycemic control, lipid profile and diabetes quality of life in type 1 diabetes: a randomised prospective controlled cross over study. *Indian Journal of Animal Sciences*, 73(10), 1105-1110.
- Al-Ghazzewi, F., & Tester, R. (2014). Impact of prebiotics and probiotics on skin health. *Beneficial microbes*, 5(2), 99-107.
- Al-Ghazzewi, F. H., & Tester, R. F. (2014). Impact of prebiotics and probiotics on skin health. *Beneficial microbes*, 5(2), 99-107. <https://doi.org/10.3920/bm2013.0040>
- Al-Ghazzewi, F. H., & Tester, R. F. (2010). Effect of konjac glucomannan hydrolysates and probiotics on the growth of the skin bacterium *Propionibacterium acnes* in vitro. *International journal of cosmetic science*, 32(2), 139-142.
- Antolin-Amerigo, D., Sanz, M., Costa-Frossard França, L., Molina, T., & Zambrano, P. (2012). In-vitro Tests Suitability in Severe Systemic Reaction due to Several Drugs. *J Clin Exp Dermatol Res S*, 2, 2.
- Archer, G. (1995). *Staphylococcus epidermidis* and other coagulase-negative staphylococci. *Principles and practice of infectious diseases*, 2, 1777-1784.
- Arunachalam, K. D. (1999). Role of bifidobacteria in nutrition, medicine and technology. *Nutrition research*, 19(10), 1559-1597.
- Atrih, A., Rekhif, N., Moir, A., Lebrihi, A., & Lefebvre, G. (2001). Mode of action, purification and amino acid sequence of plantaricin C19, an anti-*Listeria* bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* C19. *International journal of food microbiology*, 68(1-2), 93-104.
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: classification and physiology. *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker-*, 139, 1-66.
- Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., & Ouzrout, R. (2005a). CARACTERISATION PHENOTYPIQUE DES BACTERIES LACTIQUES ISOLEES A PARTIR DE LAIT CRU DE CHEVRE DEDEUX POPULATIONS CAPRINES LOCALES" ARABIA ET KABYLE". *Sciences & Technologie C*(23), 30-37.
- Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., & Ouzrout, R. (2005b). CARACTERISATION PHENOTYPIQUE DES BACTERIES LACTIQUES ISOLEES A PARTIR DE LAIT CRU DE CHEVRE DEDEUX POPULATIONS CAPRINES LOCALES" ARABIA ET KABYLE". *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 30-37.
- Bateni, E., Tester, R., Al-Ghazzewi, F., Bateni, S., Alvani, K., & Piggott, J. (2013). The use of konjac glucomannan hydrolysates (GMH) to improve the health of the skin and reduce acne vulgaris. *American Journal of Dermatology and Venereology*, 2(2), 10-14.

- Bek-Thomsen, M., Lomholt, H., & Kilian, M. (2008). Acne is not associated with yet-uncultured bacteria. *Journal of clinical microbiology*, 46(10), 3355-3360.
- Benincasa, M. (2007). Rhamnolipid produced from agroindustrial wastes enhances hydrocarbon biodegradation in contaminated soil. *Current microbiology*, 54(6), 445-449.
- Bermudez-Brito, M., Plaza-Díaz, J., Muñoz-Quezada, S., Gómez-Llorente, C., & Gil, A. (2012). Probiotic mechanisms of action. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 61(2), 160-174.
- Blajman, J., Gaziano, C., Zbrun, M. V., Soto, L., Astesana, D., Berisvil, A., Scharpen, A. R., Signorini, M., & Frizzo, L. (2015). In vitro and in vivo screening of native lactic acid bacteria toward their selection as a probiotic in broiler chickens. *Research in veterinary science*, 101, 50-56.
- Bognolo, G. (1999). Biosurfactants as emulsifying agents for hydrocarbons. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 152(1-2), 41-52.
- Botting, R. A., & Haniffa, M. (2020). The developing immune network in human prenatal skin. *Immunology*, 160(2), 149-156.
