

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature
et de la Vie
Département : Microbiologie
Appliquée et Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم : الميكروبيولوجيا التطبيقية
و علوم التغذية

Mémoire de Master

Filière: Sciences Biologiques
Option: Microbiologie Appliquée

Thème

Propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait
maternel et de la flore intestinale des nourrissons

Membres de Jury:

Présidente: D^r. S .AKROUM

Examineur: M^r. Y. RAHMOUNE

Encadreur: D^r. S. ALIOUA

Présenté par:

M^{elle}: Lynda MATIB

M^{elle}: Meriem HADEF

M^{elle}: Nadjah BOUKHEDENA

Année Universitaire 2019-2020

Numéro d'ordre (bibliothèque):.....

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah pour nous avoir donné de la force, la patience et la volonté d'accomplir ce travail modeste.

*Nos sincères remerciements sont adressés premièrement à notre encadreur **Dr. S. ALIOUA**, qui a fait pour nous un travail supplémentaire et nous a guidé lors de l'élaboration de ce travail avec ses encouragements, sa patience et ses conseils judicieux, nous la prions d'accepter nos sincères remerciements, notre profond respect et entiers dévouements.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer notre travail, **Dr. S. AKROUM** en tant que présidente de jury et **Mr. Y. RAHMOUNE** d'avoir pris de son temps pour examiner ce travail.*

Nos remerciements vont également à tout le corps enseignant de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Jijel.

Enfin, on adresse nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci tout le monde

Lynda, Meriem, Nadjah

Dédicace

*Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie:
À la mémoire de mes très chers grands-parents qui auraient été fiers de
ma réussite.*

Allah yerhamhoume Inch'Allah

*À l'être la plus chère à mon cœur, ma mère, qui m'a fait toujours le
courage et m'a donné tout l'amour du monde, qu'elle trouve ici mon
amour et mon affection.*

*À ma source de bonheur, mon père, qui est toujours disponible pour
nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon
profond respect.*

À mes chers frères Walid et Chakib et ma chère sœur Rihem.

À toute les membres de ma famille, petits et grands.

À tous mes amis(es).

À mes chers collègues et copines Meriem et Nadjah.

À un ami et frère qui m'a apporté de l'aide avec ses précieux conseils.

À ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments difficiles.

Et à tous ceux qui me sont chers.

♥ *Je vous aime* ♥

Lynda Matib



Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Tu as été toujours présente à mes côtés et m'a soutenu et encouragé durant toutes mes études, tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie.

À mon cher père

Qui est toujours disponible pour nous, et prête à nous aider, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir. Je lui confirme mon attachement et mon profond respect

À mes chers frères, ma chère sœur, Merci pour vos encouragements pour vos soutiens.

À mes neveux Yousef et Islem, Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite.

À toutes mes amies de ma promotion, je cite à part mes collègues Lynda et Nadjah qui ont partagé avec moi tous les moments de ce travail.

À toute ma famille.

À tous ceux que j'ai connus durant mon cycle d'étude.

Meriem Hadeef



Dédicace

Chaque jour qui passe je remercie Allah, et je le pris tout le temps de me donner la force de suivre le chemin qu'il m'a tracé afin de mener à bien le destin qu'il m'a prévu. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.

J'adresse mes plus sincères remerciements à:

Mes parents, Je vous serai éternellement reconnaissante pour votre soutien, votre confiance et votre fierté.

Mon père, Tu es un pilier solide et incontournable pour ma personne et mon parcours, que Dieu te protège et te donne santé et longue vie.

Ma mère, qui m'a toujours donné plus qu'il ne le faudrait, d'amour et de tendresse et sa constance à mes côtés dans les moments difficiles. Rien n'exprime ma gratitude, je prie Dieu de prendre soin de toi et te bénir avec le paradis le plus élevé et de vous laisser toujours dans ma vie.

Mes sœurs et mes frères pour leurs soutiens, leurs compréhensions et leurs aides précieux dans les moments difficiles.

Mes neveux: Adem, Abd elrahim, et mes nièces Ghoufran, Allaa elrahman et l'adorable petite Afnane qui ont rendu ma vie plus belle, plus amoureuse et très heureuse elhamdulillah. Que Dieu vous protège et prend soin de vous.

À toute ma famille parentale Boukhedenna et maternelle Amimour, chacun par son nom.

À tous mes amis qui me rejoignent l'enfance, l'éducation, et même la vie personnelle, je mentionne à part Mes chères: Lynda et Meriem, Je vous serai éternellement reconnaissante pour votre soutien, votre confiance et votre fierté.

*À mes camarades de promotion Master Microbiologie appliquée 2020.
À tous les enseignants qui ont contribué à ma formation durant mon cursus.*

À tous ceux que j'aime

Merci !

Nadjah Boukhedena



Sommaire

Liste des figures.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
Introduction	1

Partie I: Synthèse bibliographique

I. Dysbiose intestinale	3
I.1. Définitions.....	3
I.2. Pathologies en relation avec la dysbiose	4
I.3. Reconstruction de l'équilibre intestinal.....	4
II. Les bactéries lactiques de lait maternel et de la flore intestinale des nourrissons	5
II.1. Taxonomie.....	5
II.2. Caractères morphologiques, physiologiques et culturels	5
II.3. Caractères biochimiques.....	6
II.4. Rôle des bactéries lactiques du microbiote intestinal	7
II.5. Rôle des bactéries lactiques du lait maternel.....	7
III. Les probiotiques	9
III.1. Historique et définition.....	9
III.2. Effets bénéfiques des probiotiques	9
III.3. Mécanismes d'action des probiotiques.....	10
III.3.1. Inhibition de la croissance des microorganismes pathogènes.....	10
III.3.2. Amélioration de la fonction barrière.....	11
III.3.3. Modulation du système immunitaire	11
III.4. Critères de sélection des souches probiotiques.....	12
III.4.1. Critères de sécurité.....	12
III.4.1.1. Identification de la souche.....	12
III.4.1.2. L'origine.....	13
III.4.1.3. L'innocuité	13
III.4.1.4. La résistance aux antibiotiques	13
III.4.2. Critères fonctionnels	14
III.4.2.1. L'activité antimicrobienne	14
III.4.2.2. L'adhésion aux cellules épithéliales.....	17
III.4.2.3. L'activité arginine désaminase.....	18
III.4.2.4. La tolérance à l'acidité gastrique	19
III.4.2.5. La tolérance aux sels biliaires	20

III.4.2.6. La résistance au lysozyme	21
III.4.2.7. L'activité antioxydante	21
III.4.2.8. Immunomodulation	22
III.4.3. Critères technologiques	22
III.4.3.1. Viabilité et stabilité des microorganismes	22
III.4.3.2. Résistance aux phages	23

Partie II: Analyse des articles scientifiques sur les BAL

I. Méthodes de recherche	24
I.1. Stratégie de recherche	24
I.2. Critères d'éligibilité	24
I.2.1. Critères d'inclusion	24
I.2.2. Critères d'exclusion	24
II. Résultats et discussion	24
II.1. La diversité des bactéries lactiques dans le lait maternel	25
II.2. La diversité des bactéries lactiques dans le microbiote intestinal des nourrissons	28
II.3. Propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait maternel	31
II.4. Propriétés probiotiques des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons ..	34
Conclusion	39
Références bibliographiques	40

Figure 1. Illustration de l'homéostasie intestinale et de la dysbiose.....	3
Figure 2. Voie homofermentaire, hétérofermentaire et bifide de la dégradation du glucose.....	6
Figure 3. Mécanismes d'action des probiotiques.....	12
Figure 4. Mode d'action des acides organiques sur les pathogènes	14
Figure 5. Mode d'action du peroxyde d'hydrogène et de ses dérivés sur les pathogènes.....	15
Figure 6. Mode d'action des bactériocines sur les pathogènes.....	16
Figure 7. Mécanismes d'inhibition des pathogènes par effet barrière des biosurfactants	17
Figure 8. Mécanismes d'adhésion aux cellules épithéliales	18
Figure 9. Inhibition des pathogènes par compétition nutritionnelle vis-à-vis de l'arginine consommé par les lactobacilles.	19
Figure 10. Diagramme de recherche et d'inclusion des études.	25
Figure 11. La diversité des bactéries lactiques de lait maternel dans différent pays	27
Figure 12. La diversité des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons dans différent pays.....	30

Tableau 1: Caractéristiques des études incluses sur les bactéries lactiques du lait maternel.....26

Tableau 2: Caractéristiques des études incluses sur les bactéries lactiques de la flore intestinale
des nourrissons.29

Tableau 3: Caractéristiques des études incluses sur les propriétés probiotiques des bactéries
lactiques du lait maternel.....31

Tableau 4: Caractéristiques des études incluses sur les propriétés probiotiques des bactéries
lactiques de la flore intestinale des nourrissons.35

✓ Genres bactériens

B: Bacillus

Bf: Bifidobacterium

E: Escherichia

En: Enterococcus

K: Klebsiella

L: Listeria

Lb: Lactobacillus

Lc: Lactococcus

Ln: Leuconostoc

P: Pseudomonas

Pc: Pediococcus

S: Staphylococcus

Sl: Salmonella

St: Streptococcus

W: Weissella

✓ Autres abréviations

BAL: Bactéries lactiques.

BSH: Bile Salt Hydrolase / Hydrolase des sels biliaires.

EFSA: European Food Safety Authority / Autorité Européenne de Sécurité des Aliments.

EPS: Exopolysaccharide.

FAO: L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

GRAS: Generally Recognized As Safe.

MDR: MultiDrug Resistance.

OMS: l'Organisation Mondiale de la Santé.

PAMP: Pathogen-Associated Molecular Pattern / Motifs moléculaires associés aux pathogènes.

PPR: Pattern Recognition Receptor / Les récepteurs de reconnaissance de motifs moléculaires.

QPS: Qualified Presumption of Safety / Présomption d'innocuité reconnue.

Introduction

Le déséquilibre du microbiote intestinal ou dysbiose, est caractérisé par une diminution de la biodiversité et le développement des bactéries potentiellement pathogènes aux dépens d'autres (**Lamas *et al.*, 2016**), il peut contribuer au développement des maladies métaboliques. Cependant, en plus des maladies inflammatoires intestinales, d'autres maladies pourraient trouver leurs origines dans le microbiote intestinal (**Burcelin *et al.*, 2013**).

Les bactéries lactiques sont souvent utilisées pour la prévention et le traitement de la dysbiose. Elles jouent un rôle important dans la santé humaine en dominant et en équilibrant la microflore intestinale (**Akbar *et al.*, 2019**).

Les BAL se trouvent dans plusieurs niches écologiques telles que le lait maternel qui est un aliment hautement nutritif. Il joue un rôle important dans l'établissement du microbiome intestinal du nourrisson, servant comme une source des bactéries productrices d'acide lactique et d'oligosaccharides pour l'intestin infantile (**Kordy *et al.*, 2020**).

Récemment, les BAL ont suscité beaucoup d'attention pour être utilisées comme biopréservateur principalement dans les industries laitières et alimentaires et également utilisées dans le traitement thérapeutique humain en modulant le système immunitaire contre les divers agents pathogènes d'origine alimentaire et conduisant ainsi à la création du terme «probiotiques» (**Gupta *et al.*, 2018**).

Les probiotiques sont des préparations contenant des micro-organismes et leurs métabolites, qui affectent l'organisme hôte de manière bénéfique. Dans la plupart des cas, les probiotiques comprennent des micro-organismes qui pourront se développer et fonctionner dans le tractus intestinal de l'hôte (**Samedi et Charles, 2019**). Ils servent d'obstacles physiques aux pathogènes, favorisent la sécrétion de mucus par les cellules caliciformes, maintiennent l'intégrité des jonctions adhérentes des cellules épithéliales de l'intestin, produisent des facteurs antimicrobiens et stimulent le système immunitaire (**Yan et Goldman, 2020**).

Le potentiel thérapeutique des probiotiques est basé notamment sur une réduction de la réponse inflammatoire et la réaction allergique. Les probiotiques étaient administrés dans l'organisme à titre préventif ou curatif (**Esber *et al.*, 2019**).

La sélection des probiotiques porte sur plusieurs critères, tels que la capacité de survivre à l'acidité gastrique et aux sels biliaires, l'adhésion à la muqueuse intestinale, la résistance aux antibiotiques et l'inhibition des agents pathogènes par la production des substances antimicrobiennes, la compétition sur les sites d'adhésion et les nutriments (**Reis *et al.*, 2016**).

De ce fait, ce travail vise à déterminer les propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait maternel et de la flore intestinale des nourrissons.

Afin d'atteindre cet objectif, notre travail se compose de deux parties:

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique, divisée en trois chapitres comme suit: le premier chapitre présente des généralités sur la dysbiose intestinale, le deuxième chapitre sur les bactéries lactiques, et le troisième chapitre sur les probiotiques.
- La deuxième partie est consacrée à l'analyse des articles scientifiques traitant les points suivants:
 - a- Diversité des BAL dans lait maternel et leurs propriétés probiotiques.
 - b- Diversité des BAL dans le microbiote intestinal des nourrissons et leurs propriétés probiotiques.

Enfin, une conclusion générale, récapitulera les principaux axes de cette étude.

Synthèse

Bibliographique

I. Dysbiose intestinale

I.1. Définitions

Le microbiote intestinal humain est composé de trillions de micro-organismes considérés comme non pathogènes (**Carding *et al.*, 2015**). Il joue un rôle important dans la fonction et l'intégrité du tractus gastro-intestinal, le maintien de l'homéostasie immunitaire et le métabolisme énergétique de l'hôte (**Hemarajata et Versalovic, 2013**).

Dans des conditions normales d'individus en bonne santé, il existe une diapasonie et une régulation croisée entre l'hôte et le microbiote qui réside dans l'intestin, ce qui crée un équilibre homéostatique des bactéries afin que le tractus gastro-intestinal reste sain et exempt de prolifération de bactéries potentiellement pathogènes (**DeGruttola *et al.*, 2016**).

Cependant, lorsque la relation mutuelle entre les membres du microbiote, les produits métaboliques et le système immunitaire de l'hôte est perdue, une dysbiose se produit (**figure 1**) (**Gagliardi *et al.*, 2018**).

Une dysbiose est une perturbation de l'homéostasie du microbiote intestinal en raison d'un déséquilibre de la flore elle-même, de modifications de sa composition fonctionnelle et de ses activités métaboliques, ou de modifications de sa distribution locale (**DeGruttola *et al.*, 2016**).

La dysbiose peut être classée en trois types différents: perte d'organismes bénéfiques, croissance excessive d'organismes potentiellement nuisibles et perte de la diversité microbienne globale. De plus, ces trois types ne sont pas mutuellement exclusifs et peuvent se produire simultanément (**De Luca et Shoefeld, 2019**).

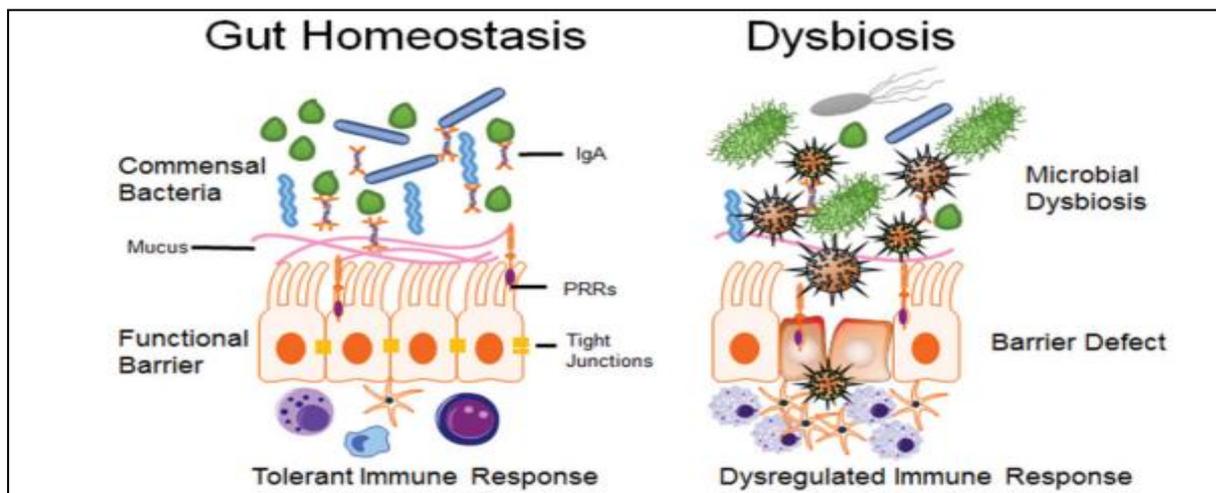


Figure 1. Illustration de l'homéostasie intestinale et de la dysbiose (**Wang et Roy, 2017**).

I.2. Pathologies en relation avec la dysbiose

Les altérations du microbiote peuvent résulter d'une exposition à divers facteurs environnementaux, notamment l'alimentation, les toxines (enterotoxines ...), les médicaments (antibiotique...) et les agents pathogènes (*Salmonella*, *Staphylococcus*...) (**Carding et al., 2015**).

La dysbiose intestinale est une affection liée à diverses maladies, notamment le cancer du côlon, les maladies inflammatoires de l'intestin, les maladies neurologiques comme la maladie d'Alzheimer et le parkinsonisme, les maladies rénales chroniques, les maladies inflammatoires systémiques comme la polyarthrite rhumatoïde, les troubles cardio-métaboliques comme l'obésité, la résistance à l'insuline, le diabète de type 2 et l'hypertension et les maladies cardiovasculaires comme l'athérosclérose, les accidents vasculaires cérébraux et l'insuffisance cardiaque (**Madan et Mehra, 2020**).

I.3. Reconstruction de l'équilibre intestinal

De nombreuses stratégies thérapeutiques visant à rétablir l'équilibre de l'écosystème intestinal ont été mises en œuvre. Ces stratégies comprennent l'administration de probiotiques, de prébiotiques et de synbiotiques; la phagothérapie; la transplantation fécale et la transplantation de consortium bactérien. Toutes ces stratégies partagent le même objectif de remplacer les microbes nocifs par des microbes plus favorables pour restaurer l'eubiose.

