

## Introduction

---

Le premier objectif de la nutrition est d'optimiser l'efficacité des productions mais ceci n'est généralement possible que lorsque l'état de santé est aussi optimal. Ainsi la santé animale et le bien être qui s'en suit sont des priorités fondamentales des techniques de nutrition moderne.

La valeur alimentaire sur la performance des animaux d'élevage est étroitement liée à la qualité et l'importance de la charge microbienne de l'animal hôte, notamment dans son tube digestif et dans son environnement. Les volailles ne disposent naturellement que d'une résistance et d'une immunité limitées contre l'infection par la colonisation des microorganismes potentiellement pathogènes.

L'élevage moderne en s'intensifiant place les animaux dans des conditions non naturels (densité importante d'animaux, la variabilité de la nature et de l'origine des aliments : matières premières d'origine végétale et animale, co-produits des industries agro-alimentaires, les transitions alimentaires, séparation des nouveaux nés de leur mère, stress...) qui leurs sont défavorables.

De ceci découlent des problèmes de production dont le risque majeurs de pertes économiques sont liés à la diminution des performances zootechniques des animaux (gain de poids faible et indice de consommation élevée) et à la baisse de leur état général de santé (désordres intestinaux, diarrhées, infections, maladies).

L'industrialisation de l'élevage des animaux et l'amélioration de l'efficacité nutritionnelle d'un aliment oblige donc à avoir recours à l'emploi d'additifs alimentaires dont l'utilisation s'est généralisée en alimentation animale depuis de nombreuses décennies ; ceci pour augmenter la production tout en maintenant un bon état général de santé de ces animaux. Aussi l'amélioration de la production est devenue d'une grande importance économique et a fait l'objet de nombreuses recherches.

Les antibiotiques sont progressivement remplacés par des produits possédant une image « naturelle » en phase avec les aspirations des consommateurs. Il existe de nombreux méthodes substitutives non thérapeutiques, dont les enzymes, les acides organiques et inorganiques, les probiotiques, les prébiotiques, les symbiotiques, les herbes et les huiles éthérées, les immunostimulants et autre pratique de gestion agricole. Parmi ces produits les probiotiques et les prébiotiques suscitent beaucoup d'intérêt.

**I.1. Introduction :**

Au préalable, il nous semble important et utile de faire un rappel sur la microflore digestive des volailles et ses effets sur la physiologie digestive, son influence sur la valeur nutritionnelle de l'aliment et son rôle sur la santé de l'animal.

Chez les oiseaux, la flore intestinale du jabot à l'intestin est composée principalement de lactobacillus, alors que les caecas hébergent surtout des anaérobies strictes [1] [2]. Elle varie en fonction de l'âge de l'animal, de son environnement, du stress et de l'alimentation.

Elle entraîne des changements de la structure et du fonctionnement du tube digestif, et des modifications de la digestion des aliments, ainsi qu'une augmentation des besoins énergétiques. La flore indigène a des conséquences sur la santé de l'animal du fait de la production de différents métabolites [3] [4] [5] [6].

La flore digestive peut se trouver dans la lumière intestinale ou adhérer à la muqueuse digestive. La flore luminale dépend des nutriments disponibles, de la vitesse de transit et de la présence ou non de substances antimicrobiennes [1]. La flore des muqueuses dépend de l'expression par l'hôte de sites d'adhésion spécifiques sur les membranes des entérocytes, de la vitesse de production de mucus, de la production d'anticorps sécrétoires, et de l'extrusion de matériel cellulaire de la membrane [7] [8].

**I.2. Répartition de la flore intestinale du poulet :**

Le tube digestif des oiseaux, comme celui des mammifères renferme une population microbienne extrêmement riche et diversifiée, composée de nombreux microorganismes différents [9] [10]. Ce microbiote, terme qui remplace dorénavant microflore, comprend des bactéries et des champignons. Chez le poulet, 29 genres bactériens ont été identifiés, chaque genre serait représenté par 3 à 4 espèces, et chaque espèce à 4 types métaboliques différents, ce qui ferait plus de 200 types différents [11].

La microflore bactérienne digestive peut être divisée en trois groupes distincts [12] [13] [14] [8] une flore dominante (plus de  $10^7$  germes/g) composée d'espèces anaérobies strictes et spécifiques de l'espèce aviaire : lactobacilles, entérobactéries.

- 1- Une flore sous dominante ( $10^5$  à  $10^7$  germes/g) composée de streptocoques et d'entérobactéries moins spécifique de l'espèce.
- 2- Une flore transitoire (moins de  $10^5$  germe/g) sont aussi souvent anaérobies strictes.

A la naissance le tube digestif des animaux est totalement stérile [15] [16] mais en 6 à 12 heures, quelques bactéries s'implantent à son niveau à partir de l'environnement. Chez les volailles l'inoculation naturelle se fait à partir de la flore des adultes ou de celle des aliments.

### **I.3. Rôle de la flore digestive :**

La flore digestive semble avoir des fonctions nutritionnelles, métaboliques, immunologiques et protectrices[17] [18] [19].

#### **I.3.1. Aspect nutritionnel :**

##### **I.3.1.1 Digestion des glucides :**

Parmi les glucides on distingue deux types : ceux que l'oiseau peut digérer (amidon, dextrine, oligosaccharides et monosaccharides) et ceux qui ne peuvent être utilisés que par la microflore, les polysaccharides non amylacés (cellulose, hémicellulose, substances pectiques)[11].

Dans le cas des glucides utilisables par l'hôte, la microflore ne semble pas intervenir. En effet elle ne peut pas modifier l'activité des enzymes impliquées dans leur digestion, telle que l'amylase pancréatique ou les disaccharidases intestinales, ni l'absorption du glucose. Bien qu'au niveau du jabot, certaines souches de lactobacillus auraient une activité amylolytique secondant l'action des endogènes.

En ce qui concerne les glucides que l'oiseau ne peut utiliser, ils sont fermentés par la microflore, dans le jabot et principalement au niveau des caecae sans avoir un rôle significatif.

##### **I.3.1.2 Digestion des protéines :**

L'effet de la microflore sur la digestibilité des protéines conduit selon les études à des résultats variables, probablement dus aux différences des compositions des régimes alimentaires.

La microflore aurait un effet positif sur la digestion des protéines dans le cas de protéines de mauvaise qualité qui sont mal hydrolysées par l'hôte et pourraient être hydrolysées par la microflore. Dans le cas des protéines sévèrement modifiées par la chaleur, même la microflore ne pourrait les hydrolyser. Par ailleurs la microflore pourrait avoir un rôle sur la digestibilité dans la mesure où elle augmente la production de protéines endogènes (mucus, débris cellulaire, biomasse microbienne). D'une manière générale, la flore digestive semble jouer un rôle de conservation de l'azote : libération et recyclage de  $\text{NH}_3$  [11] .

### **I.3.1.3 Digestion des lipides :**

Comme chez tous les animaux, la flore digestive des oiseaux modifie largement les sels biliaires : déconjugaison, désulfatation et déhydroxylation. En outre elle participe à la saturation des acides gras polyinsaturés par hydrogénation [12].

Comme les sels biliaires servent à la formation des micelles, leur faible concentration réduit la solubilisation des lipides et donc leur absorption, en particulier ceux contenant des acides gras saturés à longue chaîne.

### **I.3.1.4. Minéraux et vitamines :**

La microflore intervient également sur le métabolisme minéral et vitaminique. Elle a un effet négatif sur l'absorption du calcium et entraîne une augmentation des besoins en magnésium et en phosphore. Les vitamines hydrosolubles, surtout de groupe B, sont synthétisées en quantités appréciables par la flore bactérienne au niveau des caecums du poulet[20], ainsi que la vitamine K, mais en quantité insuffisante pour répondre aux besoins. Mais elles seraient utilisées par elles-mêmes, sauf l'acide folique qui pourrait servir à l'animal. En présence de la flore les besoins en vitamines seraient augmentés pour détoxifier les produits bactériens et répondre au stress physiologique.

### **I.3.2. Impact sur la physiologie digestive :**

La microflore et la muqueuse digestive ont des relations à la fois symbiotiques et compétitives qui entraînent des modifications de la structure et du fonctionnement du tube digestif.

### **I.3.2.1. les effets de la microflore sur l'anatomie et la physiologie du tractus digestif :**

Par rapport à des animaux axéniques, les animaux conventionnels, ont un intestin plus lourd et plus long, ainsi qu'une paroi plus épaisse [21], cet épaissement est due principalement aux tissus connectifs en particulier la lamina propria, et au tissu lymphoïde (augmentation de la taille des plaques de Peyer). Les villosités sont plus hautes et de formes irrégulières, et les cryptes plus profondes.

Les différents métabolites produits par les bactéries tels que les acides gras volatils tout particulièrement l'acide butyrique, l'ammoniaque et les amines, seraient responsables du développement plus important des tissus intestinaux[12] [16] [22].

### **I.3.2.2. Production et hydrolyse du mucus :**

Alors que certains micro-organismes s'attachent à l'épithélium, du tube digestif, certains colonisent les mucines de l'iléon, des caecas et du colon du poulet ; le gel formé par le mucus pourrait servir à stabiliser la communauté microbienne. Celle-ci modifie le fonctionnement des cellules en gobelet et la composition chimique du mucus intestinal directement en libérant localement des facteurs bio actifs ou indirectement par l'activation des cellules immunitaires de l'hôte. Par ailleurs les mucines pourraient être utilisées comme source de carbone et d'énergie par certaines bactéries grâce à leurs activités glycosuriques[17] [23].

### **I.3.3 Rôle sur la santé de l'animal :**

#### **I.3.3.1. Stimulation du système immunitaire :**

La flore intestinale participe au développement et au maintien d'un système immunitaire intestinal efficace. D'une part, elle est une source d'antigène capable de déclencher la réponse immunitaire [24] [25] ou elle serait responsable de l'évolution de la production d'IgM et IgG, ces derniers étant les anticorps les plus importants quantitativement.

La flore digestive est le stimulus antigénique majeur responsable de la migration et de la maturation des cellules lymphoïdes précurseurs présentes dans les plaques de Peyer. Ainsi, elle agit sur le développement et la maturation des plasmocytes producteurs d'IgA sécrétoires[24] [18]. Certaines bactéries stimulent

l'immunité non spécifique en activant la fonction des macrophages (phagocytose, synthèse de cytokines)[17].