- Bruggemann, H., Henne, A., Hoster, F., Liesegang, H., Wiezer, A., Strittmatter, A., Hujer, S., Durre, P., & Gottschalk, G. (2004). The complete genome sequence of *Propionibacterium acnes*, a commensal of human skin. *Science*, 305(5684), 671-673.
- Charteris, W. P., Kelly, P. M., Morelli, L., & Collins, J. K. (1997). Selective detection, enumeration and identification of potentially probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species in mixed bacterial populations. *International journal of food microbiology*, 35(1), 1-27.
- Chen, C.-Y., Baker, S. C., & Darton, R. C. (2007). The application of a high throughput analysis method for the screening of potential biosurfactants from natural sources. *Journal of Microbiological Methods*, 70(3), 503-510.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.06.006>
- Corcy, J., & Lepage, M. (1991). Fromages fermiers. *La Maison Rustique Ed, Paris*.
- Corfield, A., Myerscough, N., Longman, R., Sylvester, P., Arul, S., & Pignatelli, M. (2000). Mucins and mucosal protection in the gastrointestinal tract: new prospects for mucins in the pathology of gastrointestinal disease. *Gut*, 47(4), 589-594.
- Corsetti, A., Settanni, L., Braga, T. M., de Fatima Silva Lopes, M., & Suzzi, G. (2008). An investigation of the bacteriocinogenic potential of lactic acid bacteria associated with wheat (*Triticum durum*) kernels and non-conventional flours. *LWT - Food Science and Technology*, 41(7), 1173-1182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.022>
- Das, K., & Mukherjee, A. K. (2007). Crude petroleum-oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from a petroleum-oil contaminated soil from North-East India. *Bioresour Technol*, 98(7), 1339-1345.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.032>
- Davidson, G., & Townley, R. (1977). Structural and functional abnormalities of the small intestine due to nutritional folic acid deficiency in infancy. *The Journal of Pediatrics*, 90(4), 590-594.
- de Almeida Júnior, W. L. G., da Silva Ferrari, Í., de Souza, J. V., da Silva, C. D. A., da Costa, M. M., & Dias, F. S. (2015). Characterization and evaluation of lactic acid bacteria isolated from goat milk. *Food Control*, 53, 96-103.
- De Vuyst, L., & Vandamme, E. J. (2012). *Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications*. Springer.

- Desai, J. D., & Banat, I. M. (1997). Microbial production of surfactants and their commercial potential. *Microbiol Mol Biol Rev*, 61(1), 47-64. <https://doi.org/10.1128/mmlbr.61.1.47-64.1997>
- Dessinioti, C., & Katsambas, A. D. (2010). The role of *Propionibacterium acnes* in acne pathogenesis: facts and controversies. *Clinics in dermatology*, 28(1), 2-7.
- Dimarzio, L., Cinque, B., Cupelli, F., De Simone, C., Cifone, M., & Giuliani, M. (2008). Increase of skin-ceramide levels in aged subjects following a short-term topical application of bacterial sphingomyelinase from *Streptococcus thermophilus*. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 21(1), 137-143.
- Dortu, C., & Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques: caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(1).
- Drago, L., Gismondo, M. R., Lombardi, A., De Haën, C., & Gozzini, L. (1997). Inhibition of in vitro growth of enteropathogens by new *Lactobacillus* isolates of human intestinal origin. *FEMS Microbiology Letters*, 153(2), 455-463.
- El-Agamy, E., Abou-Shloue, Z., & Abdel-Kader, Y. (1998). Gel electrophoresis of proteins, physicochemical characterization and vitamin C content of milk of different species. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 43, 57-70.
- El-Agamy, E. I., Nawar, M., Shamsia, S. M., Awad, S., & Haenlein, G. F. (2009). Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? *Small Ruminant Research*, 82(1), 1-6.
- Ercolini, D., Moschetti, G., Blaiotta, G., & Coppola, S. (2001). The potential of a polyphasic PCR-DGGE Approach in evaluating microbial diversity of natural whey cultures for water-buffalo mozzarella cheese production: bias of culture-dependent and culture-independent analyses. *Systematic and applied microbiology*, 24(4), 610-617.
