



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Djelfa – Achour Ziane Université

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية و البيطرية

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

**Projet de fin d'étude**

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

**Thème**

**Utilisation des probiotiques dans les produits laitiers fermentés : synthèse bibliographique**

Présenté par: NAOURI Chaima

REBIHAOUI Souad

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président	Mr NADJIMI S	UZA- Djelfa
Promoteur	Mr BENSID A	UZA- Djelfa
Examineur 1	Mr HAMIROUNE M	UZA- Djelfa
Examineur 2	MR BOUMEHRES A	UZA- Djelfa

Année universitaire : 2020 / 2021

## Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Liste des abréviations.....	IV
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Introduction générale.....	1
Chapitre 1. Généralité sur l'utilisation des produits fermentés.....	4
1. Produits laitiers fermentés :.....	4
1.1. Lait fermenté :.....	5
1.2. Fromage :.....	7
1.3. Yaourt :.....	8
1.4. Lait fermentés aux bifidobactéries :.....	10
2. Ecosystème gastro-intestinal :.....	11
2.1. Anatomie du système digestif :.....	11
2.2. Description générale du système digestif :.....	11
2.3. Implantation du microbiote intestinal.....	12
2.4. Microbiote intestinal :.....	13
Chapitre 2. Probiotiques.....	17
1. Historique et définition des probiotiques :.....	17
2. Propriétés et critères de sélection des souches probiotiques.....	19
2.1. Résistance à l'acidité gastrique :.....	20
2.2. Résistance aux sels biliaires :.....	20
2.3. Adhésion aux cellules épithéliales :.....	20
2.4. Production de substances antimicrobiennes :.....	20
2.5. Résistances aux antibiotiques :.....	20
2.6. Critères technologiques :.....	21
3. Effets bénéfiques des probiotiques sur la santé humaine :.....	22
3.1. Soulagement de la constipation :.....	23
3.2. Amélioration de l'utilisation du lactose par l'organisme :.....	23
3.3. Prévenir ou raccourcir la durée de la diarrhée :.....	23
3.4. Contrôle des infections intestinales à Helicobacter pylori :.....	24
3.5. Activité antivirale :.....	24
3.6. Diminution des allergies alimentaires :.....	24
3.7. Réduction du taux de cholestérol sanguin :.....	25
4. Production et maintenance de la viabilité des bactéries probiotiques dans les produits laitiers :.....	26
4.1. Emploi des bactéries probiotiques dans les produits laitiers :.....	26
4.2. Méthode d'améliorations de la viabilité des microorganismes probiotiques : sélection des souches :.....	28
5. Défis technologiques associés au développement des cultures probiotiques :.....	29
5.1. Méthodes de production :.....	30

Chapitre 3. Bifidobactéries.....	33
1. Taxonomie :.....	33
2. Espèces du genre Bifidobacterium :.....	36
3. Ecologie des bifidobactéries :.....	41
4. Caractéristiques morphologiques physiologiques et biochimiques des bifidobactéries.....	41
4.1. Morphologie :.....	41
4.2. Physiologies :.....	42
4.3. Biochimie des bifidobactéries :.....	44
4.4. Génétique de bifidobacteries :.....	47
Conclusion et perspectives.....	51
Références bibliographiques.....	53
Résumé.....	77

## **Remerciement**

*Nos remerciements vont d'abord au Créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude. Nous tenons aussi à adresser nos remerciements à nos familles, et qui nous ont toujours soutenus et poussés à continuer nos études. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien.*

*Nous souhaitons également remercier notre encadreur Mr BENSID Abdelkader pour son aide notre co-promoteur. Nous remercions également les membres de jury d'avoir pris le temps d'évaluer notre travail. Nous remercions profondément toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre mémoire.*

**Merci à tous et à toutes.**

**Chaima et Souad**

## ***Dédicace***

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A ma sœur et mes frères,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A ma compagnonnée tout au long de ma carrière universitaire **Rania Hamidi**, et enfin à mon binôme **Souad**

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infallible, merci d'être toujours là pour moi.

**Chaima**

## ***Dédicace***

Je dédie le présent travail à mon défunt père puisse-t-il reposer en paix et avoir la toute miséricorde de Dieu tout-puissant. Ainsi qu'a ma très chère mère pour son dévouement, sa gentillesse, son courage et son soutien durant tant d'années. Que Dieu la garde pour nous.

A mon frère et mes sœurs. A celle que le monde voit ma soeur et je la vois le monde

### **Rekaya.**

A ma copine **Sarsab Fatima Zohra**, qui a participé à ma vie universitaire.

A tout ma famille, et tous mes collègues de biologie et ma promo **QPSA** et production animal.

Et en fin, je dédie ce travail a ma chère binôme **Chaima** et Chères amies.

A tous ceux et celles qui m'ont aidé à élaborer ce travail.

**SOUAD**

## ***Liste des abréviations***

- ADN:** Acide désoxyribonucléique
- ARN:** Acide ribonucléique
- ATP:** Adénosine triphosphate
- BAL:** Bactéries lactiques
- C:** Cytosine
- DDR:** DNA-DNA reassociation
- EPS:** Exopolysaccharides
- FAO:** Food and agriculture organization
- FDA:** Food and drug administration
- G:** Guanine
- GRAS:** Generally recognized as safe
- Gr:** Grossissement
- HCl:** Chlorure d'hydrogène
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Peroxy de d'hydrogène
- Hsp:** Heat shock protein
- INRA:** Institut national de la recherche agronomique
- J:** Jour
- LMA:** Laboratoire de microbiologie appliquée
- M:** Mole/litre
- Mb:** Million de bases
- ml:** Millilitre
- µg:** Microgramme
- µl:** Microlitre
- µmax:** Vitesse spécifique maximale de croissance.
- MRS:** Man, Rogosa et Sharpe
- OMS:** Organisation mondiale de la santé
- O<sub>2</sub>:** Oxygène
- Pb:** Paire de bases
- PBS:** Tampon phosphate
- PCR:** Polymérisation en chaîne
- PH:** Potentiel d'hydrogène

**Rpm:** Rotation par minute  
**Sig:** Niveau de signification  
**Ssp:** Sous-espèce  
**TGI:** Tractus gastro-intestinale  
**TPY:** Peptonetryptonelevure  
**UFC:** Unité formant colonie  
**UHT:** Ultra haute température  
**V /V:** Volume/volume

### **Noms des genres**

**B.:** Bifidobacterium  
**E.:** *Escherichia*  
**L.:** *Listeria*  
**Lb.:** *Lactobacillus*  
**Lc.:** *Lactococcus*  
**Ln.:** *Leuconostoc*  
**S.:** *Staphylococcus*  
**Sc. / St.:** *Streptococcus*

### **Unités de mesure**

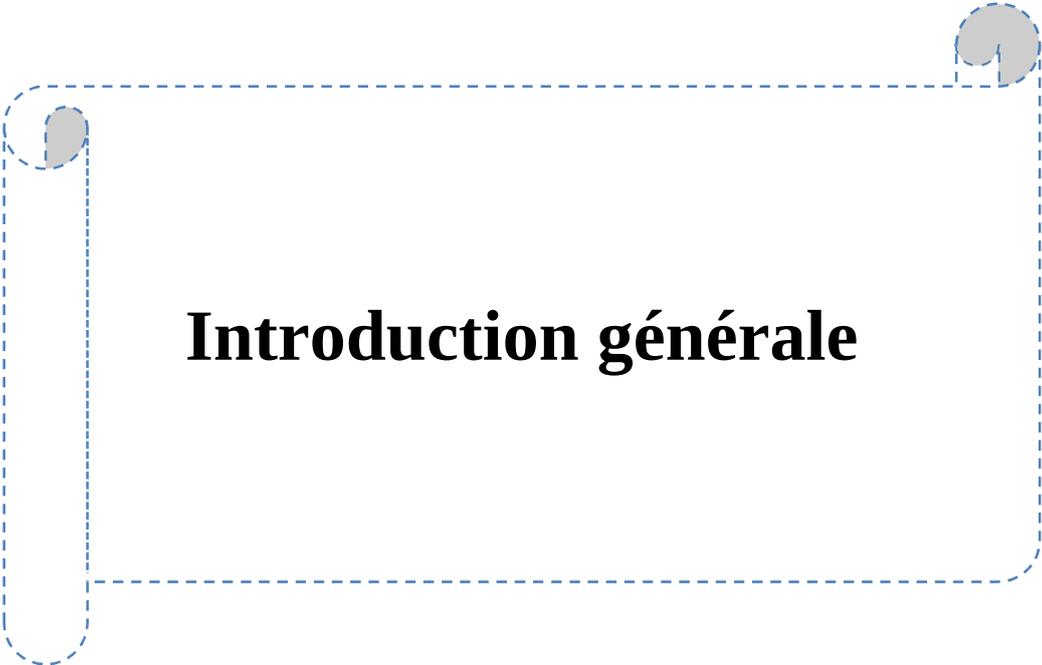
**D°:** Degré doronic  
**C°:** Degré Celsius  
**%:** Pourcentage  
**G :** Gramme  
**M :** Mètre  
**H :** Heure  
**S :** Facteur de sédimentation

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Fabrication du Lben.....	6
<b>Figure 2</b> : Schéma simplifié montrant les différentes étapes de préparation des produits laitiers traditionnels Algériens.....	7
<b>Figure 3</b> : Étapes essentielles de transformation du lait en fromag.....	8
<b>Figure 4</b> : Diagramme général de fabrication des yaourts et des laits fermentés.....	9
<b>Figure 5</b> : Diagramme simplifié de la production du yaourt.....	10
<b>Figure 6</b> : Schéma simplifié décrivant les compartiments de l'appareil digestif de l'homme et leurs microflores.....	12
<b>Figure 7</b> : Implantation du microbiote intestinal.....	13
<b>Figure 8</b> : Vue générale sur la microflore du colon humain.....	15
<b>Figure 9</b> : Présentation des effets bénéfiques de la consommation des probiotiques sur la santé humaine.....	22
<b>Figure 10</b> : Taxonomies de bifidobactéries.....	33
<b>Figure 11</b> : Formation d'acétate et de lactate à partir de glucose par la voie des bifidobactéries.....	34
<b>Figure 12</b> : Métabolisme général des bifidobactéries.....	45

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine.....	4
<b>Tableau 2</b> : Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt.....	8
<b>Tableau 3</b> : Certaines descriptions et définitions des probiotiques citées au cours des années..	17
<b>Tableau 4</b> : Critères de sélection utilisés pour le screening des probiotiques.....	19
<b>Tableau 5</b> : Profile fermentaire des différentes espèces de Bifidobacterium.....	36
<b>Tableau 6</b> : Les espèces du genre bifidobacterium et leur écologie.....	37
<b>Tableau 7</b> : Exemples de bactériocines synthétisées par les souches de bifidobactéries et leurs principales caractéristiques.....	46



# **Introduction générale**

## Introduction générale

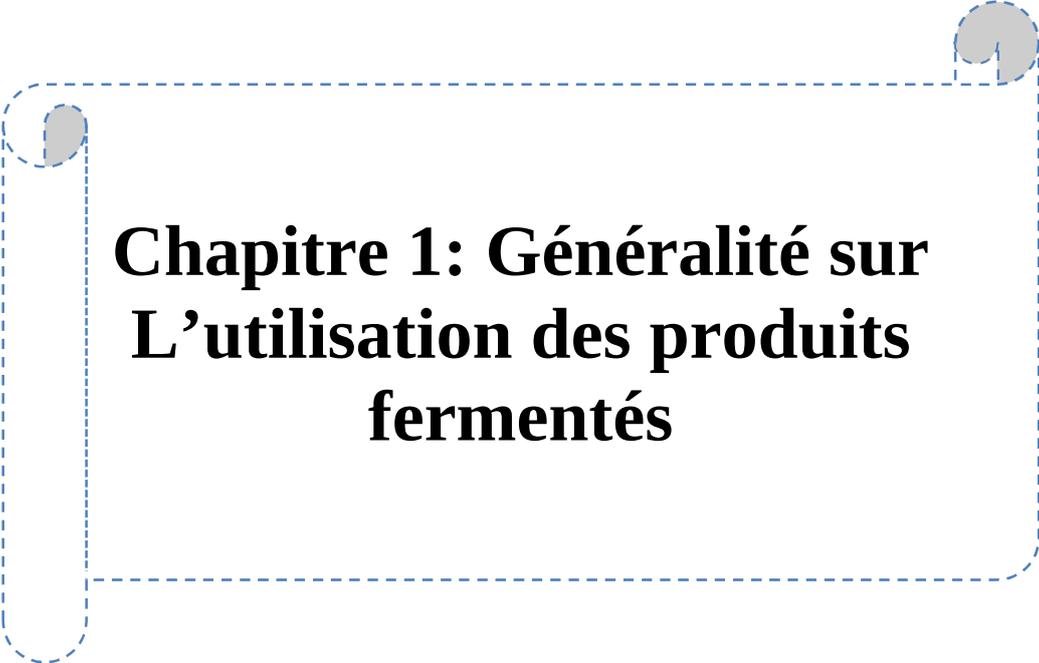
Selon **FAO et OMS (2002)**, les probiotiques sont définis comme " des micro-organismes vivants qui lorsqu'ils sont ingérés en quantités suffisantes exercent des effets positifs sur la santé au-delà des effets nutritionnels traditionnels". Ce terme fait référence à des souches spécifiques de bactéries. Certains exemples de probiotiques comprennent les bactéries lactiques telles que celles des genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*. Ces souches sont largement utilisées dans la fermentation de produits laitiers tels que le yaourt, le fromage et le kéfir. Les produits laitiers fermentés contenant des cultures bactériennes actives sont donc l'une des sources les plus courantes de probiotiques. Ces types de produits laitiers contenant des probiotiques sont considérés comme bénéfiques pour certains troubles gastro-intestinaux et digestifs.

Selon **ISOLAURI et al. (2000)**, *Bifidobacterium* a des effets bénéfiques sur la santé humaine, il peut contrôler le testinal microflorain, réguler le transit intestinal, inhiber la croissance de nombreux pathogènes, améliorer l'intolérance au lactose et les allergies alimentaires, et stimuler le système immunitaire ainsi que certaines propriétés anticancéreuses et antidiarrhéiques (**SHAH, 2006**).

Selon **DJELLID (2015)**, les produits laitiers fermentés sont connus pour être de bons porteurs de probiotiques snot amplement dû à leur large consommation. D'un point de vue technologique et pour être considérées comme des probiotiques potentiels, les souches sélectionnées doivent montrer une capacité à survivre dans le produit et sur les obstacles rencontrés lors du processus de fabrication (température de fermentation, oxygène) et lors du stockage (basse température, oxygène, arômes), ainsi que lors du transit gastro-intestinal (pH bas, bile) et avoir un bon pouvoir adhésif à l'épithélium testinal de l'hôte. La survie des bifidobactéries dans les produits laitiers fermentés dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions de fermentation, la température de stockage et surtout la souche utilisée.

Le nombre d'espèces de bifidobactéries introduites dans l'industrie laitière est très limité dont les souches d'origine animale sont les plus utilisées, ceci est dû à leur viabilité satisfaisante pendant la fabrication et le stockage du produit par rapport à celles d'origine humaine, mais ces dernières, présentent de meilleures caractéristiques probiotiques (résistance aux sels biliaires à pH bas, bon pouvoir adhésif, activité antibactérienne...) (**DJELLID, 2015**).

L'objectif de ce travail est de réaliser une synthèse bibliographique découvrant les critères probiotiques utilisés dans les produits laitiers fermentés qui peuvent être bénéfiques pour la santé digestive et peuvent améliorer divers troubles digestifs.



# **Chapitre 1: Généralité sur L'utilisation des produits fermentés**

## Chapitre 1. Généralité sur l'utilisation des produits fermentés

### 1. Produits laitiers fermentés :

Une large gamme de produits laitiers fermentés est commercialisée dans le monde entier. Il existe un grand nombre de laits fermentés de plusieurs pays qui diffèrent selon leurs pays d'origine, matières premières, plantes microbiennes, technologie, texture, goût et durée de conservation ce produit (LEKSIR, 2012).

Le tableau \ donne une description de différents types de laits fermentés et leurs pays d'origine.

**Tableau 1 :** Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine (LEKSIR, 2012).

Nom	Description	Pays présumé d'origine	Ferment(s) impliqué(s)
<b>Yoghourt/ Yaourt</b>	Produit ferme ou brassé, arôme caractéristique.	Asie, Balkans	<i>St. thermophilus</i> <i>Lb. bulgaricus</i> (+ <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium</i> <i>ssp.</i> )
<b>Lait à l'acidophilus</b>	Produit ferme, brassé ou liquide, faible arôme.	Etats-Unis	<i>Lb. Acidophilus</i>
<b>Kéfir</b>	Boisson brassée, consistance crémeuse, arôme et gout caractéristique (CO <sub>2</sub> ).	Caucase	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lb. kéfir</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Leuconostoc</i> <i>ssp.</i> Levures
<b>Koumis</b>	Boisson pétillante, acide, gout rafraîchissant et arôme caractéristique.	Mongolie	<i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , levures
<b>Lassi</b>	Boisson laitière aigre diluée avec de l'eau, consommée sale, épicée ou sucrée.	Inde	<i>Lactococcus</i> <i>ssp.</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>ssp.</i> , <i>Leuconostoc</i> <i>ssp.</i> Levures

<b>Dahi</b>	Produit ferme ou brassé, ou boisson liquide, flaveur agréable, acide ou faiblement acide.	Inde	<i>St. thermophilus, Lb. bulgaricus,</i> <i>Lc. diacétylactis, Leuconostoc</i> <i>ssp.</i>
<b>Leben</b>	Produit ferme ou brassé, gout et arôme agréable.	Moyen orient	<i>St. thermophilus, Lb. bulgaricus,</i> <i>Lb. acidophilus,</i> <i>Lc. lactis, levures</i>
<b>Filmjök</b>	Boisson brassée, visqueuse, saveur acidulée.	Suède	<i>Lc. lactis, Lc. cremoris,</i> <i>Lc. diacétylactis, Ln.</i> <i>Cremoris</i>
<b>Villi</b>	Produit brassé visqueux, acidulé et gout agréable	Finlande	<i>Lc. lactis, Lc. cremoris, Lc.</i> <i>diacétylactis, Lc. dextranicum,</i> moisissure <i>(Geotrichum candidum)</i>

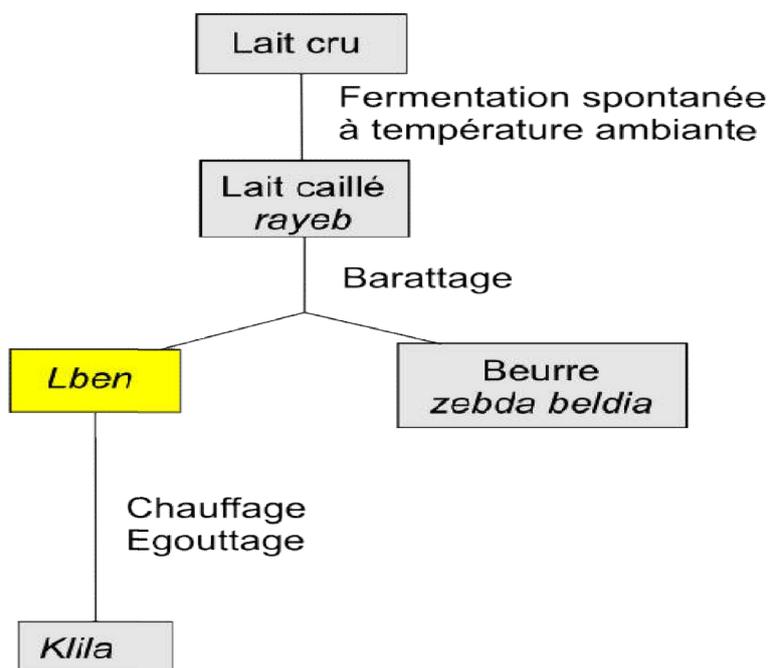
Les produits laitiers fermentés commercialisés en Algérie sont représentés essentiellement par le lait fermenté (Lben, Raïb), le yaourt et le fromage.

### 1.1. Lait fermenté :

Le lait fermenté (ou lait aigre, lait caillé) est un produit laitier obtenu par la fermentation du lait, dont les levains (micro-organismes) sont vivants, actifs et abondants (sauf si le produit a subi un traitement thermique après la fermentation). Les produits laitiers sont transformés par une fermentation essentiellement lactique qui aboutit à l'acidification et à la gélification du lait (**BEAL et SODINI, 2012**). Les laits fermentés algériens sont l'ben et le Raïb.

#### 1.1.1. Lben :

Sa fermentation lactique lui donne son arôme naturel et saveur inimitable. Le lait est abandonné à lui-même jusqu'à sa coagulation. Celle-ci se fait à une température ambiante et dure 24h à 48h selon la saison. Le barattage qui lui succède dure 30 à 40 minutes. A la fin du barattage, on ajoute généralement un certain volume d'eau tiède (environ 10% du volume du lait) de façon à ramener la température de l'ensemble à un niveau convenable au rassemblement des grains de beurre (**OUADGHIRI, 2009 ; BENKERROUM et TAAMIME, 2004**).



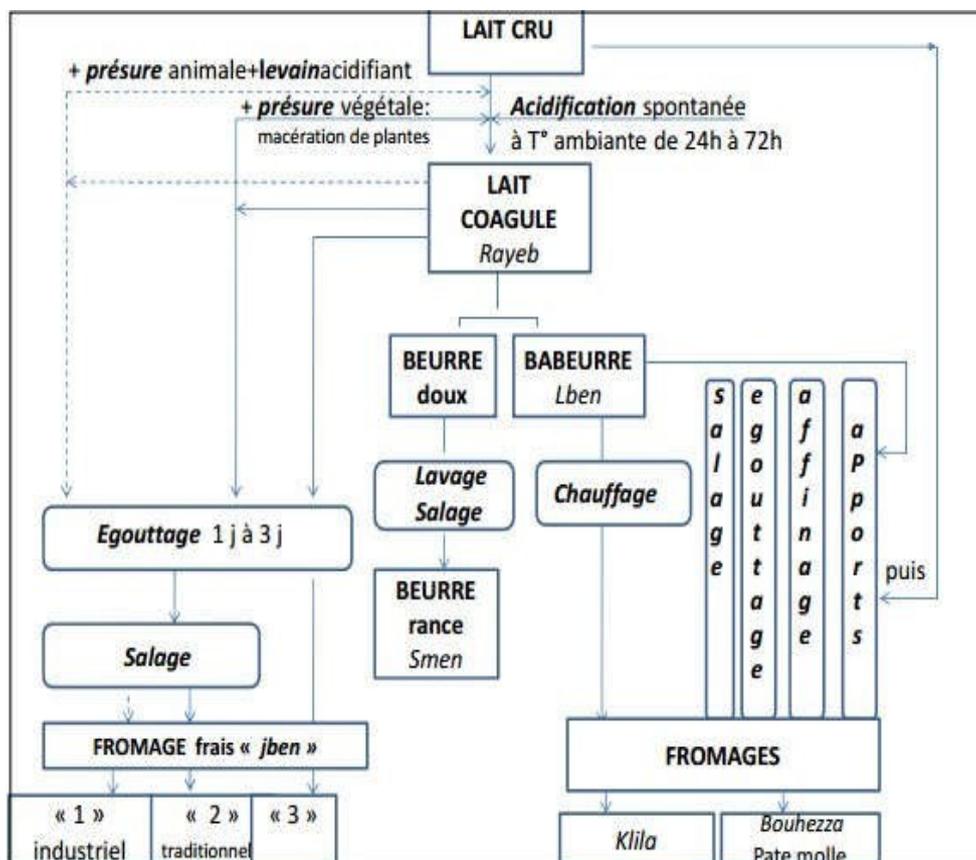
**Figure 1:** Fabrication du Lben (OUADGHIRI, 2009; BENKERROUM et TAAMIME, 2004).