### **I.3.3.2. Protection contre les microorganismes néfastes :**

La flore autochtone empêche l'implantation de la flore pathogène [11] [21] [26] ; les interactions microbiennes sont les principales responsables du maintien et de la régulation de la microflore gastro-intestinale de l'hôte ; elles sont à la base des mécanismes par lesquels la microflore, s'oppose à l'établissement des microorganismes que l'organisme hôte les ingèrent quotidiennement . Les divers mécanismes formant la première ligne de défense de l'hôte sont nommés résistance à la colonisation, exclusion compétitive, ou effet barrière en empêchant leur translocation dans la circulation sanguine. L'effet barrière de la microflore intestinale est dit préventif ou curatif selon qu'il se manifeste avant ou après l'introduction du germe pathogène. Cet effet est dit drastique si la bactérie indésirable est totalement éliminée. Il est dit permissif si le germe pathogène nouvellement se range dans la population sous dominante. Les mécanismes à la base de cet effet barrière sont variés :

- la flore naturelle du jabot, en particulier les lactobacilles, sont fixées sur l'épithélium squameux non sécrétoire du jabot des volailles.

Cette faculté d'adhésion leur permet de se maintenir en place en quantité importante pendant toute la vie de l'animal. Ils sont également présents dans la lumière et diminuent le PH de cet organe autour de 4.5 conduisant à un effet bactéricide limitant la croissance des bactéries néfastes. La flore produit aussi des acides gras volatils, dont le type et la quantité dépendent de la nature des bactéries et des substances disponibles. Dans le jabot, on trouve principalement de l'acide lactique, et dans les caeca, principalement de l'acide acétique, en moins grande quantité de l'acide propionique et des traces d'autres acides, ces acides gras organiques ont un effet bactéricide.

- L'effet barrière peut être dû à la production de substances antimicrobiennes par la flore autochtone. Ces composants peuvent soit inhiber, soit tuer les pathogènes. Ainsi, les lactobacilles homofermentaires dont *L. acidophilus*

produisent différents types de bactériocines qui ont un large spectre d'activité, ainsi que du peroxyde d'hydrogène[27].

### **I.3.3.3. Production des substances et métabolites :**

Les bactéries produisent des vitamines B, K et E [8] et différentes substances antimicrobiennes. La flore bactérienne produit des acides gras volatils qui ont un effet barrière. En plus les bactéries produisent de l'ammoniac qui pourrait être utilisé par l'hôte pour la synthèse d'acides aminés non essentiels, mais qui est aussi néfaste pour la cellule et doit être détoxifié en acide urique. Les bactéries décarboxylent certains acides aminés conduisent à la formation d'amines. Ces amines qui stimulent la croissance de la muqueuse intestinale pourraient également avoir un effet négatif. Ainsi, l'histamine, bien qu'étant beaucoup moins efficace que les cytokines, est impliquée dans la réaction inflammatoire[8].

## **II.1. Définition :**

Parmi les additifs alimentaires susceptibles de remplacer l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance pour l'amélioration des performances ou en prophylaxie pour la prévention des maladies, les probiotiques suscitent beaucoup d'intérêt.

Les microorganismes les plus fréquemment utilisés dans les préparations de probiotiques en alimentation animale sont principalement des souches bactériennes appartenant à différents genres, par exemple *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* et *Bacillus*. D'autres probiotiques sont des champignons microscopiques incluant des levures du genre *Saccharomyces*. Certains microorganismes probiotiques font partie du tube digestif de l'hôte normal, alors que d'autres n'ont pas [27].

Les mécanismes d'action des probiotiques sont encore incomplètement élucidés, mais il est clair qu'ils permettent, par le biais de la flore intestinale [28 ;26 ;29] :

1. la suppression ou l'élimination d'entéro-pathogènes.
2. l'inhibition de l'activité métabolique des bactéries indésirables
3. la stimulation des mécanismes de défense non spécifiques et immunitaires

Le concept des probiotiques provient d'un chercheur et Prix Nobel Russe, Elie Metchnikoff, qui avait pour théorie que la longévité des paysans bulgares était directement liée à leur consommation de laits fermentés [30 ;31 ;32 ;33 ;34 ;35]. Le terme probiotique dérive des deux mots grecs "pros" et "bios" qui signifient littéralement "pour la vie" contrairement au terme antibiotique signifiant "contre la vie" [9 ;36]. Ce terme a été introduit pour la première fois par Lilly et Stillwell en 1965 pour décrire des substances produites par un microorganisme et stimulant la croissance d'autres microorganismes [37].

Depuis, plusieurs définitions ont été données aux probiotiques dépendamment de leurs effets sur la santé. Selon Parker (1974), « probiotiques » désigne les microorganismes et les substances qui contribuent au maintien de l'équilibre de la flore intestinale [38 ;39 ;22 ;40 ;41 ;42 ;33 ;43].

Plus tard, Fuller (1991) a redéfini les probiotiques de la façon suivante: 'préparations microbiennes vivantes, utilisées comme additif alimentaire, ayant une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale' [44 ;45 ;46 ;26 ;47].

Récemment, la définition s'est précisée et on entend maintenant par probiotique : tout microorganisme vivant qui, une fois ingéré en une certaine quantité, exerce des effets bénéfiques au delà des fonctions nutritionnelles de base [48 ;49 ;50].

L'histoire souligne donc que la définition actuelle pourrait encore évoluer, car les champs de recherche pour mieux connaître et comprendre l'action des probiotiques sont encore nombreux :

rôle en termes de régulation et d'interaction avec la flore intestinale, facteur de diversité chez les individus et espèces, facteurs d'établissement et de maintien...etc

### **III.2. Les microorganismes utilisés comme probiotiques :**

Les principaux microorganismes probiotiques connus à ce jour sont des bactéries (*Lactobacilles*, *bifidobactéries*, *propionibactéries*, *Escherichia coli* et *entérocoques*) et des levures (*Saccharomyces boulardii*) [9 ;51 ;33 ;52 ;39 ;53 ;54 ;47].

Un probiotique peut être fait hors d'une tension bactérienne seule ou ce peut être un consortium aussi [55 ;56 ;57].

En fonction de la viabilité et du type de microorganismes utilisé, les formes d'apport s'effectuent dans l'aliment granulé (résistance à la température et à la pression), sous forme liquide, ou sous forme encapsulée (protection chimique et mécanique) [58].

#### **II.2.1. Les bactéries lactiques et leur action probiotique :**

Les bactéries lactiques comptent parmi les principaux probiotiques. Leur nom générique vient du fait qu'elles ont la propriété de produire de l'acide lactique.

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram-positif qui regroupent 12 genres bactériens dont les plus étudiés sont *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* et *Pediococcus* [59 ;60]. Ces bactéries peuvent avoir des formes de bâtonnet ou de coque, sont immobiles et ne sporulent pas. Elles ont également un métabolisme aérobie facultatif et ne produisent pas de catalase. Les bactéries lactiques ont en commun la capacité de fermenter les sucres en acide lactique [61 ;41]. Certaines sont dites homofermentaires car elles produisent très majoritairement de l'acide lactique alors que d'autres sont dites hétérofermentaires et

produisent de l'acide lactique en même temps que d'autres composés (acétate et éthanol en général) [62 ;41 ;63 ;64].

Pour les animaux de ferme, de nombreuses variétés de préparations probiotiques sont mises sur le marché. Le but recherché est souvent la stimulation de la croissance et la prévention des maladies et en particulier les diarrhées.

Les bactéries lactiques possédant des propriétés antitumorales qui pourraient être dues à :[30 ;65 ;66 ;67].

- L'inactivation ou l'inhibition des composés carcinogènes dans le tractus gastro-intestinal.
- A la stimulation de la réponse immunitaire.
- A la réduction des activités enzymatiques des bactéries intestinales telles que la  $\beta$ -glucuronidase, l'azoréductase et la nitroréductase qui convertissent des précarcinogènes en carcinogènes. Les *Lactobacillus* retarderaient, par exemple chez le rat, la formation tumeur du colon [68].

Grâce à l'action qu'elles ont sur le système immunitaire, les bactéries lactiques pourraient être utilisées :

- A des buts préventifs dans les infections intestinales.
- Comme protection contre d'autres dommages impliquant le système immunitaire.

### **II.2.2. Les bifidobactéries et leur action probiotique :**

Les bifidobactéries sont des bâtonnets aux formes variées dont la plus caractéristique est une forme en Y. Les bifidobactéries sont non sporulées, à Gram-positif, hétérofermentaires, anaérobies strictes.

Ces bactéries produisent de petites quantités d'acide formique, d'éthanol et d'acide succinique. Toutes les souches accumulent le peroxyde d'hydrogène qui est réduit par le NADH peroxydase.

Les enzymes intracellulaires de *Bifidobactérium* pourraient également dégrader les sites d'adhésion spécifiques des bactéries pathogènes ou de leurs toxines. Quelques souches sont capables de résister à l'acidité gastrique. Les bifidobactéries influencent la maturation et le cycle de développement des entérocytes. Ils sont impliqués dans le remplacement des mucines intestinales et auraient une action immunogène. Sur le plan nutritionnel, les *Bifidobactérium* apportent des vitamines

(B1, B6, B12 et PP), des acides aminés (alanine, valine, acide aspartique et thréonine) et produisent de l'acide L-lactique assimilable.

### **II.2.3. Les levures et leur utilisation comme probiotiques :**

Les levures sont des champignons chez lesquels la forme unicellulaire est prédominante. Les cellules végétatives peuvent être sphériques, ovoïdes, allongées, cylindriques, apiculées, ogivales ou en forme de citron. La taille cellulaire varie de 2-3 µm de long à 20-50 µm. la largeur des cellules est de 1 à 10 µm. Le mode de reproduction végétative le plus courant chez les levures est le bourgeonnement.

Depuis de nombreuses années, les levures sont également utilisées en additifs alimentaires chez les animaux pour améliorer les performances zootechniques et comme régulateur de la flore intestinale chez l'homme. Ils induisent des effets positifs en termes de performances de productions chez plusieurs espèces des ruminants et monogastriques, mais ne peuvent pas coloniser le tractus digestif.

Les levures utilisées comme probiotiques sont des souches de *Saccharomyces cerevisiae*.

Une souche bien déterminée de cette levure est dénommée *Saccharomyces boulardii*[55 ; 69].

Chez les monogastriques, les principaux effets de la supplémentation en levures sont[70 ; 71] :

- La stimulation des di-saccharidases à bordure en brosse, créant un milieu riche en protéines et en vitamines, principalement en vitamines du groupe B (il s'agit de l'une des plus importantes sources naturelles de thiamine, une vitamine du groupe B qui est essentielle au métabolisme des hydrates de carbone et des gras[72 ; 70].
- L'effet anti-adhésion contre les pathogènes, la stimulation de l'immunité non spécifiques et spécifique, l'inhibition de l'action des toxines et l'effet antagoniste contre les microorganismes pathogènes.
- stimulation de la réponse immunitaire [73 ].