Les probiotiques peuvent être utilisés à la fois pour prévenir l'apparition de la dysbiose lorsque le patient est exposé à des conditions prédisposantes (antibiotiques prolongés, stress physique ou mental intense, maladies débilitantes chroniques, etc.) et comme agents thérapeutiques pour rééquilibrer un état de dysbiose en cours (**Gagliardi et al., 2018**).

Il a été démontré que les probiotiques améliorent la barrière intestinale, stimulent le système immunitaire et produisent des effets antibactériens, en plus de moduler la motilité intestinale et de réduire la douleur viscérale (**Bull et Plummer, 2015**).

II. Les bactéries lactiques de lait maternel et de la flore intestinale des nourrissons

II.1. Taxonomie

Le terme « bactéries lactiques » ne reflète pas une classe phylétique, mais plutôt les capacités métaboliques de ce groupe bactérien hétérogène, dont la plus importante est la capacité de fermenter les sucres principalement en acide lactique (**Wedajo, 2015**).

La première classification des BAL a été établie par **Orla-Jensen** en 1919 basée sur les propriétés phénotypiques: la morphologie, le mode de fermentation, la croissance à différentes températures et le mode d'utilisation des sucres. (**Quinto et al., 2014**)

Récemment, l'approche moléculaire est devenue un outil important pour la classification et l'identification des BAL. Elle a permis d'augmenter le nombre de genres inclus dans ce groupe et d'affiner cette classification (**Quinto et al., 2014 ; Gupta et al., 2018**).

Selon la classification taxonomique actuelle, les BAL peuvent être classées dans deux phylums distincts, à savoir les Firmicutes et Actinobacteria (**Wedajo, 2015**). Au sein du phylum des Firmicutes, les BAL appartient à la classe *Bacilli*, l'ordre des *Lactobacillales* et comprend les familles suivantes: *Aerococcaceae*, *Carnobacteriaceae*, *Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae*, *Leuconostocaceae* et *Streptococcaceae*. Dans le phylum des Actinobactéries, les BAL appartient aux genres *Bifidobacterium* (famille des *Bifidobacteriaceae*) (**Mora-Villalobos et al., 2020**).

II.2. Caractères morphologiques, physiologiques et cultureux

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif, hétérotrophes, non sporulant, immobiles, catalase négative, dépourvues de cytochromes et de porphyrines. Elles sont des cocci (*Streptococcus*, *Aerococcus*, *Lactococcus*) ou des bâtonnets (*Lactobacillus*) (**Khalid, 2011**).

Elles sont en général aéro-anaérobies facultatives ou micro-aérophiles et sont protégées contre les sous-produits de l'oxygène tels que le peroxyde d'hydrogène par les peroxydases. Ils ont une tolérance élevée pour un pH acide, le pH optimal de croissance est compris entre 5,5 à 5,8 (**Mokoena, 2017**).

Elles sont connues comme des micro-organismes exigeants demandant des milieux riches en différents nutriments pour croître (les acides aminés, les peptides, les vitamines, les sels, les acides gras, les minéraux et les glucides fermentescibles) en raison de leur capacité limitée à synthétiser leurs propres facteurs de croissance (**Wee et al., 2006 ; Hayek et Ibrahim, 2013**).

L'isolement des BAL consiste à utiliser un milieu à usage général tel que l'APT Agar, la gélose Rogosa, la gélose de Man-Rogosa Sharpe (MRS) (**Carr et al., 2002**).

II.3. Caractères biochimiques

Les bactéries lactiques sont chimio-organotrophes, utilisent comme source énergétique des substances hydrocarbonées telles que les sucres, les alcools et les acides organiques. La fermentation des sucres constitue la principale voie de production d'énergie (Khalid, 2011).

Le catabolisme du glucose peut suivre (figure 2):

- ✓ La voie homofermentaire: Les bactéries homofermentaires produisent deux molécules de lactates à partir d'une molécule de glucose telles que *Lactococcus* et *Streptococcus*.
- ✓ La voie hétérofermentaire: Les bactéries hétérofermentaires génèrent du lactate, de l'éthanol et du dioxyde de carbone à partir d'une molécule de glucose telles que *Leuconostoc*, *Weissella* et certains lactobacilles (Gupta et al., 2018).
- ✓ La voie bifide: Le genre *Bifidobacterium* suit une voie particulière appelée la voie bifide. Elle permet d'avoir 1.5 molécules d'acétate, 2.5 molécules d'ATP et 2 molécule de lactate à partir d'une molécule d'hexose consommée (Atlan et al., 2008).

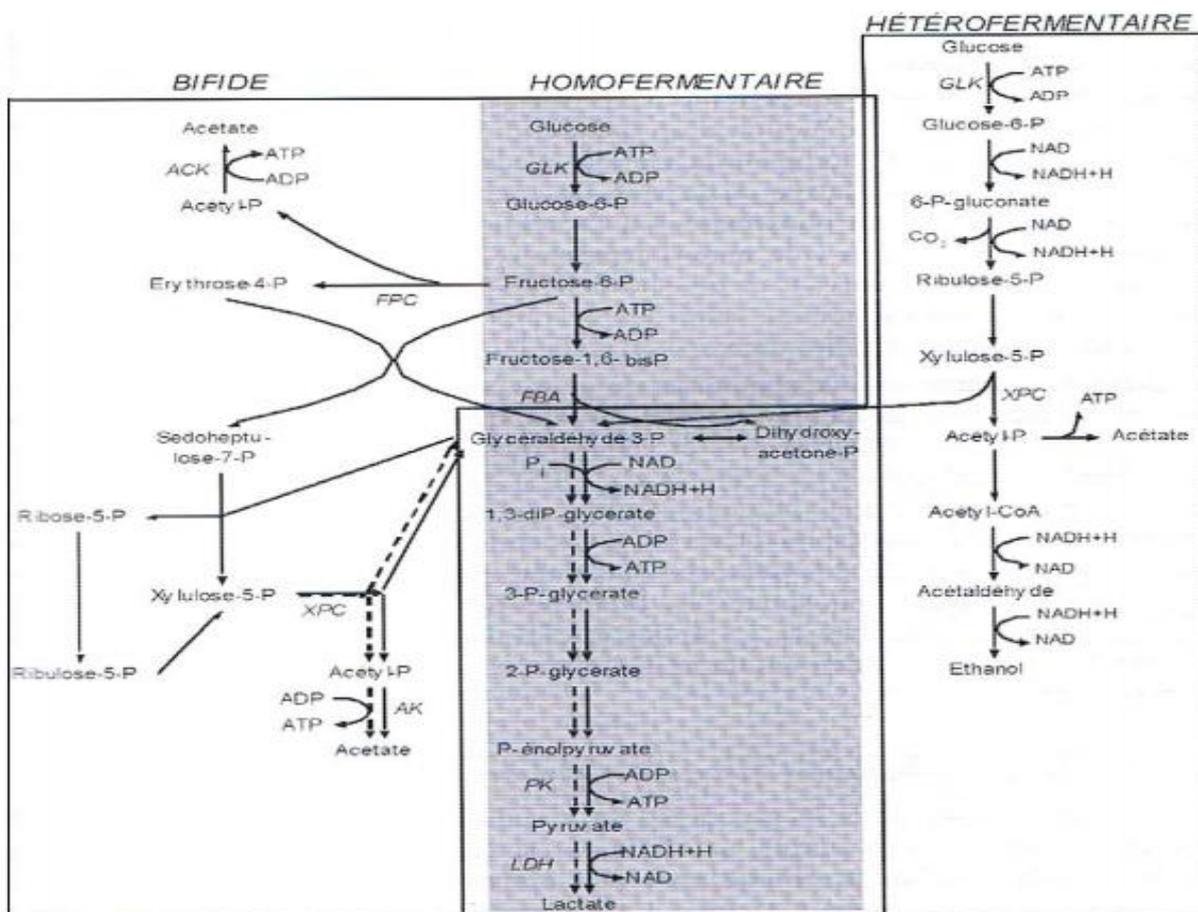


Figure 2. Voie homofermentaire, hétérofermentaire et bifide de la dégradation du glucose (Atlan et al., 2008).

GLK : glucokinase, FBA : fructose-1,6-bisphosphate aldolase, FPC : fructose-6- phosphate phosphocétolase, XPC : xylulose-1,5-phosphate phosphocétolase, PK : pyruvate kinase, LDH ; lactate déshydrogénase, ACK : acétate kinase

II.4. Rôle des bactéries lactiques du microbiote intestinal

À la naissance, le tube digestif est stérile, mais se colonise rapidement avec des bactéries dérivées du microbiote maternel, de l'alimentation et de l'environnement (**Albesharat *et al.*, 2011**).

Les BAL font partie intégrante de la micro-écologie gastro-intestinale de l'organisme et participent au métabolisme de l'hôte (**Samedi et Charles, 2019**).

Elles ont un rôle dans la prévention de diverses infections gastro-intestinales car elles sont capables d'inhiber l'adhérence des bactéries pathogènes aux cellules épithéliales intestinales en raison de leur capacité à augmenter la production de mucines intestinales (**Quinto *et al.*, 2014**) et la production des métabolites antimicrobiens tels que les acides organiques (par exemple le lactate, l'acétate et le butyrate), le peroxyde d'hydrogène et les bactériocines, et la concurrence avec des bactéries nocives pour les nutriments ou les récepteurs d'adhésion (**Azat *et al.*, 2016**).

Les BAL peuvent stimuler les mécanismes immunitaires de l'hôte, améliorer l'hydrolyse du lactose. Elles peuvent aussi jouer un rôle dans la stabilisation de la microflore intestinale, le contrôle du cholestérol sérique, la prévention du cancer du côlon, le renforcement de la capacité de la barrière intestinale aux antigènes étrangers et le maintien d'un taux sanguin d'insuline normal (**Denev, 2006 ; Masood *et al.*, 2011**).

II.5. Rôle des bactéries lactiques du lait maternel

Le lait maternel contient tous les éléments nutritifs nécessaires pour assurer la croissance et le développement du nourrisson. C'est une source de microorganismes qui aide à établir une bonne flore intestinale, intervenant dans la protection contre les maladies et augmentant l'efficacité du système digestif (**Medjaoui *et al.*, 2016**). Le lait maternel est un facteur important dans l'initiation, le développement et la composition du microbiote intestinal néonatal (**Mehanna *et al.*, 2013**).

Il a été démontré qu'un nourrisson prend environ 10^5 à 10^7 bactéries par jour en consommant 800 ml de lait maternel. Parmi eux, les BAL constituent une partie importante de la microflore intestinale. Les bactéries lactiques présentes dans le lait maternel peuvent jouer plusieurs rôles, tels que la réduction de l'incidence et de la gravité des infections intestinales des nouveau-nés (**Taghizadeh *et al.*, 2015**).

Certaines souches de bactéries lactiques de lait maternel ont la capacité d'inhiber la croissance d'un large spectre des bactéries pathogènes (*P. aeruginosa*, *L. monocytogenes*...) par exclusion compétitive et / ou par production de composés antimicrobiens, tels que les bactériocines, les acides organiques ou le peroxyde d'hydrogène (**Martín *et al.*, 2009**).

Elles peuvent également participer à la maturation correcte du système immunitaire du nourrisson, car certaines souches sont capables de moduler les réponses immunitaires naturelles et acquises chez l'homme. Enfin, elles ont un potentiel significatif pour exercer des fonctions métaboliques chez le nourrisson. Elles pourraient également contribuer à la digestion par la dégradation des sucres et des protéines (**Medjaoui *et al.*, 2016**).

III. Les probiotiques

III.1. Historique et définition

La définition du terme probiotique a évolué dans le temps en fonction de la réflexion des chercheurs, des connaissances scientifiques et des avancées technologiques (**Vasiljevic et Shah, 2008**).

Au début des années 1900, le lauréat du prix Nobel, *Elie Metchnikoff* a associé la longévité accrue des ruraux bulgares à la consommation régulière de produits laitiers fermentés tels que le yaourt. Il a suggéré que les lactobacilles pourraient contrecarrer les effets putréfiants du métabolisme gastro-intestinal (**Martirosyan et Leem, 2019**).

En 1906, le pédiatre français *Henry Tissier* a observé que les selles des enfants souffrant de diarrhées contenaient un faible nombre de bifidobactéries par rapport aux selles d'enfants en bonne santé. Il suggéra alors d'administrer ces bactéries aux patients diarrhéiques pour les aider à restaurer un microbiote intestinal sain (**Liévin-Le Moal et Servin, 2014**).

En 1989, *Fuller* redéfinit les probiotiques comme des « compléments alimentaires qui ont un effet bénéfique sur l'animal hôte en améliorant son équilibre microbien intestinal » (**Burns et Rowland, 2000**).

Le terme probiotique dérivé du grec « pro bios », qui signifie littéralement « en faveur de la vie ». En 2002, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) officialisaient la définition du terme probiotique afin d'éviter toute dérive. Les probiotiques sont donc définis comme « des organismes vivants qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, exercent un effet bénéfique sur la santé de l'hôte » (**Markowiak et Śliżewska, 2017**).

L'histoire souligne donc que la définition actuelle pourrait encore évoluer, car les champs de recherche pour mieux connaître et comprendre l'action des probiotiques sont encore nombreux (**Yan et Goldman, 2020**).

III.2. Effets bénéfiques des probiotiques

Les bactéries lactiques peuvent jouer un double rôle comme agents de fermentation alimentaire et potentiellement comme agents bénéfiques pour la santé (**Gupta et al., 2018**).

Les effets des bactéries probiotiques sont multiples: la modification du pH, augmentation d'IgA sécrétées et la synthèse des bactériocines conduisant à limiter l'implantation de micro-organismes pathogènes. Elles maintiennent la barrière physique qui représente l'épithélium intestinal et ont des effets sur l'immunité en conduisant à une diminution des cytokines pro-

inflammatoires et une modulation de l'orientation de la réponse immunitaire adaptative (Seksik, 2007).

Elles peuvent prévenir les maladies intestinales, atténuer l'intolérance au lactose, améliorer l'équilibre microbien intestinal, présentant des effets anti-hypercholestérolémies et antihypertenseurs, soulager des troubles post-ménopausiques et réduire la diarrhée du voyageur. Des études récentes ont également porté sur leurs utilisations dans le traitement des maladies de la peau et de la bouche (Shi *et al.*, 2016).

En outre, ils peuvent améliorer la prévention du cancer par la réduction de la concentration des enzymes cancérogènes et des métabolites putréfiantes dans l'intestin, l'atténuation des allergies et des maladies atopiques chez les nourrissons. Ainsi que la prévention des infections des voies respiratoires (rhume, influenza) et le traitement des infections urogénitales et la thérapie des cardiopathies ischémiques (Novik *et al.*, 2014).

Donc les probiotiques exercent des effets de régulation de la microflore intestinale, des effets nutritionnels (stimulation de la digestion du lactose par exemple) ou encore des effets sur les fonctions immunitaires par le biais d'une stimulation de la production d'immunoglobulines ou d'interféron (Bongaerts et Severijnen, 2001).

III.3. Mécanismes d'action des probiotiques

Il existe différents mécanismes d'action par lesquels les probiotiques exercent un antagonisme vis-à-vis plusieurs microorganismes (Yan et Polk, 2009). Parmi ces mécanismes (figure 3):

- Inhibition de la croissance des pathogènes.
- Amélioration de la fonction barrière.
- Modulation du système immunitaire (Monteagudo-Mera *et al.*, 2019).

III.3.1. Inhibition de la croissance des microorganismes pathogènes

Les probiotiques exercent des effets antagonistes directs par la production de substances antimicrobiennes, notamment les bactériocines, l'acide, le peroxyde d'hydrogène, et les défensines. (Yan et Polk, 2009), ou des effets indirects, par la création d'un environnement défavorable à l'implantation et à la prolifération des bactéries pathogènes spécifiques par modification du pH intestinal. Les probiotiques conduisent à la formation d'acide gras à chaînes courtes, les acides organiques (acide lactique, acétique, propionique, acide succinique, etc.), qui acidifient le milieu intestinal empêchant ainsi la croissance des microorganismes acido-sensibles (Faure *et al.*, 2013). L'inhibition de la croissance des pathogènes peut également s'effectuer par

un processus de restriction des nutriments. Les probiotiques entrent en compétition avec les pathogènes vis-à-vis des nutriments disponibles dans le milieu (**Coudeyras et Forestier, 2010**).

III.3.2. Amélioration de la fonction barrière

Les probiotiques renforcent l'effet barrière anti pathogènes, ils s'opposent à l'implantation des micro-organismes pathogènes dans le tube digestif par compétition sur les sites d'adhésion grâce à leur potentiel d'adhésion à la muqueuse intestinale (**Faure et al., 2013**).

Certains probiotiques participent à l'effet barrière des muqueuses et l'exclusion des agents pathogènes en stimulant la production des mucines et des peptides antimicrobiens mais aussi en améliorant l'intégrité de l'épithélium, notamment la formation des jonctions serrées (**Coudeyras et Forestier, 2010**).

III.3.3. Modulation du système immunitaire

Les bactéries probiotiques peuvent exercer un effet immunomodulateur. Il a été découvert que ces bactéries contribuent à l'homéostasie intestinale par une interaction avec le système immunitaire inné ou adaptatif (**Kim et al., 2016**).

Ils ont la capacité d'interagir avec les cellules épithéliales et dendritiques, monocytes, macrophages et lymphocytes. La réponse immunitaire adaptative dépend des lymphocytes B et T, qui sont spécifiques d'antigènes particuliers. En revanche, le système immunitaire inné répond à des structures communes appelées motifs moléculaires associés aux pathogènes (PAMP) partagés par la grande majorité des agents pathogènes. La réponse principale aux agents pathogènes est déclenchée par les récepteurs de reconnaissance de motifs les (PPR), qui se lient aux PAMP. Les PPR les mieux étudiés sont des récepteurs de type péage (TLR). En outre, les récepteurs de lectine extracellulaires de type C (CLR) et les récepteurs de type protéine (NOD) de type domaine d'oligomérisation de liaison nucléotidique intracellulaire (NLR) sont connus pour transmettre des signaux lors de l'interaction avec des bactéries (**Bermudez-Brito et al., 2012**).