### 1.1.2. Klila :

La klila est préparée à partir du L'ben chauffé sur feu doux pendant 12 minutes environ pour favoriser la séparation du caillé et de lactosérum et accélérer le processus d'égouttage. Le lait caillé est égoutté dans un tissu fin. La klila peut être consommée à l'état frais ou additionnée à certains plats traditionnels après avoir été coupé en petits cubes et séchés au soleil (TOUATI, 1990).

### 1.1.3. Raïb :

Le Raïb fait partie des produits laitiers fermentés populaires en Algérie, en plus du L'ben (lait écrémé fermenté). Le Raïb est un lait caillé, traditionnellement obtenu après acidification spontanée à température ambiante durant une période qui varie de 24h à 72h selon la saison. Le Raïb est consommé tel quel ou transformé comme le montre la figure 2 (MECHAI et al., 2014 ; Bendimerad, 2013). La fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles appartenant aux leuconostocs et aux lactocoques présents naturellement dans les laits crus. (GUIZANI et al., 2001 ; BENKERROUM, 2004).

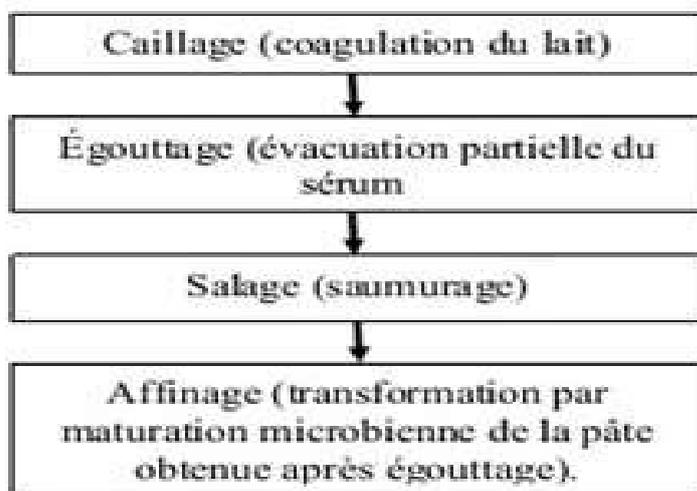


**Figure 2** : Schéma simplifié montrant les différentes étapes de préparation des produits laitiers traditionnels Algériens (BENDIMERAD, 2013).

## 1.2. Fromage :

La fabrication fromagère considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, associée à un phénomène découlement. Il s'agit de l'agglomération partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Les étapes du fromage concernent les éléments protéiques du lait, notamment la caséine, plus ou moins modifiées, qui emprisonnent les autres constituants et, ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés. Ce phénomène d'agglomération est associé à celui d'un écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et de l'élément soluble emprisonnée dans des pores, puis libérée. Habituellement la fabrication du fromage comprend trois étapes : La formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation frais. Le reste des fromages subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés (Camembert, Roquefort, Gouda, Tulum) (LUQUET, 1990). La transformation du lait en fromage comporte quatre étapes essentielles (Figure 3). Dans le cas d'un fromage frais, la fabrication est

terminée après l'égouttage (Yildiz, 2010; Parente et Cogan, 2004).



**Figure 3 :** Étapes essentielles de transformation du lait en fromage (PARENTE et COGAN, 2004).

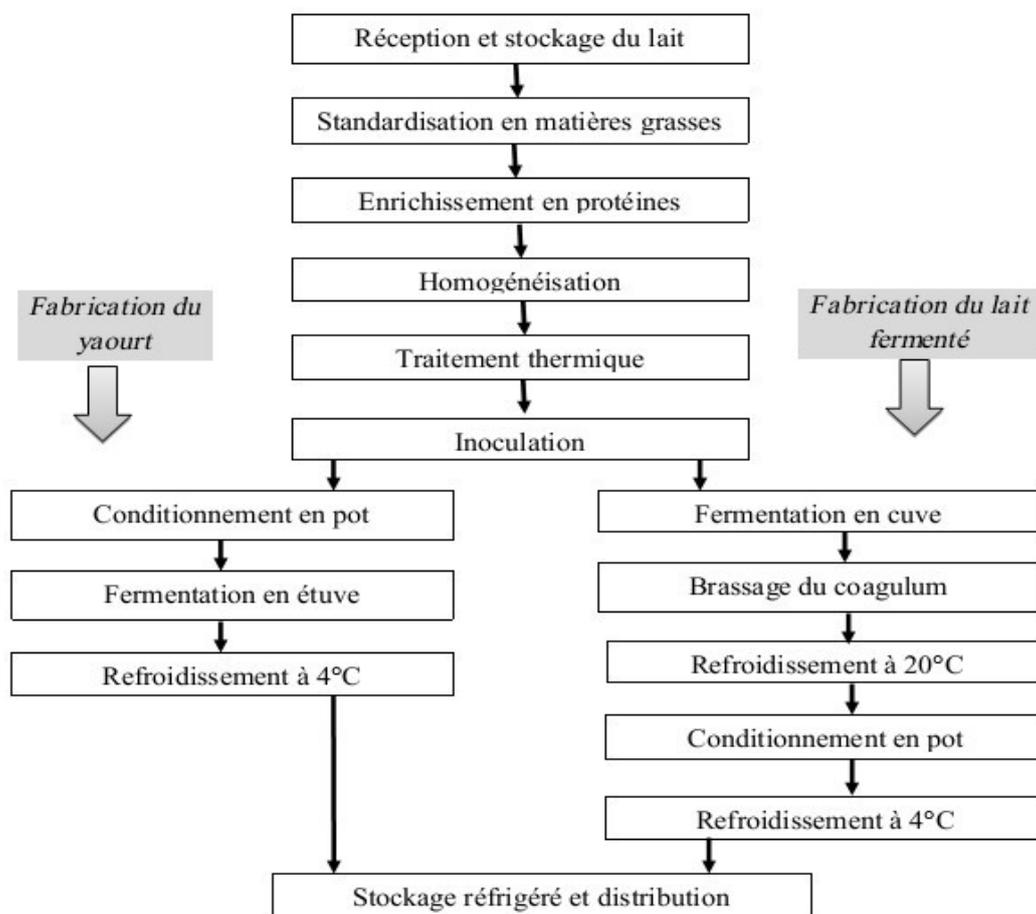
### 1.3. Yaourt :

Selon le **Codex ALIMENTARIUS et FAO (1975)**, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec). Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Ces produits en particulier doivent être conservés jusqu'à consommation à une température comprise entre 0 et 6°C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (MEGHACHOU, 2013).

**Tableau 7 :** Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt (HUI, 1992).

Composition standard recommandée par la FDA	Ferments additionnels du yaourt
<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus jugurti</i> <i>Lactobacillus lactis</i> <i>Bifidobacterium longum</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i> <i>Bifidobacterium infantis</i>

Les propriétés fermentaires aromatiques et épaississantes des bactéries lactiques du yaourt confèrent au produit final ses caractéristiques organoleptiques. Les résultats de recherche ont montré que la production d'acide et la production d'acétaldéhyde de la culture mixte de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont beaucoup plus important que celles des cultures pures, on peut également observer un effet synergique marqué sur la consistance et la viscosité du du produit lorsqu'on emploie des cultures épaississantes bonnes productrices d'exopolysaccharides (EPS) (YILDIZ, 2010; RAVIN et al. 2006).



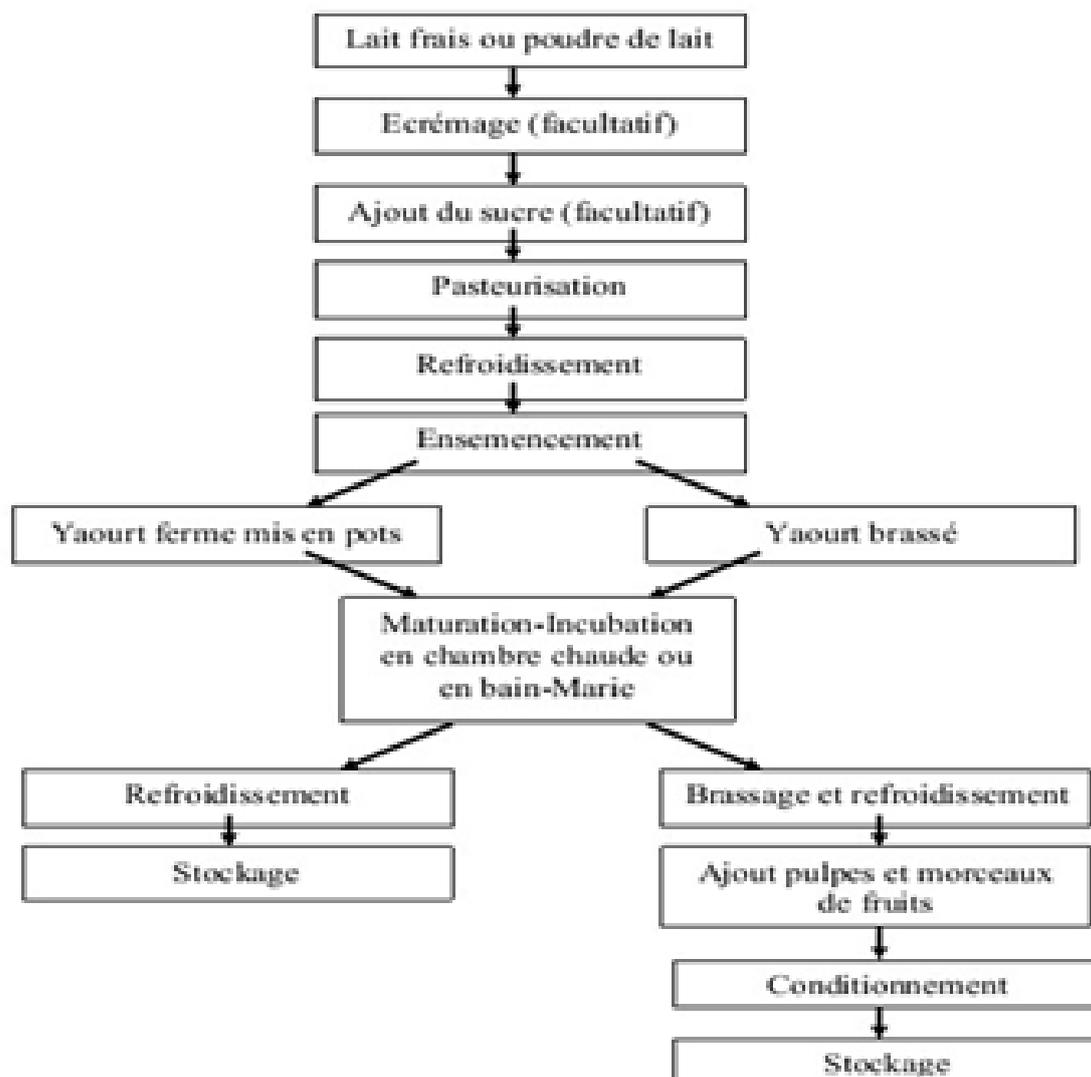
**Figure 4 :** Diagramme général de fabrication des yaourts et des laits fermentés (BEAL et SODINI, 2012).

En fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en deux groupes :

- Yaourts fermes, dont la fermentation a lieu en pots. Ce sont généralement des Yaourts nature ou aromatisés.

- Yaourts brassés, dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu, 2005**).

Les (**Figures 4 et 5**) montrent les différentes étapes de production des yaourts et laits fermentés et des deux types de yaourt respectivement.



**Figure 5** : Diagramme simplifié de la production du yaourt (**YILDIZ, 2010**).

#### 1.4. Laits fermentés aux bifidobactéries :

Ce sont des laits fermentés à l'aide de bifidobactéries associées à diverses bactéries. Il existe plusieurs types de laits fermentés aux bifidobactéries :

- Type levain yaourt + *Bifidobacterium* + *Lactobacillus acidophilus*
- Type levain yaourt + *Bifidobacterium*, soit d'origine humaine, soit d'origine animale.

Les laits fermentés avec *Bifidobacterium* d'origine animale essentiellement *Bifidobacterium animalis*, sont les plus répandus. Leur technologie est celle du yaourt à la condition de choisir des souches capables de résister en milieu acide (pH 4,2 à 4,5) et en anaérobiose relative (HADADJI, 2007).

## 2. Ecosystème gastro-intestinal :

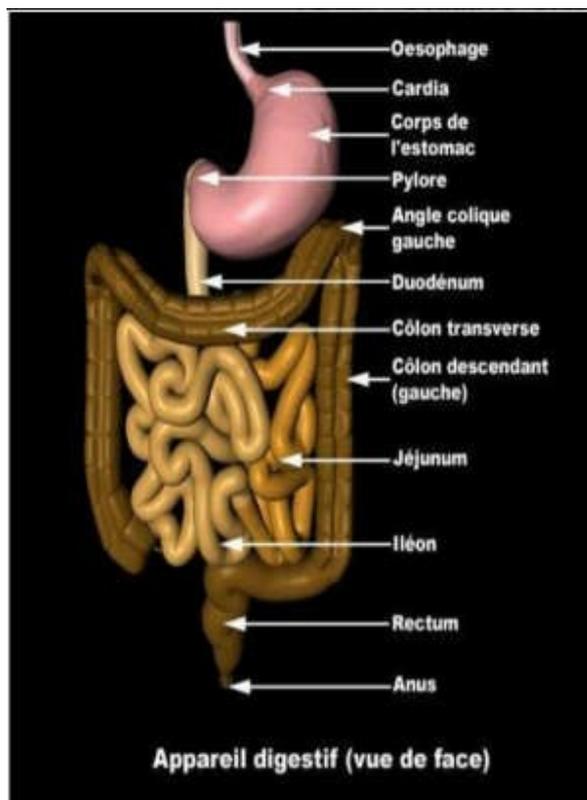
### 2.1. Anatomie du système digestif :

Les éléments de base du système digestif sont :

- Œsophage qui se termine par le cardia.
- L'estomac qui inclut l'antra et le canal du pylore.
- Les intestins :
  - L'intestin grêle (6-8 m) comprenant :
    - Le duodénum, le jéjunum et l'iléon qui rejoint le cæcum à la jonction iléo-cæcale
    - Le gros intestin ou côlon (1,5 m) constitué de 3 parties :
- Le cæcum. L'appendice est un organe rudimentaire, reliquat de l'évolution, attaché au cæcum.
- Le côlon qui comprend : le côlon ascendant, le côlon transversal et le côlon descendant et sigmoïde et le rectum qui se termine par l'anus.

### 2.2. Description générale du système digestif :

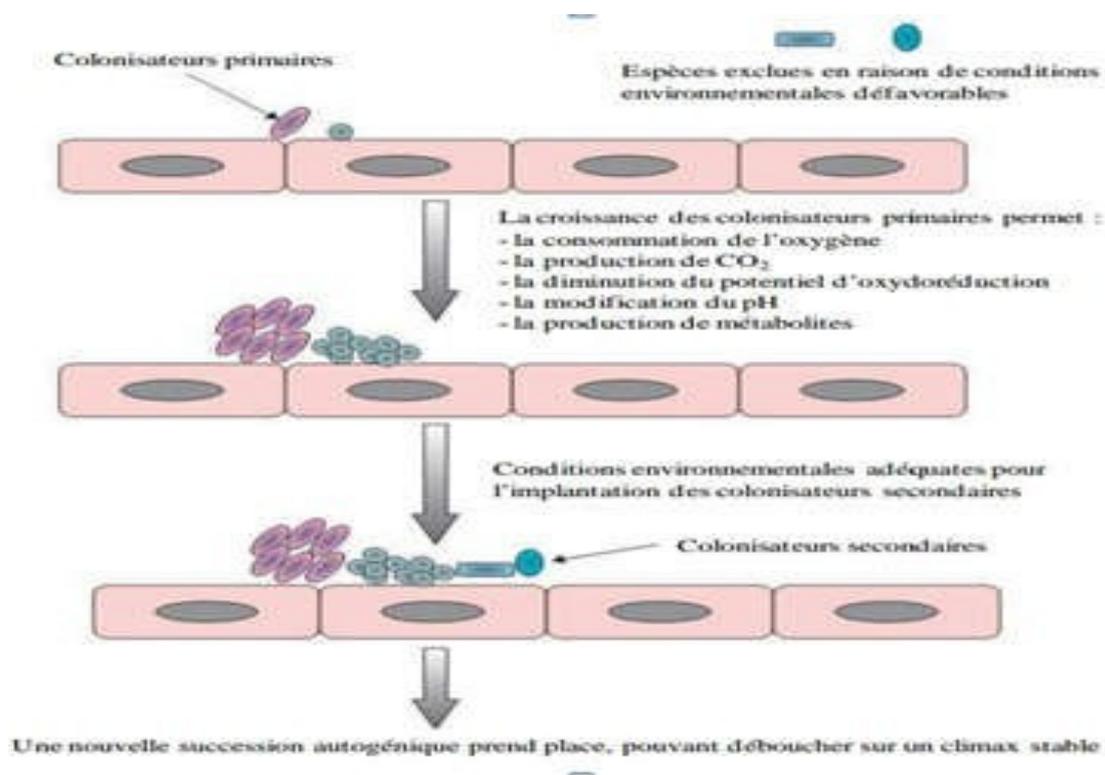
Le système digestif est un écosystème complexe ouvert aux micro-organismes externe. Le volume de la membrane muqueuse est estimé à 200-300 mètre carrés, il représente la plus grande surface. Le corps est en contact avec l'environnement. L'écosystème gastro-intestinal est créé par une alliance stable entre : l'épithélium du tractus gastro-intestinal, le système immunitaire et une flore microbienne importante. Si l'une des trois composantes de l'écosystème tombe en disfonctionnement, des maladies peuvent survenir. Les interactions entre les micro-organismes et l'hôte peuvent elle est de trois types: symbiose, symbiose ou pathogénicité .L'hôte protégé contre bactéries intestinales pathogènes par les barrières chimiques et physiques formées par l'épithélium gastro-intestinal (BÄCKHED et al., 2004; AMROUCHE, 2005).



**Figure 6** : Schéma simplifié décrivant les compartiments de l'appareil digestif de l'homme et leurs microflores (OUWEHAND et VESTERLUD, 2003).

### 2.3. Implantation du microbiote intestinal

Des études ont montré que des bactéries ayant pour origine l'intestin de la mère transitent par le lait. La mère transmet donc des éléments qui vont contribuer à la colonisation de l'intestin de son enfant et auront un impact sur la mise en place de son immunité. Les bactéries anaérobies qui dominent le microbiote intestinal de l'adulte font parties des premiers microbes rencontrés lors d'une naissance par voie basse. Elles ne se développeront cependant en dominance dans l'intestin que lorsque les aérobies stricts et les anaérobies facultatifs auront consommé l'oxygène présent. Ce premier relais d'espèces s'opère durant les heures qui suivent la naissance. Des relations antagonistes gouvernent ensuite progressivement le relais d'espèces en dominance conduisant vers l'âge de deux ans à un microbiote stable sur le plan fonctionnel (PEREZ *et al.* 2007) (Figure 7).



**Figure 7 : Implantation du microbiote intestinal (WILSON, 2008).**

Les bactéries anaérobies strictes dominent les bactéries anaérobies facultatives dans le côlon distal et les selles par un facteur environ 1000 fois. L'hygiène qui entoure la naissance et les premiers moments de la vie conditionne fortement la dynamique de colonisation. Il apparaît et desormais clairement que la colonisation par des espèces commensales habituelles comme *E. coli* est retardée dans des pays industrialisés par rapport au passé (de quelques jours à 6 mois) et par rapport au pays en voie de développement, apparemment du fait des conditions d'hygiène appliquées aujourd'hui (ADLERBERTH et al., 2006; NOWROUZIAN et al., 2003).

D'autres facteurs peuvent jouer un rôle dans la mise en place de la microflore intestinale comme le génotype et le lieu de naissance de l'hôte (BRUNO, 2012).

#### 2.4. Microbiot intestinal :

Comme identifié par ISOLAURI et al. (2012), la flore intestinale normale joue un rôle dans la nutrition, la physiologie et le contrôle du système immunitaire hôte. Il est considéré comme un organe acquis après la naissance, est composé d'une grande variété. Le tractus gastro-intestinal est estimé à

environ  $10^{13}$ - $10^{14}$  cellules microbiennes représentant 400-600 espèces et sous-espèce. La propagation des bactéries dans le système digestif intestinal dépend des conditions prévalant dans le compartiment du tractus. Deux classes de bactéries: les bactéries d'origine ou indigènes présentes dans certaines niches, bactéries hétérotrophes ou transitoires ex. probiotiques on le trouve dans d'autres habitats du tractus ; des agents pathogènes sont similaires et vivent généralement en harmonie avec l'hôte sauf lorsque l'équilibre du système est perturbé d'un point de vue microbiologique (**BÄCKHED et al., 2004**).

Le tractus intestinal se compose de trois régions principales qui fournissent des conditions très différentes pour survie de divers micro-organismes. Dans la première chambre, l'estomac et la prolifération des microbes est fortement réduite en raison de la présence d'oxygène qu'il fournit ingestion (46 mm Hg soit 29 % de la teneur en oxygène de l'air) ainsi que par sa présence avec une forte acidité. En conséquence, l'estomac abrite sélectivement des micro-organismes, les anaérobies résistants aux acides et facultatifs tels que les lactobacilles, les streptocoques, les levures, etc. Dans la deuxième chambre, l'intestin grêle, des bactéries se forment principalement des bactéries anaérobies facultatives telles que les lactobacilles, streptocoques et entérocoques, anaérobie strict y compris bifidobactéries, bactéries et *Clostridium*. La teneur en oxygène dans l'intestin grêle est de 35 mm Hg. Il correspond à 4,6% d'oxygène dans l'air. Dans la dernière chambre qui est le côlon, le transit digestif est plus lent et la flore microbienne est plus abondante représentant 35 à 50% le volume du contenu du côlon humain (**Cummings et al., 1989**).

La lumière du côlon est un environnement anaérobie à potentiel d'oxydation négatif (Eh de - 200 à -300 mV), au contraire à la surface de la membrane muqueuse, il y a une teneur élevée en oxygène due à échanges gazeux avec les tissus sous-jacents. À ce stade, la pression partielle est à l'oxygène est approximativement entre 29 et 39 mm Hg ou 4 à 5% d'oxygène (**WILSON, 2008**).

La microflore du côlon est très complexe et est dominée par des bactéries anaérobies strictes (*Bacteroides* spp., *Clostridium* spp., *Bifidobacterium* spp., *Atopobium* spp...). Tandis que les Bactéries anaérobies facultatives sont moins nombreuses et sont représentées par les lactobacilles, entérocoques, streptocoques et entérocoques. Levures (telles que *Candida albicans*) est plutôt faible. Charge bactérienne dans différents compartiments évalués à :  $10^4$ ,  $10^{3-4}$ ,  $10^{5-7}$ ,  $10^{7-8}$  et  $10^{10-11}$  unités formant colonie (ufc)/g dans l'estomac, le duodénum, le jéjunum, l'iléon et le côlon respectivement (**OUWEHAND et VESTERLUND, 2003**).