- Fiechter, A. (1992). Biosurfactants: moving towards industrial application. *Trends in biotechnology*, 10, 208-217.
- Fioramonti, J., Theodorou, V., & Bueno, L. (2003). Probiotics: what are they? What are their effects on gut physiology? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 17(5), 711-724.
- Food, & Organization, A. O. W. H. (2001). Report of a joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. In: FAO/WHO Cordoba, Argentina.
- Gharaei-Fathabad, E. (2011). Biosurfactants in pharmaceutical industry: a mini-review. *American Journal of Drug Discovery and Development*, 1(1), 58-69.
- Ghraiiri, T., Frere, J., Berjeaud, J., & Manai, M. (2008). Purification and characterisation of bacteriocins produced by *Enterococcus faecium* from Tunisian rigouta cheese. *Food Control*, 19(2), 162-169.
- Gismondo, M., Drago, L., & Lombardi, A. (1999). Review of probiotics available to modify gastrointestinal flora. *International journal of antimicrobial agents*, 12(4), 287-292.
- Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G., & Faria, J. A. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(3), 292-302.
- Guetouache, M., Toumatia, O., Medjekal, S., Guessas, B., Cheriet, S., & Bouras, N. Nova Biotechnologica et Chimica.

- Guiraud, R. (1998). Mesozoic rifting and basin inversion along the northern African Tethyan margin: an overview. *Geological Society, London, Special Publications*, 132(1), 217-229.
- Harder, J., Bartels, J., Christophers, E., & Schröder, J.-M. (1997). A peptide antibiotic from human skin. *nature*, 387(6636), 861-861.
- Havenaar, R. (1992). Probiotics. *The scientific basis*, 209-224.
- Hayek, S. A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., & Ibrahim, S. A. (2019). Cultivation media for lactic acid bacteria used in dairy products. *Journal of Dairy Research*, 86(4), 490-502.
- Höltzel, A., Gänzle, M. G., Nicholson, G. J., Hammes, W. P., & Jung, G. (2000). The first low molecular weight antibiotic from lactic acid bacteria: reutericyclin, a new tetramic acid. *Angewandte Chemie International Edition*, 39(15), 2766-2768.
- Holzappel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., & Schillinger, U. (2001). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 365s-373s.
- Hooper, L. V., & Macpherson, A. J. (2010). Immune adaptations that maintain homeostasis with the intestinal microbiota. *Nature Reviews Immunology*, 10(3), 159-169.
- Hornef, M. W., & Torow, N. (2020). ‘Layered immunity’ and the ‘neonatal window of opportunity’—timed succession of non-redundant phases to establish mucosal host–microbial homeostasis after birth. *Immunology*, 159(1), 15-25.
- Ito, M., Liu, Y., Yang, Z., Nguyen, J., Liang, F., Morris, R. J., & Cotsarelis, G. (2005). Stem cells in the hair follicle bulge contribute to wound repair but not to homeostasis of the epidermis. *Nat Med*, 11(12), 1351-1354. <https://doi.org/10.1038/nm1328>
- Jans, C., Bugnard, J., Njage, P. M. K., Lacroix, C., & Meile, L. (2012). Lactic acid bacteria diversity of African raw and fermented camel milk products reveals a highly competitive, potentially health-threatening predominant microflora. *LWT*, 47(2), 371-379.
- Jensn, R. G., & Newburg, D. S. (1995). Bovine milk lipids. In *Handbook of milk composition* (pp. 543-575). Elsevier.
- Karam, H. Z., & Karam, N. (2006). Bactéries lactiques du lait de chamelle d’Algérie: mise en évidence de souches de *Lactococcus* résistantes au sel. *Tropicultura*, 24(3), 153-156.
- Kebbouche-Gana, S., Gana, M., Khemili, S., Fazouane-Naimi, F., Bouanane, N., Penninckx, M., & Hacene, H. (2009). Isolation and characterization of halophilic Archaea able to produce biosurfactants. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36(5), 727-738.
- Keenan, T. W., & Patton, S. (1995). The structure of milk: Implications for sampling and storage: A. The milk lipid globule membrane. In *Handbook of milk composition* (pp. 5-50). Elsevier.