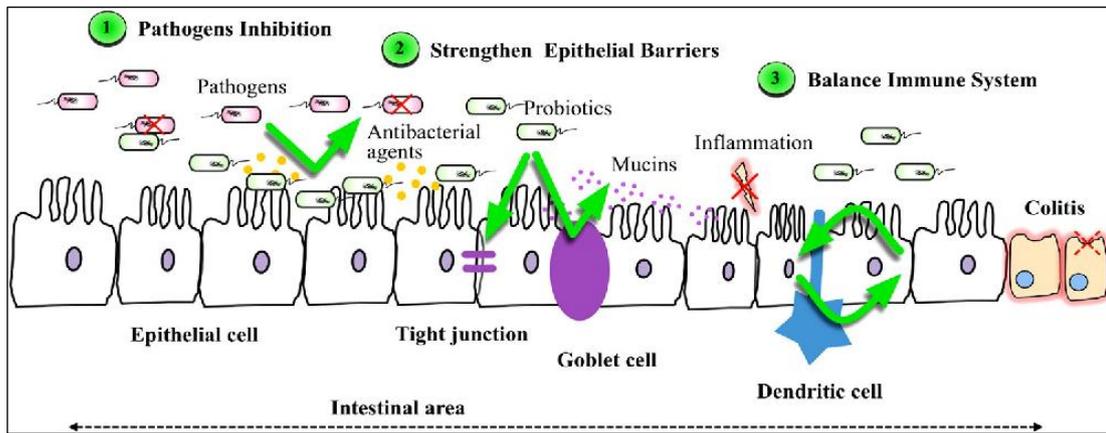


Figure 3. Mécanismes d'action des probiotiques (Kim *et al.*, 2016).

(1) Les probiotiques inhibent les pathogènes en se faisant concurrence pour la nutrition et le site de liaison, ou en sécrètent des agents antibactériens. (2) Les probiotiques améliorent la jonction serrée et favorisent la sécrétion de mucines. (3) Les probiotiques contribuent à l'homéostasie intestinale par un effet d'immunomodulation.

III.4. Critères de sélection des souches probiotiques

Selon les suggestions de l'OMS, de la FAO et de l'EFSA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments), dans leur processus de sélection, les souches probiotiques doivent répondre à la fois aux critères de sécurité, de fonctionnalité, ainsi qu'à ceux liés à leur utilité technologique (Markowiak et Ślizewska, 2017).

III.4.1. Critères de sécurité

III.4.1.1. Identification de la souche

La première étape dans la sélection d'une souche probiotique est la détermination de sa classification taxonomique, qui peut donner une indication sur l'origine, l'habitat et la physiologie de la souche (Wedajo, 2015). Selon les directives de l'OMS / FAO, les probiotiques sont spécifiques à la souche et doivent donc être identifiés au niveau du genre, de l'espèce et de la souche par des méthodes internationalement reconnues et nommées conformément au Code International de Nomenclature et déposées dans une collection de cultures internationalement reconnue (Shewale *et al.*, 2014 ; Wedajo, 2015).

L'identification des souches, qui se fait par des méthodes phénotypiques et génotypiques, est importante pour relier une souche à un effet spécifique sur la santé ainsi que pour permettre une surveillance précise et des études épidémiologiques. Des études récentes ont montré qu'une identification et une caractérisation fiable des souches pouvaient être obtenues par des méthodes moléculaires (par exemple, électrophorèse en champ pulsé, séquençage de gènes d'ARNr 16S, profilage des protéines, ribotypage, réaction en chaîne par polymérase (PCR) et amplification aléatoire de l'ADN polymorphe) (Wedajo, 2015 ; Shokryazdan *et al.*, 2017).

III.4.1.2. L'origine

Les souches probiotiques peuvent être isolées de différentes sources telles que les aliments fermentés, animaux et humains. Mais pour être utilisé à des fins humaines, il devrait être isolé de microflore humaine (**Gupta et al., 2018**) comme le gros intestin humain, l'intestin grêle ou le lait maternel, etc. Elles doivent être susceptibles d'adhérer à la paroi intestinale humaine (**Shewale et al., 2014**).

III.4.1.3. L'innocuité

Les souches probiotiques doivent être sans danger pour la consommation humaine (**Wedajo, 2015**). Elles doivent être reconnues comme GRAS, et suivre les présomptions d'innocuité reconnue (QPS) envisagées par l'EFSA (**Shewale et al., 2014**).

La FAO / l'OMS considèrent qu'il est important d'effectuer une évaluation minimale de la sécurité, y compris la résistance aux antibiotiques, la production de métabolites spécifiques tels que le lactate et l'ammoniac, les effets secondaires chez l'homme, la production de toxines et hémolyse potentielle (**Kang et al., 2019**).

L'hémolysine est un facteur de virulence très courant (**Kesen et Aiyegoro, 2018**). L'activité non hémolytique (γ -hémolytique) est considérée comme une condition de sécurité pour sélectionner une souche probiotique (**Asan-Ozusaglam et Gunyakti, 2019**) car ces bactéries ne sont pas virulentes et le manque d'hémolysine garantit qu'aucune virulence opportuniste n'apparaîtra parmi les souches (**Casarotti et al., 2017**).

Aussi, la dégradation des mucines est un facteur déterminant de virulence pour certains entéropathogènes. Par conséquent, elle n'est pas considérée comme une caractéristique souhaitable pour les souches probiotiques car elle contribue à des changements dans la barrière intestinale en plus de favoriser l'invasion des muqueuses par des agents pathogènes et d'autres agents toxiques (**Kurkutia et al., 2019 ; Casarotti et al., 2017**).

En outre, l'activité décarboxylase ou désaminase de certains probiotiques convertit les acides aminés en amines biogènes. Le catabolisme des acides aminés par les probiotiques peut affecter la qualité et la sécurité des aliments. Par conséquent, les probiotiques ne devraient pas produire une grande quantité d'amines biogènes (**Kurkutia et al., 2019**).

III.4.1.4. La résistance aux antibiotiques

Les bactéries lactiques sont naturellement résistantes à de nombreux antibiotiques en raison de leur structure et de leur physiologie.

Dans la plupart des cas, la résistance n'est pas transmissible, cependant il est possible que le plasmide codant pour la résistance aux antibiotiques soit transféré à d'autres espèces et genres. C'est une raison importante pour choisir les souches manquantes de transfert potentiel de résistance (Samedi et Charles, 2019). C'est-à-dire les gènes de résistance aux antibiotiques doivent être stables et ne doivent pas être transférés aux agents pathogènes de l'intestin grêle, car cela aurait un effet catastrophique sur la santé humaine (Gupta *et al.*, 2018).

III.4.2. Critères fonctionnels

III.4.2.1. L'activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne vis-à-vis les germes pathogènes est l'un des critères fréquemment utilisés pour la sélection des souches probiotiques, ces organismes peuvent fonctionner comme des barrières microbiennes contre les pathogènes gastro-intestinaux grâce à l'exclusion compétitive de la liaison des pathogènes, la modulation du système immunitaire de l'hôte et la production des substances antimicrobiennes (Marianelli *et al.*, 2010).

Parmi ces métabolites antimicrobiens, nous citons ce qui suit:

a. Les acides organiques

L'acide lactique et l'acide acétique sont actifs contre les micro-organismes pathogènes de l'intestin impliqués dans les cas de diarrhées (Servin, 2004). L'effet inhibiteur des acides organiques est principalement causé par la forme non dissociée de la molécule, qui diffuse passivement à travers la membrane cellulaire vers le cytosol plus alcalin et interfère avec les fonctions métaboliques essentielles. Les effets toxiques de l'acide lactique et acétique comprennent la réduction du pH intracellulaire et la dissipation du potentiel membranaire (Šuškočić *et al.*, 2010). Le mode d'action est décrit dans la figure 4.

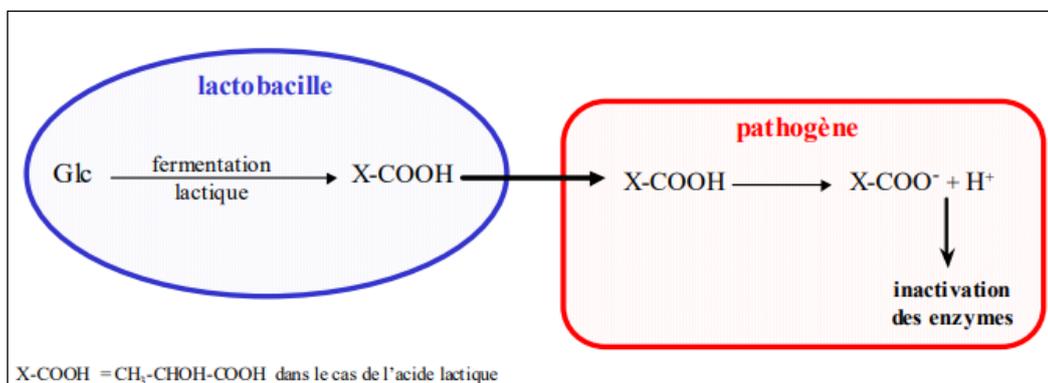


Figure 4. Mode d'action des acides organiques sur les pathogènes (Rousseau, 2004).

b. Le peroxyde d'hydrogène

L'activité antimicrobienne du peroxyde d'hydrogène est attribuée à son fort effet oxydant sur la cellule bactérienne et à la destruction des protéines cellulaires (Šuško \acute{v} ić *et al.*, 2010).

La toxicité du peroxyde d'hydrogène est due au pouvoir oxydant de la molécule elle-même ou de ses métabolites OH \cdot (radical hydroxyle) et O $_2^{\cdot-}$ (anion superoxyde) produits par des agents réducteurs et des enzymes peroxydases. Ces molécules peuvent agir sur les protéines (inactivation des enzymes cytoplasmiques). Les réactions sont décrites dans la **figure 5**. Cependant, l'autodestruction des lactobacilles et des lactocoques est évitée pour ceux possédant une NADH peroxydase qui transforme le peroxyde d'hydrogène (Migdal et Serres, 2011).

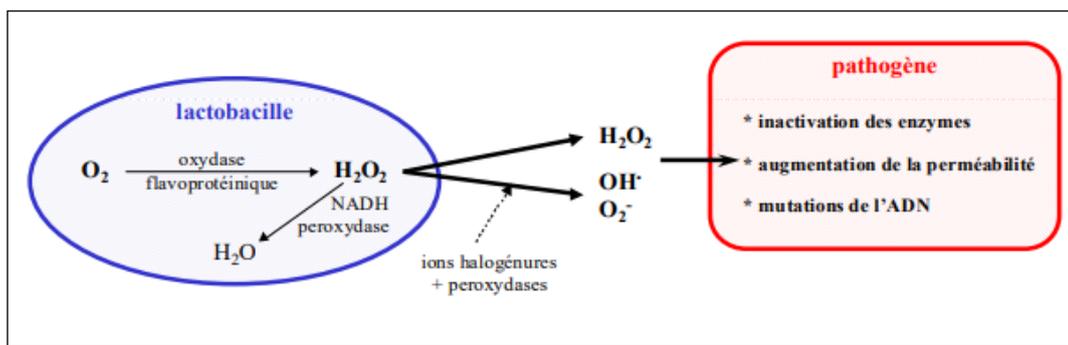


Figure 5. Mode d'action du peroxyde d'hydrogène et de ses dérivés sur les pathogènes (Rousseau, 2004).

c. Les bactériocines

Les bactériocines sont des peptides de synthèse ribosomale produits par certaines bactéries. L'activité antimicrobienne soit bactéricide, provoquant la mort de la bactérie cible, soit bactériostatique inhibant la croissance bactérienne. Les bactériocines les plus étudiées sont celles produites par les bactéries lactiques connues pour leur rôle dans la bonne conservation des aliments (Lagha *et al.*, 2017).

Ces molécules produites par les bactéries lactiques, définies comme des substances antimicrobiennes de poids moléculaire variable. Elles ont une activité inhibitrice dirigée contre les bactéries proches de la souche productrice. Les plus connus sont: la nisine, la diplococcine, l'acidophiline et le bulgarican (Samedi et Charles, 2019). Certains BAL produisent des bactériocines ayant une activité bactéricide contre des espèces apparentées (spectre étroit) ou contre des bactéries d'autres genres (large spectre) (Šuško \acute{v} ić *et al.*, 2010).

La plupart des bactériocines produites par les bactéries lactiques partagent le même mode d'action. Elles agissent principalement sur la membrane externe des bactéries cibles en formant

des pores qui mènent à la libération du contenu intracellulaire et à la mort de la bactérie affectée (**figure 6**) (**Samedi et Charles, 2019**). L'efficacité des bactériocines produites par les bactéries lactiques est principalement due aux interactions électrostatiques avec des groupes de phosphate chargés négativement sur les membranes cellulaires cibles par la liaison initiale, la formation des pores et la destruction des cellules entraîne des dommages mortels et l'activation de l'autolysine pour digérer la paroi cellulaire (**Singh, 2018**).

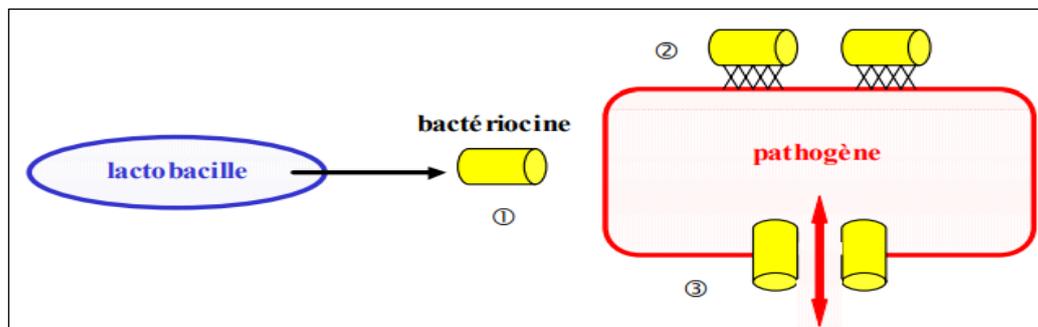


Figure 6. Mode d'action des bactériocines sur les pathogènes (**Rousseau, 2004**).

d. Le dioxyde de carbone

Les bactéries lactiques hétérofermentaires synthétisent du dioxyde de carbone comme métabolite secondaire, par l'intermédiaire de fermentation de certains substrats. Son accumulation dans l'environnement crée des conditions anaérobies, pouvant conduire à l'élimination des bactéries aérobies strictes (**Samedi et Charles, 2019**).

L'activité antifongique du CO₂ est due à l'inhibition des décarboxylations enzymatiques et à son accumulation dans la bicouche lipidique membranaire entraînant un dysfonctionnement de la perméabilité (**Šušković et al., 2010**).

e. Le diacétyle

Les bactéries lactiques hétérofermentaires produisent de l'acétaldéhyde actif par décarboxylation du pyruvate. Ce produit se condense ensuite avec du pyruvate, formant un α -acétolactate et il est converti par des α -acétolactate synthases en diacétyle (**Šušković et al., 2010**).

Le diacétyle (C₄H₆O₂) est un des composants aromatiques essentiels. La formation maximale de diacétyle est observée sous un pH légèrement acide. Il a des propriétés antimicrobiennes qui sont dirigées contre certains microorganismes, ces derniers y sont néanmoins moins sensibles. Le diacétyle peut inhiber la croissance des bactéries Gram positives non lactiques et même les Gram négatives, des levures et des moisissures (**Stoyanova et al., 2012**).

f. Les biosurfactants

Les surfactants ou Surface Active Agents (agents de surface actifs) sont des agents à activité de surface (tensioactifs) synthétisés chimiquement ou par voie biologique, on parle dans ce cas de biosurfactants.

Les biosurfactants sont des molécules amphipathiques qui s'accumulent aux interfaces, diminuent les tensions interfaciales et forment des structures agrégées telles que les micelles (Xu *et al.*, 2011). Ils peuvent être produits de manière extracellulaire par beaucoup de microorganismes. De nombreuses classes des biosurfactants ont jusqu'à présent été décrites en fonction de leurs compositions chimiques, leurs poids moléculaires, leurs propriétés physico-chimique, leurs mode d'action et leurs origines microbiennes (Pacwa-Płociniczak *et al.*, 2011).

Le genre *Lactobacillus* sécrète la surlactine. Il est décrit comme un biosurfactant associé aux cellules riches en protéines, sécrété par des souches spécifiques de *Lactobacillus* sp. pendant les phases stationnaires et capables d'interférer l'adhésion des bactéries uropathogènes (figure 7). Les différents types de surlactine interagissent avec les surfaces bactériennes selon le type de microorganismes (satpute *et al.*, 2016).

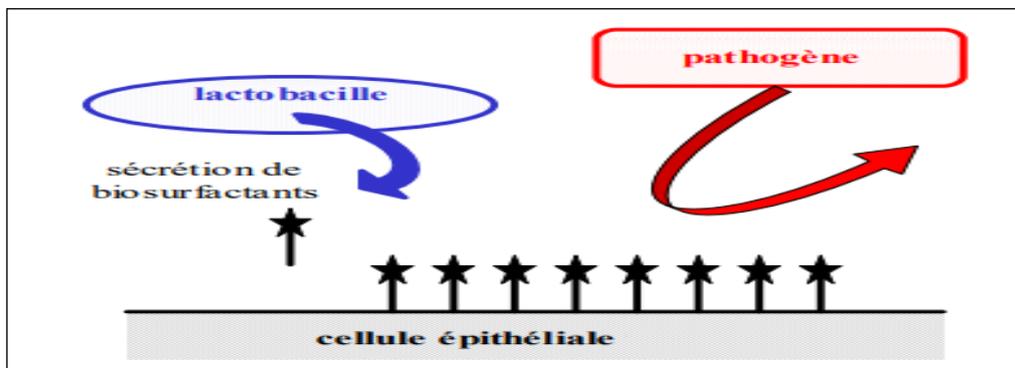


Figure 7. Mécanismes d'inhibition des pathogènes par effet barrière des biosurfactants (Rousseau, 2004).