*Escherichia coli*, *Streptococcus* et *Bacteroides* se distinguent rarement par effets bénéfiques sur la santé de l'hôte, tels que l'amélioration de la maturité et de la sécurité intestinale contre les agents pathogènes et modulation de la fonction immunitaire (RUSTAL, 2004) (Figure 8).

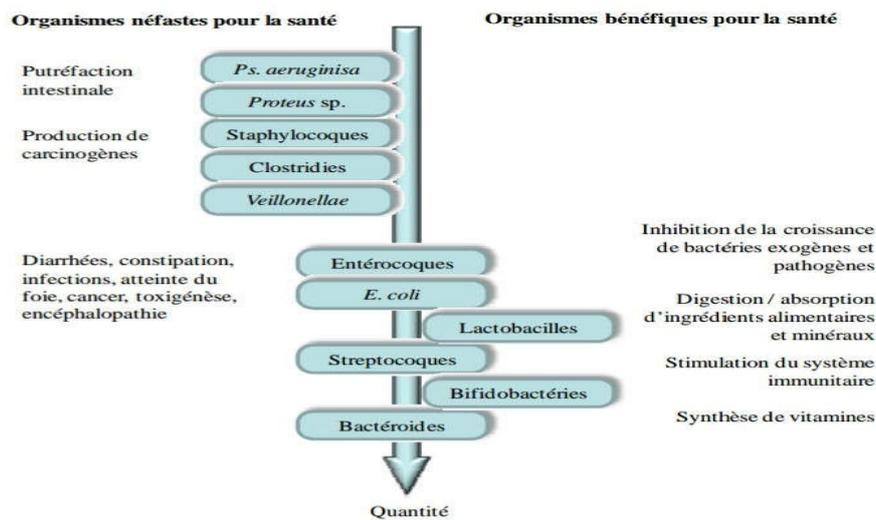
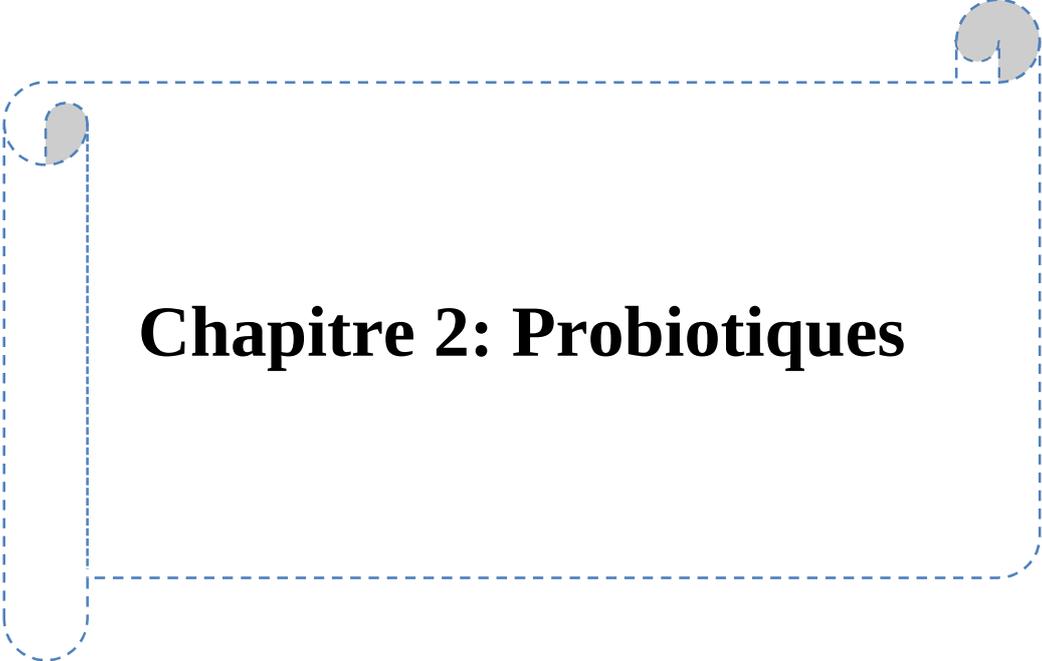


Figure 8 : Vue générale sur la microflore du colon humain (GIBSON et ROBERFROID, 1995).



## **Chapitre 2: Probiotiques**

## Chapitre 2. Probiotiques

### 1. Historique et définition des probiotiques :

Durant plusieurs années la notion « probiotique » a bénéficié de plusieurs définitions. Il a évolué fil du temps grâce aux connaissances scientifiques et aux progrès technologiques (**AIT BELGNAOUI, 2006**). Probiotique a été développée grâce aux travaux de **METCHNIKOFF (1907)**.

Le terme probiotique a été introduit pour la première fois par **LILLY et STILLWELL (1965)**. Pour décrire les matériaux produits par un micro-organisme et stimuler la croissance d'autres micro-organismes.

Selon **FULLER (1991)**, les probiotiques sont redéfinis comme des préparations bactériennes vivantes utilisées en tant qu'additif alimentaire qui a un effet bénéfique sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale. Il serait mieux définir comme «supplément alimentaire contenant des microorganismes vivants qui affectant bénéfiquement l'animal hôte en régulant l'équilibre de la flore intestinale ».

La **FAO et l'OMS (2002)** ont établi récemment des lignes directrices pour l'utilisation du terme « probiotiques » dans les aliments et formulent la définition suivante: micro-organismes vivants qui lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, exercent une action bénéfique sur la santé de l'hôte qui les ingère.

**Tableau 1** : Certaines descriptions et définitions des probiotiques citées au cours des années (**VASILJEVIC et SHAH, 2008**).

Année	Description	Source
1953	Probiotics are common in vegetable food as vitamins, aromatic substances, enzymes and possibly other substances connected with vital processes	Kollath
1954	Probiotics are opposite of antibiotic	Vergin
1955	Deleterious effect of antibiotics can be prevented by probiotics therapy	Kolb

<b>1956</b>	A Substance secreted by one microorganism which stimulates the growth of another	Lilly and Stillwell
<b>1971</b>	Tissue extracts which stimulate microbial growth	Sperti
<b>1973</b>	Compounds that build resistance to infection in the host but do not inhibit the growth of microorganisms in vitro	Fujii and Cook
<b>1974</b>	Organisms and substances that contribute to intestinal microbial balance	Parker
<b>1992</b>	Live microbial feed supplement which beneficially effects the host animal by improving microbial balance	Fuller
<b>1992</b>	Viable mono- or mixed of live microorganisms which applied to animals or man have a beneficial effect on the host by improving the proprieties of the indigenous microflora	Havenaar and Huis int'veld
<b>1996</b>	Live microbial culture or cultured dairy product which beneficially influences the health and nutrition of the host	Salminen
<b>1996</b>	Live microorganisms which, upon ingestion exerts benefits beyond inherent basic nutrition	Schaafsma
<b>1999</b>	Microbial cell preparations or components of microbial cells that have a beneficial effect on the health and well-being of the host	Salminen, Ouwehand, Benno and Lee
<b>2001</b>	A preparation of or a product containing viable, defined microorganisms in sufficient number which alter the microflora ( by implantation or colonization) in a compartment of the host and by that exert beneficial health effect in this host	Scherezenmeir and de Vrese
<b>2002</b>	Live microorganisms that when administrated in adequate amount confer health benefit on the host	FAW/WHO

## 2. Propriétés et critères de sélection des souches probiotiques

Les propriétés des probiotiques varient selon le type ou la souche bactérienne. On doit connaître le sexe et les types de souches utilisées car les effets des micro-organismes sont spécifiques à la souche microbienne. L'incapacité de causer des souches de maladie (dommages) est un critère très important. Cependant le critère de survie est encore essentiel dans la sélection des probiotiques qu'ils doivent arriver vivants sur leur chantier. Les principaux obstacles à la traversée du système digestif doivent être surmontés : pH acide, sels enzymes biliaires et pancréatiques etc... (**MILLET et al., 2008; LAMOREAUX, 2000 ; PERCIVAL, 1997**).Le (**tableauε**) rapporte les critères les plus utilisés pour la sélection des probiotiques.

**Tableau ε** : Critères de sélection utilisés pour le screening des probiotiques (**NOUSIAINEN et al., 2004**).

Critères	But cherché
Résistance à l'acidité gastrique	Survie pendant le passage par l'estomac et duodénum
Résistance aux sels biliaires	Survie pendant le passage par l'intestin grêle
Production d'acide (à partir de glucose et lactose)	Production (de barrière acide) efficace dans l'intestin
Adhésion au mucus et/ ou aux cellules épithéliales humaines	Colonisation efficace, réduction des sites d'adhésion des pathogènes à la surface
Production de substances antimicrobiennes	Inhibition du développement des germes pathogènes
Résistance à la chaleur	Survie pendant le processus de transformation
Bonnes propriétés technologiques	Stabilité, croissance sur une large échelle, survie dans le produit, résistance aux bactériophages

### **2.1. Résistance à l'acidité gastrique :**

Le temps de passage des probiotiques dans l'estomac peut durer de 1h à 4h selon l'individu et son alimentation, ce qui peut influencer sa survie du fait de la présence de l'acide chlorhydrique. C'est pourquoi différents auteurs s'intéressent aux études de survie des probiotiques à l'acidité et mettent en évidence leur résistance *in vitro* dans des milieux de culture à pH bas pendant au moins quatre heures (AMMOR et MAYO, 2007).

### **2.2. Résistance aux sels biliaires :**

Dans l'intestin grêle la tolérance aux sels biliaires est un facteur important qui contribue à la survie des probiotiques. Les bactéries qui survivent aux conditions acides de l'estomac doivent alors faire face à l'action détergente des sels biliaires libérés dans le duodénum après ingestion des repas gras. Les bactéries peuvent réduire l'effet émulsifiant des sels biliaires en hydrolysant avec des hydrolases, de ce fait diminuant leur solubilité (AMMOR et MAYO, 2007 ; GU *et al.*, 2008; HADEF, 2012).

### **2.3. Adhésion aux cellules épithéliales :**

Il est intéressant que la capacité d'adhésion à l'épithélium intestinale est un critère de sélection recommandé pour le choix des probiotiques, car c'est une condition facilitant une bonne colonisation du tube digestif par les probiotiques (BEZKOROVANY, 2001; CRITTENDEN *et al.*, 2005; CHAFAI, 2006). L'adhésion constitue le premier mécanisme de défense contre l'invasion des bactéries pathogènes (REYES-GAVILAN *et al.*, 2011; PALOMARES *et al.*, 2007).

### **2.4. Production de substances antimicrobiennes :**

Parmi les critères de sélection des probiotiques, on retrouve aussi la capacité à produire et à synthétiser des molécules à effet bactéricides ou bactériostatique. Les bactéries lactiques produisent différentes substances telle que l'acide lactique, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, di-acétyle et les bactériocines dont les propriétés inhibitrices sont utilisées en alimentation. Ces mécanismes antimicrobiens ont été exploités pour améliorer la préservation des aliments (LABIOUI *et al.*, 2005; TITIEK *et al.*, 1996).

### **2.5. Résistances aux antibiotiques :**

Les bactéries lactiques sont naturellement résistantes à beaucoup d'antibiotiques. Grâce à leur structure

et physiologie dans la plus part 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'autre espèces et genre. C'est une raison significative pour choisir des souches manquant du potentiel de transfert de résistance (**DENOUE, 2004**).

Les autorités européennes ont récemment conclu que certaines bactéries utilisées dans la production alimentaires peuvent présenter un risque à la santé humaine et animale en raison d'héberger des souches avec les gènes de résistance transmissibles. Par conséquent avant de lancer la culture probiotique, il est important de vérifier que les souches bactériennes impliquées ne comportent pas de gènes transmissibles de résistance aux antibiotiques (**AMMOR et MAYO, 2007**).

## **2.6. Critères technologiques :**

En plus de l'innocuité et des propriétés fonctionnelles, plusieurs aspects technologiques doivent être pris en compte dans la sélection des probiotiques. Selon **SAARELA et al. (2000)**, ces critères sont:

- Bonnes propriétés sensorielles ;
- Résistance aux phages ;
- Viabilité durant le traitement technologique ;
- Stabilité dans le produit et durant le stockage.

### **2.6.1. Viabilité et stabilité des microorganismes :**

Pour exercer leur effet bénéfique sur la santé, les probiotiques doivent survivre en grand nombre au procédé de fabrication et à la période d'entreposage au froid qui s'ensuit. Cependant, la stabilité physique et génétique des cellules ainsi que toutes les propriétés nécessaires pour exercer leurs bienfaits sur la santé doivent également être assurées (**IZQUIERDO, 2009**). De plus, ces souches devraient être viables sans se multiplier pour ne pas provoquer d'effet indésirable sur le goût ou l'arôme du produit ni augmenter l'acidité (**MATTILA-SANDHOLM et al. 2002**).

Par ailleurs, plusieurs études ont démontré que des cellules en phase stationnaire de croissance, plus tolérantes aux stress environnementaux que des cellules en phase exponentielle, devraient être privilégiées pour la confection de produits contenant des probiotiques en grand nombre (**Heller, 2001**).

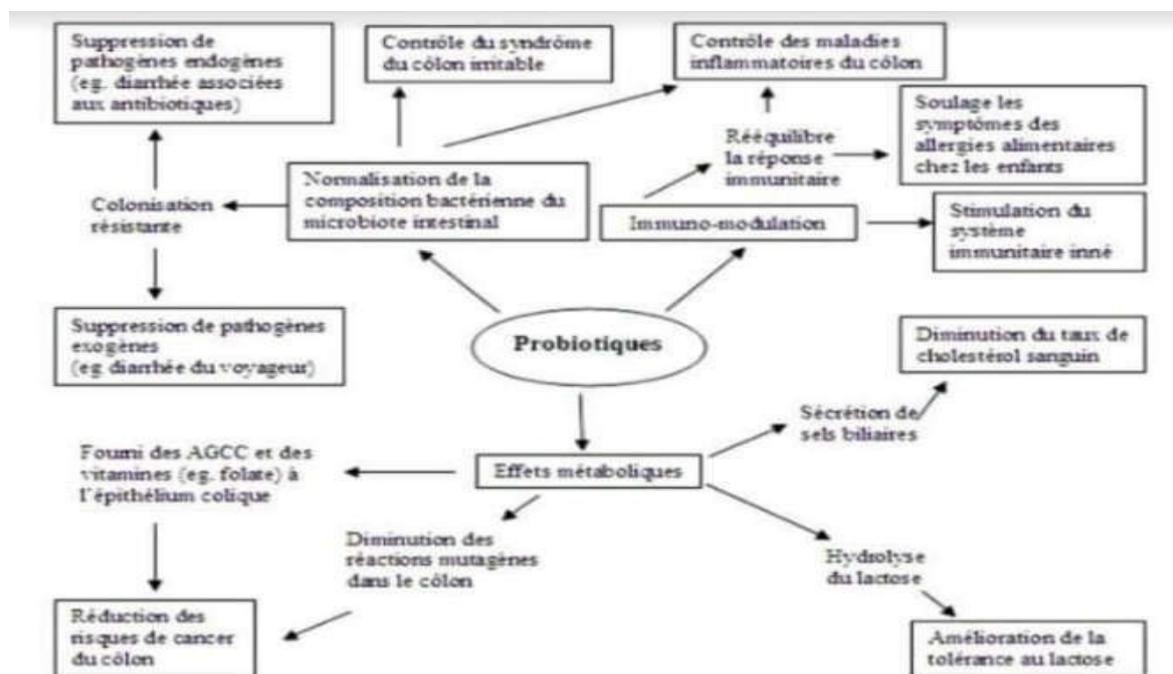
### 2.6.2. Propriété acidifiante :

La fonction acidifiante est la plus recherchée des bactéries lactiques qui a pour effet une production importante d'acide lactique conduisant à une acidification rapide et durable, les conséquences d'ordre physicochimique et microbiologique sont récapitulées d'après **Surta et al. (1998)**. La coagulation du lait, la synérèse du caillé et la solubilisation du calcium micellaire participent aux qualités organoleptiques des produits laitiers fermentés et inhibe la croissance de microorganismes nuisibles.

### 3. Effets bénéfiques des probiotiques sur la santé humaine :

Les probiotiques sont destinés à aider la flore microbienne normale dans l'intestin. Des nombreux bienfaits pour la santé sont procurés par la consommation d'aliments qui contiennent des cultures probiotiques (**DA CRUZ et al., 2010**).

Il est important de mentionner que les effets de la promotion de la santé dépend de la souche présente dans la formulation du produit, il n'existe pas de souche probiotique unique qui puisse offrir tous les avantages (**SHAH, 2007**).



**Figure 9** : Présentation des effets bénéfiques de la consommation des probiotiques sur la santé humaine (**SAARELA et al., 2000**).

Les principaux effets bénéfiques sur la santé de l'hôte sont les suivants :

### **3.1. Soulagement de la constipation :**

Les lactobacilles peuvent avoir un geste sain efficace pour accélérer le transit intestinal et mettre fin à la constipation (selles difficiles, dureté excessive des selles, transit intestinal lent) et permettent de réduire l'utilisation de laxatifs, qui ont l'inconvénient majeur d'éliminer différentes substances essentielles à l'organisme comme les acides aminés et les minéraux... (GUARNER *et al.*, 2008).

### **3.2. Amélioration de l'utilisation du lactose par l'organisme :**

L'un des effets des bactéries lactiques qui a été le plus mis en avant et démontré chez l'homme est celui qui concerne l'amélioration de l'intolérance au lactose. Chez les personnes souffrant d'intolérance au lactose, un déclin de la production de  $\beta$ -galactosidase est observé au-delà de la petite enfance. La deuxième cause d'intolérance (intolérance secondaire) est représentée par les maladies comme les résections intestinales, les gastro-entérites, la maladie céliaque ou les gastrectomies. Plusieurs études ont montré que la  $\beta$ -galactosidase des bactéries lactiques participait à la digestion du lactose dans l'intestin. En principe, le remplacement du lait par du yaourt conduit à une meilleure absorption et une meilleure tolérance chez les sujets présentant une intolérance au lactose (primaire et secondaire) (DE VRESE *et al.*, 2001). *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* améliorent la digestion du lactose et réduisent les symptômes liés à l'intolérance au lactose (douleurs abdominales, ballonnements). Plusieurs travaux explicatifs ont montré que la lactase de bactéries lactiques participe à la digestion du lactose du yaourt (90%) chez les sujets déficients en lactase (GUARNER *et al.*, 2008).

### **3.3. Prévenir ou raccourcir la durée de la diarrhée :**

En s'appuyant sur des études cliniques, il a été montré que le risque de diarrhée du voyageur et de diarrhée due au rota virus et à la diarrhée associée aux antibiotiques comme celle causée par *Clostridium difficile* peut être contrecarré avec succès par l'utilisation d'antibiotiques et peut être réduit par l'utilisation concomitante de probiotiques tels que : *L. rhamnosus*, *B. bifidum*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* et *L. bulgaricus* (WANG *et al.*, 2004).

Les mécanismes possibles impliqués incluent la production d'acide lactique de peroxyde d'hydrogène et d'autres substances antimicrobiennes telles que les bactéries, la compétition pour les nutriments ou les

récepteurs d'adhérence, les actions antitoxines et la stimulation du système immunitaire (**GIL, 2003**).

Plusieurs études contrôlées randomisées chez l'homme ont démontré l'efficacité des souches probiotiques dans la prévention ou la réduction de la maladie cœliaque associée à l'utilisation d'antibiotiques (**CREMONINI et al., 2002**).

### **3.4. Contrôle des infections intestinales à *Helicobacter pylori* :**

*Helicobacter pylori* est une bactérie responsable de différents troubles digestifs pouvant aller jusqu'à l'ulcère gastro-duodéal, cancer et lymphomes gastriques (**DIAL et LICHTENBERGES, 2002**).

**WANG et al. (2004)**, ont rapporté que la consommation régulière de yaourt additionné de *L. acidophilus* ou de *Bifidobacterium lactis reuteri*, un ferment lactique probiotique, a démontré son efficacité pour réduire la quantité de bactéries *Helicobacter pylori* dans l'estomac. La croissance d'*Helicobacter pylori* est inhibée par la production de quantités importantes d'acide lactique (**ZUBILLAGA et al., 2001**).

### **3.5. Activité antivirale :**

Selon **CLANCY (2003) et CROSS (2002)**, les probiotiques ont été considérés comme faisant partie de la microflore intestinale, ils sont signalés à promouvoir la défense de l'hôte et à moduler le système immunitaire parmi elles, les genres *Lactobacillus* sp. et *Bifidobacterium* sp, sont indiqués pour stimuler l'immunité systémique à médiation cellulaire (TH1) et sont aujourd'hui largement utilisés dans les thérapies probiotiques (**CLANCY, 2003; CROSS, 2002**).

Ils ont plusieurs avantages à l'hôte, y compris le potentiel de stimuler l'activité antivirale (**KIDD, 2003 ; KAILA et al., 1995**). Les avantages des probiotiques ont été démontrés chez les patients présentant de diarrhée associée aux rota virus et au VIH (**GOOSSENS et al., 2003; ROSENFELDT et al., 2002; ROLFE, 2000**). Les mécanismes par lesquels elles sont à combattre les infections sont suggérés d'inclure l'exclusion des agents pathogènes par le biais de la concurrence pour la fixation et la stimulation des défenses immunitaires de la cellule hôte (**ISOLAURI, 2003**).

### **3.6. Diminution des allergies alimentaires :**

L'allergie alimentaire du nourrisson se traduit souvent par de l'eczéma atypique. Les traitements curatif

et préventif de cette pathologie par des BAL ont été évalués lors d'une étude clinique sur 27 enfants nourris au sein et souffrant d'eczéma atypique (**ARVOLA et al., 2000**). Après deux mois de traitement avec la formule complétée avec *L. rhamnosus* GG et *B. lactis* BB12, une amélioration plus rapide a été observée pour l'état atypique par rapport au groupe placebo. Effet protecteur de *L. rhamnosus* la GG a également été observée chez des enfants à risque nés de parents atopiques (**KALLIOMAKI et al., 2001**).

Les mécanismes et processus de régulation des allergies sont loin de toute une faveur. Plusieurs mécanismes ont été proposés qui affectent l'immunité ou l'état de la muqueuse, expliquer l'effet protecteur du PAL. Ceux-ci peuvent, en réduisant la perméabilité intestinale très augmentée en période de réactivité allergique, participer à la diminution du passage des protéines alimentaires (**RAUTAVA et al., 2002**).

### 3.7. Réduction du taux de cholestérol sanguin :

Illustré par des teste in vitro que l'utilisation de probiotiques fait baisser le taux de cholestérol dans un milieu culture avec quelques Lactobacilles (**ZHANG et al., 2008**). Des hypothèses ont été avancées comme l'assimilation du cholestérol par les bactéries ou l'hydrolyse des sels biliaires conjugués.