- Kofuji, P., Davidson, N., & Lester, H. A. (1995). Evidence that neuronal G-protein-gated inwardly rectifying K⁺ channels are activated by G beta gamma subunits and function as heteromultimers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(14), 6542-6546.
- Kong, H. H., Oh, J., Deming, C., Conlan, S., Grice, E. A., Beatson, M. A., Nomicos, E., Polley, E. C., Komarow, H. D., Murray, P. R., Turner, M. L., & Segre, J. A. (2012). Temporal shifts in the skin microbiome associated with disease flares and treatment in children with atopic dermatitis. *Genome Res*, 22(5), 850-859. <https://doi.org/10.1101/gr.131029.111>
- Kosaric, N. (2001). Biosurfactants and their application for soil bioremediation. *Food Technology and Biotechnology*, 39(4), 295-304.

- Krutmann, J. (2009). Pre-and probiotics for human skin. *Journal of dermatological science*, 54(1), 1-5.
- Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., & Gobbetti, M. (2000). Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B. *Applied and environmental microbiology*, 66(9), 4084-4090.
- Lebeer, S., Vanderleyden, J., & De Keersmaecker, S. C. (2008). Genes and molecules of lactobacilli supporting probiotic action. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 72(4), 728-764.
- Levkovich, T., Poutahidis, T., Smillie, C., Varian, B. J., Ibrahim, Y. M., Lakritz, J. R., Alm, E. J., & Erdman, S. E. (2013). Probiotic bacteria induce a 'glow of health'. *PLoS One*, 8(1), e53867.
- Liévin-Le Moal, V., & Servin, A. L. (2006). The front line of enteric host defense against unwelcome intrusion of harmful microorganisms: mucins, antimicrobial peptides, and microbiota. *Clinical microbiology reviews*, 19(2), 315-337.
- Lilly, D. M., & Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659), 747-748.
- Lindgren, S. E., & Dobrogosz, W. J. (1990). Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *FEMS Microbiology Reviews*, 7(1-2), 149-163.
<https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1990.tb04885.x>
- Liu, W., Pang, H., Zhang, H., & Cai, Y. (2014). Biodiversity of lactic acid bacteria. *Lactic acid bacteria: fundamentals and practice*, 103-203.
- Lourens-Hattingh, A., & Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11(1), 1-17. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00036-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00036-X)
- Ludwig, D. S., & Kabat-Zinn, J. (2008). Mindfulness in medicine. *Jama*, 300(11), 1350-1352.
- Lye, H.-S., Kuan, C.-Y., Ewe, J.-A., Fung, W.-Y., & Liong, M.-T. (2009). The improvement of hypertension by probiotics: effects on cholesterol, diabetes, renin, and phytoestrogens. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3755-3775.
- Maghnia, D. (2011). *Etude de potentiel technologique des bactéries lactiques isolées des aliments fermentés traditionnels algériens* Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella].
- Magjeed, N. A. (2005). Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1. *J. Saudi Chem. Soc*, 9(2), 253-263.
- Makkar, R. S., & Rockne, K. J. (2003). Comparison of synthetic surfactants and biosurfactants in enhancing biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 22(10), 2280-2292.
- Marteau, P. R., de Vrese, M., Cellier, C. J., & Schrezenmeir, J. (2001). Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics. *Am J Clin Nutr*, 73(2 Suppl), 430s-436s. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.430s>
- Marteau, P. R., Vrese, M. d., Cellier, C. J., & Schrezenmeir, J. (2001). Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 430s-436s.
- Marth, E. H., & Steele, J. (2001). Cheese: Products. In *Applied Dairy Microbiology* (pp. 365-404). CRC Press.

- Meylheuc, T., Herry, J.-M., & Bellon-Fontaine, M.-N. (2001). Biosurfactants, surface-active biomolecules with wide potential applications. *Sciences des Aliments (France)*.
- Middleton, G., & Fitz-Gerald, C. (1981). Chemical analysis of goat's milk produced in South East Queensland. *Australian Journal of Dairy Technology*, 36(3), 115.