III.4.2.2. L'adhésion aux cellules épithéliales

La sélection des probiotiques est souvent basée sur la capacité d'adhésion à la muqueuse gastro-intestinale et sur l'exclusion compétitive des pathogènes pour avoir leurs effets bénéfiques (Collado *et al.*, 2007). L'adhésion joue un rôle non seulement dans la persistance dans le tube digestif, mais aussi participe à l'exclusion des agents pathogènes par la compétition et le blocage de leurs sites de fixation au niveau des muqueuses (Novik *et al.*, 2014).

L'adhérence des bactéries probiotiques a été couramment évaluée *in vitro* en utilisant de la mucine adsorbée sur des surfaces abiotiques et les lignées cellulaires humaines telles que Caco-2

et HT-29 pour imiter l'adhérence à la paroi intestinale des cellules épithéliales. **Wang et ses collègues (2017)** en utilisant la lignée cellulaire HT-29 ont récemment identifié une nouvelle protéine de couche superficielle (protéine A de liaison au chlore) essentielle pour l'adhérence de la nouvelle souche probiotique *Lb. salivarius* REN (**Monteagudo-Mera et al., 2019 ; Clara et al., 2011**).

Les mécanismes d'adhésion impliquent plusieurs structures présentes à la surface des cellules bactériennes (**figure 8**). Parmi ces structures les adhésines telles que les acides lipotéichoïques, etc. D'autres protéines de surface comme les protéines de liaison à la fibronectine FBP pourraient augmenter la capacité d'adhésion aux cellules hôtes favorisant l'exclusion des pathogènes (**Monteagudo-Mera et al., 2019**).

Aussi la couche de la surface S des bactéries est un réseau cristallin de sous-unités auto-assemblées qui est l'un des premiers composants bactériens qui se fixent à la surface gastro-intestinale de l'hôte humain. De nombreuses études montrent que la perte des protéines de la couche S de la surface bactérienne causée par le traitement chimique diminue l'adhésion à différentes cellules cibles (**Wang et al., 2017**).

En outre, l'auto-agrégation et l'hydrophobicité sont utilisées comme une mesure directement liée à la capacité d'adhésion aux lignées cellulaires entérocytaires (**Iñiguez-Palomares et al., 2007**). Une autre étude montre que les propriétés de l'agrégat et la capacité de co-agrégation avec un pathogène potentiel peuvent être utilisées pour la sélection préliminaire des bactéries probiotiques (**Vlková et al., 2008**).

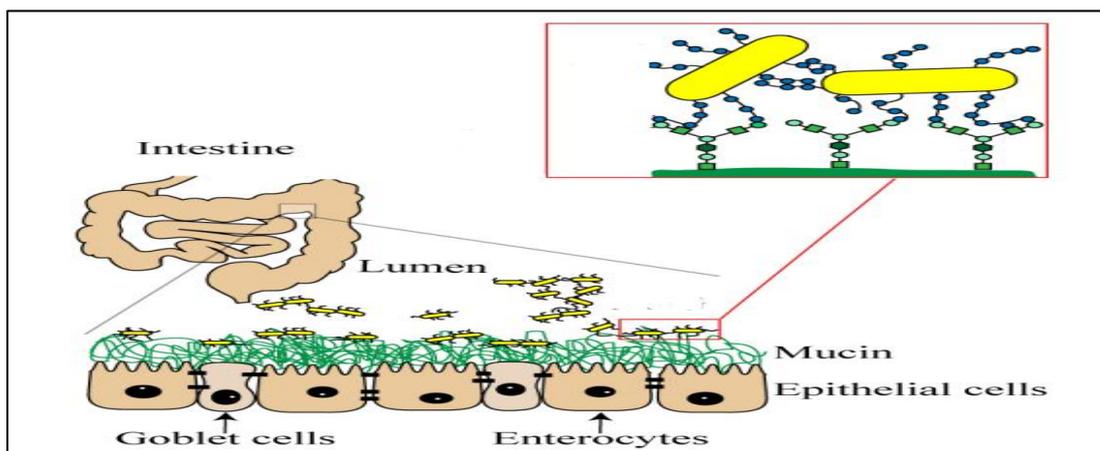


Figure 8. Mécanismes d'adhésion aux cellules épithéliales (**Eshrati et al., 2018**).

III.4.2.3. L'activité arginine désaminase

La production d'arginine désaminase par les lactobacilles est un autre mécanisme de défense très intéressant qui perturbe l'activité des bactéries pathogènes.

Les préparations probiotiques de lactobacilles avec une activité élevée d'arginine désaminase contribuent à l'amélioration de l'efficacité de la bactériothérapie. La décarboxylation de l'arginine via l'enzyme arginine décarboxylase entraîne la synthèse des polyamines, telles que la spermine, la spermidine, la putrescine et la cadavérine (**figure 9**).

L'arginine désaminase empêche l'action de l'arginine décarboxylase. En ce sens, elle inhibe la production de ces polyamines (**Famularo et al., 2001**), ainsi il catalyse la conversion irréversible de l'arginine en citrulline et ammoniac, qui sont des sources de carbone, d'azote et d'énergie pour les lactobacilles. Donc, il augmente l'activité colonisatrice des lactobacilles ayant une capacité d'inhibition fortement accrue vis-à-vis la croissance et la prolifération des bactéries anaérobies (**Mastromarino et al., 2002**).

L'arginine agit également comme substrat pour la synthèse de l'oxyde nitrique, l'un des plus puissants médiateurs de l'inflammation (**Famularo et al., 2001**).

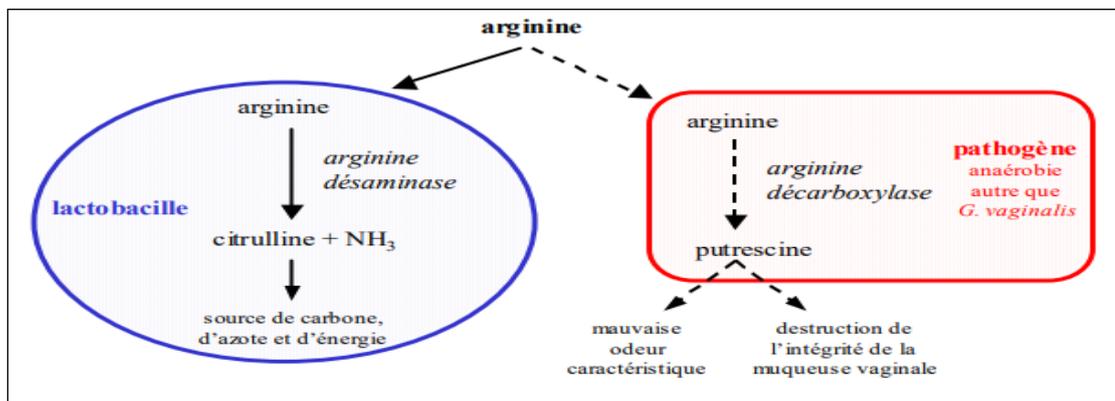


Figure 9. Inhibition des pathogènes par compétition nutritionnelle vis-à-vis de l'arginine consommé par les lactobacilles (**Rousseau, 2004**).

III.4.2.4. La tolérance à l'acidité gastrique

Environ 2,5 litres de suc gastrique à un pH d'environ 2 (très acide) sont sécrétées chaque jour dans l'estomac, ce qui entraîne la destruction de la plupart des micro-organismes ingérés. Donc les probiotiques doivent avoir une tolérance élevée à l'acidité du suc gastrique. En ce sens, la résistance au transit gastrique humain est un critère de sélection important pour les micro-organismes probiotiques (**Vinderola et Reinheimer, 2003**).

La survie des bactéries dans le suc gastrique dépend de leur capacité à tolérer les pH faibles, et le temps de passage serait variable et dépendrait de la souche et peut être d'une heure à quatre heures selon l'individu et le régime alimentaire. Par conséquent, certains auteurs suggèrent que les souches probiotiques appropriées devraient survivre à un pH de 2,5 dans un milieu de culture pendant quatre heures (**Samedi et Charles, 2019**).

Les mécanismes de résistance aux acides ont été rapportés chez les bactéries lactiques. Les stratégies comprennent:

- L'homéostasie du pH intracellulaire par une pompe à protons F1F0-ATPase ou le système glutamate décarboxylase
- Alcalinisation de l'environnement extérieur avec de l'uréase ou de l'arginine désaminase (**Wu et al., 2011**).

III.4.2.5. La tolérance aux sels biliaires

La bile est une solution aqueuse se compose de cholestérol, d'acides biliaires (acide glycocholique et taurocholique), de phospholipides, d'eau et des pigments biliverdines (**Patel et al., 2010**).

La bile agit comme un détergent biologique jouant un rôle essentiel dans la digestion des graisses. En raison de la propriété détergente, les sels biliaires confèrent une activité antimicrobienne puissante.

Plusieurs études ont montré que les probiotiques d'origine intestinale comme les lactobacilles ont développé des résistances à l'action détergente des sels biliaires (**Begley et al., 2006**).

L'un des mécanismes de cette résistance est la déconjugaison des sels biliaires grâce à la « Bile Salt Hydrolase » (BSH). Cette enzyme catalyse l'hydrolyse des liaisons amide entre la glycine ou la taurine et le noyau stéroïde des sels biliaires en résidus d'acides aminés et en sels biliaires libres afin de diminuer la solubilité de la bile et de réduire son activité détergente (**Patel et al., 2010 ; Horáčková et al., 2018**). En outre, cette activité rend les probiotiques plus tolérantes au sel biliaire, ce qui contribue également à réduire le taux de cholestérol sanguin de l'hôte (**Patel et al., 2010**).

L'activité BSH par une bactérie probiotique peut être une propriété souhaitable car elle pourrait maximiser ses chances de survie dans un environnement hostile du tractus gastro-intestinal et peut donc être utilisée comme l'un des marqueurs potentiels pour le dépistage des souches probiotiques (**Nagpal et al., 2012**).

Un autre mécanisme consiste à l'extrusion des sels biliaires grâce aux systèmes multidrug résistance (MDR). Plusieurs systèmes MDR ont été identifiés chez les Gram positifs (y compris les bactéries probiotiques).

Les pompes à efflux multirésistants ont un rôle physiologique. Elles peuvent conférer une résistance aux substances naturelles produites par l'hôte, notamment les détergents, les sels

biliaires, les hormones et les molécules de défense de l'hôte. Elles ont également un rôle dans la pathogénicité bactérienne (Piddock, 2006).

III.4.2.6. La résistance au lysozyme

Le lysozyme est une enzyme antimicrobienne présente dans les larmes, la salive, le lait maternel, le mucus, les granules de neutrophiles et le blanc d'œuf. Il hydrolyse la liaison β - (1,4) entre la N-acétylglucosamine et l'acide N-acétylmuramique dans la paroi cellulaire bactérienne et les bactéries à Gram positif sont plus sensibles au lysozyme que les bactéries à Gram négatif (Rada *et al.*, 2010).

La résistance au lysozyme a été recommandée comme critère de sélection des souches probiotiques car cette enzyme est présente dans le suc gastro-intestinal à une concentration de $100 \mu\text{g ml}^{-1}$ et est également utilisée comme conservateur dans la technologie alimentaire (Guerra *et al.*, 2018).

III.4.2.7. L'activité antioxydante

Un bon probiotique doit être capable de démontrer des activités antioxydantes de différentes manières, Ils peuvent renforcer la défense cellulaire antioxydante inhérente en sécrétant des enzymes comme le superoxyde dismutase (SOD). Ils libèrent et favorisent la production du glutathion (GSH) antioxydant non enzymatique majeur et piègeur de radicaux libres. De plus, ils favorisent la production de certaines biomolécules antioxydantes, comme les exopolysaccharides (EPS). Enfin, ils présentent une activité de chélation des métaux.

Toutes ces données suggèrent que les probiotiques pourraient avoir un rôle thérapeutique potentiel dans l'élimination des espèces réactives de l'oxygène (ROS) et dans la lutte contre les troubles gastro-intestinaux (Spyropoulos *et al.*, 2011 ; Kesen et Aiyegoro, 2018).

➤ Production d'exopolysaccharide

Les souches productrices d'exopolysaccharides (EPS) pourraient présenter une meilleure tolérance au stress, et par conséquent, pourraient être sélectionné dans un premier temps (Gueimonde et Sanchez, 2012).

Une étude a montré que la production d'un exopolysaccharide de bêta-glucane par des souches probiotiques augmente de manière significative la survie de la souche probiotique *Lb. paracasei* NFBC 338 dans divers conditions (la chaleur, le suc gastrique simulé, l'acide et la bile), ce qui a des implications sur la performance, la stabilité et la persistance des souches.

En outre, la production *in situ* de bêta-glucane par des probiotiques peut favoriser l'adhérence intime du probiotique à la muqueuse intestinale (Stack *et al.*, 2010).

III.4.2.8. Immunomodulation

Les souches probiotiques devraient être capables de stimuler ainsi que de réguler plusieurs aspects de la réponse immunitaire naturelle et acquise. Il a été démontré que la consommation des probiotiques spécifiques améliore les réponses immunitaires aux infections naturelles et aux immunisations systémiques et orales chez les sujets humains.

Il est ainsi suggéré que les probiotiques confèrent une protection contre les entéropathogènes en stimulant la production de cytokines, amélioration de la capacité phagocytaire des cellules polymorphonucléaires et des macrophages et amélioration de la réponse spécifique des anticorps aux agents pathogènes (**Shewale et al., 2014**).

Il existe de nombreuses espèces de *Lactobacillus* qui ont été identifiées pour coloniser l'intestin et moduler le système immunitaire de l'hôte (*Lb. casei*, *Lb. acidophilus*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. salivarius* et *Lb. brevis*) (**Gupta et al., 2018**).

III.4.3. Critères technologiques

En plus des propriétés de sécurité et propriétés fonctionnelles, des critères technologiques sont également pris en compte dans la sélection des souches probiotiques. Telles que la facilité à être cultivée à de hautes densités cellulaires, la viabilité durant le traitement technologique, résistance aux phages, la conservation de leurs propriétés sensorielles et leurs stabilités au cours des procédés de production et de stockage (**Samedi et Charles, 2019**).

III.4.3.1. Viabilité et stabilité des microorganismes

Il est largement admis que pour avoir un effet positif sur la santé, il faut déterminer l'efficacité de la souche probiotique. Ici, l'efficacité concerne la stabilité (à la fois physique et génétique), taux de croissance élevé, bonnes propriétés sensorielles et la viabilité de la souche tout au long des étapes de transformation, du stockage et de conservation des produits et la survie après le passage dans le tractus gastro-intestinal (**Gupta et al., 2018**).

Le choix des souches probiotiques ayant une bonne stabilité au cours de processus industrielle est important. Cette stabilité est affectée par la température élevée, l'oxygène, l'humidité et la forte activité de l'eau dans la culture.

Le stockage des produits probiotiques entre 4 et 5°C est recommandé pour maintenir la viabilité des micro-organismes et ils doivent être utilisés avant la date d'expiration du produit (**Shewale et al., 2014**).

Des études dose-réponse sont nécessaires pour évaluer les souches probiotiques, afin de déterminer le niveau d'efficacité des bactéries dans un produit donné (**Shinde, 2012**).

III.4.3.2. Résistance aux phages

Les activités bénéfiques des probiotiques peuvent être extrêmement affectées en cas de contamination par des phages. En particulier, cette contamination peut entraîner des pertes économiques importantes, un gaspillage d'ingrédients, une faible qualité des produits, une prolifération des bactéries pathogènes et des bactéries d'altération des aliments, une perte de production totale (Nagarajan *et al.*, 2019).

Les bactériophages en fonction de leurs cycles de vie sont généralement classés comme phages lysogènes et lytiques. Lorsqu'une souche probiotique est attaquée par des phages lytiques, la bactérie sera lysée et donc ne colonisera pas l'intestin, alors que si elle a rencontré un phage lysogène, il existe un risque probable de transfert horizontal d'éléments génétiques codants pour la toxine ou résistance aux antibiotiques qui contribue à la pathogénicité ou à la virulence de la souche (Oelschlaeger *et al.*, 2019).

Le contrôle des infections phagiques des bactéries probiotiques commence à être documenté et pourrait devenir un nouveau défi. La fabrication de certains types de produits probiotiques impliquant la propagation des souches comme démarreur les rendant particulièrement vulnérables aux phages (Marcó *et al.*, 2012). Pour surmonter ce risque potentiel, l'isolement des mutants résistants aux phages à partir des souches probiotiques sensibles est une approche pratique, simple et naturelle qui n'a pas de restrictions réglementaires (Nagarajan *et al.*, 2019).

*Analyse des articles
scientifiques sur les
BFL*

I. Méthodes de recherche

I.1. Stratégie de recherche

Dans le cadre de cette analyse des articles scientifiques, les recherches ont été effectuées dans les bases de données électroniques Scopus, Science direct et Springer Link.

Les articles scientifiques publiés de l'année 2000 jusqu'à 2020 ont été analysés.

Les mots-clés suivants: human breast milk, lactic acid bacteria, probiotic properties, infant feces, infant gut ont été utilisés de manière croisée pour obtenir des résultats susceptibles d'inclusion.

I.2. Critères d'éligibilité

I.2.1. Critères d'inclusion

Les études éligibles pour cette analyse ont été identifiées en utilisant les critères suivants:

- Articles scientifiques faisant état de données originales et récentes.
- Les études qui ont fait état d'un résultat précis et détaillé.
- Utilisation exclusive de sujets humains sains.
- Articles scientifiques discutant la biodiversité des bactéries lactiques du lait maternel et du microbiote intestinal des nourrissons.
- Les études récentes sur les propriétés probiotiques chez les bactéries lactiques du lait maternel et du microbiote intestinal des nourrissons.

I.2.2. Critères d'exclusion

Les articles exclus de cette étude répondent quant à eux aux critères suivants:

- Les études incluent des sujets humains avaient pris des antibiotiques.
- Les études qui n'ont pas fait état d'un résultat précis et détaillé ou qui n'ont pas ajouté de nouveauté ont été exclues.
- De plus, les études publiées avant 2000 ont été exclues.

II. Résultats et discussion

Au total 77 articles scientifiques ont été obtenus. Parmi ceux-ci, 57 articles ont été exclus.