### **Tableau n° 01. Principaux microorganismes utilisés comme probiotiques**

<b>Lactobacillus</b>	<b>Bifidobacterium</b>	<b>Autres bactéries lactiques</b>	<b>Autres</b>
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Faecalis</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>propionibacterium</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Faecium</i>	<i>freudenreichii</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>Bulgaris</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Leuconstoc</i>	<i>cerevisiae</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. longum</i>	<i>mesenteroides</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>L. gasseri</i>		<i>Pediococcus</i>	<i>boulardii</i>
<i>L. johnssonii</i>		<i>acidilactici</i>	
<i>L. paracasei</i>		<i>Sporolactobacillus</i>	
<i>L. plantarum</i>		<i>Inulinus</i>	
<i>L. reuteri</i>		<i>Streptococcus</i>	
<i>L. rhamnosus</i>		<i>termophilus</i>	

**II.3. Mécanismes d'action des probiotiques :**

De façon générale, l'efficacité des probiotiques est liée à leur durée de présence dans le tube digestif ce qui n'implique pas forcément qu'ils puissent le coloniser ou s'y développer. Chez l'animal monogastrique, ils agissent comme des régulateurs de la flore intestinale en exerçant soit[74 ; 55 ; 27 ; 75].

a) un effet prophylactique (antagonisme contre certains pathogènes par production de substances antimicrobiennes ; compétition avec les pathogènes pour certains nutriments ou pour les récepteurs de la muqueuse intestinale),

b) et/ou un effet nutritionnel (augmentation de la digestibilité, production de nutriments favorables),

c) et/ou un effet de détoxification (moindre production d'ammoniac, d'amines, ou de cytotoxines).

d) certains effets d'activation du système immunitaire et la modification de la structure et les fonctions de l'épithélium intestinal ont également été démontrés.

Ces effets bénéfiques dû à l'administration de probiotiques pourraient s'expliquer par plusieurs mécanismes

**II.3.1. Inhibition des bactéries indésirables :**

La répression du développement de germes indésirables ou pathogènes peut se faire de plusieurs façons :

- La production d'acides organiques à partir des glucides de la ration alimentaire (l'acide lactique, l'acideacétique, l'acide propionique, l'acide butyrique) limite en abaissant le pH, le développement des *Escherichia coli* et des *Salmonella*. Ainsi que la production de peroxyde d'hydrogène et le diacetyl[76 ;42 ]. De plus l'acidification favoriserait le péristaltisme intestinal.

- Les souches probiotiques pourraient également réprimer la croissance des bactéries pathogènes par production des peptides antimicrobiennes[77 ; 78] de type bactériocine et reuterin[44] capables d'inhiber les germes fréquemment responsables d'infection en élevage.

Strompfov et al (2003) ont isolé à partir de jabot, une souche d'*Enterococcus faecium* EF55 ayant des propriétés de production de bactériocine et inhibant des bactéries Gram-positives (enterococci, staphylococci, lactococci, streptococci, lactobacilli, micrococci).

- Certaines souches utilisées comme probiotiques possèdent la capacité de déconjuguer les sels biliaires : les formes déconjuguées ont un pouvoir inhibiteur plus important sur le développement des bactéries que les formes conjuguées [79 ;80 ].

- Compétition pour les nutriments entre les probiotiques et les bactéries indésirables[1 ; 41 ].

- Agrégation des bactéries probiotiques et pathogéniques[44 ; 35 ; 75].

- Les souches probiotiques pourraient aussi agir en inhibant l'implantation des germes pathogènes par compétition pour la colonisation : l'adhésion des bactéries probiotiques au cellule intestinale permettrait une colonisation rapide et dirigée du tube digestif[37 ; 83 ; 56 ; 49].

**II.3.2. Neutralisation des produits toxiques :**

Les probiotiques interviennent très certainement dans la neutralisation de produits toxiques. Ils provoqueraient une atténuation du catabolisme intradigestif et une orientation de la microflore intestinale pour réduire l'absorption des substances

toxiques (ammoniac, amines et indoles) et diminuer les bio transformations des sels biliaires et des acides gras en produits toxiques. Les bactéries probiotiques auraient aussi la capacité de produire des métabolites susceptibles de neutraliser in situ certaines toxines bactériennes[77 ;1 ;58].

Les probiotiques auraient aussi la capacité de produire des métabolites susceptibles de neutraliser certaines toxines : *Saccharomyces boulardii* secrète une enzyme « Protéase » empêchant l'absorption des toxines ochratoxicoles, ce qui améliore les paramètres hématologiques[83].

### **II.3.3. Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire :**

Les souches probiotiques produisent d'enzymes digestives[83 ;84], ce qui favoriserait la digestion des glucides et des protéines : tel que les *Lactobacillus* qui excrètent la  $\beta$ -galactosidase souvent déficiente dans le tractus digestif de l'hôte et facilitent donc la digestion du lactose[60 ;74].

Les mécanismes de l'effet favorable des probiotiques sur la digestion du lactose sont[85] :

(a) principalement, l'ajout intra-luminal de lactase d'origine bactérienne (lactase résistant probablement à l'hydrolyse enzymatique intraluminal ) libérée par lyse cellulaire notamment sous l'effet de l'acidité gastrique et des sels biliaires dans le grêle proximal , et/ou produite par les corps bactériens vivants et en transit ;

(b) l'activité de la perméase bactérienne (du probiotique), permettant l'entrée du lactose dans la cellule probiotique et son hydrolyse lactasique, ce qui implique la conservation, au moins partielle, de l'intégrité bactérienne.

Les probiotiques pourraient améliorer l'utilisation de la ration alimentaire de manière indirecte en agissant sur la microflore intestinale ou au niveau des cellules épithéliales du tractus digestif.

La digestibilité de la ration alimentaire pourrait être également augmentée par la pré digestion des facteurs antinutritionnels tels que l'acide phytique et les glucosinates en substrats assimilables par l'hôte[53].

Les souches probiotiques permettraient, aussi, d'améliorer l'assimilation des acides aminés essentiels par l'hôte soit en les synthétisant soit en inhibant l'action des désaminases et des décarboxylases bactériennes excrétées par la microflore du tube digestif.

De nombreuses bactéries utilisées comme probiotiques synthétisent des vitamines pouvant être assimilées par l'hôte[86 ;50 ].

#### **II.3.4. Effet sur la muqueuse intestinale :**

L'altération de la perméabilité intestinale (fonction-barrière) causée par une infection, toxines ou autre facteur favorise un transfert aberrant d'antigènes (y compris la microflore locale) à travers l'intestin en engendrant des réponses immunitaires inappropriées (réactions inflammatoires ou autoimmunes).

Plusieurs probiotiques ont chez l'animal un effet favorable, à l'instar de la flore commensale, sur la fonction barrière de l'intestin, augmentant la résistance transépithéliale et diminuant la perméabilité notamment aux macromolécules. Selon Lan et al, 2004 la consommation du *Lactobacillus agilis* JCM 1048 et *Lactobacillus salivarius subsp salicinius*

*JCM 1230* s'accompagnait d'une élévation significative des comptes de lactobacilles dans le jéjunum et les ceacums.

L'effet des probiotiques sur la barrière muqueuse non-immune semble être la conjonction [87 ;88] :

(a) d'effets directs sur l'expression des mucines, sur le maintien (structure, localisation, phosphorylation) des protéines du cytosquelette et des jonctions serrées intercellulaires, donc sur la résistance électrique, la perméabilité, et les flux hydro-ioniques transépithéliaux ;

(b) et de la probable interface de ces effets avec le versant immun de la barrière muqueuse (adhérence bactérienne et interférence avec les pathogènes, translocation, réponse immune nonspécifique et de type humoral, interférence avec l'inflammation et réponse cytokinique).

Dock et son équipe (2004) ont montré chez les rats que les deux souches probiotiques

(*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus helveticus*) influencent positivement la restauration d'atrophie intestinale résultant d'une mal nutrition. Même constat auprès des poules de 42 j à qui l'on avait donné de la levure *Saccharomyces cerevisiae* [89].

#### **II.3.5. Influence sur la reponse immunitaire :**

La muqueuse du tractus intestinal représente la plus importante interface entre l'hôte et son environnement. Pour assurer la protection de l'hôte contre l'invasion d'organismes nocifs, les propriétés fonctionnelles de la muqueuse doivent donc être optimales. L'optimisation de ces fonctions est assurée par des mécanismes non spécifiques incluant, entre autres, la microflore intestinale et la production de molécules, soit par des bactéries désirables ou par l'hôte, qui contrôlent la croissance des bactéries et leur adhérence à la muqueuse intestinale.

Ces mécanismes constituent une première ligne de défense. quant au fonction immunitaires intestinales, elles font intervenir différents types de cellules qui interagissent ensemble pour surveiller et contrôler les agents infectieux qui n'ont pas pu être arrêtés complètement par les mécanismes non spécifiques[30]

Aucun organe n'héberge plus de cellules immunitaires que le tissu intestinal. Ces cellules peuvent être regroupées dans deux catégories principales, les lymphocytes et les phagocytes. Le premier groupe inclut les lymphocytes T et B et le second inclut les monocytes, les macrophages et les neutrophiles. Une fois ces cellules du système immunitaire activées par la présence d'un agent infectieux, elles produisent plusieurs facteurs nommées cytokines. Les cytokines jouent un rôle dans l'orchestration des mécanismes de défense qui seront activées pour combattre l'agent infectieux[42 ].

Tout comme la flore résidente, les probiotiques peuvent interférer avec le système immunitaire de l'hôte. Ils transitent dans la lumière intestinale et sont normalement séparés du système immunitaire local par la barrière épithéliale. Ils peuvent communiquer avec les cellules de la lamina propria soit indirectement en envoyant des signaux (cytokines) via les entérocytes, soit directement par contact, en cas de translocation vers la lamina propria et les ganglions mésentériques. Ce phénomène de translocation est minime en condition normale[30 ;90 ;58].

Les probiotiques peuvent aussi libérer des composés dans la lumière intestinale, qui sont susceptibles d'être absorbés par l'épithélium intestinal et d'agir sur les cellules immunitaires.

**II.3.5.1. Effets sur les cellules immunitaires impliquées dans les mécanismes de défense non spécifique :**

La phagocytose réalisée essentiellement par les macrophages est le principal mécanisme de défense non spécifique de l'organisme en réponse à la pénétration d'une substance étrangère.

L'état d'activation des macrophages est donc une mesure de la réponse immunitaire naturelle de l'hôte. Les probiotiques stimuleraient l'activation des macrophages [18].

L'administration orale de *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium bifidum* active les macrophages[60].