- Mohan, P. K., Nakhla, G., & Yanful, E. K. (2006). Biokinetics of biodegradation of surfactants under aerobic, anoxic and anaerobic conditions. *Water Research*, 40(3), 533-540.
- Mokoena, M. P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens: a mini-review. *Molecules*, 22(8), 1255.
- Moumène, A., Marcelino, I., Ventosa, M., Gros, O., Lefrancois, T., Vachier, N., Meyer, D. F., & Coelho, A. V. (2015). Proteomic profiling of the outer membrane fraction of the obligate intracellular bacterial pathogen *Ehrlichia ruminantium*. *PLoS One*, 10(2), e0116758.
- Mourot, J., Février, C., Jaguelin, Y., & Mounier, A. (1992). Valeurs nutritives comparees du lait de chevre et du lait de vache chez le porc. *Journées Corps Gras*,
- Mukherjee, A. K. (2007). Potential application of cyclic lipopeptide biosurfactants produced by *Bacillus subtilis* strains in laundry detergent formulations. *Lett Appl Microbiol*, 45(3), 330-335. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2007.02197.x>
- Mukherjee, S., Das, P., & Sen, R. (2006). Towards commercial production of microbial surfactants. *Trends Biotechnol*, 24(11), 509-515. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2006.09.005>
- Mulligan, C. N. (2005). Environmental applications for biosurfactants. *Environmental pollution*, 133(2), 183-198.
- Muthusamy, K., Gopalakrishnan, S., Ravi, T. K., & Sivachidambaram, P. (2008). Biosurfactants: properties, commercial production and application. *Current science*, 736-747.
- Nasr, S., Soudi, M., Mehrnia, M., & SAFARZADEH, M. (2009). Characterization of novel biosurfactant producing strains of *Bacillus* spp. isolated from petroleum contaminated soil.
- Ni, K., Wang, Y., Li, D., Cai, Y., & Pang, H. (2015). Characterization, identification and application of lactic Acid bacteria isolated from forage paddy rice silage. *PLoS One*, 10(3), e0121967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121967>
- Oelschlaeger, T. A. (2010). Mechanisms of probiotic actions—a review. *International journal of medical microbiology*, 300(1), 57-62.
- Ontsouka, C., Bruckmaier, R., & Blum, J. (2003). Fractionized milk composition during removal of colostrum and mature milk. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2005-2011.
- Orla-Jensen, S. (1919). *The lactic acid bacteria* (Vol. 3). Høst.
- Özyurt, V., & Ötleş, S. (2014). Prebiotics: a significant food ingredient for metabolism. *Akademik Gıda*, 12(1), 115-123.
- Pappas, A. (2009). Epidermal surface lipids. *Dermatoendocrinol*, 1(2), 72-76. <https://doi.org/10.4161/derm.1.2.7811>
- Parker, R. (1974). Probiotics, the other half of the antibiotic story. *Anim Nutr Health*, 29, 4-8.
- Parvez, S., Malik, K. A., Ah Kang, S., & Kim, H. Y. (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of applied microbiology*, 100(6), 1171-1185.

- Pierard, G., Arrese, J., Piérard-Franchimont, C., & De Doncker, P. (1997). Prolonged effects of antidandruff shampoos-time to recurrence of *Malassezia ovalis* colonization of skin. *International journal of cosmetic science*, 19(3), 111-117.
- Polak-Berecka, M., Wasko, A., & Koston, D. (2009). Comparison of different methods for detection of antimicrobial activity of probiotic strains of *Lactobacillus rhamnosus* against some food spoilage microorganisms. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska*,
- Quan, S., Tsuda, H., & Miyamoto, T. (2008). Angiotensin i-converting enzyme inhibitory peptides in skim milk fermented with *Lactobacillus helveticus* 130b4 from camel milk in inner mongolia, china. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(15), 2688-2692.
- Quinto, E. J., Jiménez, P., Caro, I., Tejero, J., Mateo, J., & Girbés, T. (2014). Probiotic lactic acid bacteria: a review. *Food and Nutrition Sciences*, 5(18), 1765.