Les acides biliaires, synthétisés par le foie à partir du cholestérol sont "recyclés" et utilisés en moyenne trois fois pendant un même repas. L'hydrolyse des sels biliaires conjugués (les acides biliaires doivent être conjugués à la taurine et à la glycine pour être solubles) rend nécessaire la synthèse de sels biliaires supplémentaires, ce qui conduirait à une réduction du cholestérol (**Liong et Shah, 2005**). Bien que la déconjugaison des sels biliaires puisse avoir des effets bénéfiques sur l'hôte comme la diminution des niveaux de cholestérol, un déconjugaison excessive ou une déshydroxylation des acides biliaires par certains microorganismes semble avoir plusieurs effets néfastes sur l'hôte.

Les bactéries les plus fréquemment désignées comme probiotiques, telles que les souches des genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, sont incapables de déshydroxyler les sels biliaires déconjugés. Une autre explication évoque une diminution du taux de cholestérol qui serait uniquement due à la co-précipitation du cholestérol avec les sels biliaires déconjugés, phénomène qui ne peut pas se produire in vivo car le pH est plus élevé que dans un milieu de culture acidifié par les BAL. Des études ont été réalisées sur des humains pour tester l'influence de la consommation des produits laitiers fermentés sur le taux de cholestérol sanguin, mais les résultats n'ont jamais été confluents (**PEREIRA et GIBSON, 2002**).

## **4. Production et maintenance de la viabilité des bactéries probiotiques dans les produits laitiers :**

### **4.1. Emploi des bactéries probiotiques dans les produits laitiers :**

Les produits laitiers probiotiques appartiennent à la catégorie des produits laitiers fonctionnels qui ont montré une croissance impressionnante au cours de la dernière décennie (**MENRAD, 2003**). Ainsi, le nombre des produits disponibles et la connaissance du consommateur du concept probiotique a évolué et en conséquence, la recherche sur ces produits a également augmenté plus de 600 produits alimentaires probiotiques sont commercialisés par l'industrie laitière depuis 2006 comprenant: les crèmes glacées, les fromages, beurre, laits en poudre, desserts glacés et mayonnaise (**SVEJE, 2007**).

Au cours de ces dernières années, la popularité de bio-yaourts, contenant des ferments *S. thermophilus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. acidophilus* et des espèces de *Bifidobacterium* a augmenté de manière significative (**FARNWORTH, 2008**).

Une revue récente dans le British Journal of Nutrition (**GUARNER ET al., 2005**) comprend la conclusion suivante : " Le concept de probiotique a évolué pour devenir une notion simple et directe : Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte. Il a été démontré que la consommation d'un yaourt induit des bienfaits sanitaires mesurables liés à la présence de bactéries vivantes, par rapport aux produits contenant des bactéries détruites par la chaleur. Ainsi, les levains du yaourt remplissent clairement le concept actuel des probiotiques au moins pour ses effets bénéfiques sur la digestion du lactose in vivo ".

#### **4.1.1. Viabilité des bactéries probiotiques :**

Afin d'avoir les effets souhaités, les bactéries probiotiques doivent être capables de pousser en laiterie et vivent à un rythme suffisamment élevé (**TAMIM, 2005**). Dans la littérature scientifique, les concentrations minimales sont de  $10^6$  et  $10^7$  UFC/g dans le produit (**TALWALKAR et al., 2004**).

La consommation de *Lactobacillus* influençait positivement la microflore intestinale, diminuait la putréfaction et les activités toxiques microbiennes. Il a ainsi proposé l'ingestion de bactéries lactiques pour réduire les désordres intestinaux et améliorer l'hygiène digestive et donc augmenter l'espérance de vie (**TAMIME, 2005**).

Au Japon, l'association des laits fermentés et les boissons lactées a mis au point un chiffre standard, qui recommande la présence d'un minimum de  $10^7$  UFC/ml de bactéries lactiques viables dans les produits laitier (TAMIME, 2005).

#### 4.1.2. Effet du procédé technologique sur la viabilité des bactéries probiotiques

La viabilité des bactéries probiotiques dans les produits laitiers dépend des souches utilisées, de l'interaction entre les espèces existantes et dépend également la production de peroxyde d'hydrogène par un métabolisme bactérien, composants de la matrice alimentaire et l'acidité du produit final (FARNWORTH, 2008).

La viabilité dépend également de la disponibilité des nutriments, des stimulants et des inhibiteurs de croissance et de concentration des sucres, de l'oxygène dissous et de l'oxygène (OLIVERA et DAMIEN, 2003).

Les principaux facteurs qui affectent la viabilité des probiotiques sont :

#### 4.1.3. Composition du milieu de fermentation :

Les bactéries probiotiques sont utilisées dans la fermentation du lait dans une mesure limitée en raison du ralentissement de leur croissance dans le lait. Il doit contenir au moins une source de carbone d'azote, d'oxygène (pour une culture aérobie), d'hydrogène des certains oligo-éléments, des vitamines, des facteurs de croissance et des précurseurs métaboliques (DRICHE, 2020).

En général, les bactéries probiotiques se développent mieux dans les milieux à savoir, peptone tryptone levure (TPY) et le bouillon De Man, Rogosa et Sharpe (MRS), que dans le lait. Toutefois, ces milieux sont complexes et coûteux pour la propagation à grande échelle des bactéries probiotiques et peuvent également conférer une saveur avant l'incorporation. Pour la fabrication d'un produit de qualité, tant en termes de texture et de viabilité de bactéries probiotiques, un milieu à base de lait est habituellement nécessaire en raison de la présence de la caséine (SHAH, 2007).

- ◆ **Oxygène** : au cours de la production de yaourt, l'oxygène peut facilement envahir et se dissoudre dans le lait. L'oxygène dissous (OD) dans les produits laitiers est un paramètre de

qualité primordial et doit être surveillé. L'OD réduit la capacité de consommation, la durée de conservation et affecte les principaux paramètres de qualité des produits laitiers tels que la valeur nutritive, la couleur et le goût. L'oxygène affecte les cultures probiotiques de deux façons : Premièrement, il est directement toxiques pour les cellules, certaines cultures probiotiques sont sensibles à l'oxygène et meurent en sa présence. Deuxièmement, dans la présence d'oxygène, certaines cultures, notamment *Lb. delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, produisent le peroxyde. Une inhibition synergique de cultures probiotiques à cause du peroxyde d'hydrogène et d'acide a été rapportée (**LANKAPUTHRA et SHAH, 1996**).

- ◆ **Additifs** : d'après le comité FAO et OMS, un additif alimentaire est défini comme une substance dotée ou non d'une valeur nutritionnelle, l'intolérance aux colorants et additifs reste une réalité bien étayée chez l'adulte, mais plus difficile à prouver chez l'enfant en raison de la lourdeur des explorations qu'il faudrait mettre en œuvre. Son emploi doit améliorer les qualités du produit fini sans présenter de danger pour la santé, aux doses utilisées. Il peut être d'origine naturelle, ou artificielle : produits de transformation de substances naturelles (amidons transformés comme agents de texture etc.) ou encore être un arôme de synthèse. L'additif porte la mention « E » (pour « Europe »), suivie d'un numéro d'identification. Sa présence et la dose doivent être précisées sur l'emballage (**BOURRIER, 2006**).

Les additifs alimentaires sont indispensables dans l'industrie laitière. Cependant, les effets des additifs sur la croissance des bactéries lactiques probiotiques n'ont pas été largement étudiés (**BOUCHEFRA, 2012**).

#### **4.2. Méthode d'améliorations de la viabilité des microorganismes probiotiques : sélection des souches :**

Il est plus important que la sécurité et la stabilité des caractéristiques souhaitables pendant la production laitière commerciale, ainsi que dans le produit terminé (**TALWALKER et KAILASAPATHY, 2004; GODWARD et al., 2000**).

La viabilité et le taux de survie lors du passage dans l'estomac sont nécessaires pour permettre aux probiotiques vivants des produits laitiers fermentés d'exercer un rôle biologique dans l'intestin humain. Ainsi, la sélection de souches appropriées sur la base de leur tolérance à l'acidité et aux sels biliaires contribuerait à améliorer la viabilité de ces, la viabilité des souches bactériennes probiotiques (**TAKAHASHI et al., 2004**).

#### 4.2.1. Taux d'inoculation :

Les microorganismes probiotiques croissent mal dans le lait, un volume élevé de l'inoculum (5-10 ml/ 100 ml lait) est nécessaire, par rapport à un petit inoculum (1 ml/ 100 ml de lait) dans le cas des cultures starter du yaourt, ce qui peut entraîner une sur acidification du produit et cela se traduit éventuellement par la faible survie des bactéries probiotiques. Le pH final à la fin de la fermentation est le facteur crucial pour la survie des microorganismes probiotiques. A ce stade un pH inférieur à 4,4 entraîne une diminution significative des bactéries probiotiques. Tous les souches ont été pesées en quantités suffisantes pour obtenir les dénombrements initiaux et leurs suspensions ont été préparées en chaque culture du lait écrémé stérilisé et activé avant utilisation par conséquent, le niveau d'inoculum doit être soigneusement réglé et contrôlé (TAMIME, 2005).

#### 4.2.2. Utilisation des pièges à oxygène :

La teneur en oxygène et le potentiel redox sont des facteurs importants pour la viabilité pendant le stockage à froid. L'acide ascorbique (vitamine C) agit comme un capteur d'oxygène et est autorisé comme additif alimentaire. En outre, le lait et les produits laitiers offrent seulement 10- 15% des besoins quotidiens en vitamine C. Ainsi, la fortification du yaourt avec de l'acide ascorbique pourrait augmenter sa valeur nutritive (BENALIA et THAMILA, 2018).

#### 4.2.3. Ajout de la cystéine :

La cystéine est un acide aminé contenant du soufre, fournit l'azote aminé comme facteur de croissance tout en réduisant le potentiel d'oxydoréduction. La cystéine à 250 mg/l semble améliorer la survie de *Lb. acidophilus* et *Bifidobacterium* spp. Il convient de noter que la faible concentration en cystéine (50 mg/l) améliore la croissance de *S. thermophilus* (BENALIA et THAMILA, 2018).

### 5. Défis technologiques associés au développement des cultures probiotiques :

La production et la commercialisation des probiotiques à l'échelle industrielle exposent les microorganismes à des conditions défavorables qui peuvent tuer une très grande partie des bactéries. Des exposé technologies de séchage, notamment de lyophilisation (freeze drying), exposent les microorganismes à des conditions plus douces et permettent de conserver la viabilité des probiotiques.

Si les baisses de viabilité sont inacceptables lors de la fermentation, la lyophilisation, ou la production de cultures concentrées dans des billes de gel d'alginate ou de carraghénane est une alternative au processus traditionnel (**MACOUZET et CHAMPAGNE, 2007**).

## **5.1. Méthodes de production :**

### **5.1.1. Lyophilisation :**

La lyophilisation est une méthode pratique pour la préservation et la conservation à une longue période des bactéries probiotiques. Elle consiste à retirer de l'eau de la suspension de cellules congelées par sous pression réduite. La sublimation est le processus par lequel l'eau est éliminée directement à partir de la glace, sans passer par l'état liquide (**MALIK, 1990**).

La lyophilisation est bien adaptée pour la conservation de matériel biologique sensible, ce processus se déroule sous vide et en l'absence d'oxygène qui fait qu'il est impossible que les réactions d'oxydation se produisent. Pour surmonter l'inactivation au cours du séchage et la stabilité pendant le stockage, les cryoprotecteurs comme le glycérol, la cystéine ou le sucrose sont ajoutés en période de lyophilisation des lactobacilles. La lyophilisation est considérée comme l'étalon-or où la viabilité, la saveur et l'arôme sont préservés à long terme durant le stockage, la commercialisation et la consommation (**FARNWORTH, 2008**).

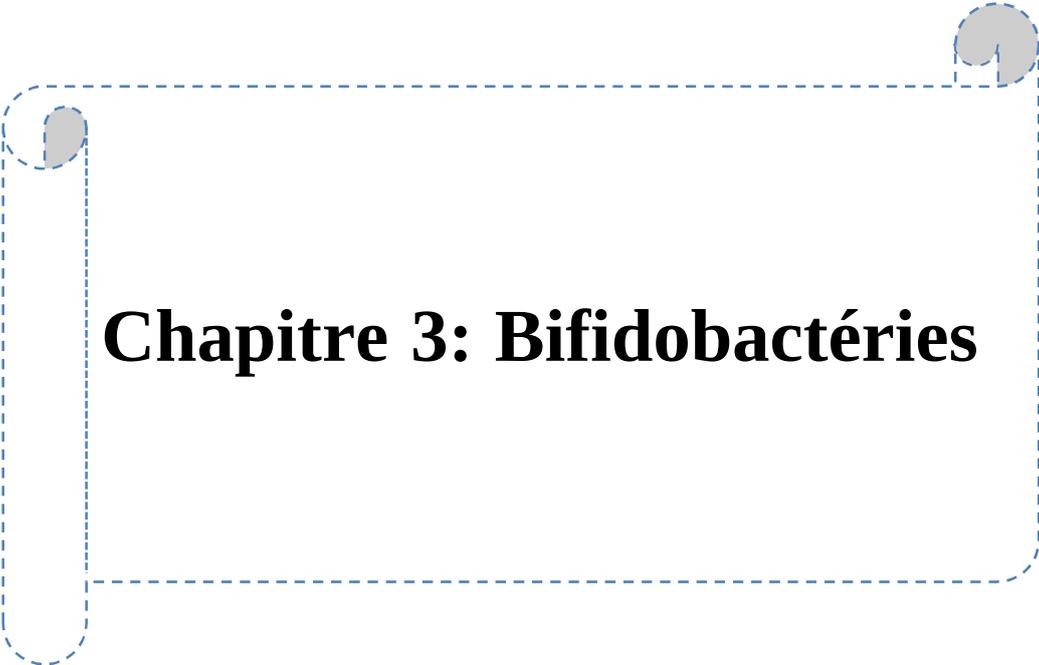
### **5.1.2. Micro encapsulation :**

La microencapsulation est un procédé par lequel les cellules microbiennes sont enfermées dans une couche protectrice. L'encapsulation réduit la perte de la viabilité des cellules, en séparant les cellules bactériennes de l'environnement défavorable. La couche de protection permet de réduire la perte de cellules et de blessures en bloquant les agents agressifs ou inhibiteurs tels que l'humidité, l'oxygène de l'air et les acides (**SULTANA et al., 2000; WUNWISA et al., 2003**). Il a été constaté que les bactéries lactiques probiotiques utilisées dans les applications alimentaires enfermées dans des microcapsules de graisse solide préservent toute leur activité biologique (**KRASAEKOOPT et al., 2003**).

### **5.1.3. Ajout des prébiotiques :**

Les probiotiques et prébiotiques permettent de rééquilibrer la flore intestinale et sont souvent

consommés ensemble. Ils n'ont pourtant rien à voir du point de vue biologique, les uns servant à renforcer les autres. Les symbiotiques ont été conçus pour avoir un effet dans le système gastro intestinal. Toutefois, on leur découvre de plus en plus de bénéfices secondaires (**MACOUZET et CHAMPAGNE, 2007**).



## **Chapitre 3: Bifidobactéries**

## Chapitre 3. Bifidobactéries

### 1. Taxonomie :

A l'institut pasteur, **TISSIER (1899)**, observe et isole, à partir de selles de nourrissons, une bactérie de forme étrange et caractéristique de Y et l'a appelée *Bacillus bifidus*. Cette bactérie était anaérobie, Gram positive et n'a pas développé de gaz pendant sa croissance. Le problème de la place de cette bactérie au sein de la classification est alors posé. Au début du siècle, la taxonomie reposant uniquement sur des critères morphologiques, **TISSIER (1900)**, nomme cette bactérie: *Bacillus bifidus communis*. Depuis leur première description, la classification de ces bactéries n'a cessé d'être révisée passant du genre *Bacillus*, à celui de Bacteroïdes (**CASTELLANI et CHALMERS, 1919**), *Lactobacillus* (**HOLLANDE, 1920**), *Bifidobacterium* (**Orla-Jensen, 1924**), *Bacterium* (**LEHMANN et NEUMANN, 1927**), *Tissieria* (**PRIBRAM, 1929**), *Nocardia* (**VUILLEMIN, 1931**), *Actinomyces* (**NANNIZZI, 1934**), *Actinobacterium* (**PUNTONI, 1937**) et *Corynebacterium* (**OLSEN, 1949**).

1900 - Tissier - bifidus Bacillus
1917 - Winslow <i>et al.</i> - Lactobacillaceae
1920 - Hollande - Lactobacillus bifidus
1957 - Bergey's Manual VIIe édition bifidus-Lactobacillus
1965 - Scardovi - Fructose-6-phosphate-phosphocétolase (F-6-PPK)
1974 - Bergey's Manual VIIIth édition -
Famille: Actinomycetaceae
Genre: Bifidobacterium (11 spp.)
1986 - Manuel de Bergey Systematic Bacteriology Ith édition
- (24 espèces)
1997 - Stackebrandt <i>et al.</i> - Nouvelle classification hiérarchique;
Ordre: Bifidobacterial; Famille: Bifidobacteriaceae;
genres Bifidobacterium et Gardnerella
2000 - 32 espèces

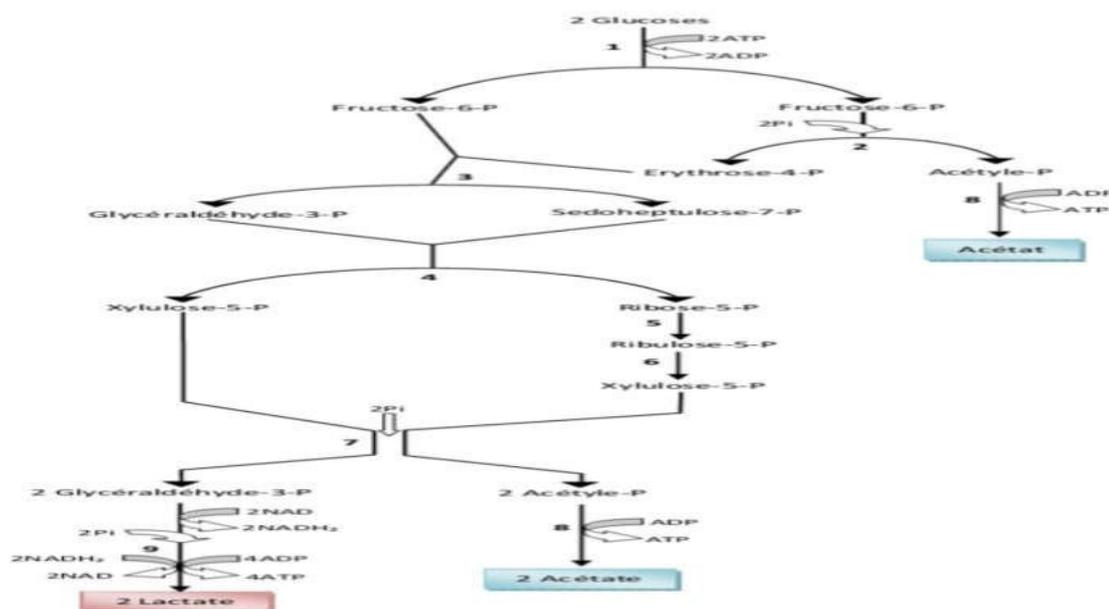
**Figure 10** : Taxonomies de bifidobactéries (**PROKARYOTE, 2006**).

En raison des similitudes entre les bifidobactéries et les bactéries du genre *Lactobacillus*, ils ont été inclus dans ce genre comme classifié dans la 7<sup>ème</sup> édition du manuel de Bergey de la bactériologie

déterminative (BREED et al., 1957).

DEHNART (1957) réalise qu'il existe plusieurs biotypes de *Bifidobacterium* et a proposé un arrangement pour la différenciation entre les souches basées sur leurs modèles de fermentation d'hydrate de carbone. Durant la même année, Cumins et ses collaborateurs ont examiné la composition de la paroi cellulaire de plusieurs souches de bifidobactéries et ont conclu que ces bactéries sont différentes de toutes les bactéries Gram positifs précédemment examinées (CUMMINS et al., 1957). La classification taxonomique des bifidobactéries était donc à revoir et le sujet a été relancé de nouveau à l'investigation.

SCARDOVI et TROVATELLI (1965) et DEVRIES et al. (1967), ont découvert une nouvelle voie de fermentation des hexoses chez les bifidobactéries, qui ne se trouve pas dans aucune des espèces du genre *Lactobacillus*. L'enzyme principale de cette voie est une fructose-6-phosphate phosphoketolase qui clive le fructose-6-phosphate en érythro-4-phosphate et en acétyl phosphate (Figure 11).



**Figure 11** : Formation d'acétate et de lactate à partir de glucose par la voie des bifidobactéries (SCARDOVI et TROVATELLI, 1965).

- |                                               |                                                                  |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1: hexokinase et glucose-6-phosphateisomérase | 6 : ribulose-5-phosphate-3-epimerase,                            |
| 2: fructose-6-phosphate phosphoketolase,      | 7 : xylulose-5-phosphoketolase,                                  |
| 3: transaldolase                              | 8 : acétate kinase,                                              |
| 4: transketolase                              | 9 : Les mêmes enzymes appliqués dans la voie<br>homofermentative |
| 5: ribose-5-phosphate isomérase               |                                                                  |

**SCARDOVI et al. (1970)** ont commencé d'appliquer intensivement le procédé d'hybridation ADN-ADN afin d'évaluer la validité des espèces de bifidobactéries précédemment décrites et pour identifier de nouveaux groupes de séquences ADN homologues parmi les souches qu'ils isolaient dans des diverses niches écologiques.

Cette technique d'identification est une avancée significative en bactériologie déterminative et a aidé à résoudre une grande partie de la confusion précédemment rencontrée quand à la différenciation d'espèce de *Bifidobacterium* qui a été faite principalement sur le profil fermentaire d'hydrate de carbone. Dans la 8<sup>ème</sup> édition du manuel de Bergey du déterminatif de la bactériologie (**ROGOSA, 1974**), les bifidobactéries ont été classifiées dans le genre *Bifidobacterium* en utilisant le même nom proposé par Orla-Jensen. Le genre a comporté huit espèces; il a été inclus dans la famille des *Actinomycetaceae* d'ordre *Actinomycetales*. Une autre correction à la classification a été apportée après l'introduction de l'électrophorèse des protéines cellulaires solubles sur le gel de polyacrylamide comme critère d'identification d'espèce (**BIAVATI et al., 1982**).

La nouvelle description d'espèce et les remises en ordre apportées à la classification précédente ont contribué à l'identification de 24 espèces rapportées dans la première édition du manuel de Bergey de la bactériologie systématique (**SCARDOVI, 1986**).

**STACKEBRAND et al. (1997)**, par l'analyse de rRNA 16S, ont proposé une structure hiérarchique rassemblant le genre *Bifidobacterium* avec le genre *Gardnerella* dans une seule famille *Bifidobacteriaceae* dans l'ordre de *Bifidobacteriales*, de nos jours cette famille comporte 6 genres: *Aeriscardovia*, *Alloiscardovia*, *Bifidobacterium*, *Gardnerella*, *Parascardovia* et *Scardovia* (**EUZEBY, 2007**).

## 2. Espèces du genre *Bifidobacterium* :

L'évolution des techniques utilisées à des fins taxonomiques y compris l'hybridation ADN- ADN, a permis jusqu'à 1992 l'identification de 29 espèces. La plupart de ces espèces se distinguent d'un point de vue physiologique par leur profil fermentaire aux différents sucres (SCARDOVI, 1986) (Tableau 0).