L'analyse porte donc sur 20 articles remplissaient les critères d'inclusion (4 sur la diversité des BAL dans le lait maternel, 5 sur la diversité des BAL dans le microbiote intestinal des nourrissons, 7 sur les propriétés probiotiques des BAL du lait maternel et 7 sur les propriétés probiotiques des BAL du microbiote intestinal des nourrissons) dont certains d'entre eux sont en commun.

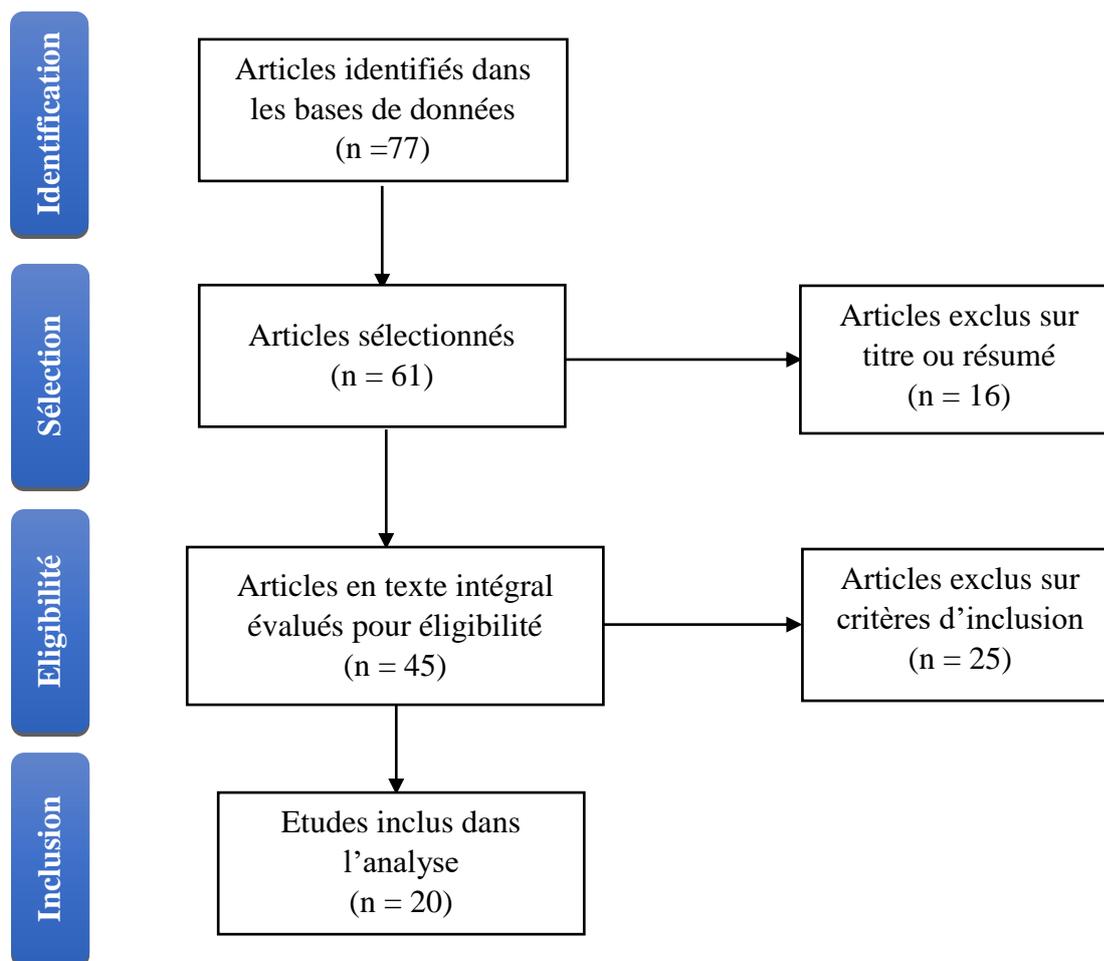


Figure 10. Diagramme de recherche et d'inclusion des études.

II.1. La diversité des bactéries lactiques dans le lait maternel

Le lait maternel contient une communauté complexe des bactéries, ce qui a un impact sur l'établissement du microbiote intestinal du nourrisson (**Jamyuang et al., 2019**). Cependant, la communauté microbienne du lait maternel est diversifiée et influencée par les micro-organismes présents dans l'intestin de la mère, qui sont transportés par les cellules dendritiques et les macrophages via le système lymphatique jusqu'aux glandes mammaires (**Reis et al., 2016**).

Quatre études sélectionnées ont examiné la composition de la microflore du lait maternel humain des mères en bonne santé dans 4 pays différents (Slovénie, États-Unis, Brésil et Algérie) à l'aide des méthodes moléculaires d'identification des bactéries (**Tušar et al., 2014 ; Kozak et al., 2015 ; Reis et al., 2016 ; Talhi-Mekhici et al., 2017**). Ces études ont rapporté que des BAL appartenant aux genres: *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Enterococcus* et *Lactobacillus* et des membres de *Bifidobacterium* ont été isolées et caractérisées dans ce liquide biologique.

Les résultats des études sont résumés dans le **tableau 1** et la **figure 11**.

Tableau 1: Caractéristiques des études incluses sur les bactéries lactiques du lait maternel.

Référence	Revue	Pays	Nombre d'échantillons	Moyens d'étude	Résultats	
					Principaux genres	Espèces
Tušar <i>et al.</i> , 2014	Food Technology & Biotechnology	Slovénie	47	RAPD et séquençage d'ADNr 16S	<i>Lactobacillus</i> <i>Enterococcus</i> <i>Bifidobacterium</i>	<i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. gasseri</i> , <i>Lb. salivarius</i> , <i>Lb. reuteri</i> , <i>En. faecalis</i> et <i>Bf. breve</i>
Kozak <i>et al.</i> , 2015	Gut microbes	États-Unis	60	Séquençage d'ARNr 16 S	<i>Streptococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Enterococcus</i> <i>Bifidobacterium</i>	<i>St. gordonii</i> , <i>St. mitis</i> , <i>St. oralis</i> , <i>St. parasanguinis</i> , <i>St. salivarius</i> , <i>St. vestibularis</i> , <i>Lb. gasseri</i> , <i>En. casseliflavus</i> , <i>En. faecalis</i> , <i>Bf. boum</i> et <i>Bf. longum subsp. infantis</i>
Reis <i>et al.</i> , 2016	Journal of Applied Microbiology	Brésil	13	Séquençage d'ARNr 16S	<i>Enterococcus</i> <i>Weissella</i>	<i>En. thailandicus</i> , <i>En. durans</i> , <i>En. faecalis</i> et <i>W. confusa</i>
Talhi-Mekhlaci <i>et al.</i> , 2017	Journal of Pure and Applied Microbiology	Algérie	32	Séquençage d'ADNr 16S	<i>Enterococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i> <i>Lactococcus</i>	<i>En. faecium</i> , <i>En. durans</i> , <i>En. faecalis</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Ln. mesenteroides</i> et <i>Lc. lactis</i>

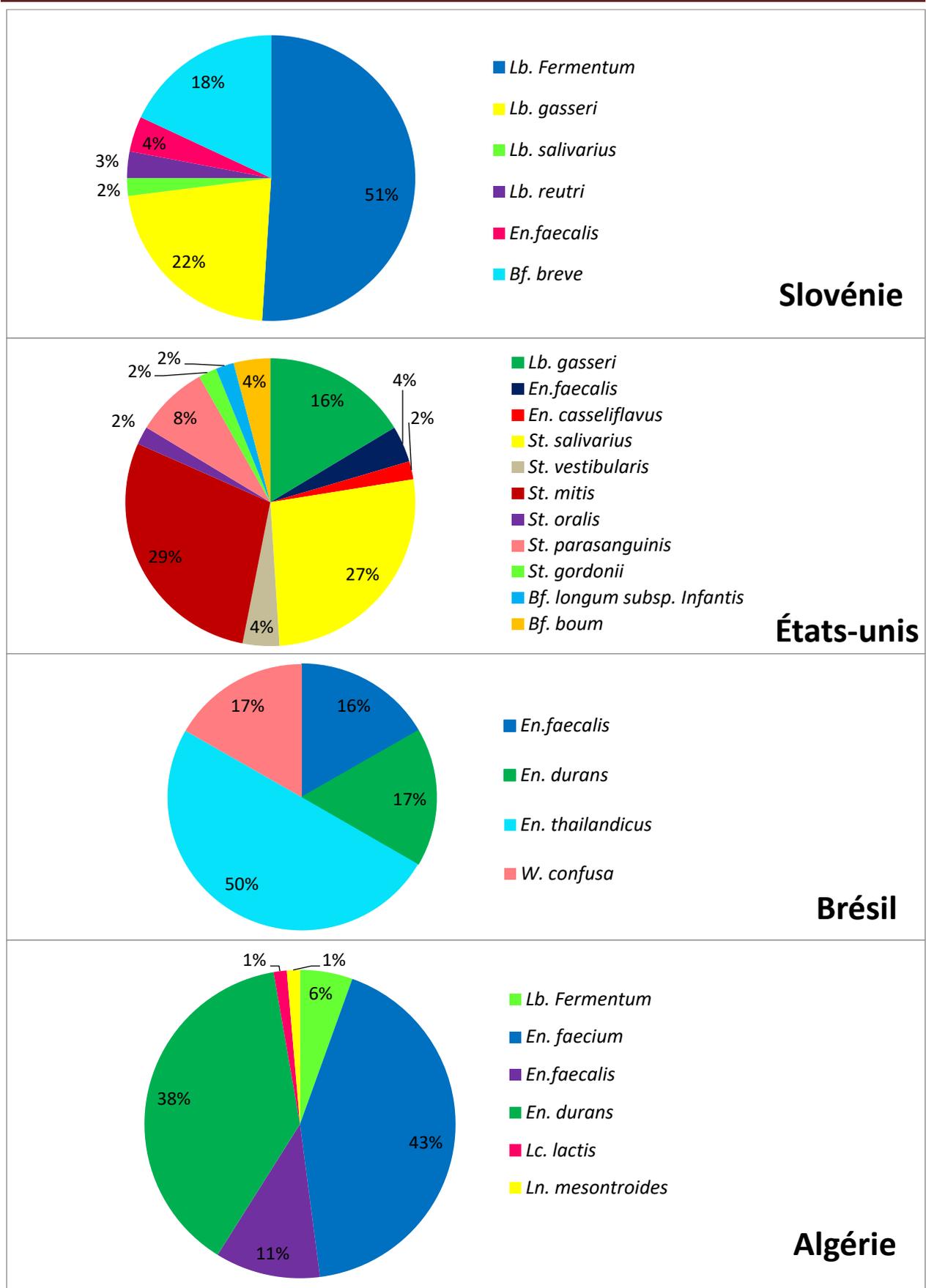


Figure 11. La diversité des bactéries lactiques de lait maternel dans différent pays (Tušar *et al.*, 2014 ; Kozak *et al.*, 2015 ; Reis *et al.*, 2016 ; Talhi-Mekhici *et al.*, 2017).

L'étude de **Tušar et al., (2014)** a démontré la dominance du genre *Lactobacillus* dans le lait maternel des femmes slovènes. En revanche l'étude de **Kozak et al., (2015)** a démontré la dominance de genre *Streptococcus* dans le lait maternel des femmes américaines. En outre, d'autres études ont révélé que le genre *Enterococcus* est le genre des BAL le plus dominant dans le lait maternel humain brésilien (**Reis et al., 2016**) et algérien (**Talhi-Mekhici et al., 2017**).

La variation d'une étude à l'autre peut être attribuée à de nombreux facteurs tels que le mode d'accouchement, le temps post-partum, le mode d'alimentation, l'environnement, le régime maternel et la composition du lait (**Demmelmair et al., 2020**).

II.2. La diversité des bactéries lactiques dans le microbiote intestinal des nourrissons

L'intestin d'un être humain est généralement considéré comme stérile à la naissance mais dès la naissance, il est colonisé par des bactéries qui augmentent rapidement et qui s'établissent comme une microflore durable du nourrisson en croissance (**Birri et al., 2013**).

Les bactéries lactiques sont associées à l'intestin des nourrissons, mais pas en tant que microorganismes dominants. L'origine des BAL qui colonisent l'intestin des nouveau-nés est controversée (**wang et al., 2010**). Elles diffèrent d'une personne à l'autre, car leurs développements et leurs compositions sont influencés par divers facteurs. Les nourrissons sont colonisés par les entérobactéries, les bifidobactéries, les entérocoques et les lactobacilles. Il a été démontré que la colonisation de l'intestin par les lactobacilles et les bifidobactéries est plus tardive chez les nourrissons accouchés par césarienne que chez les nourrissons accouchés par voie vaginale (**Birri et al., 2013**).

Cinq études ont examiné la composition de la flore intestinale des nourrissons en bonne santé dans 5 pays différents (Ethiopie, États-Unis, Iran, Algérie, Corée), quel que soit le mode d'allaitement. L'identification des isolats a été réalisée par des méthodes moléculaires (**Birri et al., 2013 ; Kozak et al., 2015 ; Halimi et Mirsalehian, 2016 ; Talhi-Mekhici et al., 2017 ; Kook et al., 2019**). Ces études ont rapporté que l'intestin des nourrissons est colonisé par *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* et *Leuconostoc*.

Les résultats des études sont résumés dans **le tableau 2 et la figure 12**.

Tableau 2: Caractéristiques des études incluses sur les bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons.

Référence	Revue	Pays	Nombre d'échantillons	Moyens d'étude	Résultats	
					Principaux genres	Espèces
Birri <i>et al.</i> , 2013	Microbial Ecology	Ethiopie	28	Séquençage d'ARNr 16S	<i>Lactobacillus</i> <i>Enterococcus</i> <i>Streptococcus</i>	<i>En. avium</i> , <i>En. canintestin</i> , <i>En. faecalis</i> , <i>En. faecium</i> , <i>En. maldoratus</i> , <i>En. raffinosus</i> , <i>En. gallinarum</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. mucosae</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. gasserii</i> , <i>Lb. johnsonii</i> , <i>Lb. ruminis</i> , <i>Lb. salivarius</i> , <i>Lb. oris</i> , <i>Lb. vaginalis</i> , <i>St. salivarius</i> , <i>St. infantarius</i> et <i>St. oralis</i> .
Kozak <i>et al.</i> , 2015	Gut microbes	États-Unis	30	Séquençage d'ADNr 16S	<i>Lactobacillus</i> <i>Bifidobacterium</i> <i>Enterococcus</i>	<i>Bf. boum</i> , <i>Bf. breve</i> , <i>Bf. longum</i> , <i>Bf. longum subsp. infantis</i> , <i>Bf. longum subsp longum</i> , <i>Bf. scardovii</i> , <i>Lb. crispatus</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. gasserii</i> , <i>Lb. paracasei</i> , <i>Lb. rhamnosus</i> , <i>En. casseliflavus</i> et <i>En. faecalis</i> .
Halimi et Mirsalehi, 2016	Microbiology and Immunology	Iran	80	Séquençage d'ARNr 16S	<i>Lactobacillus</i>	<i>Lb. paracasei</i> , <i>Lb. rhamnosus</i> , <i>Lb. gasserii</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. crispatus</i> et <i>Lb. delbrueckii</i> .
Talhi-Mekhici <i>et al.</i> , 2017	Journal of Pure and Applied Microbiology	Algérie	32	Séquençage d'ADNr 16S	<i>Enterococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i> <i>Lactococcus</i>	<i>Lb. fermentum</i> , <i>En. faecium</i> , <i>En. durans</i> , <i>En. faecalis</i> , <i>Ln. mesenteroides</i> et <i>Lc. lactis</i>
Kook <i>et al.</i> , 2019	PloS One	Corée	10	Séquençage d'ADNr 16S	<i>Bifidobacterium</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Enterococcus</i> <i>Streptococcus</i>	<i>Bf. animalis subsp. lactis</i> , <i>Bf. pseudocatenulatum</i> , <i>Lb. paracasei</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>En. avium</i> , <i>En. gallinarum</i> , <i>En. malodoratus</i> , <i>En. faecalis</i> , <i>En. faecium</i> et <i>St. thermophilus</i>

Analyse des articles scientifiques sur les BAL

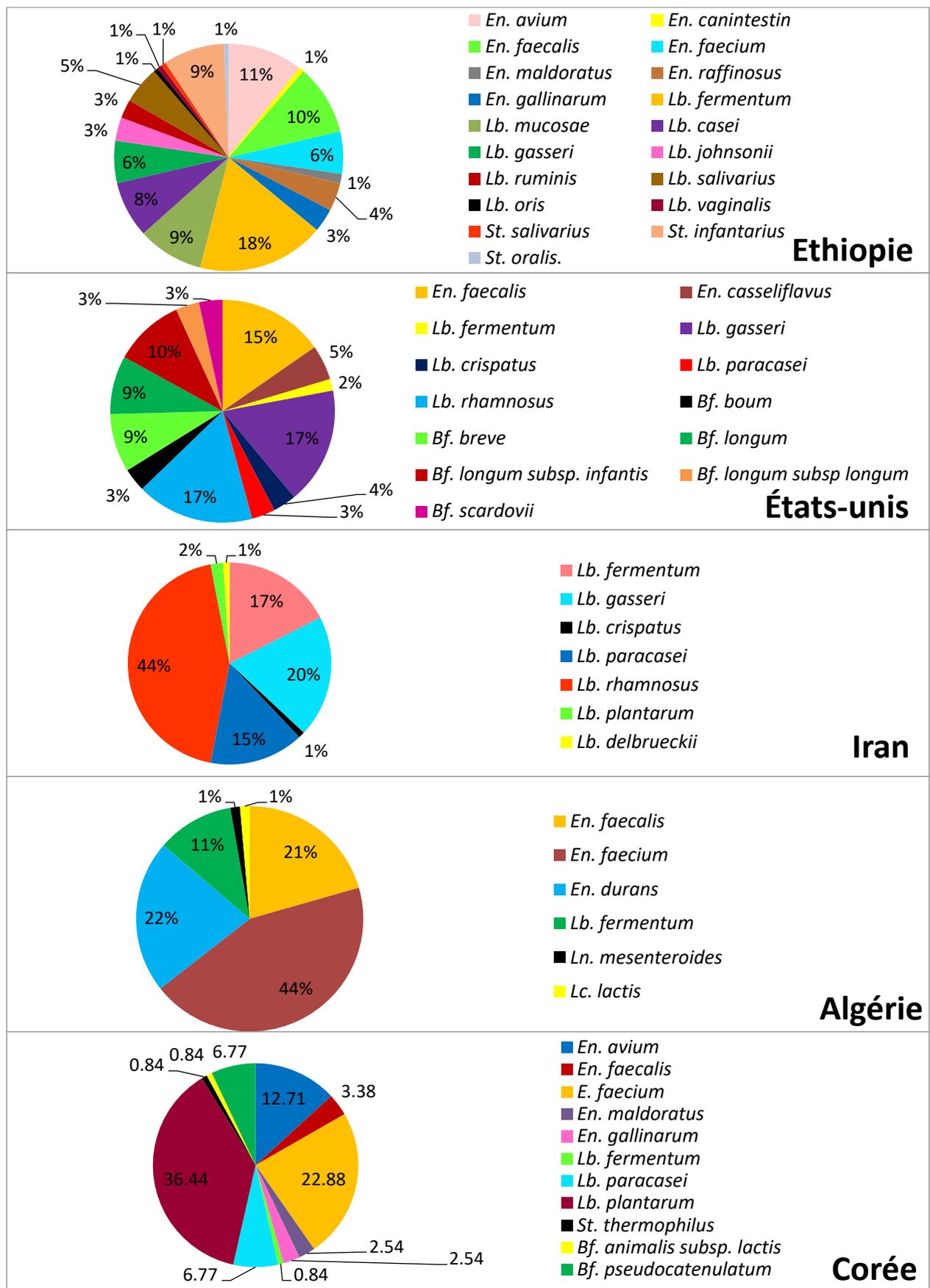


Figure 12. La diversité des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons dans différent pays (Kozak *et al.*, 2015 ; Halimi et Mirsalehian, 2016 ; Talhi-Mekhici *et al.*, 2017 ; Kook *et al.*, 2019).