- Rachda, B. (2021). *Les biosurfactants des bactéries lactiques*
- Rahman, P. K., & Gakpe, E. (2008). Production, characterisation and applications of biosurfactants-Review. *Biotechnology*.
- Reddy, G., Altaf, M., Naveena, B., Venkateshwar, M., & Kumar, E. V. (2008). Amylolytic bacterial lactic acid fermentation—a review. *Biotechnology advances*, 26(1), 22-34.
- Reid, G. (2006). Safe and efficacious probiotics: what are they? *TRENDS in Microbiology*, 14(8), 348-352.
- Reid, G., Sanders, M., Gaskins, H. R., Gibson, G. R., Mercenier, A., Rastall, R., Roberfroid, M., Rowland, I., Cherbut, C., & Klaenhammer, T. R. (2003). New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. *Journal of clinical gastroenterology*, 37(2), 105-118.
- Reiner, K. (2010). Catalase test protocol. *American society for microbiology*, 1-6.
- Rieg, S., Seeber, S., Steffen, H., Humeny, A., Kalbacher, H., Stevanovic, S., Kimura, A., Garbe, C., & Schitteck, B. (2006). Generation of Multiple Stable Dermcidin-Derived Antimicrobial Peptides in Sweat of Different Body Sites. *Journal of Investigative Dermatology*, 126(2), 354-365. <https://doi.org/10.1038/sj.jid.5700041>
- Rittié, L., Sachs, D. L., Orringer, J. S., Voorhees, J. J., & Fisher, G. J. (2013). Eccrine sweat glands are major contributors to reepithelialization of human wounds. *Am J Pathol*, 182(1), 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2012.09.019>
- Rivas, A., & Huelga, S. F. (2012). *Open quantum systems* (Vol. 10). Springer.
- Rodrigues, L., Banat, I. M., Teixeira, J., & Oliveira, R. (2006). Biosurfactants: potential applications in medicine. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 57(4), 609-618.
- Rodrigues, L., Banat, I. M., Teixeira, J., & Oliveira, R. (2006). Biosurfactants: potential applications in medicine. *J Antimicrob Chemother*, 57(4), 609-618. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl024>
- Rodrigues, L. R., Teixeira, J. A., van der Mei, H. C., & Oliveira, R. (2006). Physicochemical and functional characterization of a biosurfactant produced by *Lactococcus lactis* 53. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 49(1), 79-86.
- Ron, E. Z., & Rosenberg, E. (2001). Natural roles of biosurfactants. *Environmental Microbiology*, 3(4), 229-236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2001.00190.x>
- Ruiz, L., Margolles, A., & Sánchez, B. (2013). Bile resistance mechanisms in *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. *Frontiers in microbiology*, 4, 396.

- Sadishkumar, V., & Jeevaratnam, K. (2017). In vitro probiotic evaluation of potential antioxidant lactic acid bacteria isolated from idli batter fermented with Piper betle leaves. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2), 329-340.
- Saeed A, H., & Salam A, I. (2013). Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: a review. *Food and Nutrition Sciences*, 2013.
- Salminen, S., Bouley, C., Boutron, M.-C., Cummings, J., Franck, A., Gibson, G., Isolauri, E., Moreau, M.-C., Roberfroid, M., & Rowland, I. (1998). Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *British journal of nutrition*, 80(S1), S147-S171.
- Salminen, S., von Wright, A., Morelli, L., Marteau, P., Brassart, D., de Vos, W. M., Fondén, R., Saxelin, M., Collins, K., & Mogensen, G. (1998). Demonstration of safety of probiotics—a review. *International journal of food microbiology*, 44(1-2), 93-106.
- Schitteck, B., Hipfel, R., Sauer, B., Bauer, J., Kalbacher, H., Stevanovic, S., Schirle, M., Schroeder, K., Blin, N., Meier, F., Rassner, G., & Garbe, C. (2001). Dermcidin: a novel human antibiotic peptide secreted by sweat glands. *Nature Immunology*, 2(12), 1133-1137. <https://doi.org/10.1038/ni732>
- Servin, A. L. (2004). Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *FEMS Microbiology Reviews*, 28(4), 405-440.