**Tableau 0** : Profile fermentaire des différentes espèces de *Bifidobacterium* (SCARDOVI, 1986).

Espèces	Sucres									
	Xyl	Man	Fruc	Gal	Sucr	Sali	Inul	Malt	Mlb	Treh
<i>B. bifidum</i>	-	-	+	V	-	-		-	-	-
<i>B. longum</i>	V	V	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. longum ssp. Infantis</i>		V	+	+	+	-	+	-		-
<i>B. breve</i>	V	+	+	+	+	V	+	V	V	+
<i>B. adolescentis</i>	-	V	+	+	+	V	+	V	V	+
<i>B. angulatum</i>	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>B. catenulatum</i>	+	-	+	+	+	V	+	V	V	+
<i>B. pseudocatenulatum</i>	+	+	+	+	+	V	+	-	-	+
<i>B. dentium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>B. pseudolongum ssp. globosum</i>	V	-	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. pseudolongum ssp. pseudolongum</i>	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. cuniculli</i>	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. choerinum</i>	V	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. animalis</i>	+	V	+	+	+	V	+	-	-	+
<i>B. thermophilum</i>	+	-	+	+	+	V	+	-	V	V
<i>B. boum</i>	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-

<i>B. magnum</i>	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>B. pullorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>B. longum</i> ssp. <i>Suis</i>	+	V	V	+	+	-	+	-	-	-+
<i>B. minimum</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>B. subtile</i>	-	-	+	+	+	V	+	-	V	V
<i>B. coryneforme</i>	+	+	+	+	+	-	+	-		+
<i>B. asteroides</i>	+	-	+	+	V	-	+	-	-	+
<i>B. indicum</i>	-	V	+	+	V	-	+	-	-	+

- : negative, +: positive, v: variable

**Xyl:** Xylose **Man:** Mannitol **Fruc:** Fructose **Gal:** Galactose **Sucr:** Sucrose **Treh:** Trehalose **Mlb:** Melobiose Malt: Maltose **Inul:** Inulin **Sali:** Salicin

Aujourd'hui le genre bifidobacterium compris 48 espèces (TSUCHIDA et al., 2014) (Tableau 7). Les espèces les récemment décritsont: *B. mongoliense*, *B. stercorisombi* et *B. bohemicum*, *B. actinocoloniiforme* (KILLERETAL, 2011; KIM et al., 2010; KILLERET al., 2009; WATANALEBE et al., 2009).

**Tableau 7 :** Les espèces du genre bifidobacterium et leur écologie

Species	Ecology	References
<i>B. actinocoloniiforme</i>	Digestive tract content of <i>Bombus lucorum</i>	KILLER et al. (2011)
<i>B. adolescentis</i>	Faeces of human adults; bovine rumen; sewage	REUTER (1963)
<i>B. angulatum</i>	Sewage; faeces of human adult	SCARDOVI et CROCIANI (1974)
<i>B. animalis</i>	Faeces of rats and guinea pigs Faeces of chickens and rabbits, fermented milk and sewage	SCARDOVI et TROVATELLI (1974) MASCO et al. (2004)

<b>ssp. animalis</b>		<b>MEILE et al. (1997);</b>
<b>ssp. Lactis</b>		<b>MASCOET al. (2004)</b>
<b>B. asteroides</b>	Intestine of <i>Apis mellifera</i> ssp. caucasica, ligustica, and mellifera	<b>SCARDOVI et TROVATELLI (1969)</b>
<b>B. biavatii</b>	Tamarind faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<b>B. bohemicum</b>	Digestive tract content of <i>Bombus lucorum</i>	<b>KILLER et al. (2011)</b>
<b>B. bifidum</b>	Faeces of human adults, infants, and suckling calves; human vagina	<b>ORLA-JENSEN (1924)</b>
<b>B. bombi</b>	Digestive tract of bumblebees	<b>KILLER et al. (2009)</b>
<b>B. boum</b>	Bovine rumen; faeces of piglets	<b>SCARDOVI et al. (1979b)</b>
<b>B. breve</b>	Faeces of infants and suckling calves	<b>REUTER (1963)</b>
<b>B. callitrichos</b>	Marmoset faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<b>B. catenulatum</b>	Faeces of infants and human adults; human vagina; sewage	<b>SCARDOVI et CROCIANI (1974)</b>
<b>B. choerinum</b>	Faeces of piglets; sewage	<b>SCARDOVI et al. (1979b)</b>
<b>B. coryneforme</b>	Intestine of <i>Apis mellifera</i> ssp. mellifera	<b>SCARDOVI et TROVATELLI (1969)</b> <b>BIAVATI et al. (1982)</b>
<b>B. crudilactis</b>	Raw milk cheese	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>

<b><i>B. cuniculi</i></b>	Faeces of rabbits	<b>SCARDOVI et al. (1979b)</b>
<b><i>B. dentium</i></b>	Human dental caries and oral cavity, faeces of human adults; human vagina; abscesses and appendices	<b>SCARDOVI et CROCIANI (1974)</b>
<b><i>B. gallicum</i></b>	Human faeces	<b>LAUER (1990)</b>
<b><i>B. gallinarum</i></b>	Chicken caecum	<b>WATABE et al. (1983)</b>
<b><i>B. indicum</i></b>	Intestine of Apis cerana and A. dorsata	<b>SCARDOVI et TROVATELLI (1969)</b>
<b><i>B. kashiwanohense</i></b>	Infant faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<b><i>B. longum</i></b> <b><i>ssp.longum</i></b> <b><i>ssp.infantis</i></b> <b><i>ssp.suis</i></b>	Faeces of human adults, infants, and suckling calves, human vagina, sewage  Faeces of infants and suckling calves, human vagina Faeces of piglets	<b>REUTER (1963), MATTARELLI et al. (2008)</b>  <b>REUTER (1963), MATTARELLI et al. (2008)</b>  <b>MATTEUZZI et al. (1971), MATTARELLI et al. (2008)</b>
<b><i>B. magnu</i></b>	Faeces of rabbits	<b>SCARDOVI et ZANI (1974)</b>
<b><i>B. merycicum</i></b>	Bovine rumen	<b>BIAVATI et MATTARELLI (1991)</b>
<b><i>B. minimum</i></b>	Sewage, pig caecum	<b>BIAVATI et al. (1982)</b>
<b><i>B. mongoliense</i></b>	ermented milk (airag)	<b>WATANABE et al. (2009)</b>
<b><i>B. moukalabense</i></b>	Gorilla faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<b><i>B. pseudocatenulatum</i></b>	Faeces of infants and suckling calves, sewage	<b>SCARDOVI et al. (1979b)</b>
<b><i>B. pseudolongum</i></b> <b><i>ssp. pseudolongum</i></b>	Faeces of bulls, calves, chickens, dogs, guinea pigs, pigs and rats	<b>MITSUOKA (1969), YAESHIMA et al. (1992)</b>

<i>ssp. Globosum</i>	Faeces of bulls, calves, chickens, dogs, guinea pigs, pigs and rats	<b>SCARDOVI et al. (1969)</b> <b>BIAVATI et al. (1982)</b> <b>YAESHIMA et al. (1992)</b>
<i>B. psychraerophilum</i>	Pig caecum (content and epithelium)	<b>SIMPS-ON et al. (2004)</b>
<i>B. pullorum</i>	Faeces of chickens	<b>TROVATELLI et al. (1974)</b>
<i>B. reuteri</i>	Marmoset faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<i>B. ruminantium</i>	Bovine rumen	<b>BIAVATI et MATTARELLI (1991)</b>
<i>B. saeculare</i>	Faeces of rabbit	<b>BIAVATI et al. (1991)</b>
<i>B. sanguine</i>	Tamarind faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<i>B. scardovii</i>	Human blood	<b>HOYLES et al. (2002)</b>
<i>B. stellenboschense</i>	Tamarind faeces	<b>BOTTACINI et al. (2014)</b>
<i>B. stercoris</i>	Human faeces	<b>KIM et al. (2010)</b>
<i>B. subtile</i>	Sewage, human carious lesions	<b>BIAVATI et al. (1982)</b>
<i>B. thermacidophilum</i> <i>ssp. thermacidophilum</i> <i>ssp. Porcinum</i>	Waste water, pig faeces Piglet faeces	<b>DONG et al. (2000), ZHU et al. (2003)</b>
<i>B. thermophilum</i>	Faeces of chickens, pigs, and suckling calves; bovine rumen; sewage	<b>MITSUOKA (1969)</b>
<i>B. tsurumiense</i>	Hamster dental plaque	<b>OKAMOTO et al. (2008)</b>

### 3. Ecologie des bifidobactéries :

Les bifidobactéries sont des habitants naturels de la flore intestinale humaine. Ces microorganismes sont

les bactéries intestinales. Les bifidobactéries ont été isolées à partir de trois niches écologiques: l'organisme humain, l'organisme animal et l'environnement. Chez les humains, chez les bébés nourris au lait maternel (**RASIC et KURMANN, 1983**).

*B. breve* et *B. infantis* sont des espèces typique des bébés nourris au lait maternel ou aux formules lactées pour nourrissons tandis que *B. bifidum*, *B. catenulatum*, *B. longum* et *B. pseudocatenulatum* sont présents dans les fèces des nouveau-né et/ou dans les fèces d'adulte. *B. adolescentis* a été isolés seulement dans les fèces d'adulte. L'habitat des bifidobactéries n'est cependant pas restreint à l'intestin. Quelques espèces comme *B. bifidum*, *B. breve* ou *B. longum* biovar *infantis* peuvent également coloniser le vagin de la femme. *B. dentium* a pour habitat la cavité orale de l'homme, mais cette espèce est également retrouvée dans les fèces et dans le vagin. Les espèces douées du plus fort pouvoir pathogène potentiel sont *B. dentium* isolé notamment des caries dentaires et des abcès. Chez les animaux, quelques espèces sont apparemment une présence spécifique. *B. merycicum* et *B. ruminantium* sont isolés des bovins. *B. choerinum*, *B. psychraerophilum* et *B. thermacidophilum* subsp. *Porcinum* sont présents chez les porcs. *B. gallinarum* et *B. pullorum* sont associés aux volailles. *B. cuniculi*, *B. saeculare* et *B. magnum* sont isolés des lapins. *B. asteroides*, *B. coryneforme* et *B. indicum* sont hébergés dans l'intestin des abeilles (**SCARDOVI et CROCIANI, 1974**).

En revanche, *B. animalis* subsp. *Animalis*, *B. boum*, *B. longum*, *B. pseudolongum*, *B. thermophilum* sont isolés de diverses espèces animales.

Douze espèces de *Bifidobacterium* ont été isolées dans des eaux d'égout et parmi ces derniers *B. minimum* et *B. subtile* n'ont pas été trouvés ailleurs. *B. animalis* subsp. *Lactis* est principalement isolé des laits fermentés. *B. thermacidophilum* subsp. *Thermacidophilum* isolé du digeste anaérobie. *B. crudilactis* isolé dans le lait cru et des fromages fabriqués au lait cru récemment décrit par **DELCENSERIE et al. (2007)**.

## **4. Caractéristiques morphologiques physiologiques et biochimiques des bifidobactéries**

### **4.1. Morphologie :**

Les membres du genre *Bifidobacterium* montrent des formes bacillaires qui développent des ramifications donnant des formes en V, Y, X. Cependant, leur polymorphisme dépend principalement du milieu de culture et des conditions de croissance. Les bifidobactéries présentent des ramifications

et un pléomorphisme, bien qu'elles soient sous forme de bâtonnet dans leur habitat naturel (**BRUNO, 2012**).

La paroi des bifidobactéries a une structure typique des Gram-positifs, constituée d'une enveloppe fine de peptidoglycanes contenant des polysaccharides, des protéines et des acides téichoïques (**GOMES et MALCATA, 1999**).

La composition en acides aminées des tétras peptides, des Peptidoglycanes peut différer entre les espèces, et également entre les souches elle peut ainsi être utilisée pour leur différenciation (**LAUER et KANDLER, 1983**).

#### 4.2. Physiologies :

- ◆ **Température** : les bifidobactéries d'origine humaine poussent à une température optimale de croissance comprises entre 36 et 38°C, alors que celles d'origine animale supportent des températures plus élevées 46.5°C (**LULIANA, 2004**). A l'exception de *Bifidobacterium thermacidophilum* capable de se développer à une température de 49,5 °C (**DONG et al., 2000**). Au dessous de 20°C, leur croissance n'est plus détectable, à l'exception de l'espèce *B.psychroaerophilum* qui peut croître à des basses température allant jusqu'à 8°C (**HADADJI et al., 2005; SIMPSON et al., 2003**).
- ◆ **Oxygène** : les *Bifidobacterium* sont des bactéries anaérobies strictes, bien que certaines souches tolèrent l'oxygène (**SIMPSON et al., 2005**). Cependant, la sensibilité à l'oxygène est différente selon les souches et les espèces (**TALWALKAR et KAILASAPATHY, 2003**).
- ◆ Les espèces qui tolèrent l'oxygène présentent une faible activité catalytique qui élimine les traces du super oxyde d'hydrogène formées (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou par le fait que le NADH oxydase de ces souches ne forme pas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, alors l'accumulation d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> inhibe l'activité de F6PPK. Pour les souches extrêmement sensibles à l'oxygène, n'accumulent pas l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et l'oxygène bloque la multiplication bactérienne par l'intermédiaire d'un potentiel d'oxydo-réduction trop élevé (**VENTURA et al., 2004; ROMOND et al., 1992; SCARDOVI, 1986**).
- ◆ **PH** : les bifidobactéries ont un optimum de croissance compris entre pH 6,5 et 7 (**HADADJI et al., 2005**). Les souches de *Bifidobacterium lactis* et *Bifidobacterium animalis* peuvent survivre à pH 3,5, tandis que les bifidobactéries dans un environnement supérieur à pH 8,5 ne

survivent pas (MATSUMOTO *et al.*, 2004 ; BIAVATI *et al.*, 2000). La production maximale d'acide lactique et acétique chez les bifidobactéries exige un pH optimal initial proche de la neutralité qui varie entre 6-7 (SCARDOVI, 1986; COLLINS *et HALL*, 1984).

#### 4.2.1. Effets des sels biliaires :

Le flux biliaire assure un rôle physiologique très important puisque facilitant la digestion c'est également un agent antimicrobien influençant l'établissement du microbiote intestinal.

Les bifidobactéries possèdent une enzyme, la cholyglycine hydrolase qui hydrolyse les sels biliaires (glyco- ou taurocholates) en acides aminés (glycine et taurine) et acides biliaires (acide cholique et acide chénodéoxycholique) (TANAKA *et al.*, 2000).

La bile affecte principalement la composition lipidique et protéique de la membrane, perturbant ainsi sa fonctionnalité, mais génère également un stress oxydant au niveau de l'ADN et impacte le métabolisme des sucres (BEGLEY *et al.*, 2005).

#### 4.2.2. Sensibilité aux antibiotiques :

Les bifidobactéries sont habituellement très sensibles à des antibiotiques de spectre Gram positifs (macrolides, bacitracine, érythromycine, lincomycine, novobiocine, teicoplanine et vancomycine), les antibiotiques à large spectre (rifampicine, spectinomycine et chloramphenicol) et des bêta-lactames (pénicilline, ampicilline, amoxicilline, piperacilline, ticarcilline et imipenem) (DELGADO *et al.*, 2005; MOUBARECK *et al.*, 2005; ZHOU *et al.*, 2005; MASCO *et al.*, 2006; D'AIMMO *et al.*, 2007). Une sensibilité variable a été constaté pour la tétracycline (DELGADO *et al.*, 2005; MASCO *et al.*, 2006; JAANA MÄTTÖ *et al.*, 2007 ), la céphalothine (MOUBARECK *et al.*, 2005; ZHOU *et al.*, 2005) et la cefotetane (MOUBARECK *et al.*, 2005).

En revanche, la plupart des espèces de *Bifidobacterium* sont résistantes au metronidazole, antibiotiques de spectre des bactéries Gram négatifs (acide fusidique, acide nalidixique et polymyxine B) et aminoglycosides (néomycine, gentamicine, kanamycine et streptomycine) (CHARTERIS *et al.*, 1998; DELGADO *et al.*, 2005; MOUBARECK *et al.*, 2005; ZHOU *et al.*, 2005; MASCO *et al.*, 2006; D'AIMMO *ET al.*, 2007).

Les bifidobactéries sont résistantes au mupirocine, un antibiotique qui est étudié pour l'usage dans l'isolement sélectif de ces espèces (**THITARAM et al., 2005**).

Quelques souches de *Bifidobacterium* ont été considérées comme vancomycine et ceftioxime résistantes (**CHARTERIS et al., 1998**), et d'autres résistantes à l'érythromycine, à la clindamycine et à la tétracycline (**DELGADO et al., 2005; MOUBARECK et al., 2005; JAANA MÄTTÖ et al., 2007**).

#### **4.2.3. Besoins nutritionnels des bifidobactéries :**

La plupart des souches de *Bifidobacterium* sont capables d'utiliser les sels d'ammonium comme unique source d'azote (**HASSINEN et al., 1951**). Cependant, *B. Suis*, *B. magnum*, *B. choerinum* et *B. cuniculi* ne se développent qu'en présence d'azote organique. In vitro, et en absence de source azotée organique, les bifidobactéries peuvent synthétiser d'importantes quantités d'acides aminés. *B. bifidum*, par exemple, produit de l'alanine, de la valine, de l'acide aspartique et jusqu'à 150 mg/l de thréonine (**MATIEUZI et al., 1978**).

La croissance des bifidobactéries est stimulée par la présence d'ions, vitamines et par d'autres facteurs qui sont métabolisés par l'hôte ou par les microorganismes du tractus gastro-intestinal comme la thréonine, extrait de levure, cystéine, dextrine, maltose et  $\beta$ -glycérolphosphate et les facteurs bifidogènes qui sont des substances qui se trouvent dans les laits maternels ces facteurs incluent N-acétyl glucosamine, fructo-oligosaccharides, lactoferrine, lactulose, lactitol, oligosaccharides et les polysaccharides (**MODLER et al., 1994**).

#### **4.3. Biochimie des bifidobactéries :**

##### **4.3.1. Métabolisme des carbohydrates :**

La majorité des bifidobactéries utilisent le lactose, le glucose le sucrose, le galactose comme source de carbone (**HADADJI, 2007**).

Les hexoses sont dégradés par une voie métabolique particulière, la voie de la fructose-6-phosphate phosphoketolase (F6PPK) ou « bifid shunt ». Il existe également une voie partielle de la glycolyse ainsi qu'une voie partielle du cycle d'acide tricarboxylique (cycle de Krebs, les gènes codant pour la fumarase, l'oxoglutarate déshydrogénase et la malate déshydrogénase étant absents). Des différences

existent entre les espèces dans leur capacité à fermenter d'autres glucides ou des alcools. La fermentation de deux moles de glucose produit approximativement trois moles d'acide acétique, deux moles d'acide lactique et 2,5 moles d'ATP. L'enzyme clé de cette voie métabolique, la F6PPK est considérée comme un identifiant taxinomique pour la famille des *Bifidobacteriaceae* (FELIS et DELLAGLIO, 2007; VENTURA et al., 2004).

Il est important de souligner que l'acide lactique produit par les bifidobactéries est de type L (+) (SEBALD et al., 1965; RASIC et KURMANN, 1983). Ce métabolite est caractéristique du genre. En effet, les lactobacilles produisent des formes D(-) ou DL qui ne sont que très lentement dégradées par le nourrisson et peuvent par conséquent entraîner des troubles tels que: acidose, formation de méthémoglobine, voire des perturbations neurologiques. Ces raisons font que le yaourt traditionnel est déconseillé chez le nouveau-né. Par contre, la forme *Bifidobacterium* apparaît donc mieux adaptée chez le jeune enfant (RASIC et KURMANN, 1983).

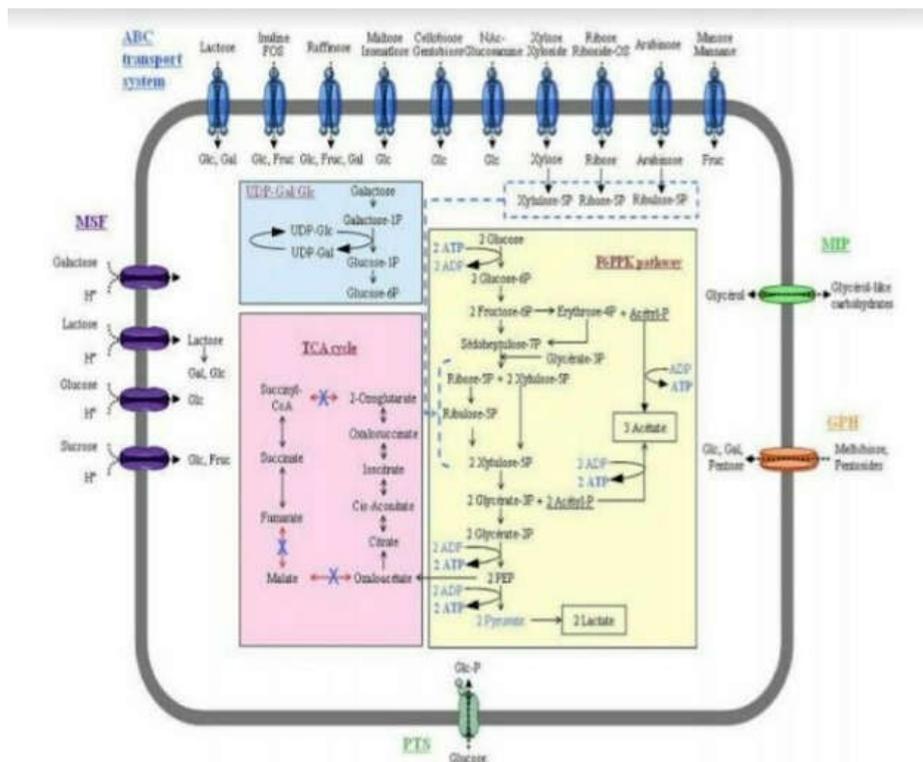


Figure 12 : Métabolisme général des bifidobactéries. D'après (LEE et O'SULLIVAN, 2010).

ABC: ATP-binding cassette systems; GPH: glycoside–pentoside–hexuronide cation symporter family; MIP: major intrinsic protein; MSF: major facilitator superfamily; PTS: sugar phosphotransferase systems

### 4.3.2. Métabolisme des vitamines :

Les bifidobactéries sont capables de produire des vitamines tels que thiamine (B<sub>1</sub>), l'acide folique (B<sub>9</sub>) et l'acide nicotinique (TAMURA, 1983; DEGUCHI et al., 1985).

Les espèces *B. breve* et *B. infantis* excrètent un taux trop élevé de l'acide nicotinique et la biotine, de même *B. bifidum* et *B. infantis* possèdent une bonne production des vitamines B<sub>1</sub> et B<sub>9</sub> (TAMURA, 1983).

#### 4.3.3. Production des substances antimicrobiennes :

Malgré la grande utilisation des bifidobactérie dans la production des aliments fonctionnels les études sur son pouvoir antimicrobien est un peu restreint (VENTURA et al., 2004).

L'activité antimicrobienne du genre *Bifidobacterium* a été détectée en premier lieu par tissier (1900). Il a pu dériver plusieurs types des effets antagonistes de *B.bifidum* contre *E.coli*.