Une études en Algérie (**Talhi-Mekhici et al., 2017**) a été démontré la dominance du genre *Enterococcus* dans la matière fécale des nourrissons. Tandis que les autres études ont monté que le genre *Lactobacillus* est le plus dominant.

La variation entre ces études est influencée par divers facteurs, y compris le type d'alimentation comme le lait maternel, le mode d'accouchement (vaginal ou césarienne), l'environnement et les conditions d'hygiène (**Birri et al., 2013**).

II.3. Propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait maternel

Le lait maternel a suscité un intérêt considérable, ces dernières années, en tant que nouvelle source d'isolement des bactéries lactiques probiotiques. Outre leur origine humaine, ces bactéries sont particulièrement intéressantes en raison de leur capacité à survivre par voie gastro-intestinale, à produire des substances antimicrobiennes, à adhérer à l'épithélium et à assimiler le cholestérol (**Bagci et al., 2019**).

Sept études ont caractérisé le potentiel probiotique des BAL isolés du lait maternel (**tableau 3**) (**Osmanagaoglu et al., 2010 ; Reis et al., 2016 ; Jiang et al., 2016 ; Rajoka et al., 2017 ; Gunyakti et Asan-Ozusaglam, 2019 ; Asan-Ozusaglam et Gunyakti, 2019 ; Bagci et al., 2019**).

Tableau 3: Caractéristiques des études incluses sur les propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait maternel.

Référence / Revue	Pays	Souches probiotiques	Résultats: critères probiotiques étudiés
Osmanagaoglu et al., 2010. <i>Probiotics and Antimicrobial Proteins</i>	Turquie	<i>Pc. pentosaceus</i> OZF	Les résultats ont montré que la souche: <ul style="list-style-type: none"> • Résistante à pH 3, à 1 % de sel biliaire, à la pancréatine et à la pepsine. • Non hémolytique. • Résistante à: la méthicilline, la vancomycine, la kanamycine, le sulfaméthoxazole et l'aztréonam. • Présentait une forte autoagrégation (85,71 %) et une coagrégation de 6,26 et 12,99 % avec <i>Sl. typhimurium</i> et <i>E. coli</i> respectivement. • Capable de réduire l'adhérence d'<i>E. coli</i> (98,76 %) et de <i>Sl. typhimurium</i> (91,60 %).

Analyse des articles scientifiques sur les BAL

<p>Reis <i>et al.</i>, 2016. <i>Journal of Applied Microbiology</i></p>	<p>Brésil</p>	<p><i>En. thailandicus</i>, <i>En. durans</i>, <i>En. faecalis</i> et <i>W. confusa</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les souches:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentaient une croissance à des concentrations de 0,05 et 0,1 % de sels biliaries et à pH 3. • Résistants à: la gentamicine, la vancomycine et l'ampicilline. • Capable d'inhiber la croissance d'<i>En. faecalis</i>, <i>Sl. enteritidis</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>S. aureus</i> et <i>E. coli</i>.
<p>Jiang <i>et al.</i>, 2016 <i>Journal of Dairy Science</i></p>	<p>Chine</p>	<p><i>Lb. plantarum</i> WLPL04</p>	<p>Les résultats ont montré que la souche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capable de survivre à pH 2,5 pendant 3 h et à 0,45 % de sel biliaire pendant 12 h. • Résistant à: la rifampicine, la kanamycine, la bacitracine, la polymyxine B, la ciprofloxacine et l'acide nalidixique. • Présentait une activité antagoniste considérable contre <i>L. monocytogenes</i>, <i>B. cereus</i>, <i>S. aureus</i>, <i>P. aeruginosa</i>, <i>Shigella sonnei</i>, <i>Enterobacter sakazakii</i>, <i>Sl. typhimurium</i> et <i>E. coli</i>. • Capable de réduire l'adhérence de <i>E. coli</i> O157: H7, <i>Sl. typhimurium</i> et <i>S. aureus</i> sur les cellules Caco-2 par compétition, par inhibition, et par déplacement. • Produit un rendement en EPS de 426,73 mg / L à 24 h. • Capable de diminuer l'expression des cytokines pro-inflammatoires (IL-6, IL-8 et TNF-α) et d'augmenter l'expression de cytokine anti-inflammatoire IL-10.
<p>Rajoka <i>et al.</i>, 2017. <i>Food Science and Technology</i></p>	<p>Chine</p>	<p><i>Lb. rhamnosus</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les isolats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capable de survivre à pH 3,0 après 3 h, à 0,3 %, 0,5 % et 1% de sel biliaire pendant 3 heures, à 100 mg / l de lysozyme et à 0,4 % de phénol après 24 h d'incubation. • Avaient une activité BSH contre le taurodésoxycholate de sodium. • Résistants à: la streptomycine, l'ampicilline, la gentamicine, la kanamycine, la pénicilline, la céphalotoxine et la ciprofloxacine. • Présentaient une autoagrégation élevée, une coagrégation marquée avec <i>E. coli</i>, <i>Sl. typhimurium</i> et <i>S. petrasii</i> et une forte hydrophobicité au xylène comprise entre 33 et 69 %. • Produisent un rendement en EPS de 461 à 737,3 mg / L.

			<ul style="list-style-type: none"> • Présentaient une forte activité antimicrobienne contre <i>E. coli</i>, <i>Sl. typhimurium</i> et <i>Staphylococcus</i> et une forte activité antioxydante. • Montrent une capacité d'adhérence aux cellules Caco-2 variait de 60 à 84 % entre les différents isolats.
<p align="center">Gunyakti et Asan- Ozusaglam, 2019.</p> <p align="center"><i>Food Science and Technology</i></p>	Turquie	<i>Lb. gasseri</i> MA-4	<p>Les résultats ont montré que la souche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capable de survivre à pH 3, à des concentrations de 0,3 et 0,1 % de sels biliaires et maintenir sa viabilité dans les milieux artificiels de l'estomac et de l'intestin grêle. • Non hémolytique. • Résistante à: l'amikacine, la gentamicine, la kanamycine, l'acide nalidixique et l'ofloxacin. • Présentait une forte capacité d'autoagrégation (95 %) et une coagrégation variait de 45 à 55 % avec <i>E. coli</i>, <i>Sl. enteritidis</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>Vibrio alginolyticus</i> et <i>St. agalactiae</i>. • Présentait une bonne activité antimicrobienne contre <i>E. coli</i>, <i>En. faecalis</i>, <i>S. aureus</i>, <i>S. epidermidis</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>Yersinia enterocolitica</i>, <i>B. megaterium</i>, <i>B. subtilis</i>, <i>B. cereus</i>, <i>Sl. enteritidis</i>, <i>Candida albicans</i>, <i>Candida glabrata</i>, <i>Vibrio alginolyticus</i>, <i>Vibrio anguillarum</i>, <i>Vibrio anguillarum</i>, <i>Aeromonas hydrophila</i>, <i>Lc. garvieae</i>, <i>Yersinia ruckeri</i> et <i>St. agalactiae</i> et une forte activité antioxydante. • Capable d'assimiler le cholestérol de 75,66 %.
<p align="center">Asan- Ozusaglam et Gunyakti, 2019.</p> <p align="center"><i>Food science and biotechnology</i></p>	Turquie	<i>Lb. fermentum</i> MA-7 et MA-8	<p>Les résultats ont montré que les souches:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capables de survivre à pH 2 et 3, à des concentrations biliaires de 0,3 et 1 % et tolérer les sucs gastriques et pancréatiques. • Non hémolytique. • Résistantes à: l'amikacine, la gentamicine, la kanamycine, l'acide nalidixique, l'ofloxacin et cloxacillin • Montrent des pourcentages élevés d'auto-agrégation variant de 95 à 98 %. • Capables d'assimiler le cholestérol de 34,84 à 91,15 %.

<p align="center">Bagci <i>et al.</i>, 2019. <i>Folia Microbiologica</i></p>	<p align="center">Turquie</p>	<p align="center"><i>En. faecium</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les isolats avaient:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une tolérance élevée à pH 3,0 et à 0,5 % de sel biliaire. • Une activité BSH contre le glycocholate de sodium et le taurodésoxycholate de sodium. • Non hémolytique. • Une résistance contre l'érythromycine. • Une capacité d'autoagrégation de l'ordre de 7 à 10 % et de 36 à 43 % après 4 et 24 heures d'incubation, respectivement, une co-agrégation de 7,92 à 10,79 % avec <i>L. monocytogenes</i> après 3 heures d'incubation, et il a pu atteindre 21,66 à 33,35 % après 24 heures et une hydrophobicité comprise entre 35-56 % et 37-47 % pour le xylène et l'octane, respectivement. • Une activité antagoniste considérable contre <i>L. monocytogenes</i>, <i>S. aureus</i> et <i>En. faecalis</i>. • Une capacité d'adhésion aux cellules Caco-2 variait de 36 à 19 %. • Capable d'assimiler le cholestérol de 25,2 et 64,1 %.
---	-------------------------------	---	---

Les résultats ont montré que le lait maternel est une source des BAL avec propriétés probiotiques, telles que l'absence d'activité hémolytique, la résistante aux pH bas, à la bile et aux antibiotiques, l'adhésion aux cellules épithéliales, la bonne activité antimicrobienne et des capacités d'agrégation. Cependant, d'autres études *in vitro* sont encore nécessaires pour clarifier les critères probiotiques non étudiés tels que la dégradation des mucines, la production d'amine biogène, la fonction immunomodulatrice, la production d'antioxydants, la viabilité pendant le stockage, ainsi que des tests *in vivo* pour utiliser ces micro-organismes probiotiques dans les aliments.

II.4. Propriétés probiotiques des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons

Au cours des dernières années, certaines études ont montré que les bactéries du lait maternel peuvent jouer plusieurs rôles dans l'intestin du nourrisson (**Medjaoui *et al.*, 2016**)

D'autres études rapportent que le microbiote des selles des nourrissons nourris au lait artificiel diffère de celle des nourrissons nourris au sein (**Gil-Campos *et al.*, 2012**). Ces derniers développent une microflore intestinale riche en probiotiques avec moins de bactéries pathogènes. Ces probiotiques pourrait être responsable de certains effets bénéfiques dans l'intestin, pour cette raison ils doivent être d'origine humaine et capable de survivre à travers le tractus gastro-

intestinal, résistant aux concentrations physiologiques de la bile et capable d'adhérer aux cellules épithéliales intestinales afin d'inhiber l'adhésion d'une variété d'entéropathogènes (Khalil *et al.*, 2007).

Les probiotiques les plus étudiés sont *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, bien que d'autres espèces, comme *Enterococcus faecium* et *Enterococcus faecalis* (Rodríguez *et al.*, 2012).

Sept études ont caractérisé le potentiel probiotique des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons (tableau 4) (Martín *et al.*, 2006 ; Wang *et al.*, 2010 ; Rodríguez *et al.*, 2012 ; Munoz-Quezada *et al.*, 2013 ; Amer *et al.*, 2013 ; Rubio *et al.*, 2014 ; Zuo *et al.*, 2016).

Tableau 4: Caractéristiques des études incluses sur les propriétés probiotiques des bactéries lactiques de la flore intestinale des nourrissons.

Référence / Revue	Pays	Souches probiotiques	Résultats: critères probiotiques étudiés
Martin <i>et al.</i> , 2006. <i>International Journal of Food Microbiology</i>	Espagne	<i>Lb. salivarius</i> CECT 5713	Les résultats ont montré que la souche: <ul style="list-style-type: none"> • Possède une activité antimicrobienne contre <i>L. monocytogenes</i> et <i>K. oxytoca</i> CECT 860 par la production de L-lactate, l'acétate et le peroxyde d'hydrogène. • Fortement adhésive aux cellules Caco-2 et HT-29. • Incapable de dégrader la mucine gastrique <i>in vitro</i>. • Ne produit pas d'amines biogènes.
Wang <i>et al.</i> , 2010. <i>Anaerobe</i>	Taiïwan	<i>Lb. reuteri</i> F03, <i>Lb. paracasei</i> F08, <i>Lb. rhamnosus</i> F14, <i>Lb. plantarum</i> C06, et <i>Lb. acidophilus</i> C11	Les résultats ont montré que les isolats: <ul style="list-style-type: none"> • Présentent une activité antibactérienne contre les bactéries à Gram positifs (<i>B. cereus</i>, <i>L. monocytogenes</i> et <i>S. aureus</i>) et à Gram négatifs (<i>E. coli</i> et <i>Sl. enterica</i>). • Résistent à : la kanamycine, la streptomycine, la tétracycline et la vancomycine. • Ont une forte capacité d'adhérence aux cellules Caco-2. • Ont une résistance aux sucs gastriques supérieure à 75 % après exposition à un pH 2 pendant 3 h. • Présentent une bonne résistance aux sels biliaries à 1 % jusqu'à 12 h. • <i>Lb. paracasei</i> F08 et <i>Lb. plantarum</i> C06 ont une forte activité enzymatique BSH.

<p>Rodríguez <i>et al.</i>, 2012.</p> <p><i>Journal of Functional Foods</i></p>	<p>Espagne</p>	<p><i>Lb. rhamnosus</i> <i>Lb. paracasei</i> <i>Lb. salivarius</i> <i>Lb. mucosae</i> <i>Bf. pseudolongum</i> <i>Bf. breve</i> <i>En. faecalis</i> <i>En. faecium</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les isolats :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lb. rhamnosus</i> INIA P344, <i>Bf. pseudolongum</i> INIA P2 ont une activité antimicrobienne élevée contre <i>L. innocua</i> BL 86/26 et <i>E.coli</i> K12 liées à la production de substances de type bactériocine. • <i>Lb. paracasei</i> INIA P272 et <i>Lb. rhamnosus</i> INIA P344 sont les souches les plus adhésives sur les cellules de l'épithélium humain Caco-2. • <i>Lb. rhamnosus</i> INIA P235, <i>Lb. paracasei</i> INIA P272 et <i>Lb. salivarius</i> INIA P340, co-agrégés avec <i>Sl. typhimurium</i>, ainsi <i>En. faecalis</i> INIA P474, <i>Lb. rhamnosus</i> INIA P235, <i>Lb. rhamnosus</i> INIA P426, <i>Bf. breve</i> INIA P18, <i>Bf. breve</i> INIA P360 et <i>Bf. pseudocatenulatum</i> INIA P435 co-agrégés avec <i>L. monocytogenes</i>. Enfin <i>Bf. pseudolongum</i> INIA P2 avec <i>E. coli</i> O157:H7. • <i>Lb. mucosae</i> INIA P459, <i>En. faecalis</i> INIA P289 et <i>En. faecalis</i> INIA P290 ont une activité du BSH. • Présentent un taux de survie supérieurs à 93 % au lysozyme à 25 g/ml. • Les <i>Lactobacillus</i> et <i>Bifidoacterium</i> ne présentent pas d'activité mucinolytique.
<p>Munoz-Quezada <i>et al.</i>, 2013.</p> <p><i>British Journal of Nutrition</i></p>	<p>Espagne</p>	<p><i>Lb. paracasei</i> CNCM I-4034, <i>Lb. rhamnosus</i> CNCM I-4036, <i>Bf. breve</i> CNCM I-4035</p>	<p>Les résultats ont montré que les isolats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capables d'inhiber les souches de <i>L. monocytogenes</i>. • Fortement adhésifs aux cellules HT-29. • Hautement tolérantes à des concentrations élevées des sels biliaires allant jusqu'à 0,7 %. • <i>Bf. breve</i> CNCM I-4035 ont une activité BSH dans le surnageant de cultures de 17 h contre le glycocholate. • <i>Lb. rhamnosus</i> CNCM I-4036 ont une forte résistance aux pH 2, avec un pourcentage de 76,2 %, aussi <i>Bf. breve</i> CNCM I-4035 et <i>Lb. paracasei</i> CNCM I-4034 ont survécu à un pH de 3 • Résistent au métronidazole, l'acide nalidixique et le sulfamide.