**II.3.5.2. Effets sur les cellules impliqués dans les mécanismes de réponses immunitaires spécifiques :**

Le système immunitaire spécifique comprend en fait deux systèmes : l'un agit par l'intermédiaire des anticorps sécrétés par les lymphocytes B (immunité humorale) et l'autre agit par l'intermédiaire direct des lymphocytes T (immunité à médiation cellulaire). Les deux systèmes communiquent entre eux par l'intermédiaire de substances chimiques telles que les interleukines.

L'augmentation de la réponse immunitaire spécifique provoquée par les probiotiques se traduit par une activation des lymphocytes T et B, provoquant une augmentation du taux d'interleukines et des anticorps circulants (IgM et IgG) et augmente les IgA à la surface de la paroi intestinale[91 ;18 ;58].

De nombreuses études ont démontré que la colonisation bactérienne influence le développement des fonctions immunitaires intestinales et systémique ; Un effet bénéfique de bactéries lactiques et tout particulièrement du mélange probiotique qui contient des

*(Lactobacillus plantarum, Lactobacillus rhamnosus, Bifidobacterium bifidum, Enterococcus*

*faecium, Candida pintolepesii, Aspergillus oryzae)*, a été observé pour l'amélioration de la réponse immunitaire chez les oiseaux vaccinés contre la grippe aviaire)[92].

D'autres effet ont été évalué avec un probiotique contenant 09 souches (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus bulgaris, Lactobacillus acodophilus,*

*Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium*, *Candida parapsilosis* et *Aspergillus oryzae* ) ; ou ont montré une différence significative versus le lot témoin concernant le titrage d'anticorps pour la maladie de Gumboro ainsi que le poids de la rate et la bourse de Fabricius[93].

### **II.3.5.3. Effets sur le système immunitaire sécrétoire :**

La présence des micro-organismes probiotiques favoriserait la production d'anticorps, notamment des IgA sécrétoires dans la lumière intestinale. Directement en contact avec l'antigène présent dans le contenu digestif les IgA sont importantes dans le tractus digestif ; elles font partie, comme au niveau des appareils respiratoire et génital, des premières défenses de l'organisme contre l'infection. Les IgA peuvent inhiber l'adhésion des bactéries pathogènes à la surface des muqueuses[30 ;94] :

- En agglutinant les bactéries.
- En se fixant sur les adhésines qui sont les facteurs d'adhésion présent à la surface des bactéries.
- En interférant avec les interactions adhésines/récepteurs cellulaires.

### **II.3.6. Critères de sélection des souches probiotiques :**

La majorité des définitions des probiotiques insistent sur le fait qu'un microorganisme probiotique doit obligatoirement être viable pour parvenir à l'occupation de son site d'action et par suite exercer ses biens effets.

#### **II.3.6.1. Choix de microorganismes :**

La première étape essentielle réside dans le choix du micro-organisme. Celui-ci doit être exempt de toute pathogénicité[68 ;17].

Toute fois ce genre de risque est pratiquement inexistant du fait que les microorganismes probiotiques ont trouvé de nombreuses applications dans l'industrie agroalimentaire (ces souches sont incorporées dans les yaourts, les dérivés lactés, les boissons, les fromages, les desserts réfrigérés et même le lait non fermenté) et ne présentent aucun danger pour l'homme, les animaux ou l'environnement [63 ;77].

**II.3.6.2. Résistance aux conditions rencontrées au cours du transit digestif :**

Les bactéries probiotiques pour être efficaces doivent parvenir vivantes au site de leur action, à savoir l'intestin, et donc résister aux différents mécanismes de défense de l'hôte.

Les bactéries étant administrées par voie orale, il est nécessaire qu'elles franchissent les obstacles majeurs du transit digestif :

Elles doivent donc résister aux enzymes présents dans la cavité buccale dont la principale est le lysozyme, au pH acide de l'estomac dû à la présence de forte concentration d'acide chlorhydrique, aux sucs pancréatiques et aux concentrations de bile et de mucus présentes dans l'intestin grêle[77 ;52].

Les résultats des essais indiquent que diverses souches de lactobacilles, notamment :

*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis* I23, *Lactobacillus fermentum* I 24, *Lactobacillus fermentum* I 24 et *Lactobacillus sp* peuvent montrer une tolérance aux sucs gastriques et biliaires[96 ;97].

**II.3.6.3. Colonisation du tractus digestif et adhésion aux cellules intestinales :**

Il est intéressant que les souches probiotiques puissent adhérer aux cellules de la paroi intestinale, ceci facilitant une bonne colonisation du tube digestif par les probiotiques[98].

D'après les travaux de Sanna et al (2002), les *Lactobacillus* (*Lb.crispatus* ST1, A33, et 134mi, *Lactobacillus reuteri* CT7; *Lactobacillus gasseri* CT5) présentent une meilleure affinité aux cellules du jabot.

Gusils et al, (2002) ont confirmé l'existence de différents déterminants de surface qui pourraient être impliqués dans les interactions entre des lactobacilles (*Lactobacillus animalis*, *L.fermentum*, *L.fermentum spp. Cellobiosus*) et les cellules épithéliales intestinales. .

**II.3.6.4. Activités antimicrobiennes :**

Les bactéries probiotiques doivent essentiellement jouer deux rôles au niveau du tractus digestif : améliorer la digestibilité de la ration alimentaire et maintenir de bonnes conditions sanitaires. L'activité antimicrobienne des lactobacilles (*Lactobacillus acidophilus*, *L.plantarum* et *L. brevis*) et *Bacillus subtilis* ATCC 6633 a été prouvé in vitro contre deux pathogènes entériques : *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium*[99].

L'effet inhibiteur de *Lactobacillus fermentum* sur *E. coli*, *S. typhimurium* et *S. aureus* avait été démontré[100].

Il est donc important que ces bactéries soient capables d'inhiber le développement des germes indésirables :

- soit par la production de substances antagonistes de type bactériocines ou autres tels que les acides organiques et le peroxyde d'hydrogène[19 ;101].
- soit en empêchant l'adhésion des germes pathogènes aux cellules de la paroi intestinale ; selon Hariharan et al (2004) l'emploi des probiotiques réduit la colonisation du tractus digestifs par les *C jejuni*.

**II.3.6.5. Viabilité et stabilité des microorganismes :**

C'est peut être, un des critères de sélection le plus important. Pour que les probiotiques puissent exprimer ces diverses potentialités, il faut qu'ils atteignent leur site d'activité digestive dans les conditions les plus propices à leur efficacité, ce qui suppose qu'ils soient vivants : cela induit des contraintes technologiques sévères au cours de la concentration et de la dessiccation pour une présentation en poudre, et interdit le passage dans une presse à granuler (qui porte la température au dessus de 80°C à moins de faire appel à des souches sporulées ou à des enrobages thermorésistants[77 ;44 ;102].

**II.4. Les probiotiques en aviculture :**

L'emploi commercial de probiotiques en élevages industriels des volailles est relativement nouveau. Comme pour les autres animaux, leur utilisation s'est développée à la suite des recherches effectuées sur le tractus gastro-intestinal qui

ont permis une meilleure compréhension du rôle de la microflore et de son importance sur la santé et l'hygiène digestive des animaux.

#### **II.4.1. Efficacité sanitaire des probiotiques :**

Leur efficacité première se situe au niveau de l'aspect sanitaire. Les probiotiques exercent des activités antibactériennes contre diverses bactéries pathogènes et notamment contre les microorganismes fréquemment responsables d'infection chez les poulets : *Salmonella sp*, *Compylobacter*, *Escherichia coli*. [103 ;104].

De nombreuses expériences confirment les effets des souches probiotiques, notamment les *Lactobacillus* contre les souches d' *Escherichia coli* et *Salmonella* :

- L'administration de *Lactobacillus salivarius* A23 à des poussins nouvellement éclos permet d'augmenter le poids et de diminuer le taux des pathogènes (coliformes) et augmenter le taux des lactobacilles dans le jabot dès le premier jour d'administration. Par contre, aucune diminution significative n'a été observée au niveau du cæcum. Ceci signifie que le probiotique agit essentiellement au niveau de jabot [105].

- L'administration de la microflore cæcale permet de protéger les animaux contre des infections par des souches de *Salmonella Typhimurium* et *S. drEnteritidis* [106].

- D'autres bactéries que les lactobacilles ont un effet probiotique. Tel est le cas d'*Enterococcus faecium* souche J96 isolé de l'intestin d'une poule. Cette souche réduit le taux de croissance de *Salmonella Pullorum*, *Gallinarum*, *Typhimurium* et *Enteritidis* in vitro. L'administration de 10<sup>9</sup> UFC de cette souche à des poussins de 30 h leur permet de survivre à un challenge 24 h plus tard avec 10<sup>5</sup> UFC de *Salmonella Pullorum* [107].

- Il y a également des rapports concernant l'emploi de mélanges de différentes souches ; *Lactobacillus Salivarius* et *Lactobacillus Plantarum* inhibent in vitro *Escherichia coli* et *Salmonella Typhimurium* [108]. Ainsi il a été rapporté récemment que la croissance de *Salmonella Enteritidis* était fortement réduite in vitro en présence d'un mélange des *Lactobacillus Crispatus* et de *Clostridium Lactatifermentans* à pH 5.8 [109]. En revanche, l'administration simultanée de *Salmonella Enteritidis* et *Lactobacillus salivarius* souche CTC2197 par voie orale à

des poussins d'un jour a permis une élimination complète des Salmonelles après 21 jours[110].

□ *L.salivarius* additionné au suspension fécale affecte positivement le poids des poussins et l'exclusion compétitive des Salmonelles[105]. De la même façon une suspension feacale permet de protéger les poussins contre une colonisation par les souches : *Salmonella Typhimurium*, *S. Agona*, *S. Infantis*, *S. Enteritidis*[111 ;21].

Ces expériences montrent qu'il serait possible de réaliser, dès l'éclosion chez des poussins, une colonisation dirigée du tube digestif des animaux avec des souches probiotiques à fort pouvoir inhibiteur plutôt que de laisser s'installer naturellement une flore lactique quelconque apportée par l'environnement. Il est évident que la microflore complexe du cæcum d'un adulte exerce une action protectrice contre la colonisation des bactéries pathogènes de type *E coli*, *Salmonella* et *Campylobacter*. Par contre, chez les poussins l'infection par des bactéries pathogènes est beaucoup plus fréquente du faite que la flore intestinale n'est pas complètement établie. De plus, les poussins étant séparés de leur mère dès leur éclosion, ils n'ont pas la possibilité d'acquérir la microflore protectrice maternelle. Tout ceci met l'accent sur l'intérêt d'utiliser des probiotiques en aviculture.