Récemment d'autres études décrivent l'activité antagoniste ou l'activité antimicrobienne spécifique des bifidobactéries liées à la production des acides lactique et acétique (BRUNO et SHAH, 2002), ou à la production des bactériocines (ABD EL-SALAM et al., 2004; BEVILACQUA et al., 2003; CHEIKH YOUSSEF et al., 2007; CHEIKH YOUSSEF et al.,

2008 ;CHEIKH YOUSSEF et al., 2010). Quelques exemples de bactériocines synthétisées par les bifidobactéries sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau v** : Exemples de bactériocines synthétisées par les souches de bifidobactéries et leurs principales caractéristiques (Martinez et al., 2013).

Bacteriocin	Species and strain	Inhibitory spectrum	Reference
<b>Bifidin</b>	<i>B. bifidum</i> NCDC 1452	Gram-positive and Gram-negative bacteria	<b>Anand et al. (1984, 1985)</b>
<b>Bifidocin B</b>	<i>B. bifidum</i> NCFB 1454	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pediococcus acidolactici</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , etc.	<b>Yildirim et Johnson (1998);Yildirim et al. (1999)</b>
<b>Bifilong</b>	<i>B. longum</i>	Gram-positive and Gram-negative bacteria	<b>Kang et al. (1989)</b>

<b>Bifilact Bb-46</b>	B. longum Bb-46	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>E. coli</i>	<b>Saleh et El- Sayed (2004)</b>
<b>Bifilact Bb-12 B</b>	B. lactisBb-12	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>E. coli</i>	<b>Saleh et El- Sayed (2004)</b>
<b>Thermophilicin B67</b>	B. thermophilum RBL67	<i>Listeria sp.</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>	<b>Von Ah, (2006)</b>
<b>Bifidin I</b>	B. infantis BCRC 14602	LAB strains, <i>Staphylococcus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>E. coli</i> .	<b>Cheikhoussef et al. (2010)</b>
<b>Lantibiotic (Bisin)</b>	B. longum DJO10A	<i>Streptococcus thermophilus</i> ST403, <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>E. coli</i> DH5a	<b>Lee et al. (2011)</b>

#### 4.4. Génétique de bifidobacteries :

##### 4.4.1. Chromosome bactérien :

Le chromosome des bifidobactéries mesure en moyenne 2 Mb. La taille exacte a été déterminée pour deux espèces: 2,1 Mb pour *B.breve* CIP6469 (**BOURGET et al., 1993**), et 2,26 Mb pour *B. longum* NCC2705 (**SCHELL et al., 2002**).

Les bifidobactéries ont un pourcentage en base G+C plus élevé que la plupart des autres espèces bactériennes (**DELCENSERIE et al., 2002**). Ce taux est en générale supérieur à 55% par apport aux bases A+T. Cette caractéristique constitue un critère taxonomique dans la différenciation des bifidobactéries des espèces à Gram positif et surtout du genre *Lactobacillus* dont le pourcentage en G+C est inférieur à 50% (**GASSER et MANDEL, 1968**).

#### 4.4.2. Plasmides :

Les plasmides ne sont ubiquitaires chez les bifidobactéries et lorsque sont présents soient de petite taille (1000 à 1500pb), leur présence chez une espèce donnée est plutôt considérée comme facteur de caractérisation que d'identification de cette espèce (**MATTARELLI et BIAVAT, 2014**).

A présent, la présence des plasmides a été détectée chez huit espèces et sous-espèces de *Bifidobacterium*, à savoir *B. bifidum*, *B. breve*, *B. catenulatum*, *B. longum* ssp. *Longum* *B. pseudocatenulatum*, *B. pseudolongum* ssp. *globosum*, *B. asteroides* et *B. indicum* (**VENTURA et al., 2007**). Ils peuvent encoder pour des bactériocines comme bifidocin *B* chez *B. bifidum* (**YILDIRIM et al., 1999**).

#### 4.4.3. Identification génotypique des bifidobacteries :

##### 4.4.3.1 Au niveau du genre :

- ◆ **Analyse de séquence de l'ARNr 16S** : le 16SrDNA a été séquencé pour presque toutes les espèces et sous espèces de bifidobactéries. Ce gène est très bien conservé, jusqu'à 99% dans le genre *Bifidobacterium* (**HADADJI, 2007**). La PCR (polymerase chain reaction) peut être utilisée pour amplifier le gène de l'ARNr 16S, en utilisant des amorces dirigées vers des régions universellement conservées aux deux extrémités du gène. La séquence résultante de l'amplification par PCR peut être ensuite comparée à une base de données (**MATTARELLI et BIAVATI, 2014**).
- ◆ **Teneur en G + C de l'ADN** : la teneur en G + C de l'ADN est un caractère taxonomique très important, les bifidobactéries ont généralement des pourcentages en G+C assez élevés (55 à 67%), toutefois certaines espèces récemment décrites ont des pourcentages en G+C plus faibles (*B. bombi* à 50.5%, *B. actinocoloniiforme* à 52.7%, *B. bohemicum* à 51.2%, *B. tsurumiense* à 53%) (**MATTARELLI et BIAVATI, 2014**).

##### 4.4.3.2 Au niveau de l'espèce :

- ◆ **Réassociation de l'espèce** : la DDR (DNA-DNA reassociation) a été appliqués à des bifidobactéries pour la première fois par **SCARDOVI et al. (1970)**. Lorsque le pourcentage

d'homologie est supérieur à 70% entre les souches isolées et la souche de référence, ainsi que les critères phénotypiques sont d'accord avec la définition des espèces, ces souches peuvent être regroupées dans la même espèce, mais cette technique doit être associée avec au moins une autre technique génétique pour classer une souche étudiée dans une espèce donnée (**MATTARELLI et BIAVATI, 2014**).

- ◆ **Séquençage du génome entier** : le génome des bifidobactéries varie entre 1,9 et 2,9 Mb de taille et joue un rôle taxonomique très important. Parmi les 48 espèces du genre *Bifidobacterium* actuellement reconnues, 05 espèces sont totalement séquencées au niveau du génome (*B. adolescentis*, *B. longum* ssp. *longum*, *B. longum* ssp. *infantis*, *B. dentium*, et *B. animalis* ssp. *lactis*) (**MATTARELLI et BIAVATI, 2014**).
- ◆ **Analyse de séquence de l'ARNr 16S** : l'analyse du gène codant pour l'ARN ribosomal 16S est un moyen utile pour identifier des relations phylogéniques entre les espèces (**MANGIN et al., 1999**). En se basant sur l'analyse de ce gène ; les bifidobactéries sont classées en six.
- ◆ principaux groupes : *B. boum*, *B. asteroides*, *B. adolescentis*, *B. pullorum*, *B. longum* et *B. pseudolongum* (**BOTTACINI et al., 2014**). Les espèces du genre *Bifidobacterium* montrent en général plus de 90% de similarité des séquences d'ARNr 16S, les espèces très proches peuvent montrer plus de 99% de similarité.
- ◆ **Etude du gène codant pour la protéine Hsp60** : pour étudier la taxonomie du genre *Bifidobacterium*, **JIAN et al. (2001)** ont déterminés la séquence partielle du gène codant pour la protéine de choc thermique de 60 KDa (Hsp60) de 30 espèces de Bifidobactéries. Il a été démontré un degré similitude de séquence très élevé dans une même espèce (99,4 à 100%), et 85% entre les différentes espèces du même genre. La classification basée sur le gène codant pour la protéine Hsp60 semble être la meilleure car le dendrogramme obtenu est mieux corrélé avec le contenu en G+C (**DELCENSERIE et al., 2002**).



## **Conclusion et perspectives**

---

## Conclusion et perspectives

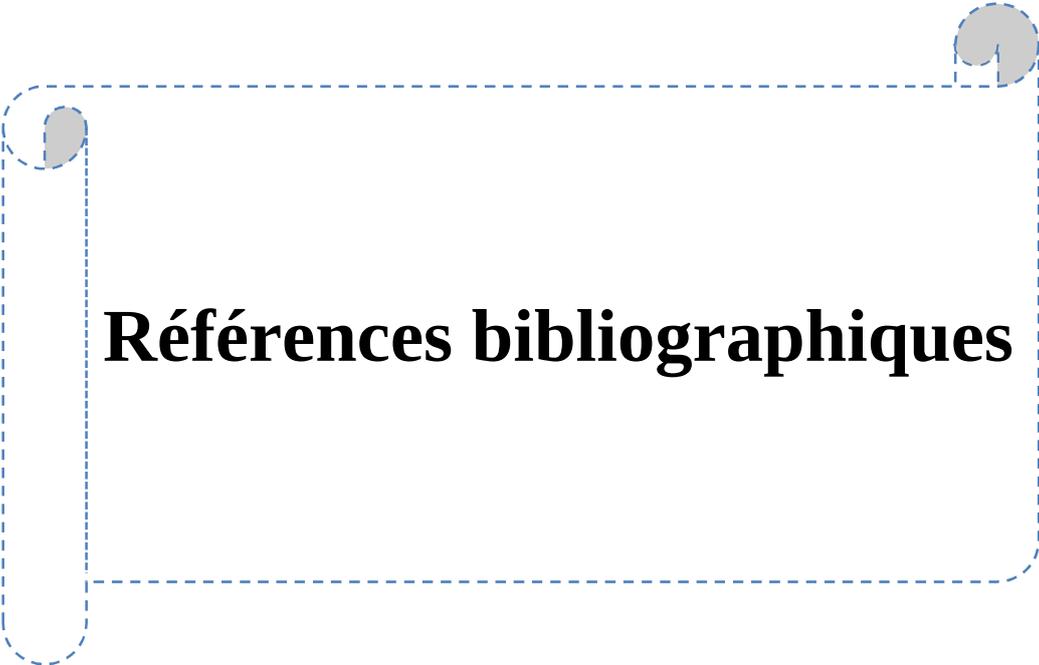
La production de lait fermenté est une technologie complexe qui implique un grand nombre d'étapes autour d'une étape essentielle de transformation biologique, la fermentation. Celle-ci est précédée de divers processus de préparation du lait pour former un "mélange" et suivie d'autres processus qui transforment la "masse blanche" en divers produits finaux. La fermentation est basée sur l'utilisation d'une matière première d'origine biologique, le lait, et sa transformation par l'utilisation de probiotiques dans les produits laitiers fermentés. Certains scientifiques et chercheurs ont mené de nombreuses études pour mieux comprendre le rôle des bactéries intestinales dans la santé humaine et pour développer des aliments fonctionnels en utilisant des probiotiques dans les produits laitiers fermentés.

Selon la définition officielle de l'organisation mondiale de la santé, les probiotiques sont des "micro-organismes qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, ont un effet positif sur la santé au-delà des influences alimentaires traditionnelles". Ainsi, ce sont de bonnes bactéries qui contribuent à améliorer la santé du système digestif et des intestins, Les probiotiques sont souvent des bactéries lactiques (lactobacilles et bifidobactéries) ou des levures introduites dans l'alimentation sous forme de produits laitiers fermentés ou de compléments alimentaires.

Le choix des probiotiques dépend uniquement de leurs effets bénéfiques sur la santé de l'hôte ou dans le traitement des infections associées du tractus gastro-intestinal, mais aussi de sa capacité à adhérer à la muqueuse intestinale. Ainsi que pour d'autres la capacité à résister au stress du transit digestif et donc la résistance aux jus. Pour certains auteurs, les sels gastriques et biliaires doivent également résister aux enzymes du pancréas.

Les probiotiques sont de plusieurs types bactéries et levures (**SHAH, 2007**) principalement représentées par les lactobacilles (**FRIES et al., 2004**).

Enfin, ces produits laitiers fermentés, comme le kéfir et le yaourt, contiennent des bactéries probiotiques qui favorisent une meilleure santé intestinale. Les effets sur la santé varient en fonction du type et de la quantité de bactéries présentes dans chaque produit laitier fermenté.



## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

1. **ABDELMOUMENE W., 2015** - *Etude de l'activité antimicrobienne des souches de bactéries lactiques isolées de produits laitiers traditionnels Algériens (Zebda, Lben et Dhan)*. Mémoire de master., Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. Telemcen,76p
2. **AISSAOUI Z.O., 2014** - *Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza »*. Thèse de doctorat., Université du Constantine 1. Constantine, 198p.
3. **ANTON-PAAR**. Produits alimentaires | Oxygène dissous dans le lait et les produit laitiers. Adress URL : <https://www.anton-paar.com/fr-fr/services-assistance/documents/rapports-dapplication/beverage-dissolved-oxygen-in-milk-and-dairy-products/>, (consulté le 29 août 2021).
4. **ABD EL-SALAM M H., SALEH F A., KHOLIF A M., EL-SAYED E M., ABDOU S.M.et EL SHIBINY S., 2004** - Isolation and characterization of bacteriocins produced by Bifidobacterium lactis BB12 and Bifidobacterium longum BB-46. *9th Egyptian conference for dairy science and technology, Cairo, Egypt*: 9-11.
5. **ABU-TARABOUSH H M., AI-DAGAL M M. et AI-ROYLY M A., 1998** - Growth, Viability, and Proteolytic activity of bifidobacteria in Whole Camel milk. *Journal of Dairy Sciences*. 81 :354-361. Accolas J P., Bloquel R., et Regnier J. (1977). *Propriétés acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles en relation avec la fabrication du yaourt* ; *Lait*: 67-123.
6. **ADLERBERTH I., LINDBERG E., ABERG N., HESSELMAR B., SAALMAN R., STRANNEGARD I. and WOLD A., 2006** - Reduced enterobacterial and increased staphylococcal colonization of the infantile bowel: an effect of hygienic lifestyle. *Pediatrics Research*, 59: 96-101.
7. **AIT-BELGNAOUI A., LAMINE F., HAN W., EUTAMENE H., FIORAMONTI J., BUENO L et THEODOROU V., 2005** - A probiotic strain (*Lactobacillus farciminis*) prevents stress induced increase of colonic permeability and visceral sensitivity to distension in rats. *Nutr. Ali. Fonct*, 3: 59-63.
8. **ALANDER M MATTO J., KNEIFEL W., JOHANSSON M., KOGLER B., CRITTENDEN R., MATTILA SANDHOLM T.and SAARELA M., 2001** - Effect of galacto-oligosaccharide supplementation on human faecal microflora and on survival and persistence of Bifidobacterium lactis Bb-12

- 9. ALP G., ASLIM B., 2010** - Relationship between the resistance to bile salts and low pH with exopolysaccharide (EPS) production of Bifidobacterium spp. Isolated from infants feces and breast milk. *Anaerobe*, 16:101-105.
- 10. AMMOR M. et MAYO A.F.B., 2007** - Antibiotic resistance in non-enterococcal lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Journal of Food Microbiology*, 24:559–570.
- 11. AMMOR M.S. et MAYO B., 2007** - Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production. *Meat Science*, 76: 138-146.
- 12. AMMOR S., TAUVERON G., DUFOR E. et CHEVALIER I., 2006** - Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility 1-Screening and characterization of antibacterial compound. *Food Control*, 17: 454-461.
- 13. AMROUCHE T., 2005** - Contribution à l'étude du pouvoir immunomodulateur des bifidobactéries: analyse in vitro et étude ex vivo des mécanismes moléculaires impliqués. University of Laval, Canada, PhD thesis.
- 14. ANAND S.K., SRINIVASAN R.A. and RAO L.K., 1984** - Antimicrobial activity associated with Bifidobacterium bifidum-I. *Cult Dairy Prod J*, 2:6–7.
- 15. ANAND S.K., SRINIVASAN R.A. et RAO L.K., 1985** - Antibacterial activity associated with Bifidobacterium bifidum-II. *Cult Dairy Prod*, 2: 21–3.
- 16. ARVOLA T., SUTAS Y., MOILANEN E. and SALMINEN S., 2000-** Probiotics in the management of atopic eczema. *Clinical and Experimental Allergy*, 30: 1604 1610.
- 17. BÄCKHED F., DING H., WANG T., HOOPER L V., KOH G Y., NAGY A., SEMENKOVICH C F. and GORDON J.I., 2004** - The gut microbiota as a nvironmental factor that regulates fat storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(44): 15718-15723.
- 18. BALLONGUE J., GRILL J.P. et BARATTE-EULOUGE P., 1993** - Action sur la flore intestinale de laits fermentés au Bifidobacterium. *Laits*, 73: 249-256.
- 19. BEAL C. et SODINI I., 2012** - *Fabrication des yaourts et des laits fermentés*. Technique de l'Ingénieur. Ed. Paris, France, 16 p.

- 20. BEAL C. et HELINCK S., 2019** - Fabrication des yaourts et des laits fermentés, [En ligne]. [<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/filiere-de-production-produits-d-origine-animale-42432210/fabrication-des-yaourts-et-des-laits-fermentes-f6315/>.], (consulté le 29 août 2021).
- 21. BEERENS H., 1990** - An elective and selective isolation medium for *Bifidobacterium* spp. *Letters Applied Microbiology*, 11: 155-157.
- 22. BENKERROUM N., TAMIME A.Y., 2004** -Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben and smen) to small industrial scale. *Food Microbiol*, 65: 1-15.
- 23. BEVILACQUA L., OVIDI M., MATTIA E.D., TROVATELLI L.D. et CANGANELLA F., 2003** - Screening of *Bifidobacterium* strains isolated from human faeces for antagonistic activities against potentially bacterial pathogens. *MicrobiologicalResearch*, 158: 179–185.
- 24. Biavati B. and Mattarelli P., 2001** - *Thefamily bifidobacteriaceae the prokaryotes*.Eds Dworkin M., Falkow S., Rosemberg E., Shleifer K.H. and Stackbrandt E. Springer, New York. 170p
- 25. BIAVATI B., VESCOVO M., TORRIANI S. and BOTTAZZI V., 2000** - *Bifidobacteria: history, ecology, physiology and applications*. *Annals of microbiology*, 50 (2): 117-131.
- 26. BIAVATI B., SCARDOVI V. and MOORE W. E. C., 1982** - Electrophoretic patterns of proteins in the genus *Bifidobacterium* and proposal of four new species. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 32: 368-373.
- 27. BOUCHEFRA A., 2012** - *Yaourts probiotiques algériens et ferments commerciaux utilisés dans leur fabrication : contrôle de qualité et de l'étiquetage*. These magister., Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agroalimentaires (INATAA), Université Mentouri de Constantine. Algérie, 119p.
- 28. BOURGET N., SIMON et J. M. and DECARIS B., 1993** - Analysis of the genome of the five *Bifidobacterium breve* strains: plasmid content, pulsed-field gel electrophoresis genome size estimation and *rrn* loci number. *FEMS Microbiol Lett*, 110 (1):11-20.
- 29. BOURRIER T., 2006** - Intolérances et allergies aux colorants et additifs. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 46: 68–79.

- 30. BALLONGUE J., GRILL J.P. et BARATTE-EULOGE P., 1993** - Action sur la flore intestinale de laits fermentés au Bifidobacterium. *Le Lait*, 73(2): 249-256.
- 31. BOTTACINI F., VENTURA M., VAN SINDEREN D. et MOTHERWAY M.O., 2014** - Diversity, ecology and intestinal function of bifidobacteria. *Microbial Cell Factories*, 13(Suppl 1):S4-96.
- 32. Brashears M.M., Jaron D. and Trimble J., 2003** - Isolation, selection and characterization of lactic acid bacteria for a competitive exclusion product to reduce shedding of E.coli O157:H7 in cattle. *J. Food Prot.*, 66: 355-363.
- 33. BREED R.S., MURRAY E.G.D. and SMITH N. R., 1957** - Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 7th edn., Williams et Wilkins, Baltimore.
- 34. BRUNO E., 2012** - *Sélection de bactéries probiotiques et amélioration de la survie et de la fonctionnalité d'une bactérie modèle, Bifidobacterium bifidum, par modification du potentiel d'oxydoréduction par bullage de gaz.* Thèse de doctorat., Université de Bourgogne – Agro Sup Dijon. Bourgogne, 98p.
- 35. BRUNO F. and SHAH N.P., 2002** - Inhibition of pathogenic and putrefactive microorganisms by Bifidobacterium sp. *Milchwissenschaft*, 57:617–21.
- 36. CASTELLANI A. and CHALMERS A.J., 1919** - Manual of tropical medicine, 3rd ed. William Wood and Co., New York.
- 37. CHAMPAGNE C.P., GAGNON D., ST-GELAIS D. et VUILLEMARD J.C., 2009** - Interactions between Lactococcus lactis and Streptococcus thermophilus strains in Cheddar cheese processing conditions. *International Dairy Journal*, 19: 669–674.
- 38. CHEIKHYOUSSEF A., CHEIKHYOUSSEF N., CHEN H., ZHAO J., TANG J. and ZHANG H., 2010** - Bifidin I-a new bacteriocin produced by Bifidobacterium infantis BCRC 14602: purification and partial amino acid sequence. *Food Control*, 21: 746–53.
- 39. CHEIKHYOUSSEF A., POGORI N. and ZHANG H., 2007** - Study of the inhibition effects of Bifidobacterium supernatants towards growth of Bacillus cereus and E.coli. *International Journal of Dairy Science*, 2: 116-125.
- 40. CHEIKH Y.A., POGORI N., CHENA W. and ZHANG H., 2008** - Antimicrobial proteinaceous

compounds obtained from bifidobacteria: from production to their application. *International Journal of Food Microbiology*, in press.

**41. CLANCY R., 2003** - Immunobiotics and the probiotic evolution. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 38: 9-12.

**42. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION., 2003** - codex standard for fermented milks. Codex stan243-2003. Adresse URL: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/400/cxs\\_243e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/400/cxs_243e.pdf).

**43. COLLINS E.B. and HALL B.J., 1984** - Growth of bifidobacteria milk and preparation of *B. infantis* for a dietary adjunct. *Journal of Dairy Sciences*, 67(7):1376-80.

**44. CREMONINI F., DI CARO E.C., NISTA F., BARTOLOZZI G., CAPELLI G. and GASBARRINI A., 2002** - Meta analysis: The effect of probiotic administration on antibiotic associated diarrhea. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 16:1461-1467.

**45. Crittenden R.G., Morris L.F., Harvey M.L., Tran L.T., Mitchell H.L. and Playne M. J., 2001** - Selection of Bifidobacterium strain to complement resistant starch in symbiotic yoghurt. *J. Appl Microbiol*, 90: 268-278.

**46. CROSS M.L., 2002** - Immunoregulation by probiotic lactobacilli: pro-Th1 signals and their relevance to human health. *Clinical and Applied Immunology Reviews*, 3: 115-125.

**47. CUMMINGS J.H., GIBSON G.R. and MACFARLANE G.T., 1989** - Quantitative estimates of fermentation in the hind gut of man. *Acta Pathologica. Microbiologica et Immunologica Scandinavica*, 86: 76-82.

**48. CUMMINS C.S., GLENDENNING M. and HARRIS H., 1957** - Composition of the cell wall of *Lactobacillus bifidus*. *Nature. London*, 180: 337-338.

**49. DACRUZ A.G., ADRIANO GOMES C., JOSE DE ASSIS F.F. and SUSANA MARTA I.S., 2010** - High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing. *Trends in Food Science and Technology*: 1-11.