<p>Amer <i>et al.</i>, 2013. <i>Annals of Microbiology</i></p>	<p align="center">Égypte</p>	<p align="center"><i>Lactobacillus</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les souches:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentent une tolérance élevée à pH 1,5 et 3,0 pendant 3 h et à 0,3 % de sels biliaires. • Capables d'inhiber la croissance de <i>S. aureus</i>, <i>E. coli</i>, <i>B. subtilis</i>, <i>Alcaligenes faecalis</i>, <i>Micrococcus luteus</i>, <i>K. pneumoniae</i>, <i>P. aeruginosa</i> et <i>En. faecalis</i>. • Résistent à la kanamycine. • Possèdent un taux d'hydrophobicité variaient de 8 à 84 %. • <i>Lb. fermentum</i> NM212, et <i>Lb. casei</i> NM312 contenant le gène <i>arcA</i> et possèdent une activité arginine désaminase.
<p>Rubio <i>et al.</i>, 2014. <i>Food Microbiology</i></p>	<p align="center">Espagne</p>	<p align="center"><i>Lb. rhamnosus</i> <i>Lb. gasseri</i> <i>Lb. casei/paracasei</i> <i>Lb. oris</i></p>	<p>Les résultats ont montré que les souches:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lb. rhamnosus</i> CTC1679, <i>Lb. gasseri</i> CTC1700, <i>Lb. gasseri</i> CTC1704, <i>Lb. fermentum</i> CTC1693 présentent une forte autoagrégation. • <i>Lb. gasseri</i> (CTC1700 et CTC1704) résistent à kanamycine et clindamycine. • <i>Lb. fermentum</i>, <i>Lb. casei / paracasei</i> et <i>Lb. rhamnosus</i> présentent une meilleure résistance aux acides biliaires après 3 h d'exposition.
<p>Zuo <i>et al.</i>, 2016. <i>Annals of Microbiology</i></p>	<p align="center">Chine</p>	<p align="center"><i>Bf. bifidum</i> <i>Bf. lactis</i> <i>Bf. longum</i> <i>Bf. adolescentis</i></p>	<p>Les résultats ont montré que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les souches sont capable d'inhiber <i>Sl. enterica</i> ATCC13076, cette activité est due à un certain nombre des métabolites: les bactériocines, les acides organiques tels que les acides gras à chaîne courte, l'acide lactique et l'acide acétique. • <i>Bf. bifidum</i> IF3-211 a l'indice d'adhésion plus élevé aux HT-29 et Caco-2 respectivement. • <i>Bf. bifidum</i> IF3- 211, présente une hydrophobicité élevée (96.82 %). • <i>Bf. lactis</i> Bb12, <i>Bf. longum</i> BBMN68 et <i>Bf. adolescentis</i> IF1- 11 présentent la plus forte autoagrégation (82,52 %) et coagrégation (45,59 %) avec <i>L. monocytogenes</i>. • Les souches résistent à la kanamycine, streptomycine et à la vancomycine. • La souche <i>Bf. adolescentis</i> IF1-12 résiste aux sucs gastriques à un pH 2,5 et rapporte un pourcentage de 46.97 %.

Les résultats montrent que les BAL isolées à partir des selles de nourrissons résistent aux différents défis trouvés le long du tractus gastro-intestinal, principalement pH gastrique acide, les enzymes de l'estomac et de la bile, lysozyme, ainsi que des antibiotiques, en outre ont la capacité d'adhésion, d'agrégation et la production des métabolites comme les bactériocines, etc. qui est responsable des activités antimicrobiennes contre les agents pathogènes. Cependant, d'autres études *in vitro* sont encore nécessaires pour clarifier les critères probiotiques non étudiés tels que la fonction immunomodulatrice, la production d'antioxydants, la viabilité pendant le stockage.

D'après les résultats d'analyse des 20 articles sélectionnés, on constate que le lait maternel et la flore intestinale des nourrissons partagent des souches microbiennes spécifiques de *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Bifidobacterium*. Ces bactéries présentent des propriétés probiotiques intéressantes ce qui laisse penser que le lait maternel peut contribuer à l'établissement des bactéries lactiques à propriétés probiotiques chez les nourrissons.

Conclusion

Les bactéries lactiques sont souvent utilisées pour la prévention et le traitement de la dysbiose. Elles ont une large gamme d'applications en tant qu'organismes probiotiques et confèrent des effets bénéfiques sur la santé humaine lorsqu'elles sont consommées en quantités adéquates tels que le rééquilibrage du microbiote intestinal perturbé.

L'objectif principal de ce travail était l'étude des propriétés probiotiques des bactéries lactiques du lait maternel et de la flore intestinale des nourrissons à travers une analyse des articles scientifiques.

Après une recherche dans les bases de données Scopus, Science Direct et Springer Link, l'ensemble des études publiées de l'année 2000 jusqu'à l'année 2020 portant sur la diversité des BAL dans le lait maternel et la flore intestinale des nourrissons et leurs propriétés probiotiques ont été sélectionnés. Aux totales vingt études ont été incluses dans l'analyse.

Les études ont montré une diversité des BAL avec une dominance des genres *Enterococcus*, *Lactobacillus* et *Streptococcus*. Les BAL isolées de ces deux écosystèmes ont été attrayantes pour leurs potentiels probiotiques en raison de leurs non-pathogénicité, capacité d'inhiber divers agents pathogènes, capacité à survivre et rester longtemps dans le tractus gastro-intestinal et promouvoir la santé de l'hôte. Cependant, d'autres études *in vitro* et *in vivo* sont encore nécessaires pour confirmer l'efficacité des souches, leur sécurité et l'évaluation de leur aptitude technologique.

Toutes recherches futures pour la sélection des probiotiques efficaces peuvent prendre en compte les résultats de cette étude qui donne une idée sur la spécificité de la flore lactique du lait maternel et du microbiote intestinal des nourrissons de différents pays du monde.

Cette étude contribue par l'apport de certaines connaissances sur les probiotiques à application gastro-intestinale, sujet qui reste encore mal connu chez nous et qui doit intéresser les scientifiques et les professionnels de l'industrie alimentaire et de la santé.

Références

Bibliographiques

A

Akbar, A., Sadiq, M. B., Ali, I., Anwar, M., Muhammad, N., Muhammad, J., Shafee, M., Ullah, S., Gul, Z., Qasim, S., Ahmad, S., & Anal, A. (2019). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* isolated from fermented milk products and its antimicrobial potential. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 214-220.

Albesharat, R., Ehrmann, M. A., Korakli, M., Yazaji, S., & Vogel, R. F. (2011). Phenotypic and genotypic analyses of lactic acid bacteria in local fermented food, breast milk and faeces of mothers and their babies. *Systematic and Applied Microbiology*, 34(2), 148-155.

Amer, M. N., Mansour, N. M., El-Diwany, A. I., Dawoud, I. E., & Rashad, F. M. (2013). Isolation of probiotic lactobacilli strains harboring l-asparaginase and arginine deiminase genes from human infant feces for their potential application in cancer prevention. *Annals of Microbiology*, 63(3), 1121-1129.

Asan-Ozusaglam, M., & Gunyakti, A. (2019). *Lactobacillus fermentum* strains from human breast milk with probiotic properties and cholesterol-lowering effects. *Food Science and Biotechnology*, 28(2), 501-509.

Atlan, D., Béal, C., Champonier-Vergès, M.C., Chapot-Chartier, M.P., Chouayekh, H., Coccagn- Bousquet, M., Deghorain, M., Gadu, P., Gilbert, C., Goffin, P., Guédon, E., Guillouard, I., Guzzo, J., Juillard, V., Ladero, V., Lindley, N., Lortal, S., Loubière, P., Maguin, E., Monnet, C., Monnet, V., Rul, F., Tourdot-Maréchal, R., & Yvon, M., (2008). Métabolisme et ingénierie métabolique. In: Corrieu, G., & Luquet, F. M. (Eds.). *Bactéries lactiques: de la génétique aux ferments* (pp. 297-298). Tec & Doc, Lavoisier.

Azat, R., Liu, Y., Li, W., Kayir, A., Lin, D. B., Zhou, W. W., & Zheng, X. D. (2016). Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from traditionally fermented Xinjiang cheese. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 17(8), 597-609.

B

Bagci, U., Togay, S. O., Temiz, A., & Ay, M. (2019). Probiotic characteristics of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* strains isolated from human milk and colostrum. *Folia Microbiologica*, 64(6), 735-750.

Begley, M., Hill, C., & Gahan, C. G. (2006). Bile salt hydrolase activity in probiotics. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(3), 1729-1738.

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.

Birri, D. J., Brede, D. A., Tessema, G. T., & Nes, I. F. (2013). Bacteriocin production, antibiotic susceptibility and prevalence of haemolytic and gelatinase activity in faecal lactic acid bacteria isolated from healthy ethiopian infants. *Microbial Ecology*, 65(2), 504–516.

Bongaerts, G. P. A., & Severijnen, R. S. V. M. (2001). The beneficial, antimicrobial effect of probiotics. *Medical Hypotheses*, 56(2), 174-177.

Bull, M. J., & Plummer, N. T. (2015). Part 2: treatments for chronic gastrointestinal disease and gut dysbiosis. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal*, 14(1), 25-33.

Burcelin, R., Chabo, C., Blasco-Baque, V., Sérino, M., & Amar, J. (2013). Le microbiote intestinal à l'origine de nouvelles perspectives thérapeutiques pour les maladies métaboliques. *Médecine/Sciences*, 29(8-9), 800-806.

Burns, A. J., & Rowland, I. R. (2000). Anti-carcinogenicity of probiotics and prebiotics. *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 1(1), 13-24.

C

Carding, S., Verbeke, K., Vipond, D. T., Corfe, B. M., & Owen, L. J. (2015). Dysbiosis of the gut microbiota in disease. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 26(1), 26191.

Carr, F. J., Chill, D., & Maida, N. (2002). The lactic acid bacteria: a literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(4), 281-370.

Casarotti, S. N., Carneiro, B. M., Todorov, S. D., Nero, L. A., Rahal, P., & Penna, A. L. B. (2017). *In vitro* assessment of safety and probiotic potential characteristics of *Lactobacillus* strains isolated from water buffalo mozzarella cheese. *Annals of Microbiology*, 67(4), 289-301.

Clara, G., Suárez, A., Fernández-García, M., Margolles, A., Gueimonde, M., & Ruas-Madiedo, P. (2011). Adhesion of bile-adapted *Bifidobacterium* strains to the HT29-MTX cell line is modified after sequential gastrointestinal challenge simulated *in vitro* using human gastric and duodenal juices. *Research in Microbiology*, 162(5), 514-519.

Collado, M. C., Meriluoto, J., & Salminen, S. (2007). Role of commercial probiotic strains against human pathogen adhesion to intestinal mucus. *Letters in Applied Microbiology*, 45(4), 454-460.

Coudeyras, S., & Forestier, C. (2010). Microbiote et probiotiques: impact en santé humaine. *Canadian Journal of Microbiology*, 56(8), 611-650.

D

De Luca, F., & Shoenfeld, Y. (2019). The microbiome in autoimmune diseases. *Clinical & Experimental Immunology*, 195(1), 74-85.

DeGruttola, A. K., Low, D., Mizoguchi, A., & Mizoguchi, E. (2016). Current understanding of dysbiosis in disease in human and animal models. *Inflammatory Bowel Diseases*, 22(5), 1137-1150.

Demmelmair, H., Jiménez, E., Collado, M. C., Salminen, S., & McGuire, M. K. (2020). Maternal and perinatal factors associated with the human milk microbiome. *Current Developments in Nutrition*, 4(4), nzaa027.

Denev, S. A. (2006). Role of lactobacilli gastrointestinal ecosystem. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12(1), 63-114.

E

Esber, N., Mauras, A., Delannoy, J., Reygnier, J., Labellie, C., Holowacz, S., Butel, M., Kapel, N., & Waligora-Dupriet, A. J. (2019). Évaluation des propriétés curatives de 3 souches probiotiques dans un modèle murin d'allergie aux protéines de lait de vache: impact sur les réponses T-helper. *Revue Française d'Allergologie*, 59(3), 300.

Eshrati, M., Amadei, F., Staffer, S., Stremmel, W., & Tanaka, M. (2018). Shear-Enhanced Dynamic Adhesion of *Lactobacillus rhamnosus* GG on Intestinal Epithelia: Correlative Effect of Protein Expression and Interface Mechanics. *Langmuir*, 35(2), 529-537.

F

Famularo, G., Pieluigi, M., Coccia, R., Mastroiacovo, P., & De Simone, C. (2001). Microecology, bacterial vaginosis and probiotics: perspectives for bacteriotherapy. *Medical Hypotheses*, 56(4), 421-430.

Faure, S., Pubert, C., Rabiller, J., Tailleux, J., & Yvain, A. L. (2013). Que savons-nous des probiotiques?. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(528), 18-21.

G

Gagliardi, A., Totino, V., Cacciotti, F., Iebba, V., Neroni, B., Bonfiglio, G., Trancassini, M., Passariello, C., Pantanella, F., & Schippa, S. (2018). Rebuilding the gut microbiota ecosystem. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1679.

- Gil-Campos, M., López, M. Á., Rodríguez-Benítez, M. V., Romero, J., Roncero, I., Linares, M. D., Maldonado, J., López-Huertas, E., Berwind, R., Ritzenthaler, K., Navas, V., Sierra, C., Sempere, L., Geerlings, A., Maldonado-Lobón, J., Valero, A., Lara-Villoslada, F., & Olivares, M. (2012).** *Lactobacillus fermentum* CECT 5716 is safe and well tolerated in infants of 1–6 months of age: a randomized controlled trial. *Pharmacological Research*, *65*(2), 231-238.
- Gueimonde, M., & Sanchez, B. (2012).** Enhancing probiotic stability in industrial processes. *Microbial Ecology in Health and Disease*, *23*(1), 18562.
- Guerra, A. F., Junior, L., Fernandes, W. J., Santos, G. O. D., Andrighetto, C., Gianomini, A., Corich, V., & Luchese, R. H. (2018).** *Lactobacillus paracasei* probiotic properties and survivability under stress-induced by processing and storage of ice cream bar or ice-lolly. *Ciência Rural*, *48*(9), e20170601.
- Gunyakti, A., & Asan-Ozusaglam, M. (2019).** *Lactobacillus gasseri* from human milk with probiotic potential and some technological properties. *Food Science and Technology*, *109*(3), 261-269.
- Gupta, R., Jeevaratnam, K., & Fatima, A. (2018).** Lactic Acid Bacteria: Probiotic Characteristic, Selection Criteria, and its Role in Human Health: a review. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, *5*(10), 411-424.

H

- Halimi, S., & Mirsalehian, A. (2016).** Assessment and comparison of probiotic potential of four *Lactobacillus* species isolated from feces samples of Iranian infants. *Microbiology and Immunology*, *60*(2), 73-81.
- Hayek, S. A., & Ibrahim, S. A. (2013).** Current Limitations and Challenges with Lactic Acid Bacteria: A Review. *Food and Nutrition Sciences*, *4*(11), 73-87.
- Hemarajata, P., & Versalovic, J. (2013).** Effects of probiotics on gut microbiota: mechanisms of intestinal immunomodulation and neuromodulation. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, *6*(1), 39-51.
- Horáčková, Š., Pločková, M., & Demnerová, K. (2018).** Importance of microbial defence systems to bile salts and mechanisms of serum cholesterol reduction. *Biotechnology Advances*, *36*(3), 682-690.

I

Iñiguez-Palomares, C., Pérez-Morales, R., & Acedo-Félix, E. (2007). Evaluation of probiotic properties in *Lactobacillus* isolated from small intestine of piglets. *Revista Latinoamericana de Microbiologia*, 49(3-4), 46-54.

J

Jamyuang, C., Phoonlapdacha, P., Chongviriyaphan, N., Chanput, W., Nitisinprasert, S., & Nakphaichit, M. (2019). Characterization and probiotic properties of Lactobacilli from human breast milk. *3 Biotech*, 9(11), 398.

Jiang, M., Zhang, F., Wan, C., Xiong, Y., Shah, N. P., Wei, H., & Tao, X. (2016). Evaluation of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* WLPL04 isolated from human breast milk. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 1736-1746.

K

Kang, M. S., Yeu, J. E., & Hong, S. P. (2019). Safety Evaluation of Oral Care Probiotics *Weissella cibaria* CMU and CMS1 by Phenotypic and Genotypic Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2693.

Kesen, M. A., & Aiyegoro, O. A. (2018). Beneficial Characteristics and Evaluation Criteria of Probiotics. *International Journal of Food and Bioscience*, 1(1), 25-33.

Khalid, K. (2011). An overview of lactic acid bacteria. *International Journal of Biosciences*, 1(3), 1-13.

Khalil, R., El-Halafawy, K., Mahrous, H., Kamaly, K., Frank, J., & El Soda, M. (2007). Evaluation of the probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from faeces of breast-fed infants in Egypt. *African Journal of Biotechnology*, 6(7), 939-949.

Kim, J., Muhammad, N., Jhun, B. H., & Yoo, J. W. (2016). Probiotic delivery systems: a brief overview. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 46(4), 377-386.

Kook, S. Y., Chung, E. C., Lee, Y., Lee, D. W., & Kim, S. (2019). Isolation and characterization of five novel probiotic strains from Korean infant and children faeces. *PloS One*, 14(10), e0223913.

Kordy, K., Gaufin, T., Mwangi, M., Li, F., Cerini, C., Lee, D. J., ... & Aldrovandi, G. M. (2020). Contributions to human breast milk microbiome and enteromammary transfer of *Bifidobacterium breve*. *PloS One*, 15(1), e0219633.

Kozak, K., Charbonneau, D., Sanozky-Dawes, R., & Klaenhammer, T. (2015). Characterization of bacterial isolates from the microbiota of mothers' breast milk and their infants. *Gut Microbes*, 6(6), 341-351.

Kurkutia, D. K., Mistry, N., & Dwivedi, M. (2019). Probiotic Properties and *In vitro* Biosafety Assessment of Human Breast Milk Isolates. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13(2), 1121-1134.

L

Lagha, A. B., Haas, B., Gottschalk, M., & Grenier, D. (2017). Antimicrobial potential of bacteriocins in poultry and swine production. *Veterinary Research*, 48(1), 22.

Lamas, B., Richard, M. L., & Sokol, H. (2016). CARD9 et colite: un pont entre dysbiose et immunité. *Médecine/Sciences*, 32(11), 933-936.

Liévin-Le Moal, V., & Servin, A. L. (2014). Anti-infective activities of *Lactobacillus* strains in the human intestinal microbiota: from probiotics to gastrointestinal anti-infectious biotherapeutic agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 27(2), 167-199.