#### **II.4.2. Efficacite zootechnique :**

Chez l'animal, l'efficacité zootechnique revendiquée des probiotiques est souvent par l'amélioration de la croissance (GMQ), de l'indice de consommation (IC), et de l'état sanitaire voire du bien être des animaux établis par la réduction de la fréquence des diarrhées ou de la mortalité durant certaines phases critiques d'élevage: stress alimentaires (changement de régime alimentaire, rations riches en concentré), stress sanitaires (densité des animaux...).

En matière de productivité, les données publiées font apparaître une variabilité importante de la réponse animale pour le GMQ et pour l'IC, la réponse relative étant d'autant plus marquée que les conditions nutritionnelles et sanitaires sont médiocres [112].

Une telle variabilité en pratique n'est pas surprenante car l'action supposée passe par la modification de l'écosystème intestinal qui peut largement différer d'un essai à l'autre en fonction des microorganismes utilisés (souches) ainsi qu'à leur

concentration dans l'aliment, de l'interaction des probiotiques avec certains composants de l'aliment, de l'âge des animaux (les plus jeunes présentant des flores digestives moins stables que celle des adultes et une immunité moins établie), et de leur état nutritionnel et sanitaire.

#### **II.4.3. Les souches probiotiques du point de vue des performances zootechniques :**

□ L'administration d'une souche d' *Enterococcus faecium M-74*, à des poussins durant 06 semaines améliore les performances zootechniques des animaux par rapport au groupe témoin : le poids final est de 2168.25 g et un IC est de 2.02 pour le lot traité contre 1956.10 g et 2.16 pour le lot témoin ( $P < 0.01$ ) (Ivanković et al, 1999).

□ L'addition d'un probiotique, à base d' *Enterococcus faecium M-74*, à l'eau de boisson (3g/100l) des poussins durant 06 semaines améliore la croissance des animaux de 10.8% par rapport au lot témoin[27].

□ Yeo et Kim, (1997) ont étudié sur des poussins les effets zootechniques d'une souche de *Lactobacillus casei* : gain de poids, indice de consommation, activité d'uréase intestinal. La ration des poussins est supplémentée avec la souche de *Lactobacillus casei*, un antibiotique, extrait de yucca, ou n'est pas de tout supplémentée (lot témoin). Les résultats montrent que l'addition d'un probiotique favorise l'amélioration de gain moyen quotidien durant les 3 premières semaines avec diminution de taux d'uréase intestinales comparativement aux autres lots.

D'autres paramètres nutritionnels tel que l'activité des enzymes amylases sont également améliorés en présence des *Lactobacillus*. [113].

□ Un essai de supplémentation par la levure *Saccharomyces cerevisiae* a été conduit sur des poussins (4.108 UFC), la mortalité a été significativement diminuée dans le lot traité (Karaoglu et Dardug, 2005).

□ Paramètres environnementaux : Dans l'élevage intensif, la principale préoccupation environnementale concerne les déjections. l'emploi d'additifs probiotiques permet de réduire la quantité d'azote dans les effluent, ce qui pourrait représenter un gain d'efficacité alimentaire, à condition toutefois que l'énergie ainsi épargnée soit rendue disponible à l'animal. Ainsi son importance, d'un point de vue environnemental [114 ;115 ;116 ;117].

Selon Chang et Chen, (2003) la présence des souches *lactobacilli* dans l'aliment réduit l'excrétion d'ammoniac.

□ L'addition de jus de rumen lyophilisé augmente le poids des poulets de chair et améliore la conversion [118].

**III.1. Définition prébiotiques :**

Par définition les prébiotiques sont des ingrédients des aliments indigestibles, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces déjà résistantes dans la flore digestive de l'animal ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal [119 ;54 ;26]. Par conséquent, un produit sera classé comme prébiotique dès qu'il répond aux trois conditions suivantes :[81 ;120 ].

- être ni hydrolysé, ni absorbé dans le tractus gastro-intestinal.
- être sélectif pour un nombre limité de bactéries endogènes.
- Modifier la microflore intestinale en améliorant sa composition.
- Tout ceci doit nécessairement induire une modification de la composition de la flore, améliorant ainsi l'état de santé de l'hôte.

Compte tenu de ces critères particuliers, on constate que la plus part des prébiotiques sont des hydrates de carbones non digestible pour l'hôte.

**III.2. Différentes classes des prébiotiques :**

On distingue différentes classes de prébiotiques, selon la taille de la molécule ou suivant leur origine, naturelle ou synthétique [107 ;120].

**III.2.1. Les hexoses**, telle que le fructose, glucose, galactose et mannose, et les pentoses tels que le ribose, xylose et arabinose sont les monosaccharides prébiotiques les plus importants. Le galactose est disponible sous forme de disaccharides tels que le lactose. Cependant le monosaccharide le plus couramment utilisés comme prébiotiques est certainement le mannose.

**III.2.2. Les disaccharides naturels :**

Les plus couramment utilisés sont le sucrose, le lactose et le maltose.

**III.2.3. Les oligosaccharides [121] (Conway, 2001) :**

Sont produit la plupart de temps par synthèse ou par hydrolyse enzymatique, soit à partir des hexoses monosaccharides, soit à partir de la paroi de cellules

microbiennes ou par fermentation de polysaccharides. Parmi les monosaccharides, les fructo-oligosaccharides (FOS) occupent certainement une place importante.

Les FOS sont produits par hydrolyse d'inuline ou par synthèse à partir de sucrose ou de lactose. Les FOS réduisent la colonisation de l'intestin par *Salmonella*. L'administration de FOS dans les aliments pour volaille semble également réduire la colonisation de l'intestin par *Campylobacter* et les *Salmonelles* [51 ;107].

De la même façon Oyarzabal et ses collaborateurs (1995) ont mis en évidence l'efficacité d'une préparation probiotique associant un *E.laecium*, *L. Lactis*, ar *Pediococcus* sp, avec FOS ; l'incorporation permet l'exclusion des salmonelles à partir des caecums .

Les mannane-oligosaccharides (MOS) sont des constituants naturels de la paroi des levures et des gommes naturelles. Ce produit est constitué d'un lysat centrifugé de *saccharomyces cerevisiae*. L'administration de ces MOS protège la volaille contre plusieurs pathologies provoquant des troubles digestifs en stimulant le système immunitaire, modifié la flore intestinale et inactivant les aflatoxines [71 ;122].

### **III.3. Mode d'action des prébiotiques :**

Les prébiotiques agissent en amont des probiotiques. Où le probiotique fournir directement un micro-organisme aux actions bénéfiques pour l'hôte, le prébiotique se contente d'apporter une source nutritive sélective d'une flore bénéfique pour l'hôte. Le mode d'action des prébiotique est donc à rapprocher de celui des probiotiques.

Les prébiotiques sont généralement des oligosaccharides ou des polysaccharides à courte chaîne constitués approximativement de deux à vingt unités de sucres. Ils échappent à la digestion dans l'intestin grêle et sont des substrats potentiels pour l'hydrolyse et la fermentation par les bactéries intestinales.

Les prébiotiques doivent agir comme substrat sélectif d'une ou d'un nombre restreint de souches bactériennes bénéfiques qui résident dans le colon et en stimuler la croissance. Les bifidobactéries et les lactobacilles sont les micro-organismes du microbiote intestinal les plus fréquemment ciblés [123].

De plus en plus utilisé en thérapie [124], les prébiotiques sont également grandement utilisés dans les aliments et dans l'alimentation animale.

Les FOS sont des composants naturels que nous retrouvant dans divers végétaux( oignon ou blé par exemple), qui ne sont pas digérés par les mammifères mais qui peuvent être métaboliser par certaines bactéries [125]. Ils permettraient d'obtenir une réduction quantitative de la flore intestinale pathogène en étant à l'origine d'un environnement plus favorable pour les bactéries utiles qui se développent plus vite que les bactéries pathogènes qui sont incapables d'utiliser les FOS [126]

### **III.4. Caractérisation des exopolysaccharides(prébiotiques) :**

#### **III.4.1.Classification des EPS des bactéries lactiques :**

Les bactéries lactiques produisent deux principales classes d'EPS. Les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides.

Les homopolysaccharides sont constitués d'un seul type de monosaccharide joint par différents types de liaisons et d'embranchements. Ils comprennent, entre autres, les  $\alpha$ -D-glucane, produits par *Leuconostic mesenteroides*, *Streptococcus mutans* et *Streptococcus sobrinus* ; les D-glucanes produits par *Propionibacterium* spp. [127], *Pediococcus* spp. Et *Streptococcus* spp, ainsi que le lavane produit par *S treptococcus salivarius* [128].

Pour leur part, les hétéropolysaccharides sont des répétitions de plusieurs oligosaccharides, chacun contenant de trois à huit résidus et possédant un nombre limité de monosaccharides différents [129]. Des résidus acétyle, amino ou phosphate peuvent également retrouvés dans les unités répétitives. Les hétéropolysaccharides sont produits par des LAB mésophiles, comme *Lactococcus lactis* spp. *Lactis*, *L.lactis* ssp. *Cremoris*, *Lactobacillus casei* et *L.rhamnosus*, et par des LAB thermophiles, notamment *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus* et *S. thermophilus* [128]. La structure des hétéropolysaccharides peut varier, entre les espèces et entre les souches, selon la composition en sucres, la présence et la nature des chaines latérales, la masse moléculaire, ect.

Les différentes structures possibles des EPS affectent le pouvoir texturant de ces macromolécules dans les produits alimentaires. Etant donné que les EPS varient dans leur composition, leur arrangement spatial, leur charge, leur rigidité et leurs interactions avec les protéines, la corrélation entre la concentration des EPS et la

viscosité apparente et habituellement spécifique à chaque EPS. Malgré tout, certaines caractéristiques semblent communes à plusieurs EPS. Par exemple, les EPS ayant une masse molaire plus élevée entraîneront habituellement une plus grande viscosité. Aussi, les EPS neutres contribuent surtout à la viscosité, mais pas à l'élasticité, contrairement aux EPS chargés négativement qui vont plutôt contribuer à l'élasticité, mais pas à la viscosité [130].

### **III.4.2. Production et détection des EPS :**

#### **III.4.2.1. Détection de polysaccharide exo-cellulaire :**

Il existe plusieurs façons de détecter la présence de polysaccharides. Ces derniers peuvent être détectés qualitativement par un examen visuel, par coloration ou par microscopie photonique électronique. La mesure de viscosité et le dosage des EPS purifiés permet de les détecter quantitativement.

#### **III.4.2.2. Examen visuel :**

La façon la plus simple de détecter la production d'EPS chez une souche consiste à examiner une colonie sur un milieu gélosé. La colonie d'une souche productrice aura une apparence brillante et en touchant la colonie un cure-dent ou avec une anse àensemencer (manche de Koch), il y aura formation de longs filaments visqueux. Cependant, certaines souches de bactéries lactiques ne produisent pas de polymères sur un milieu gélosé mais en produisent en milieu liquide sous certaines conditions bien définies.