**50. D'AIMMO M.R., MODESTO M. and BIAVATI B., 2007**-Antibiotic resistance of lactic acid bacteria and Bifidobacterium spp. isolated from dairy and pharmaceutical products. *Int. J. Food Microbiol*, 115: 35-42.

- 51. DAVE R.I. and SHAH N.P., 1997A** - Effectiveness of ascorbic acid as an oxygen scavenger in improving viability of probiotic bacteria in yoghurts made with commercial starter cultures. *International Dairy Journal*, 7: 435–443.
- 52. DAVE R.I. and SHAH N.P., 1997b** - Effectiveness of cysteine as redox potential reducing agent in improving viability of probiotic bacteria in yoghurts made with commercial starter cultures. *International Dairy Journal*, 7: 537–545.
- 53. DAVE R.I. and SHAH N.P., 1998** - Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yoghurt. *Journal of Dairy Science*, 81: 2804–2816.
- 54. DE ROISSART H. et LUQUET F.M., 1994** - Bactéries lactiques. Vol. I et II, édition Loriga.
- 55. DE VRESE M., STEGELMANN A., RICHTER B., FENSELAU S., LAUE C. and SCHREZENMEIR J., 2001**-Probiotics – Compensation for lactase insufficiency. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73: 421-429.
- 56. DE VRIES W., GERBRANDY S J. and STOUTHAMER A H., 1967** - Carbohydrate metabolism in *Bifidobacterium bifidum*. *Biochim. Biophys. Acta*, 136: 415-425.
- 57. DE VUYST L., AVONTS L. and MAKRAS L., 2004** - Probiotics, prebiotics and gut health. In Remacle C and Reusens.Eds. *Functional foods, ageing and degenerative disease* Cambridge UK: Woodhead publishing Ltd: 416-482.
- 58. Deguchi Y., Morishita T. and Mutai M., 1985** - Comparative studies on synthesis of water soluble vitamins among human species of bifidobacteria. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49:13–19.
- 59. DEHNERT J., 1957** - Untersuchungen über die Gram positive Stuhl flora des Brustmilchkinder. *Zentrabl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg. Abt. I Orig. Reihe A*, 169: 66-79.
- 60. DELCENSERIE V., CHINA B., GAVINI F., BEERENS H. and DAUBE G., 2002** - Proposition pour un nouveau standard indicateur de la contamination d'origine fécale dans les aliments : le genre *Bifidobacterium*. *Ann Méd Vét*, 146: 279-293.
- 61. DELGADO S., FLOREZ A.B. and MAYO B., 2005** - Antibiotic susceptibility of *Lactobacillus*

and Bifidobacterium species from the human gastrointestinal tract. *Curr.Microbiol*, 50: 202–207.

**62. DENOUE D.C., 2004** - Safety of novel probiotic bacteria. In: Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects.Eds.Salminen S., Wright A.V. et Ouwehand A.. 3e Ed., Marcel Dekker, Inc. New York, pp 531-546.

**63. Deraz S.F., Karlsson E.N., Khalil A.A. and Mattiasson B., 2007** - Mode of action of acidocin D 20079, a bacteriocin produced by the potential probiotic strain, *Lactobacillus acidophilus* DSM 20079. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 34(5):373–379.

**64. DIAL E.J. and LICHTENBERGER L.M., 2002** - Effect of laetolerrin on *Helicobacter felidis* induced gastritis. *Biochem Cell Biol*, 80(1): 113-117.

**65. DRICHE E-H., 2020** - *Milieux de cultures et fermentation industrielle.Cours de Microbiologie industrielle*, Université Hassiba Benbouali de chlef, Chlef, Algérie. Univ- Chlef. 56p

**66. DONG X., XIN Y., JIAN W., LIU X. and LING D., 2000** - *Bifidobacterium thermacidophilum* sp. Nov., isolated from an anaerobic digester. *Int J Syst Evol Microbiol*. 50 Pt, 1:119-25.

**67. DJELLID Y., 2015** - Etude comparative des propriétés technologiques et probiotiques des souches de bifidobactéries indigènes et celles utilisées en industrie laitière. Mémoire de magister, Université d'Oran 1., Oran, 178p.

**68. ELIZABETH W.N., YEUNG M. and TONG P.S., 2011** - Effects of yogurt starter cultures on the survival of *Lactobacillus acidophilus*. *International Journal of Food Microbiology*, 145(1): 169–175.

**69. Euzéby J.P., 2007** - List of prokaryotic names with standing in nomenclatures, list of genera included in families. *Update*.

**70. FAO et OMS. 2002** - Guidelines for the evaluation of probiotics in food, report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in Food.

**71. FARNWORTH E.R., 2008** - Kefir: from folklore to regulatory approval. *J.Nutraceuticals Funct.Med. Foods*, 1: 57-68.

**72. FASOLI S., MARZOTTO M., RIZZOTTI L., ROSSI F., DELLAGLIO F. and TORRIANI S., 2003-** Bacterial composition of commercial probiotic products as evaluated by PCR-DGGE analysis.

*International Journal of Food Microbiology*, 82: 59– 70.

**73. FELIS G.E. and DELLAGLIO F., 2007** - Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria.

*Current Issues in Intestinal Microbiology*, 8: 44-61

**74. FLEMING H.P., HERCHELLS J.L et CASLILOW E.N., 1975** - Microbiol inhibition on isolate *Pedicoccus* from cucumber bunc. *Applied Environmental Microbiology*, 30: 1040-1042.

**75. FOOKS L.J et GIBSON G.R., 2002** - Probiotics as modulators of the gut flora. *British Journal of Nutrition*, 88: 39-49.

**76. FRANK A.M.K., KEGMA F. and WEERKAMP H.A., 1993** - Growth and survival of bifidobacteria in milk. *Neth. Milk. Dairy.J.*, 47: 151-164.

**77. FULLER R., 1989** - Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66: 365-378.

**78. Garvie E.I., 1984** - *Separation of species of the genus Leuconostoc of the and differentiation of the Leuconostoc's from other lactic acid bacteria, in methods in Microbiol.* Bergan T. Ed. New York: 16-177

**79. GASSER F. and MANDEL M., 1968** - Deoxyribonucleic acid base composition of the genus *Lactobacillus*. *J. Bacteriol*, 96:580-588.

**80. GEORGIEVA R., DANOVA S., ILIEV I., HAERTLE T., CHOBERT J.M. and IVANOVA S., 2009** -Technological properties of candidate probiotic *Lactobacillus plantarum* strains. *Int. Dairy J.*, 19: 696-702.

**81. GILL H.S., 2003** - Probiotics to enhance anti-infective defences in the gastro-intestin.

*Best Pract. Res.Clin. Gastroenterol*, 17:755-773.

**82. GILLILAND S.E., REILLY S.S., KIM G.B. and KIM H,S., 2002** - Viability during storage of selected probiotic lactobacilli and bifidobacteria in a yogurt-like product. *J. Food Sci.*, 67: 3091-3095.

**83. GODWARD G., SULTANA K., KAILASAPATHY K., PEIRIS P., ARUMUGASWAMY R. and REYNOLDS N., 2000** - The importance of strain selection on the viability and survival or probiotics bacteria in dairy foods. *Milchwissenschaft*, 55: 441–445.

- 84. GOMES A.M.P. and MALCATA F.X., 1999** - Bifidobacterium spp. and Lactobacillus acidophilus: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 139-157.
- 85. GOOSSENS D., JONKERS D., STOBBERINGH E., VAN DEN BOGAARD A., RUSSEL M. and STOCKBRUGGER R., 2003** - Probiotics in gastroenterology: indications and future perspectives. *Scandinavian Journal of Gastroenterology. Supplement*, 239: 15-23.
- 86. GU R.X., YANG Z.Q., LI Z.H., CHEN S.L. and LUO Z.L., 2008** - Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from stool samples of longevous people in regions of Hotan, Xinjiang and Bama, Guangxi, China. *Anaerobe*, 14: 313-317.
- 87. GUARNER F., KHAN A G., GARISCH J., ELIAKIM R., GANGL A., THOMSON A., KRABSHUIS J. et MAIR T., 2008** - Recommandation Pratique: Probiotiques et Prébiotiques. WGO Practic Guidelines.3.
- 88. GUEIMONDE M., NORIEGA L., MARGOLLES A., REYES-GAVILAN C.G. and SALMINEN S., 2005** - Ability of Bifidobacterium strains with acquired resistance to bile to adhere to human intestinal mucus. *International Journal of Food Microbiology*, 101(3): 341-346.
- 89. GUESSAS B., ADJOUDJ F., HADADJI M. and KIHAL M., 2012** - Isolation and identification of lactic acid bacteria from dhan, a traditional butter and their major technological traits. *World App. Scie.J.*, 17 (4): 480-488.
- 90. GUIRAUD J.P., 1998** - *Microbiologie alimentaire*. Technique et ingénierie, série Agroalimentaire. Paris, 652p.
- 91. HADADJI M., 2007** - *Caractérisation technologique des bifidobactéries à intérêt thérapeutique*. Thèse de doctorat d'état, Université d'Oran, Algérie.
- 92. HADADJI M. and BENSOLTANE A., 2006** - Growth and lactic acid production by Bifidobacterium longum and Lactobacillus acidopuilus in goat's milk. *A.J.B.*, 5(6): 505- 509.
- 93. HADADJI M., BENAAMA R., SAIDI N., HENNI D.E. and KIHAL M., 2005** - identification of cultivable Bifidobacterium species isolated from breast-fed infants feces in west-Algeria. *African journal of biotechnology*, 4 (5): 422-430.

- 94. HASSINEN J.B., DURBIN G.T., TOMARELLI R.M. and BEMHART F.W., 1951** - The minimal nutritional requirement of *Lactobacillus bifidus*. *Journal Bacteriology*, 62:771-776.
- 95. R K.J., 2001** - Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter of Clinical organisms. *American Journal Nutrition*, 73: 374–379.
- 96. HOLLAND D.F., 1920** - Generic index of the commoner forms of bacteria. *J. Bacteriol*, 5: 215-22.
- 97. Hui Y.H., 1992** - *Dairy Science and Technology Handbook*, Wiley-VCH Verlag GmbH Edition, 1150 p.
- 98. IBRAHIM S. and SALAMEH M., 2001** - Simple and rapid method for screening antimicrobial activities of *Bifidobacterium* species of human isolates. *J Rapid Methods Autom Microbiol*, 9:53–62.
- 99. ISOLAURI E., ARVOLA T., SUTAS Y., MOILANEN E. and SALMINEN S., 2000** - Probiotics in the management of atopic eczema. *Clin. Exp. Allergy.*, 30: 1604-10.
- 100. ISOLAURI E., KIRJAVAINEN P V and SALMINEN S., 2002** - Probiotics: a role in the treatment of intestinal infection and inflammation. *Gut*, 50(90003): 54-59.
- 101. ISOLAURI E., 2003** - Probiotics for infectious diarrhoea. *Gut*, 52: 436-437.
- 102. IULIANA C.C., 2004** - Métabolisme saccharidique chez les bifidobactéries. Approche biomoléculaire des enzymes de phosphorylation. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies Lille I et de l'Université "Al. I., Cuza", Iasi,
- 103. IYER R., TOMAR T.R., MAHESWARI T.U. and SINGH R., 2009** - *Streptococcus thermophilus* strains: Multifunctional lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 20:133–141.
- 104. IZQUIERDO E., 2009** - *Les protéines bactériennes entant que biomarqueurs de l'activité probiotique*. Thèse de Doctorat., Université de Strasbourg. Strasbourg, 141p.
- 105. JAYAMANNE V.S. and ADAMS M.R., 2006** - Determination of survival identity and stress of probiotic bifidobacteria in bioyoghurts. *Letters in Applied Microbiology*, 42(3): 189-194.
- 106. JIAN W., ZHU L. and DONG X., 2001** - New approach to phylogenetic analysis of the genus *Bifidobacterium* based on partialHSP60 gene sequences. *Int. J. Syst Evol. Microbiol*, 51:1633-1638.

- 107. KAILA M., ISOLAURI E., SAXELIN M., ARVILOMMI H. and VESIKARI T., 1995** - Viable versus inactivated Lactobacillus strain GG in acute rotavirus diarrhea. *Archives of Disease in Childhood*, 72: 51-53.
- 108. KALLIOMAKI M., SALMINEN S., ARVILOMMI H., KERO P., KOSKINEN P. and ISOLAURI E., 2001** - Probiotics in primary prevention of atopic disease: A symbiotic placebo-controlled trial. *Lancet*, 357: 1076-1079.
- 109. KANAM T., TAKU M., HARUN-UR-RACHID M.D. and MINORU U., 2007** - Probiotic Characteristics of Lactic Acid Bacteria Isolated from Traditional Fermented Milk–Dahi- in Bangladesh. *Pakistan J. Nutr.*, 6(6): 647-652.
- 110. KANG K.H., SHIN H.J., PARK Y.H. and LEE T.S., 1989** - Studies on the antibacterial substances produced by lactic acid bacteria: purification and some properties of antibacterial substance-Bifilong produced by *B. longum*. *Korean Dairy Sci*, 1:204-16.
- 111. KAUFMANN P., PFEFFERKORN A., TEUBER M. and MEILE L., 1997** - Identification and quantification of Bifidobacterium species isolated from food with genus specific 16s RNA-targeted probes by colony hybridization and PCR. *App. Environ. Microbiol*, 6: 1268-1273.
- 112. KHOUALDI G., 2017** - *Caractérisation du fromage traditionnel algérien «Medeghissa* ».  
 ». Mémoire de magister., Université des Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, 97p
- 113. KEMPLER G.M. and M C KAY L.L., 1980** - Improved medium for detection of citrate fermenting *Streptococcus lactis* subsp. diacetylactis. *Appl. Environ. Microbiol*, 39 (4): 926-927.
- 114. KIDD P., 2003** - Th1/Th2 balance: the hypothesis, its limitations, and implications for health and disease. *Alternative Medicine Review*, 8: 223-246.
- 115. KILLER J., KOPECNY J. and MRAZEK J., 2009** - *Bifidobacterium bombi* sp. Nov., a new Bifidobacterium from the bumblebee digestive tract. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 59: 2020–4.
- 116. KILLER J., KOPECNY J. and MRAZEK J., 2011** - *Bifidobacterium actinocoloniiforme* sp. Nov. And *Bifidobacterium bohemicum* sp. Nov., two new bifidobacteria from the bumblebee digestive tracts. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 61: 1315– 21.
- 117. KIM M.S., ROH S.W. and BAE J.W., 2010** - *Bifidobacterium stercoris* sp. nov., isolated from

human faeces. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 60: 2823–7.

**118. KLAVER F.A.M., KINGMA F. and WEERKAMP A.H., 1993** - Growth and survival of bifidobacteria in milk. *Netherlands Milk Dairy J.*, 47: 151-164.

**119. KOTIKALAPUDI B.L., 2009** - *Characterization and encapsulation of probiotic bacteria using a peaprotein alginate matrix*. Thèse de Doctorat., University of Saskatchewan, 91p.

**120. KRASAEKOOPT W., BHANDARI B. and DEETH H., 2003** - Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*, 13(3): 399.

**121. KEOHANE J., RYAN K. and SHANAHAN F., 2009** - Lactobacillus in the gastrointestinal tract. In: Ljungh, A., Wadstrom, T. Eds. *Lactobacillus Molecular Biology: From Genomics to Probiotics*. Caister Academic Press, Norfolk: 169-181.71.

**122. ABIQUI H., ELMOUALDI L., EL YACHIOUI M. et OUHSSINE M., 2005** - Sélection de souches de bactéries lactiques antibactériennes. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*. 144: 237-250.

**123. LAMOUREUX L., 2000** - Exploitation de l'activité  $\beta$ -galactosidase de cultures de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. *National Library of Canada*: 23-47.

**124. LANKAPUTHRA W.E.V. and SHAH N.P., 1996** - A simple method for selective enumeration of Lactobacillus acidophilus in yogurt supplemented with L. acidophilus and Bifidobacterium spp. *Milchwissenschaft*, 51: 446–451.

**125. LARPENT J.P et LARPENT M.G., 1990** - *Memento technique de microbiologie*. Second Ed. Technique et Documentaire Lavoisier. 417 p.

**126. LAUER E. and KANDLER O., 1983** - DNA-DNA homology, murein types and enzyme patterns in the type strains of the genus Bifidobacterium. *Systematic and Applied Microbiology*, 4(1): 42-64.

**127. LEE J.H. and O'SULLIVAN D.J., 2010** - Genomic insights into Bifidobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 74(3): 378-416.

**128. LEE J.H., LI X. and O'SULLIVAN D.J., 2011** - Transcription analysis of a lantibiotic genecluster from Bifidobacterium longum DJO10A. *Appl Environ Microbiol*, 77:5879–87.

- 129. LEKSIR C., 2012** - *Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière algérienne*. Mémoire de magister, Institut de la Nutrition de l'alimentation et des Technologies Agroalimentaires (INATAA), Université Mentouri de Constantine. Constantine, 87p.
- 130. LEKSIR C., 2012** - *Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière algérienne*. Mémoire de magistère., Université Mentouri de Constantine, Constantine, 76p
- 131. LEROY F. and DE VUYST L., 2004** - Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Science and Technology*, 15:67–78.
- 132. LEROY S., LEBERT I., CHACORNAC J P., CHEVALIER I. and TALON R., 2007** - Identification et caractérisation de la flore d'intérêt technologique : bactéries lactiques et staphylocoques à coagulase négative. *Sci. Tec. V. Prod. Carnés*, 25(5): 172-
- 133. LIONG M.T. and SHAH N.P., 2005** - Bile salt deconjugation and BSH activity of five bifidobacterial strains and their cholesterol co-precipitating properties. *Food Research International*, 38: 135-142.
- 134. LUQUET F.M., 1990** - *Laits et produits laitiers: vache, brebis, chèvre*. Tome 2: Les produits laitiers, transformation et technologies. Ed. Lavoisier. Sciences et Techniques Agro-alimentaires, 637p.
- 135. MACOUZET M. et CHAMPAGNE C.P., 2007** - *Les bactéries probiotiques : innovations et tendances de développement technologique*. Bioveille, 4-16p.
- 136. MAHI M., YAGOUBI A., ROUISSAT L., TABAK S, MEDOUAKH L. and BENSOLTANE A., 2006** - Growth, viability and acidifying activity of bifidobacteria in goat's milk. *Egypt. J. App. Sci.*, 21(3): 248- 261.
- 137. MALIK K.A., 1990** - Freeze-drying of microorganisms simple apparatus. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 8: 76-79.
- 138. MANGIN I., BOUHNİK Y., BISETTI N. and DESCARIS B., 1999** - Molecular monitoring of human intestinal Bifidobacterium strain diversity. *Res. Microbiol.*, 150: 343 350.
- 139. MARCHAL N., BOURDON J.L et RICHARD C.L., 1991** - *Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries*. Ed. Doin, 65-149p.

- 140. MARKAS L. and DE VUYST L., 2006** - The in vitro inhibition of Gram-negative pathogenic bacteria by bifidobacteria is caused by the production of organic acids. *Int. Dairy. J.*, 16: 1049-1057.
- 141. MARTEAU P. and SHANAHAN F., 2003** - Basic aspects and pharmacology of probiotics: an overview of pharmacokinetics, mechanisms of action and side-effects. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology*, 17(5): 725-740.
- 142. MARTINEZ F.A.C., BALCIUNAS E.M., CONVERTI A., COTTER P.D. and OLIVEIRA R.P S., 2013** - Bacteriocin production by *Bifidobacterium* spp. A review. *Biotechnology Advances*, 31:482–488.
- 143. MARTINEZ-VILLALUENGA C. and GOMES R., 2007** - Characterization of bifidobacteria as starters in fermented milk containing raffinose family of oligosaccharides from lupin as probiotic. *Int.Dairy. J.*, 17: 116-122.
- 144. MASCO L., HUYS G., DE BRANDT E., TEMMERMAN R. and SWINGS J., 2005** - Culture dependent and culture independent qualitative analysis of probiotic products claimed of contain bifidobacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 102: 221– 230.
- 145. MATILLA-SANDHOLM T., MYLLÄRINEN P., CRITTENDEN R., MOGENSEN G., FONDÉN R. and SAARELA M., 2002** - Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12: 173-182.
- 146. MATSUMOTO M., OHISHI H. and BENNO Y., 2004** - H<sup>+</sup>-ATPase activity in *Bifidobacterium* with special reference to acid tolerance. *International Journal of Food Microbiology*, 93(1): 109-113.
- 147. MATTARELLI P. and BIAVATI B., 2014** - The genera *Bifidobacterium*, *Parascardovia* and *Scardovia*. *Lactic Acid Bacteria, biodiversity and taxonomy*. John Wiley et Sons, Ltd, The Atrium Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK: 510- 541.
- 148. MECHAI A. and KIRANE D., 2008** - Antimicrobial activity of autochthonous lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk —Raïbl. *African Journal of Biotechnology*, 7 (16): 2908-2914.
- 149. MEILE L., LUDWIG W., RUEGER U., GUT C., KAUFMAN P., DASEN G., WENGER. and TEUBER M., 1997-** *Bifidobacterium lactis* sp. Nov., a moderately oxygen tolerant species

isolated from fermented milk. *System. Appl. Microbiol*, 20: 57-64.

**150. MENRAD K., 2003** - Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56: 181-188.

**151. MILLETTE M., LUQUET F.M. and RUIZ M.T., 2008** - Characterization of probiotic properties of Lactobacillus strains. *Dairy Sci. Technol.*, 88: 695-705.

**152. MITSUOKA T., 1984** - Taxonomy and ecology of bifidobacteria. *Bifidobacteria Microflora*, 3:11-28.

**153. MITSUOKA T. AND KANEUCHI C., 1977** - Ecology of the bifidobacteria. *Am J Clin Nutr*, 30: 1799-1810.

**154. MITSUOKA T., 1969** -Vergleichende Untersuchungen über Lactobazillen aus den Faeces von Menschen, Schweinen und Hühnern. *Zbl. Bakt. I. Orig.*, 210: 32-51.

**155. MODLER H.W., 1994** - Bifidodogenic Factors-Sources, Metabolism and Applications. *Int. Dairy J.*, 4: 383-407.

**156. MOSILHEY S.H., 2003** - Influence of Different Capsule Materials on the Physiological Properties of Microencapsulated Lactobacillus acidophilus. Doktor-Ingenieur. *Institut für Lebensmittel technologie*: 3-113.

**157. MOUBARECK C., GAVINI F., VAUGIEN L., BUTEL MJ. et DOUCET- POPULAIRE F., 2005** - Antimicrobial susceptibility of bifidobacteria. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 55:38-44.

**158. MURTI T.W., ROGER S., BOUILLANNE C., LANDON M. et DESMAZEAUD M., 1992** - Croissance de Bifidobacterium sp. CNRZ 1494 dans l'extrait de soja et le lait de vaches effets sur des composés aromatiques. *Science des Aliments*, 12(3): 429-439.

**159. NAGPAL R., YADAV H., PUNIYA A.K., SINGH K., JAIN S. and MAROTTA F., 2007** - Potential of probiotic and prebiotics for symbiotic functional dairy foods: an overview. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 2: 75-84.

**160. NANNIZZI A., 1934** - Repertio sistematico dei miceti dell'uomo e degli animali. Pollacci G.ed., *Tratto di Micopathologia Umana (Sienna)*, 4:13.