- Sharma, A., Kaur, J., Lee, S., & Park, Y.-S. (2019). Tracking of intentionally inoculated lactic acid bacteria strains in yogurt and probiotic powder. *Microorganisms*, 8(1), 5.
- Sharma, D., Saharan, B. S., Chauhan, N., Bansal, A., & Procha, S. (2014). Production and structural characterization of Lactobacillus helveticus derived biosurfactant. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Sindhu, S. C., & Khetarpaul, N. (2003). Effect of feeding probiotic fermented indigenous food mixture on serum cholesterol levels in mice. *Nutrition research*, 23(8), 1071-1080.
- Siro, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3), 456-467.
- Stiles, M. E., & Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International journal of food microbiology*, 36(1), 1-29.
- Streit, F., Corrieu, G., & Béal, C. (2007). Acidification improves cryotolerance of Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus CFL1. *Journal of biotechnology*, 128(3), 659-667.
- Sullivan, L., Luhby, A., & Streiff, R. (1966). Studies of the daily requirement for folic acid in infants and the etiology of folate deficiency in goat's milk megaloblastic anemia. *Am. J. Clin. Nutr*, 18(311), 7.
- Tester, R., & Al-Ghazzewi, F. (2012). The role of pre-and probiotics in skin care. *Inside Cosmeceuticals*, 1, 5-9.
- Traudel, K., & Merten, S. (2017). Possible food and agricultural application of microbial surfactants: an assessment. In *Biosurfactants and biotechnology* (pp. 183-210). Routledge.
- Ubags, N. D., Trompette, A., Pernot, J., Nibbering, B., Wong, N. C., Pattaroni, C., Rapin, A., Nicod, L. P., Harris, N. L., & Marsland, B. J. (2021). Microbiome-induced antigen-presenting cell recruitment coordinates skin and lung allergic inflammation. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 147(3), 1049-1062. e1047.
- Van Dyke, M. I., Lee, H., & Trevors, J. T. (1991). Applications of microbial surfactants. *Biotechnology advances*, 9(2), 241-252.

- Visser, M. O., Carr, A. N., & Narendran, V. (2022). Epidermal Immunity and Function: Origin in neonatal skin. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9.
- Volz, T., & Biedermann, T. (2009). Outside-in: Probiotic topical agents. *Der Hautarzt*, 60, 795-801.
- Willumsen, P. A., & Karlson, U. (1996). Screening of bacteria, isolated from PAH-contaminated soils, for production of biosurfactants and bioemulsifiers. *Biodegradation*, 7, 415-423.
- Yateem, A. (2008). Isolation of lactic acid bacteria with probiotic potential from camel milk.
- Yerlikaya, O., & Karagözlü, C. (2009). Prebiotic products and their effects on human health. *Akademik Gıda*, 7(5), 51-55.
- YILMAZ, M. (2004). Prebiyotik ve probiyotikler. *Güncel Pediatri*, 2(4), 142-145.
- Zeeuwen, P. L. J. M., Boekhorst, J., van den Bogaard, E. H., de Koning, H. D., van de Kerkhof, P. M. C., Saulnier, D. M., van Swam, I. I., van Hijum, S. A. F. T., Kleerebezem, M., Schalkwijk, J., & Timmerman, H. M. (2012). Microbiome dynamics of human epidermis following skin barrier disruption. *Genome Biology*, 13(11), R101.
<https://doi.org/10.1186/gb-2012-13-11-r101>
- Zhao, Z., Wang, Q., Wang, K., Brian, K., Liu, C., & Gu, Y. (2010). Study of the antifungal activity of *Bacillus vallismortis* ZZ185 in vitro and identification of its antifungal components. *Bioresour Technol*, 101(1), 292-297.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.071>
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., O'toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., & Walter, J. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(4), 2782-2858.
- Zwick, R. K., Guerrero-Juarez, C. F., Horsley, V., & Plikus, M. V. (2018). Anatomical, Physiological, and Functional Diversity of Adipose Tissue. *Cell Metab*, 27(1), 68-83.
<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.12.002>