#### **III.4.2.3. Les colorations :**

Il est possible de sélectionner des clones bactériens producteurs d'EPS, appelés clones Mut<sup>+</sup>, en ajoutant des colorants cationiques dans le milieu de culture. Les clones Muc<sup>+</sup> sont révélés par le masquage de la coloration par le polysaccharide produit.

Les colorants cationiques ont une affinité pour les polysaccharides anioniques et neutres ; ils développent des interactions ioniques avec les anions organiques ou inorganiques de milieu environnant. Additionné au milieu de croissance, le colorant cationique se fixe donc sur le peptidoglycane de la paroi bactérienne, ce qui entraîne une coloration de la colonie d'une souche non-productrice. Ces colorant ne présentant pas d'affinité pour les polysaccharides excrétés, les polysaccharides produits masquent alors la coloration et les clones Muc+ apparaissent blancs [131].

Un exemple de colorant cationique est le rouge de ruthénium qui donne une coloration rose foncé au milieu de culture. Les colonies Muc+ apparaissent donc blanches sur fond rose par le masquage de la couleur dû aux exopolysaccharides produits. Les clones Muc- apparaissent rosés. Cette technique a été utilisée par [132] pour la sélection de clones d'une souche de *Lb. Delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* produisant différents niveaux de polysaccharides extracellulaires . De cette façon,[133] ont sélectionné la souche *Streptococcus thermophilus* Sfi6 possédant le phénotype de production d'EPS stables.

#### **III.4.3. Extraction et purification :**

La meilleure façon de doser quantitativement les EPS et de les extraire de milieu de culture et de les doser. Les polysaccharides bactériens extracellulaires précipitent en présence d'éthanol. Après les avoir purifiés pour enlever les protéines et les résidus du milieu pouvant interférer lors du dosage, il est possible de les doser avec une méthode calorimétrique comme celle de Dubois (1956) à l'acide sulfurique et phénol. Lors de ce dosage, la courbe étalon est produite avec du glucose et les unités de mesures sont exprimées en mg /l d'équivalents glucose. Cette méthode a aussi ses limites et un milieu défini et recommandé. En effet, certains éléments présents dans le MRS par exemple peuvent précipiter avec l'éthanol et fausser les résultats de dosage [134]. L'extraction des EPS dans le lait est plus compliquée ; les constituants di lait peuvent interférer dans la précipitation des polymères et les EPS bactériens ont tendance à s'associer aux protéines du lait pour former un complexe glycoprotéique. Il faut alors hydrolyser les caséines avec des enzymes spécifiques et bien purifier les polymères recueillis par une précipitation à l'éthanol [135].

#### **III.4.4. Dosage colorimétrique des EPS purifiés**

Les exopolysaccharides purifiés et lyophilisés sont suspendus dans de l'eau dé-ionisée (Millipore) et dosés selon la méthode de dosage des sucres totaux de Dubois et al. (1956) modifiée par Gerhardt et al. En 1981.

Le principe de cette méthode repose sur le fait que l'ajout d'acide sulfurique provoque l'hydrolyse des polysaccharides et la formation de 5-hydroxyméthyl-furfural qui donne, en présence de phénol, une coloration orangée. L'intensité de la couleur est directement proportionnelle à la quantité de sucre présent et est directement mesurable par spectrophotométrie. La réaction est sensible et la couleur est stable. De petites quantités de carbohydrates peuvent être détectées et la présence de protéines ou de peptides n'influence pas le dosage.

Une courbe standard est préparée à partir d'une solution glucose à une concentration donnée. Chaque échantillon est préparé et pré-dilué si nécessaire. Le blanc est fait avec la concentration 0 mg/l.

La lecture de l'absorbance se fait avec un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 499 nm. Les quantités de polysaccharides sont exprimées en mg/l d'équivalent glucose, selon la courbe standard.

#### **III.4.5. Caractérisation des EPS l'échelle chromatographique :**

La chromatographie sur couche mince (CCM) est la technique la plus simple, utilisée pour déterminer la composition en oses polysaccharidiques. Cette technique a été utilisée par Souly Frag(1978).

Avant d'être analysés, les polysaccharides doivent subir une hydrolyse acide afin de libérer les différents oses composants de ce polysaccharide.

Une plaque de chromatographie sur couche mince (TLC, CCM en français) se compose d'un support, en aluminium ou en verre, sur lequel a été étendue une fine couche d'un milieu de sorption (p. ex. la silice, SiO<sub>2</sub>) comme phase stationnaire. Ces plaques sont prolongées d'environ un demi-cm dans une phase mobile. Cette

dernière est généralement un mélange binaire ou ternaire de solvants, adapté au type de séparation recherché. Les composés déposés à environ un cm du bas de plaque sont alors humectés et dissous par la phase mobile qui progresse par la capillarité le long de phase stationnaire.

Selon la nature des phases mobile et stationnaire, deux types de mécanismes d'interaction permettent la séparation de composés présents en mélange : l'adsorption sur la surface de la phase stationnaire solide et le partage entre un film de phase stationnaire liquide et la phase mobile [136].

Pour les analyses de routine par TLC des chromatographies monodimensionnelles, on utilise généralement des plaques de Silicagel 60 F254 à l'emploi à support en aluminium (Merck) et celle-ci sont développées dans des cuves en verre conventionnelles (Camagà, dont l'atmosphère aura préalablement été saturée en vapeurs de la mobile.

Du fait de ses faibles contraintes techniques, de son emploi simple et de son coût relativement modeste, la TLC est un outil de choix pour l'analyse de routine d'extraits bruts, de fractions, ainsi que de produits pur isolés. Les quantités déposées sur les plaques sont normalement de 100 µg pour les produits purs.

Il s'agit également d'un support facilement utilisable pour caractériser ultérieurement des substances par leurs réactivités chimiques ou leurs activités sur certaines cibles biologiques. L'incorporation dans phase stationnaire des plaques du commerce de produits permettant la visualisation des composé UV-actifs à 254 nm et 366 nm, augmente le seuil de détection des produits à faible activité spectrale dans le domaine du visible (environ 450\_700 nm).

### **III.5. Effet des prébiotiques en aviculture :**

Les prébiotiques constituent une toute autre classe d'additifs. Par définition, les prébiotiques sont tous les produits ajoutés aux aliments qui sont indigestible pour le poulet, mais qui peuvent avoir un effet bénéficiaire sur la santé intestinale par la stimulation spécifique de la croissance ou de l'activité d'un nombre limité d'espèces bactériennes favorables. Presque tous les prébiotiques sont des oligosaccharides

ou des polysaccharides. Par exemple, plusieurs études ont montré un effet bénéficiaire de l'utilisation de lactose pendant la période juste avant l'abattage. Les fructo-oligosaccharides par contre, malgré leur effet bénéficiaire bien documenté sur la santé intestinale chez l'homme et les mammifères, ne semblent avoir qu'un effet marginal, voir inexistant, sur la colonisation de l'intestin de poulet par *Salmonella*. Les mannanes-oligosaccharides cependant ont bien un effet de protection contre les Salmonelles, ce que s'explique probablement par le blocage de l'attachement de *Salmonella* sur les cellules épithéliales de l'intestin. Les auteurs ont montré un effet de protection contre la colonisation et l'excrétion des Salmonelles dans les fientes d'un additif sur base d'arabinoxilo-oligosaccharides (AXOS), ce qui est d'autant plus surprenant que les polymères dont ces AXOS sont dérivés, et qui sont largement présent dans les céréales, telles que le froment et le seigle, semblent augmenté la sensibilité des poulet pour une infection à *Salmonella*. Aussi pour le « guar gum » et « partially hydrolysed guar gum », des effets de protection contre *Salmonella* ont été décrits. Il existe encore toute une gamme d'autres prébiotiques, pour lesquels cependant souvent, les effets de protection contre la colonisation et l'excrétion dans les fientes des agents zoonotiques n'ont pas été clairement documenté chez le poulet. Les probiotiques constituent une troisième grande place d'additifs testés pour une utilisation dans le cadre de lutte contre la Salmonellose et les autres agents zoonotiques chez le poulet. Les probiotiques par définition sont des microbes vivants ajoutés aux aliments. La plupart des souches microbiennes utilisées dans les produits probiotiques appartiennent aux genres *Bifidobacterium* ou *Lactobacillus*. Les lactobacilles peuvent produire des métabolites qui limitent la croissance des Salmonelles. Ils peuvent, dans certaines conditions, aussi moduler l'immunité et interférer dans l'attachement des Salmonelles sur les cellules épithéliales de l'intestin. Par ce biais, les Lactobacilles peuvent protéger contre la colonisation par *Salmonella*. Certaines souches de Lactobacilles ont déjà mélangées dans les aliments à la ferme avec de bons résultats. Cependant, la réduction des nombres de Salmonelles retrouvées au niveau de l'intestin après administration orale de Lactobacilles et souvent limitée [137].

Les oligosaccharides sont produits la plupart du temps par synthèse ou par hydrolyse enzymatique, soit à partir des hexoses monosaccharidiques, soit à partir de la paroi de cellules microbiennes, ou par fermentation de polysaccharides [138]. Parmi les

oligosaccharides, les fructo-oligosaccharides (FOS) occupent certainement une place importante. Les FOS sont constitués de courts polymères de fructose (liés en  $\beta$  1-2). Ils sont produits par hydrolyse d'inuline ou par synthèse à partir de sucrose ou de lactose [139]. On a démontré que les FOS réduisent la colonisation de l'intestin par *Salmonella* [140], d'autant que qu'une flore de compétition est donnée au même temps [141]. L'administration de FOS dans les aliments pour volailles semble également réduire la colonisation de l'intestin par *Campylobacter*.

L'administration de ces MOS à une concentration de 4000 ppm dans l'aliment de poussins de 3 jours a entraîné une réduction de la concentration de Salmonelles dans les caeca après challenge de *Salmonella typhimurium* et de *Salmonella dublin* [142]. On a démontré également que le contenu caecal des poules recevant des MOS dans les aliments, administré à des poussins, protégeait ces poussins contre un challenge avec *Salmonella enteritidis* [143].

Les polysaccharides, peu de données sont disponibles, sauf pour la gomme de guar obtenue par traitement enzymatique des fèves de *Cyanopsis tetragonolobus*. Le traitement à l'endo- $\beta$ -D-mannanase permet de cliver la chaîne centrale de mannose de la gomme. On obtient ainsi un mélange de galactomannanes que l'on appelle gomme de guar partiellement hydrolysée. Inclus dans l'aliment pour poule pondeuse à une concentration de 250 ppm cette gomme de guar partiellement hydrolysée a permis de protéger les poules contre un challenge assez sévère de *Salmonella enteritidis*, et en plus, la coquille des œufs ainsi que le blanc et le jaune des œufs étaient significativement moins contaminés [144].