- 161. NORIEGA L., GUEIMONDE M., SANCHEZ B., MARGOLLESAND A. and REYES-GAVILAN C.G., 2004** - Effect of the adaptation to high bile salts concentrations on glycosidic activity, survival at low pH and cross-resistance to bile salts in *Bifidobacterium*. *International Journal of Food Microbiology*, 94(1): 79-86.
- 162. NOUSIAINEN J., JAVANAINEN P., SETALA J. and WRIGHT A.V., 2004** - *Lactic acid bacteria as animal probiotics*. In : Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects (Salminen S.,Wright A.V. et Ouwehand A.). 3e Ed., Marcel Dekker, Inc. New York, 547- 560p.
- 163. Nowrouzian F., Hesselmar B., Saalman R., Strannegard I., Aberg N., Wold A. and Adlerberth I., 2003** - *Escherichia coli* in infants' intestinal microflora: colonization rate, strain turnover, and virulence gene carriage. *Pediatric Research*, 54: 8-14.
- 164. OLIVIERA M.N. and DAMIN M.R., 2003** - Efeito do teor de sólidos e da concentração de sacarose na acidificação, firmeza e viabilidade de bactérias do iogurte e probióticas em leite fermentado. *Ciência e Tecnologia d'Alimentos*, 23: 172–176.
- 165. OLSEN E., 1949** - Studies on the intestinal flora of infants. Ejnar Munksgaard Copenhagen,
- 166. ORLA-JENSEN S., 1924** - La classification des bactéries lactiques. *Lait*, 4: 468-474.
- 167. OUADGHIRI M., 2009** - *Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés «Lben» et «Jben» d'origine marocaine*. Thèse de doctorat en Microbiologie et Biologie Moléculaire, Université Mohammed V–Agdal, Maroc. 132p.
- 168. OUWEHAND A.C. and VESTERLUND S., 2003** - Health aspects of probiotics. *Drugs*, 6: 573-580.
- 169. PALOMARES I.C., PÉREZ-MORALES R. and ACEDO-FÉLIX E., 2007** - Evaluation of probiotic properties in *Lactobacillus* isolated from small intestine of piglets. *Rev Latinoam Microbiol*, 49(3-4): 46-54.
- 170. PIEN J., DESIRANT J. et LAFONTAINE D., 1954** - La recherche de l'eau oxygénée dans le lait. *Le Lait*, 34(333-334): 133-145.
- 171. Parente E. et Cogan T.M., 2004** - Starter cultures: general aspects. In: Fox, P F., Mc Sweeney P L

H.,Cogan T M et Guinee, T P. Eds., Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. I. Chapman and Hall, London, pp123-148.

**172. PERCIVAL M., 1997** - Choosing a probiotic supplement. *Clin. Nutr. Insights*, 6(1): 95- 100.

**173. PEREIRA D.I.A. and GIBSON G.R., 2002** - Effects of consumption of probiotics and prebiotics on serum lipid levels in humans. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 37: 259 - 281.

**174. PEREZ P.F., DORE J., LECLERC M., LEVENEZ F., BENYACOUB J., SERRANT P., SEGURA ROGGERO I.,SCHIFFRIN E.J. and DONNET-HUGHES A., 2007** - Bacterial Imprinting of the Neonatal Immune System: Lessons From Maternal Cells, *Pediatrics*, 119(3): 724-732.

**175. PFEILER E.A. and KLAENHAMMER T.R., 2007** - The genomics of lactic acid bacteria. *Trends in Microbiology*, 15(12):546-553.

**176. PRASANNA P.H.P., GRANDISON A.S. and CHARALAMPOPOULOS D., 2014** - Bifidobacteria in: An overview of physiological and biochemical properties, exopolysaccharides production, selection criteria of milk products and health benefits. *Food Research International*, 55: 247-262.

**177. Pribram E., 1929** - A contribution to the classification of microorganisms. *J. Bacteriol*, 18: 361-394.

**178. PUNTONI V., 1937-** Sulle relazioni fra il b. bifido gli attinomiceti anaerobi typo Wolff.*Ann. Ig. Sper*, 47: 157-168.

**179. QUIBERONI A., MOINEAU S., ROUSSEAU G M., REINHEIMER J. and ACKERMANN H W., 2010** - Streptococcus thermophilus bacteriophages. *International Dairy Journal*, 20:657-664.

**180. RASIC J.L., 1983** - The role of dairy foods containing bifido and acidophilus bacteria in nutrition and health. *N. Eur. Dairy. J*: 48- 80.

**181. RASIC J.L.J. et KURMANN JA., 1983** - Bifidobacteria and their role. Microbiological, nutritional physiological, medical and technological aspects and bibliography. Birkhauser Verlag, Basel, Suisse,

**182. RAUTAVA S., KIRJAVAINEN P. et SALMINEN S., 2002** - Role of probiotics in food

hypersensitivity. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 2: 263-271.

**183. RAVIN V., SASAKI T., RÄISÄNEN L., RIIPINEN K.A. et ALATOSSAVA T. 2006** - Effective plasmid pX3 transduction in *Lactobacillus delbrueckii* by bacteriophage LL H, *Elsevier*:184-193.

**184. REUTER G., 1963** - Vergleichende Untersuchungen über die Bifidus-Flora in Säuglings-und Erwachsenenstuhl. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenk. Hyg. Abt. Orig.*, 191: 486-507.

**185. Reyes-Gavilan C.G., Suarez A., Fernandez-Garcia M., Margolles A., Gueimonde M. et 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. *Res.Microbiol*, 162: 514-519.

**186. RIAZI A. et ZIAR H., 2012** - Croissance et viabilité des Bifidobactéries dans le lait écrémé additionné de miel d'abeille. *Nature et technologie*, 2: 17-24.

**187. ROGOSA M., 1974** - *Genus III, Bifidobacterium Orla-Jensen*. In: Buchanan R.E., Gibbons N.E., eds, *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th edn., Williams and Wilkins, Baltimore, 669-676p.

**188. ROLFE R.D., 2000** - The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *The Journal of Nutrition*, 130: 396-402.

**189. ROMOND M.B., ROMOND C., IZARD D., HERMIER J., LENOIR J. et WEBER F., 1992** - *Les groupes microbiens d'interet laitiers*. Ed. Tec Et Doc. Paris, 61-80p.

**190. Rosenfeldt V., Michaelsen K.F., Jakobsen M., Larsen C.N., Moller P.L., Pedersen P., Tvede M., Weyrehter H., Valerius, N.H. and Paerregaard A., 2002** -Effect of probiotic *Lactobacillus* strains in young children hospitalized with acute diarrhea. *Pediatric Infectious Disease Journal*, 21: 411-416.

**191. ROY D., 2005** - Technological aspects related to the use of bifidobacteria in dairy products. *Le Lait*, 85(1-2): 39-56.

**192. RUIZ L., SÁNCHEZ B., RUAS-MADIEDO P., REYES-GAVILÁN C.G. and MARGOLLES A., 2007** - Cell envelope changes in *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* as a response to bile. *FEMS*

*Microbiology Letters*, 274(2): 316-322.

**193. RUIZ L., O'CONNELL-MOTHERWAY M., ZOMER A., REYES-GAVILÁN CG., MARGOLLES A. and VAN SINDEREN D., 2012** - A bile-inducible membrane protein mediates bifidobacterial bile resistance. *Microb Biotechnol*, 5:523-53

**194. SAARELA M., LAHTEENMAKI L., CRITTENDEN R., SALMINEN S. and MATTILA-SANDHOLM T., 2000**- Gut bacteria and health foods: the European perspective. *Int. J. Food Micr*, 78: 99-117.

**195. SAIDI N., GUESSAS B., BENSALAH F., BADIS A., HADADJI M., HENNI JE., PREVOST H. and KIHAL M., 2002** - Caractérisation des bactéries lactiques isolées du lait cru de chèvre des régions arides d'Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, 1: 1- 11.

**196. SALEH F.A. and EL-SAYED E.M., 2004** - Isolation and characterization of bacteriocins produced by *Bifidobacterium lactis* BB-12 and *Bifidobacterium longum* BB 46. 9th Egyptian Conference for Dairy Science and Technology. *Cairo Research Papers*: 323–37.

**197. SAMONA A., ROBINSON R.K. and MARAKIS S., 1996** - Acid production by bifidobacteria and yoghurt bacteria during fermentation and storage of milk. *Food Microbiol*, 13: 275-280.

**198. SANZ Y., 2007** - Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of *Bifidobacterium*: A way of selecting improved probiotic strains. *International Dairy Journal*, 17(11): 1284-1289.

**199. SCARDOVI V. and TROVATELLI LD., 1965** - The fructose-6-phosphate shunt as peculiar pattern of hexose degradation in the genus *Bifidobacterium*. *Ann. Microbiol. Enzimol*, 15: 19-29.

**200. SCARDOVI V., 1986** - Genus *Bifidobacterium* Orla Jensen, 1924, 472. In: *Bergey's Manual of systematic Bacteriology*, IXe Edition. Williams and Wilkins. Baltimore.

**201. SCARDOVI V., ZANI G. and TROVATELLI L.D., 1970** - Deoxyribonucleic acid homology among the species of the genus *Bifidobacterium* isolated from animals. *Arch. Mikrobiol*, 72:318- 325.

**202. SCHELL M.A., KARMIRANTZOU M., SNEL B., VILANOVA D., BERGER B., PESSI G., ZWAHLEN M.C., DESIERE F., BORK P., DELLEY M., PRIDMORE R.D. and ARIGONI F., 2002** - The genome sequence of *Bifidobacterium longum* reflects its adaptation to the human

gastrointestinal tract. *Proc Natl Acad Sci USA*, 99(22):144227.

**203. SEBALD M. et PETIT J.C., 1997-** *Méthodes de laboratoire: Bactéries anaérobies et leur identification*, 107p.

**204. SEBALD M., GASSER F. et WERNER H., 1965** - Teneur GC% et classification. Application au groupe des bifidobactéries et à quelques genres voisins. *Ann. Inst. Pasteur*, 109: 251-269.

**205. SERVIN A.L., 2004** - Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *fems microbiology reviews*, 28: 405- 440.

**206. SHAH N.P., 2006** - Health benefits of yogurt and fermented milks. In R. C. Chandan.Ed., *Manufacturing yogurt and fermented milks Iowa, USA: Blackwell Publishing Professional:327–340*.

**207. SHAH N.P., 2007** - Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*, 17(11): 60-65.

**208. SHIHATA A. and SHAH N.P., 2000** - Proteolytic profiles of yogurt and probiotic bacteria. *Int. Dairy J.*, 10: 401-408.

**209. Shin H.S., Lee J.H., Pestka J.J. and Ustunol Z., 2000-** Viability of bifidobacteria in commercial dairy products during refrigerated storage. *J. Food Protec*, 63: 327–331.

**210. SIMPSON P.J., STANTON C., FITZGERALD G.F. and ROSS R.P., 2005** - Intrinsic tolerance of Bifidobacterium species to heat and oxygen and survival following spray drying and storage. *Journal of Applied Microbiology*, 99(3): 493-501.

**211. SIMPSON P.J., STANTON C., FITZGERALD G.F. and ROSS R.P., 2003-** Genomic diversity and relatedness of bifidobacteria isolated from a porcine cecum. *J. Bacteriol*, 185: 2571–2581.

**212. STACKEBRANDT E., RAINEY F.A. and WARD-RAINEY N.L., 1997-** Proposal for a new hierarchic classification system, Actinobacteria classis nov. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 47: 4479- 4491.

**213. SULTANA K., GODWARD G., REYNOLDS N., ARUMUGASWAMY R., PEIRIS P. and KAILASAPATHY K., 2000** - Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, 62: 47-55.

214. SURTA L., FEDERIGHI M. et JOUVE J.L., 1998 - *Listeria monocytogenes* s: Manuel de bactériologie alimentaire. *Polytechnica Paris*:133-159.
215. SVEJE M., 2007 - Probiotic and prebiotics improving consumer health through food consumption. *Nutracos*: 28-31.
216. SZYMANSKI H., PEJ CZ J., JAWIEN M., CHMIELARCZYK A., STRUS M. and HECZKO P. B., 2006 -Treatment of acute infectious diarrhoea in infants and children with a mixture of three *Lactobacillus rhamnosus* strains – A randomized, double blind, placebo-controlled trial. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 23: 247-253.
217. TABASCO R., PAARUP T., JANER C., PELAEZ C. and REQUENA T., 2007 - Selective enumeration and identification of mixed cultures of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei* subsp. *paracasei* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk. *International Dairy Journal*, 23:250-255.
218. TAKAHASHI N., XIAO J.Z., MIYAJI K., YAESHIIMA T., HIRAMATSU A., IWATSUKI K., KOKUBO S. and HOSONO A., 2004 - Selection of acid tolerant bifidobacteria and evidence of a low-pH inducible acid tolerance response in *Bifidobacterium longum*. *journal of dairy research*, 71: 340-345.
219. TOUATI O., 2009 - Les ingénieurs en Algérie de l'époque coloniale à la crise des années 1990: approche socio-historique d'un métier. *Maghreb*: 589-611.
220. TOUNKOB A., 2016 - *Etude physicochimique, microbiologique du jben traditionnel de la region d'ain sefra fabrique par el haka*, Mémoire de master., Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen, Tlemcen, 78p.
221. TALWALKAR A. and KAILASAPATHY K., 2003 - Metabolic and biochemical responses of probiotic bacteria to oxygen. *Journal of Dairy Science*, 86(8): 2537-2546.
222. TALWALKAR A., MILLER C.W., KAILASAPATHY K. and NGUYEN, M.H., 2004 - Effect of packaging materials and dissolved oxygen on the survival of probiotic bacteria in yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 39 (6): 605- 611.
223. TAMIME A.Y, MARSHAL L.V.M.E. et ROBINSON R K., 1995 - Microbiological and

technological aspects of milks fermented by bifidobacteria. *J. Dairy. Res*, 62: 151-187.

**224. TAMURA Z., 1983** - Nutriology of bifidobacteria. *Bifidobacteria and Microflora*, 2(1): 3-16.

**225. TANAKA H., HASHIBA H., KOK J. and MIERAU I., 2000** - Bile salt hydrolase of *Bifidobacterium longum*. Biochemical and genetic characterization. *Appl Environ Microbiol*, 66(6):2502-12.

**226. TEMMERMAN R., POT B., HUYS G. and SWINGS J., 2003** - Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from probiotic products. *Int. J. Food Microbiol*, 81: 1-10.

**227. THIRABUNYANON M., BOONPRASOM P. and NIAMSUP P., 2009** - Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from fermented dairy milks on antiproliferation of colon cancer cells. *Biotechnol. Lett*, 31: 571-576.

**228. TISSIER H., 1900** - *Recherches sur la flore intestinale des nourrissons (Etat normal et pathologique)*. Paris, 253p.

**229. TITIEK F.D., ENDANG S.R., DJOKO W. and SLAMET S., 1996** - Antimicrobial substance produced by *Lactobacillus* sp. TGR-2 isolated from Growol. *Indonesian Food Nutr Prog*, 3(2): 29-34.

**230. TSUCHIDA S., TAKAHASHI S., MBEHANG NGUEMA PP., FUJITA S., KITAHARA M., YAMAGIWA J., NGOMANDA A., OHKUMA M. and USHIDA K., 2014** - *Bifidobacterium moukalabense* sp. nov. Isolated from the faeces of Wild West lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) in Gabon. *Int J Syst Evol Microbiol*, 64:449-55.

**231. SHIHATA A. and SHAH N.P., 2000** - Proteolytic profiles of yogurt and probiotic bacteria. *Int. Dairy J*, 10: 401-408.

**232. SHIN H.S., LEE J.H., PESTKA J.J. and USTUNOL Z., 2000** - Viability of bifidobacteria in commercial dairy products during refrigerated storage. *J. Food Protec*, 63: 327-331.

**233. SIMPSON P.J., STANTON C., FITZGERALD G.F. and ROSS R.P., 2005** - Intrinsic tolerance of *Bifidobacterium* species to heat and oxygen and survival following spray drying and storage. *Journal of Applied Microbiology*, 99(3): 493-501.

**234. SIMPSON P.J., STANTON C., FITZGERALD G.F. and ROSS R.P., 2003** - Genomic

- diversity and relatedness of bifidobacteria isolated from a porcine cecum. *J. Bacteriol*, 185: 2571–2581.
- 235. STACKEBRANDT E., RAINEY F.A. and WARD-RAINEY N.L., 1997** - Proposal for a new hierarchic classification system, Actinobacteria classis Nov. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 47:4479- 4491.
- 236. SULTANA K., GODWARD G., REYNOLDS N., ARUMUGASWAMY R., PEIRIS P. AND KAILASAPATHY K., 2000** - Encapsulation of probiotic bacteria with alginate- starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, 62p.
- 237. SURTA L., FEDERIGHI M. et JOUVE J.L., 1998** - *Listeria monocytogenes* s: Manuel de bactériologie alimentaire. *Polytechnica, Paris*: 133-159.
- 238. SVEJE M., 2007** - Probiotic and prebiotics improving consumer health through food consumption. *Nutracos*: 28-31.
- 239. SZYMANSKI H., PEJ CZ J., JAWIEN M., CHMIELARCZYK A., STRUS M. and HECZKO P. B., 2006** - Treatment of acute infectious diarrhoea in infants and children with a mixture of three *Lactobacillus rhamnosus* strains – A randomized, double blind, placebo-controlled trial. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 23: 247-253.
- 240. TABASCO R., PAARUP T., JANER C., PELAEZ C. and REQUENA T., 2007** - Selective enumeration and identification of mixed cultures of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei* subsp. *paracasei* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk. *International Dairy Journal*, 23: 250-255.
- 241. TAKAHASHI N., XIAO J.Z., MIYAJI K., YAESHIIMA T., HIRAMATSU A., IWATSUKI K., KOKUBO S. and HOSONO A., 2004** - Selection of acid tolerant bifidobacteria and evidence of a low-pH-inducible acid tolerance response in *Bifidobacterium longum*. *Journal of Dairy Research*, 71:340-345.
- 242. TALWALKAR A. and KAILASAPATHY K., 2003** - Metabolic and biochemical responses of probiotic bacteria to oxygen. *Journal of Dairy Science*, 86(8): 2537-2546.
- 243. TALWALKAR A., MILLER C.W., KAILASAPATHY K. and NGUYEN M.H., 2004** - Effect of packaging materials and dissolved oxygen on the survival of probiotic bacteria in yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(6): 605- 611.

244. TAMIME A.Y., MARSHAL L.V.M.E. et ROBINSON R.K., 1995 - Microbiological and technological aspects of milks fermented by bifidobacteria. *J.Dairy Res*, 62:151-187.
245. TAMURA Z., 1983 - Nutriology of bifidobacteria. *Bifidobacteria and Microflora*, 2(1): 3-16.
246. TANAKA H., HASHIBA H., KOK J.and MIERAU I., 2000 - Bile salt hydrolase of *Bifidobacterium longum*.biochemical and genetic characterization. *Appl Environ Microbiol*, 66(6):2502-12.
247. TEMMERMAN R., POT B., HUYS G. and SWINGS J., 2003 - Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from probiotic products. *Int. J. Food Microbiol*, 81: 1-10.
248. THIRABUNYANON M., BOONPRASOM P. and NIAMSUP P., 2009 - Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from fermented dairy milks on antiproliferation of colon cancer cells.*Biotechnol. Lett*, 31: 571–576.
249. TISSIER H., 1900 - *Recherches sur la flore intestinale des nourrissons (Etat normal et pathologique)*.Paris, Université de Paris, 253p.
250. TITIEK F.D., ENDANG S.R., DJOKO W. and SLAMET S., 1996 - Antimicrobial substance produced by *Lactobacillus* sp. TGR-2 isolated from Growol. Indonesian. *Food Nutr. Prog*, 3(2): 29-34.
251. TSUCHIDA S., TAKAHASHI S., MBEHANG NGUEMA P.P., FUJITA S., KITAHARA M., YAMAGIWA J., NGOMANDA A., OHKUMA M. and USHIDA K., 2014 - *Bifidobacterium moukalabense* sp. nov. Isolated from the faeces of Wild West lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) in Gabon. *Int J Syst Evol Microbiol*, 64: 449-55.

## Résumé

Cette étude propose une définition des probiotiques, et de notre microflore intestinale et de certains produits laitiers fermentés contenant des probiotiques. Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui sont donnés en quantité suffisante et maîtrisés, ils sont bénéfiques pour la santé humaine. Les probiotiques sont souvent des bactéries lactiques (*Lactobacillus*, *bifidobacteria*) Ces souches sont largement utilisées dans la fermentation de produits laitiers comme le yaourt, le fromage et le kéfir. Ainsi, les produits laitiers fermentés contenant des cultures bactériennes actives sont parmi les sources les plus courantes de probiotiques. Ces derniers ont des propriétés spécifiques, qui leur confèrent des propriétés immunomodulatrices, anti-inflammatoires, anti-infectieuses et anti- infectieuses (soulageant les symptômes de certains troubles digestifs, dont infection à *Helicobacter pylori*), syndrome du côlon irritable et diarrhée associée à la prise d'antibiotiques) et contribuent ainsi au maintien de la santé humaine.

**Mots clés :** Probiotique – Microflore intestinal – Lactobacilles – Bifidobactéries – Produits laitiers.

### Abstract

This study provides a definition of probiotics, and our gut microflora and certain fermented dairy products containing probiotics. Probiotics are living microorganisms that are given in sufficient quantity and controlled; they are beneficial for human health. Probiotics are often lactic acid bacteria (*Lactobacillus*, *bifidobacteria*) these strains are widely used in the fermentation of dairy products such as yogurt, cheese and kefir. Thus, fermented dairy products containing active bacterial cultures are among the most common sources of probiotics. These have specific properties, which give them immunomodulatory, anti-inflammatory and anti-infectious properties (relieving the symptoms of certain digestive disorders, including *Helicobacter pylori* infection), irritable bowel syndrome and diarrhea associated with taking antibiotics) and thus contribute to the maintenance of human health.

**Keywords:** Probiotics – Microflora – Lactobacilli – Bifidobactéria – Dairy products.

ملخص

تطرقنا في هذه الدراسة إلى تعريف البروبيوتيك ، ونباتات الأمعاء الدقيقة وبعض منتجات الألبان المخمرة التي تحتوي على البروبيوتيك- البروبيوتيك هي كائنات دقيقة حية يتم إعطاؤها بكميات كافية و يتم التحكم بها وهي مفيدة لصحة الإنسان. غالبا ما تكون البروبيوتيك عبارة عن بكتيريا حمض اللاكتيك (*bifidobacteri*) ، (*Lactobacillus*) تستخدم هذه السلالات على نطاق واسع في تخمير منتجات الألبان مثل الزبادي والجبن والكفير. وبالتالي ، فإن منتجات الألبان المخمرة التي تحتوي على بكتيريا نشطة هي من أكثر مصادر البروبيوتيك شيوعا. هذه لها خصائص محددة ، والتي تمنحها خصائص مناعية ، مضادة للالتهابات ومضادة للعدوى (تخفيف أعراض بعض اضطرابات الجهاز الهضمي ، بما في ذلك عدوى الملوية البوابية) ، ومتلازمة القولون العصبي والإسهال المرتبط بتناول المضادات الحيوية (وبالتالي تساهم في الحفاظ على صحة الإنسان).

**كلمات البحث:** البروبيوتيك – الجراثيم المعوية- العصيات اللبنية- البيفيدوبكتيريا- المخمرة.