M

Madan, S., & Mehra, M. R. (2020). Gut dysbiosis and heart failure: navigating the universe within. *European Journal of Heart Failure*, 22(4), 629-637.

Marcó, M. B., Moineau, S., & Quiberoni, A. (2012). Bacteriophages and dairy fermentations. *Bacteriophage*, 2(3), 149-158.

Marianelli, C., Cifani, N., & Pasquali, P. (2010). Evaluation of antimicrobial activity of probiotic bacteria against *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar typhimurium 1344 in a common medium under different environmental conditions. *Research in Microbiology*, 161(8), 673-680.

Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. *Nutrients*, 9(9), 1021.

Martín, R., Jiménez, E., Heilig, H., Fernández, L., Marín, M. L., Zoetendal, E. G., & Rodríguez, J. M. (2009). Isolation of bifidobacteria from breast milk and assessment of the bifidobacterial population by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative real-time PCR. *Applied and Environmental Microbiologie*, 75(4), 965-969.

Martín, R., Jiménez, E., Olivares, M., Marín, M. L., Fernández, L., Xaus, J., & Rodríguez, J. M. (2006). *Lactobacillus salivarius* CECT 5713, a potential probiotic strain isolated from

infant feces and breast milk of a mother–child pair. *International Journal of Food Microbiology*, 112(1), 35-43.

Martirosyan, D. M., & Leem, C. (2019). The bioactive compounds of probiotic foods/supplements and their application in managing mental disorders. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2(10), 206-220.

Masood, M. I., Qadir, M. I., Shirazi, J. H., & Khan, I. U. (2011). Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Critical Reviews in Microbiology*, 37(1), 91-98.

Mastromarino, P., Brigidi, P., Macchia, S., Maggi, L., Pirovano, F., Trinchieri, V., Conte, U., & Matteuzzi, D. (2002). Characterization and selection of vaginal *Lactobacillus* strains for the preparation of vaginal tablets. *Journal of Applied Microbiology*, 93(5), 884-893.

Medjaoui, I., Rahmani, B., Talhi, M., Mahammi, F. Z., Moghtit, F. Z., Mehtar, N., & Gaouar, S. B. S. (2016). Isolation and characterization of lactic acid bacteria from human milk and newborn feces. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 10(4), 2613-2620.

Mehanna, N. S., Tawfik, N. F., Salem, M. M., Effat, B. A., & Gad El-Rab, D. A. (2013). Assessment of potential probiotic bacteria isolated from breast milk. *Middle East Journal of Scientific Research*, 14(3), 354-360.

Migdal, C., & Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine Sciences*, 27(4), 405-412.

Mokoena, M. P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*, 22(8), 1255.

Monteagudo-Mera, A., Rastall, R. A., Gibson, G. R., Charalampopoulos, D., & Chatzifragkou, A. (2019). Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics and their potential impact on human health. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(16), 6463-6472.

Mora-Villalobos, J. A., Montero-Zamora, J., Barboza, N., Rojas-Garbanzo, C., Usaga, J., Redondo-Solano, M., Schoedter, L., Olszewska-Widdrat, A., & López-Gómez, J. P. (2020). Multi-product lactic acid bacteria fermentations: A review. *Fermentation*, 6(1), 23.

Munoz-Quezada, S., Chenoll, E., Vieites, J. M., Genovés, S., Maldonado, J., Bermúdez-Brito, M., Gomez-Llorente, C., Matencio, E., Bernal, M., Romero, F., Suárez, A., Ramón, D., & Gil, A. (2013). Isolation, identification and characterisation of three novel probiotic strains (*Lactobacillus paracasei* CNCM I-4034, *Bifidobacterium breve* CNCM I-4035 and

Lactobacillus rhamnosus CNCM I-4036) from the faeces of exclusively breast-fed infants. *British Journal of Nutrition*, 109(S2), S51-S62.

N

Nagarajan, V., Peng, M., Tabashsum, Z., Salaheen, S., Padilla, J., & Biswas, D. (2019). Antimicrobial effect and probiotic potential of phage resistant *Lactobacillus plantarum* and its interactions with zoonotic bacterial pathogens. *Foods*, 8(6), 194.

Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S., & Yadav, H. (2012). Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. *FEMS Microbiology Letters*, 334(1), 1-15.

Novik, G., Sidarenka, A., Kiseleva, E., Kolomiets, E., & Dey, E. S. (2014). Probiotics. In: Brar, S. K., Dhillon, G. S., & Soccol, C. R. (Eds.). *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals* (pp. 199-205). London, New York: Springer.

O

Oelschlaeger, T. A., Soundararajan, M., & von Büнау, R. (2019). K5 capsule and lipopolysaccharide are important in resistance to T4 phage attack in probiotic *E. coli* strain Nissle 1917. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2783-2783.

Osmanagaoglu, O., Kiran, F., & Ataoglu, H. (2010). Evaluation of *in vitro* probiotic potential of *Pediococcus pentosaceus* OZF isolated from human breast milk. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2(3), 162-174.

P

Pacwa-Płociniczak, M., Plaza, G. A., Piotrowska-Seget, Z., & Cameotra, S. S. (2011). Environmental applications of biosurfactants: recent advances. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(1), 633-654.

Patel, A. K., Singhania, R. R., Pandey, A., & Chincholkar, S. B. (2010). Probiotic bile salt hydrolase: current developments and perspectives. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 162(1), 166-180.

Piddock, L. J. (2006). Multidrug-resistance efflux pumps? not just for resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 4(8), 629-636.

Q

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), 1765-1775.

R

Rada, V., Splichal, I., Rockova, S., Grmanova, M., & Vlkova, E. (2010). Susceptibility of bifidobacteria to lysozyme as a possible selection criterion for probiotic bifidobacterial strains. *Biotechnology Letters*, 32(3), 451-455.

Rajoka, M. S. R., Mehwish, H. M., Siddiq, M., Haobin, Z., Zhu, J., Yan, L., ... & Shi, J. (2017). Identification, characterization, and probiotic potential of *Lactobacillus rhamnosus* isolated from human milk. *Food Science and Technology*, 84, 271-280.

Reis, N. A., Saraiva, M. A. F., Duarte, E. A. A., de Carvalho, E. A., Vieira, B. B., & Evangelista-Barreto, N. S. (2016). Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from human milk. *Journal of Applied Microbiology*, 121(3), 811-820.

Rodríguez, E., Arqués, J. L., Rodríguez, R., Peirotn, Á., Landete, J. M., & Medina, M. (2012). Antimicrobial properties of probiotic strains isolated from breast-fed infants. *Journal of Functional Foods*, 4(2), 542-551

Rousseau, V. (2004). *Evaluation d'oligosaccharides à effet prébiotique vis-à-vis de la microflore vaginale*. Thèse de Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. pp.33.

Rubio, R., Jofré, A., Martin, B., Aymerich, T., & Garriga, M. (2014). Characterization of lactic acid bacteria isolated from infant faeces as potential probiotic starter cultures for fermented sausages. *Food Microbiology*, 38, 303-311.

S

Samedi, L., & Charles, A. L. (2019). Evaluation of Technological and Probiotic Abilities of Local Lactic Acid Bacteria. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 7(1), 9-19.

Satpute, S. K., Kulkarni, G. R., Banpurkar, A. G., Banat, I. M., Mone, N. S., Patil, R. H., & Cameotra, S. S. (2016). Biosurfactants from Lactobacilli species: Properties, challenges and potential biomedical applications. *Journal of Basic Microbiology*, 56(11), 1140-1158.

Seksik, P. (2007). Probiotiques et maladies inflammatoires chroniques intestinales. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42(2), 51-59.

Servin, A. L. (2004). Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *FEMS Microbiology Reviews*, 28(4), 405-440.

Shewale, R. N., Sawale, P. D., Khedkar, C. D., & Singh, A. (2014). Selection criteria for probiotics: A review. *International Journal of Probiotics & Prebiotics*, 9(1), 17-22.

Shi, L. H., Balakrishnan, K., Thiagarajah, K., Ismail, N. I. M., & Yin, O. S. (2016). Beneficial properties of probiotics. *Tropical Life Sciences Research*, 27(2), 73-90.

Shinde, P. B. (2012). Probiotic: an overview for selection and evaluation. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 14-21.

Shokryazdan, P., Faseleh Jahromi, M., Liang, J. B., & Ho, Y. W. (2017). Probiotics: from isolation to application. *Journal of the American College of Nutrition*, 36(8), 666-676.

Singh V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104–111.

Spyropoulos, B. G., Misiakos, E. P., Fotiadis, C., & Stoidis, C. N. (2011). Antioxidant properties of probiotics and their protective effects in the pathogenesis of radiation-induced enteritis and colitis. *Digestive Diseases and Sciences*, 56(2), 285-294.

Stack, H. M., Kearney, N., Stanton, C., Fitzgerald, G. F., & Ross, R. P. (2010). Association of beta-glucan endogenous production with increased stress tolerance of intestinal lactobacilli. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(2), 500-507.

Stoyanova, L. G., Ustyugova, E. A., & Netrusov, A. I. (2012). Antibacterial metabolites of lactic acid bacteria: their diversity and properties. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 48(3), 229-243.

Šušković, J., Kos, B., Beganović, J., LebošPavunc, A., Habjanič, K., & Matošić, S. (2010). Antimicrobial activity—the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, 48(3), 296-307.

T

Taghizadeh, M., Mirlohi, M., Poursina, F., Madani, G., Khoshhali, M., Bahreini, N., & Safaei, H. G. (2015). The influence of impact delivery mode, lactation time, infant gender, maternal age and rural or urban life on total number of *Lactobacillus* in breast milk Isfahan-Iran. *Advanced Biomedical Research*, 4(1), 141-143.

Talhi-Mekhici, M., Cornu, B., Talhi-Mehaya, R., Sahraoui, D., Dib, W., Yazı, L. A., Zemmour, A., Nadja, C., Kacem, M., & Vander Wauven, C. (2017). Phenotypic and Genotypic Identification of Bacteria from Women Breast-Milk and the Feces of their Childs in the Western Region of Algeria. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(4), 1767-1776.

Tušar, T., Žerdoner, K., BogovičMatijašić, B., Paveljšek, D., Benedik, E., Bratanič, B., Fidler, N., & Rogelj, I. (2014). Cultivable Bacteria from Milk from Slovenian Breastfeeding Mothers. *Food Technology & Biotechnology*, 52(2), 242-247.

V

Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2008). Probiotics—from Metchnikoff to bioactives. *International Dairy Journal*, 18(7), 714-728.

Vinderola, C. G., & Reinheimer, J. A. (2003). Lactic acid starter and probiotic bacteria: a comparative “*in vitro*” study of probiotic characteristics and biological barrier resistance. *Food Research International*, 36(9-10), 895-904.

Vlková, E., Rada, V., Šmehilová, M., & Killer, J. (2008). Auto-aggregation and co-aggregation ability in bifidobacteria and clostridia. *Folia microbiologica*, 53(3), 263-269.

W

Wang, C. Y., Lin, P. R., Ng, C. C., & Shyu, Y. T. (2010). Probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from the feces of breast-fed infants and Taiwanese pickled cabbage. *Anaerobe*, 16(6), 578-585.

Wang, F., & Roy, S. (2017). Gut homeostasis, microbial dysbiosis, and opioids. *Toxicologic Pathology*, 45(1), 150-156.

Wang, R., Jiang, L., Zhang, M., Zhao, L., Hao, Y., Guo, H., Sang, Y., Zhang, H., & Ren, F. (2017). The adhesion of *Lactobacillus salivarius* REN to a human intestinal epithelial cell line requires S-layer proteins. *Scientific Reports*, 7(1), 44029.

Wedajo, B. (2015). Lactic acid bacteria: benefits, selection criteria and probiotic potential in fermented food. *Journal of Probiotics and Health*, 3(2), 129-138.

Wee, Y. J., Kim, J. N., & Ryu, H. W. (2006). Biotechnological production of lactic acid and its recent applications. *Food Technology and Biotechnology*, 44(2), 163-172.

Wu, R., Zhang, W., Sun, T., Wu, J., Yue, X., Meng, H., & Zhang, H. (2011). Proteomic analysis of responses of a new probiotic bacterium *Lactobacillus casei* Zhang to low acid stress. *International Journal of Food Microbiology*, 147(3), 181-187.

X

Xu, Q., Nakajima, M., Liu, Z., & Shiina, T. (2011). Biosurfactants for microbubble preparation and application. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(1), 462–475.

Y

Yan, F., & Polk, D. B. (2009). Mechanisms of Probiotic Regulation of Host Homeostasis. In: Michail S., Sherman P.M. (Eds). *Probiotics in Pediatric Medicine* (pp. 55-56). Humana Press.

Yan, T., & Goldman, R. D. (2020). Les probiotiques pour la diarrhée liée aux antibiotiques chez l'enfant. *Canadian Family Physician*, 66(1), e9-e11.

Z

Zuo, F., Yu, R., Feng, X., Chen, L., Zeng, Z., Khaskheli, G. B., Ma, H., & Chen, S. (2016). Characterization and *in vitro* properties of potential probiotic *Bifidobacterium* strains isolated from breast-fed infant feces. *Annals of Microbiology*, 66(3), 1027-1037.

Réalisé par: Lynda Matib Meriem Hadeif Nadjah Boukhedena	Présidente: D^r. S. Akroum Examineur: M^r. Y. Rahmoune Encadreur: D^r. S. Alioua Date de soutenance: 05/10/2020
Thème: Propriétés probiotiques des bactéries lactiques isolées du lait maternel et de la flore intestinale des nourrissons	
Résumé: Les bactéries lactiques sont largement utilisées comme des bactéries à potentiel probiotiques, ces derniers confèrent des avantages pour la santé de l'hôte en réduisant les infections gastro-intestinales et les maladies inflammatoires de l'intestin et en modulant le système immunitaire. En effet, ces bactéries doivent survivre aux conditions drastiques rencontrées dans le tractus gastro-intestinal et inhiber l'action des microorganismes pathogènes. L'objectif de notre travail, à travers l'analyse des articles scientifiques, est de recenser les connaissances concernant les propriétés probiotiques des bactéries lactiques isolées à partir de deux écosystèmes différents le lait maternel et la flore intestinale des nourrissons. Trois bases de données informatisées (Scopus, Springer Link et Science Direct) ont été sondées pour répertorier les études. Vingt articles répondant aux critères d'inclusion ont été retenus. Les résultats de ces études ont montré une diversité des BAL avec une dominance des genres <i>Enterococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> et <i>Streptococcus</i> . Les BAL isolées de ces deux écosystèmes ont été attrayantes pour leurs potentiels probiotiques en raison de leurs non-pathogénicité, capacité d'inhiber divers agents pathogènes, capacité à survivre et rester longtemps dans le tractus gastro-intestinal et promouvoir la santé de l'hôte. Dans l'ensemble, ces résultats permettent d'orienter les recherches futures et contribuent à la réflexion quant à l'application des bactéries lactiques de ces deux écosystèmes en tant que probiotiques potentiels. Mots clés: bactéries lactiques, propriétés probiotiques, lait maternel, flore intestinale des nourrissons.	
Abstract: The lactic acid bacteria are widely used as bacteria with probiotic potential; the latter confer health benefits on the host by reducing gastrointestinal infections and inflammatory bowel disease, and by modulating the immune system. Indeed, these bacteria must survive the harsh conditions encountered in the gastro-intestinal tract and inhibit the action of pathogenic microorganisms. The purpose of our work, through an analysis of scientific articles, is to identify findings regarding the probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from two different ecosystems: breast milk and the intestinal flora of infants. Three computerized databases (Scopus, Springer Link and Science Direct) were surveyed to identify studies. Twenty articles meeting the inclusion criteria were selected. The results of these studies showed a diversity of LAB with a dominance of the genera <i>Enterococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> and <i>Streptococcus</i> . LAB isolated from these two ecosystems have been attractive for their probiotic properties due to their non-pathogenicity, ability to inhibit various pathogens, ability to survive and stay in the gastrointestinal tract for a long time and promoting host health. Overall, these results should contribute to future research and to the reflection or orientation of the application of lactic acid bacteria from these two ecosystems as potential probiotics. Keywords: lactic acid bacteria, probiotic properties, breast milk, intestinal flora of infants.	
<p style="text-align: right;">المخلص:</p> تستخدم بكتيريا حمض اللاكتيك على نطاق واسع كبكتيريا بروبيوتيك، حيث تمنح هذه الأخيرة فوائد صحية للمضيف من خلال الحد من التهابات الجهاز الهضمي ومرض التهاب الأمعاء، أو عن طريق تعديل جهاز المناعة. في الواقع يجب على هذه البكتيريا البقاء على قيد الحياة أمام الظروف القاسية التي تصادفها في الجهاز الهضمي وتثبط عمل البكتيريا المسببة للأمراض. الهدف من عملنا من خلال تحليل للمقالات العلمية هو تحديد النتائج المتعلقة بخصائص البروبيوتيك لبكتيريا حمض اللاكتيك المعزولة من نظامين بيئيين مختلفين: حليب الثدي والجراثيم المعوية للرضع. تم مسح ثلاث قواعد بيانات محوسبة (Scopus ، Springer Link و Science Direct) لتحديد الدراسات. تم اختيار عشرين مقالة تلي معايير التضمن. أظهرت نتائج هذه الدراسات وجود تنوع في البكتيريا اللبنية مع هيمنة الأجناس <i>Enterococcus</i> ، <i>Lactobacillus</i> و <i>Streptococcus</i> . تعتبر بكتيريا حمض اللاكتيك المعزولة من هذين النظامين مثيرة للاهتمام لإمكاناتها بروبيوتيك بسبب عدم إمرضها، القدرة على منع مسببات الأمراض المختلفة، القدرة على البقاء على قيد الحياة لفترة طويلة في الجهاز الهضمي وتعزيز صحة المضيف. توفر هذه النتائج توجيهاً للبحث المستقبلي وتساهم في التفكير في استخدام بكتيريا حمض اللاكتيك المعزولة من هذين النظامين البيئيين باعتبارها بروبيوتيك محتملة. الكلمات المفتاحية: بكتيريا حمض اللاكتيك، خواص البروبيوتيك، حليب الأم، الجراثيم المعوية للرضع.	