## Conclusion

Les antibiotiques sont un facteur de croissance, utilisés dans l'alimentation animale ont apporté une contribution au développement et à l'économie des élevages avicoles par une amélioration de l'état sanitaire, de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire.

Cette utilisation et ses éventuelles conséquences, ne doivent pas masquer les risques d'antibiorésistances et d'intoxications chez l'homme résultant de la prescription aléatoire des antibiotiques.

En raison de cette évolution et dans la mesure où les antibiotiques agissent au niveau de la microflore intestinale, sont apparus, les « probiotiques » qui sont des souches de microorganismes vivants qui, administrés en continu dans l'aliment, sont censés reproduire les effets favorables des antibiotiques.

Aussi, les prébiotiques qui sont des ingrédients des aliments indigestibles, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces déjà résistantes dans la flore digestive de l'animal ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1. Schrezenmeir, J and De Vrese, M., 2001.** Probiotics, prebiotics, and synbiotics approaching a definition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73(2): 361-364.
- 2. Lan, P. T. N., Hayashi, H., Sakamoto, M., and Benno, y., 2002.** Phylogenetic analysis of cecal microbiota in chicken by the of 16s r DNA clone libraries. *Microbial. Immunol.*, 46(6) : 371-382.
- 3. Fuller, R., 1989.** Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.*, 66(5):365-378.
- 4. Apajalahti, J., and Bedford, M., 2000.** Impact of dietary and environmental factors on microbial communities of the avian gut tract.
- 5. Kung, L. Jr., 2001.** Direct-fed microbials and enzymes for dairy cows. Department of Animal & Food Sciences. University of Delaware.
- 5. Gong, J., 2002.** Cecal microflora and development of probiotics for broiler chickens. <http://www.poultryindustrycouncil.ca/Factsheets/Factsheets/burg129.pdf>
- 6. Freter, R., 2004** Factors affecting the gut by lactobacilli and other bacteria. The university of michingan, departement of microbiology and immunology. USA <http://www.old-herborn-university.de/literature/index.php>.
- 7. Gabriel, I., Mallet, S., Sibille, P., 2005.** La microflore digestive des volailles : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. *INRA. Prod. Anim.*, 18 (5) : 309-322.
- 9. Andrieu, V., 1995.** Intérêt des probiotiques dans le gavage du canard. Application a la région des landes. Thèse Docteur vétérinaire. Faculté de médecine de Nantes.
- 10. Paco, R. S., Leme, L. L., Bottino, J. A., Ferreira, A. J. P., 2003.** Identification of lactobacillus spp from broiler litter in brazil. *Braz J. Microbiol.*, 34: 236-237.
- 11. Gabriel, I., Mallet, S., Lessire, M., 2003.** La microflore digestive : une composante oubliée de la nutrition des volailles. Cinquièmes journées de la recherche avicole. Tours.
- 12. Larbier, M. et Leclercq, B., 1994.** Nutrition et alimentation des volailles. Edition. INRA.
- 13. Villate. D., 2001.** Maladies des volailles. Edt France Agricole. (2<sup>ème</sup> edition).

- 14.Lu, J., Idris, U., Harmon, B., Hofacre, C., Maurer, J. J., and Lee, M. D., 2003.** Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69: 6816-6824.
- 15.Rollan, R. S., 1997.** L'intestin grêle le reflet de notre image santé. Laboratoire symbiotique.
- 16.Jean-Blain, C., 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition. Médicales internationales. Ed. Médicales. Internationales. Tec et Doc.
- 17.Lee, M. D., Lu, J., Idris, U., Harmon, B., Hofacre, C., Maurer, J. J., 2002.** Microbial dynamics of the broiler intestinal tract. The Elanco Global Enteritis Symposium
- 18.Herich, R., Levkut. M., 2002.** Lactic acid bacteria, probiotics and immune system. *Vet. Med.*, 47(6): 169–180.
- 19.Lam, E. K. Y., Woo, P. C. Y., and Cho. C.H., 2005.** Probiotics and Gastrointestinal Disorders. *Pharmacologyonline.*, 1: 88-147.
- 20.Souilem, O., Gogny, M., 1994.** Particularité de la physiologie digestive des volailles. *Med. Vet.*, 145(7):525- 537.
- 21.Denis O. Krause, James D. House, and Nyachoti, C. M., 2004.** Alternatives to antibiotics in swine diets: a molecular approach. Department of Animal Science. University of Manitoba. Canada.
- 22.Prioult, G., 2003.** Effet des probiotiques sur l'induction et le maintien de la tolérance orale à la  $\beta$ -lactoglobuline chez la souris et étude de leurs mécanismes d'action. Thèse. Université Laval Québec.
- 23.Collinder, E., 2001.** Intestinal functions in animals. Karolinska University. Sweden.
- 24.Cebra, J. J., 1999.** Influence of microbiota on intestinal immune system development. *Am. J. Clin. Nutri.*, 69(5): 1046-1051.
- 25.Gauthier, R., 2002.** Le mode d'action des acidifiants et leur intérêt en engraissement. Maisons-Alfort. <http://www.jefo.ca/pdf/AFMVP5-fr.pdf>

- 26.FAO/WHO, 2004.** Health and Nutritional Properties of Probiotics in food including powder Milk with Live Lactic acid Bacteria.
- 27.Kralik, G., Milaković, Z., Ivanković, S., 2004.** Effect of probiotic supplementation on the performance and the composition of the intestinal microflora in broilers. Acta. Agraria Kaposvariensis ., 8(2): 23-31.
- 27.Guillot, J. F., 2001.** Consequences of Probiotics Release in the Intestine of Animals. Ciheam-lamz., p. 17-21 (Cahiers Options Méditerranéennes; v. 54), 3.
- 28.Doyle, M.E., 2001.** Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. Food research Institute., 1-12.
- 29.Oyetayo, V.O., and Oyetayo, F.L., 2005.** Potential of probiotics as biotherapeutic agents targeting the innate immune system. Afri. J. Biotechnol., 4 (2): 123-127.
- 30.Sanders, M. E., 1999.** Probiotics. Food. Technol. vol. 53, no. 11.
- 31.Mercenier, A., Pavan, S., and Pot, B., 2002.** Probiotics as Biotherapeutic Agents: Present Knowledge and Future Prospects. Curr. Pharm. Design., 8: 99-110.
- 32.Chukeatirote, E., 2003.** Potential use of probiotics. J. Sci. Technol., 25(2): 75-282.
- 33.Fuller, R., 2004.** Probiotics: their development and use. [http://www.old-herborn-university.de/literature/books/OHUni\\_book\\_8\\_article\\_1.pdf](http://www.old-herborn-university.de/literature/books/OHUni_book_8_article_1.pdf)
- 34.Rastall, R. A., Gibson, G. R., 2004.** Functional foods. Bioscience., Vol 2, N 1.
- 35.Edelman, S., 2005.** Mucosa-Adherent Lactobacilli:Commensal and Pathogenic Characteristics. University of Helsinki.
- 36.Catanzaro, J. A and Green, L., 1997.** Microbial Ecology and Probiotics in Human Medicine (Part II). Rev. Alternative. Medicine. Vol 2, N° 4.
- 37.Soomro, A.H., Masud, T. and Anwaar, K., 2002.** Role of lactic acid bacteria (LAB) in Food Preservation and Human Health. Rev. Pakistan Journal of Nutrition., 1(1) : 20-24
- 38.Sanders, M. E., 2000.** Considerations for Use of Probiotic Bacteria to Modulate Human Health. J. Nutr. 130: 384S–390S, 2000.

- 39. Mercenier, A., Pavan, S., and Pot, B., 2002.** Probiotics as Biotherapeutic Agents: Present Knowledge and Future Prospects. *Curr. Pharm. Design.*, 8: 99-110.
- 40. Callaway, T. R., Anderson, R. C., Edrington, T. S., Elder, R. O., Genovese, K. J., Bischoff, K. M., Poole, T. L., Jung, Y. S., Harvey, R. B., and Nisbet, D. J., 2003.** Preslaughter intervention strategies to reduce food-borne pathogens in food animals. *J. Anim. Sci.*, 81: 17–23.
- 41. Fooks, L.J. and Gibson, G. R., 2002.** Probiotics as modulators of the gut flora. *Brit. J. Nutr.*, 88, suppl. 1: 39-49.
- 42. Krehbiel, C. R., Rust, S. R., Zhang, G., and Gilliland, S. E., 2003.** Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.*, 81: 120–132.
- 43. Crittenden, R., Bird, A.R., Gopal, P., Henriksson, A., Lee, Y.K., and Playn, M.J., 2005.** Probiotic Research in Australia, New Zealand and the Asia-Pacific Region. *Curr. Pharm. Design.*, 11: 37-53.
- 44. Casas, I. A. and Dobrogosz, W.J., 2000.** Validation of the probiotic concept: *Lactobacillus reuteri* confers broad-spectrum protection disease in humans and animals. *Microbial ecology in health and disease.*, 12: 247-285.
- 45. Gusils, C., Cuozzo, S., Sesma, F., and Gonzalez, S., 2002.** Examination of adhesive determinants in three species of *Lactobacillus* isolated from chicken. *Can. J. Microbiol.* 48, 34-42.
- 46. Jones, P.J., 2002.** Functional foods more than just nutrition. *CMAJ.*, 166 (12): 1555-1563.
- 47. Anuradha, S., Rajeshwari, K., 2005.** Probiotics in Health and Disease. *JIACM.*, 6(1): 67- 72.
- 48. Klaenhammer, T. R., 2000.** Probiotic Bacteria: Today and Tomorrow. *J. Nutr.*, 130: 415-416.
- 49. Moreira, J. L. S., Mota, R. M., Horta, M. F., Teixeira, S. MR., Neumann, E., Nicoli, J. R. and Nunes, A. C., 2005.** Identification to the species level of *Lactobacillus* isolated probiotic prospecting studies of human, animal or food origin 16S-23S rRNA restriction profiling. *BMC. Microbiol.*, 5:15.
- 50. Grajek, W., Olejnik, A., and Sip, A., 2005.** Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *ACTA Biochimica. Polonica.*, Vol. 52 N°. 3: 665–671.

- 51. Gibson, G. R., and Fuller, R., 2000.** Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. *J. Nutr.*, 130: 391–395.
- 52. Malinen, E., 2002.** Molecular methods for detection of probiotics and intestinal microbiota and evaluation of *Lactobacillus brevis* as a potential probiotic dietary adjunct. University of Helsinki.
- 53. Herzig, I., Gopfert, E., Pisarikova, B., Strakova, E., 2003.** Testing of growth promoting and protective activity of the probiotic lactiferm in weaned piglets. *Acta. Vet. Brno.*, 72: 331-338.
- 54. Cummings, J. H. and Kong, S. C., 2004.** Probiotics, prebiotics and antibiotics in Inflammatory bowel disease Inflammatory bowel disease\_crossroads of microbes, epithelium and immune systems. Wiley, Chichester (Novartis Foundation Symposium 263): 99-114.
- 55. Rolfe, R. D., 2000.** The Role of Probiotic Cultures in the Control of Gastrointestinal Health. *J. Nutr.*, 130: 396–402.
- 56. Zhang, Z., 2004.** Development of probiotics and prebiotics opportunities and challenges.  
<http://www.ttc-binzen.de/ttcsite/dokumente/zhang.pdf=zang>
- 57. Oyetayo, V.O., and Oyetayo, F.L., 2005.** Potential of probiotics as biotherapeutic agents targeting the innate immune system. *Afri. J. Biotechnol.*, 4 (2): 123-127.
- 58. O'Sullivan, G.C., Kelly, P., O'Halloran, S., Collins, C., Collins, J.K., Dunne, C., and Shanahan, F., 2005.** Probiotics: An Emerging Therapy. *Curr. Pharm. Design.*, 11: 3-10.
- 59. Drouault, S., Corthier, G., 2001.** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Vet. Res.*, 32: 101–117.
- 60. Salminen, S., Wright A., Morelli, L., Marteau, P., Brassart, D; De Vos, W.M., Fondén, R., Saxelin, M., Collins, K., Mogensen, G., Birkeland, S.E., Mattila-Sandholm, T., 1998.** Demonstration of safety of probiotics -- a review. *Int. J. Food. Microbiol.*, 44(1-2):93-106.
- 61. Sanders, M. E., 2001.** Lactic acid bacteria and human health. *Dairy and Food culture technologies, USA.*, 73:361–364.

- 62. Sillanpaa, J., 2001.** Tissue-Adherence in lactic acid bacteria: Identification and characterization of the collagen-binding S-layer protein of *Lactobacillus crispatus*. University of Helsinki.
- 63. Klaenhammer, T., Altermann, E., Arigoni, F., Bolotin, A., Breidt, F., Broadbent, J., Cano, R., Chaillou, S., Deutscher, J., Gasson, M., Van de Guchte, M., Guzzo, J., Hartke, A., Hawkins, T., Hols, P., Hutkins, R., Kleerebezem, M., Kok, J., Kuipers, O., Lubbers, M., Maguin, E., McKay, L., Mills, D., Nauta, A., Overbeek, R., Pel, H., Pridmore, D., Saier, M., Sinderen, D., Sorokin, A., Steele, J., O'Sullivan, D., de Vos, W., Weimer, B., Zagorec, M., et Siezen, R., 2002.** Discovering lactic acid bacteria by genomics. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82: 29–58.
- 64. Beasley, S., 2004.** Isolation, identification and exploitation of lactic acid bacteria from human and animal microbiota. University of Helsinki.
- 65. Brady, L. J., Gallaher, D. D. and Busta, F. F., 2000.** The Role of Probiotic Cultures in the Prevention of Colon Cancer. *J. Nutr.*, 130: 410–414.
- 66. Salminen, S., 2001.** Human studies on probiotics: Aspects of scientific documentation. *Scand. J. Nutr.*, 45:8-12.
- 67. Chukeatirote, E., 2003.** Potential use of probiotics. *J. Sci. Technol.*, 25(2): 75-282.
- 68. Suvarna, V. C., and Bobby, V. U., 2005.** Probiotics in human health: A current assessment. *Current Science*, Vol. 88, No. 11, 10.
- 69. Toma, M. M., Raipulis, J., Kalnina, I. and Rutkis, R., 2005.** Effect of Probiotic Yeast on Genotoxicity. *Food Technol. Biotechnol.*, 43 (3): 301-305.
- 70. Auclair, E., 2001.** Yeast as an example of the mode of action of probiotics in monogastric and ruminant species. *Ciheam-Iamz.*, p. 45-53.
- 71. Anonyme, 2002.** Yeast derivatives. *Rev. CFNP. TAP.*
- 72. Kung, L. Jr., 2001.** Direct-fed microbials and enzymes for dairy cows. Department of Animal & Food Sciences. University of Delaware
- 73. Coppola, M. M., and Turnes, C. G., 2004.** Probiotics and immune response. *Ciencia Rural. Santa Maria.*, 34(4): 1297-1303.
- 74. Netherwood, T., Gilbert, H. J., Parker, D. S., and O DONNELL, A. G., 1999.**

Probiotics shown to change bacterial community structure in the avian gastrointestinal tract. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65(11) : 5134-5138.

**75.Simon, O., 2005.** Micro-Organisms as Feed Additives –Probiotics. *Advances in Pork Production Volume 16*, pg. 161.

**76.Salminen, S., 1999.** Probiotics: Scientific Support for Use. *Food Technology.*, Vol. 53, N°. 11.

**77.Percival, M., 1997.** Choosing a Probiotic Supplement.*Clinical. Nutrition. Insights.* Vol. 6, No.1.

**78.Van Belkum, M. J., and Stiles. M. E., 2000.** Nonantibiotic antibacterial peptides from lactic acid bacteria. *Nat. Prod. Rep.*, 17: 323-335.

**79.Bezkorovany, A., 2001.** Probiotics determinants of survival and growth in the gut. *American J. Clin. Nutr.*, 73(2): 399-405.

**80.Marteau, P., 2001.** Safety aspects of probiotic products. *Scand. J. Nutr.*, 45:8-12.

**81.Chandra, R. K., 2004.** Micronutrients, probiotics and the liver. *J. Gastroenterol. Hepatol.*, 19: 398–400.

**82.Agawane, S. B., 2004.** Effet of probiotics containg saccharomyces boulardii on experimental ochratoxicosis in broilers: hematobiochemical studies. *J. Vet. Sci.*, 5(4): 359-367.

**83.Ghadban, G. S., 2002.** Probiotics in broiler production. *Rev. Arch. Geflügelk.*, 66 (2): 49 – 58.

**84.Lee, K.W., Lee, S. K. and Lee, B. D.; 2006.** *Aspergillus oryzae* as Probiotic in Poultry.*Poult.Sci.*,(1):01-03.

**85.AFSSA, 2005.** Effects of probiotics and prebiotics on flora and immunity in adult. *AFSSA.*,Vol 1. p 126.

**86.Choct, M., 2001.** Alternatives to in-feed antibiotics in monogastric animal industry. *ASA Technical bulletin.* Vol. An 30.

**87.Mahida, Y. R., and Rolfe, V. E., 2004.** Host–bacterial interactions in inflammatory bowel disease. *Clin. Science.* 107: 331-341.

**88.Leahy, S.C., Higgins, D.G., Fitzgerald, G.F., and van Sinderen, D., 2005.** Getting better with bifidobacteria. *J. App. Microbiol.*, 98: 1303-1315.

**89.Pelicano, E. R. L., Souza<sup>a</sup>, P. A., Souza<sup>a</sup>, H. B. A., Oba A., Norkus<sup>c</sup>, E. A., Kodawara<sup>c</sup>.**

**Lima, T. M. A., 2003.** Effect of different probiotics on broiler carcass and meat quality. *Rev. Bras. Cienc.*, 5(03) : 207-214.

**90. Chandra, R. K., 2004.** Micronutrients, probiotics and the liver. *J. Gastroenterol. Hepatol.*, 19: 398–400.

**91. Corpet, D. E., 2000.** Mécanismes de la promotion de croissance des animaux par les additifs alimentaires antibiotiques. *Méd. Vét.*, 151(2): 99-104.

**92. Ghafoor, A., Naseem, S., Younus, M., and Nazir, J., 2005.** Immunomodulatory Effects of Multistrain Probiotics (Protexin™) on Broiler Chicken Vaccinated Against Avian Influenza Virus (H9). *Poult. Sc.*, 4 (10): 777-780.

**93. Kabir, S.M.L., Rahman, M.M., Rahman, M.B., M.M. Rahman and S.U. Ahmed., 2004.** The Dynamics of Probiotics on Growth Performance and Immune Response in Broilers. *Poult. Sc.*, 3 (5): 361-364.

**94. Isolauri, E., Sütas, Y., Kankaanpää, P., Arvilommi, H., and Salminen, S., 2001.** Probiotics: effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 73, No. 2, 444-450.

**95. Bouziane, T., Elmajdoub, T., Thonart, Ph., Hamdi, M., 2004.** Sélection de bactéries lactiques probiotiques d'origine animale. *Microb. Hyg. Alim.*, Vol 16. N° 46.

**96. Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N., and Jalaludin, S., 1998.** Acid and bile tolerance of lactobacillus isolated from chicken intestine. *Appl. Microbiol.*, 27: 183-185.

**97. Chou, L.S. and Weimer, B., 1999.** Isolation and characterization of acid and bile Tolerant isolates from strains of *Lactobacillus acidophilus*. *J. Dairy. Sci.*, 82: 23–31.

**98. Crittenden, R., Bird, A.R., Gopal, P., Henriksson, A., Lee, Y.K., and Playn, M.J., 2005.** Probiotic Research in Australia, New Zealand and the Asia-Pacific Region. *Curr. Pharm. Design.*, 11: 37-53.

**99. El-nagger, M. Y. M., 2004.** Comparative study of probiotic cultures to control the growth of *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*. *Biotechnology.*, 3 (2): 173-180.

**100. Reque, E. F., Pandey, A., Franco, S. G.; Soccol, C. R., 2000.** Isolation, identification and physiological study of *Lactobacillus fermentum* Ipb for use as probiotic in chickens. *Braz. J. Microbiol.* v.31 n.4.

**101. Lima E. T., and Andreatti Filho, R. L., 2005.** Bacteriocins: nomenclature, detection, mechanism of action and potential use in poultry production. *J. Food, Agri. Enviro.*, 3 (2): 62-66.

- 102. Klaenhammer, T. R., 2000.** Probiotic Bacteria: Today and Tomorrow. *J. Nutr.*, 130: 415-416.
- 103. Van Immerseel, F., Cauwerts, K., Devriese, L.A., Haesebrouck, F., and Ducatelle, R., 2002.** Feed additives to control Salmonella in poultry. *World's Poultry Science Journal.*, 58: 501-51.
- 104. Van Immerseel F., De Buck j., Boyen F., Pasmans F., Bertrand S., Collard J.M., Saegerman C., Hooyberghs J., Haesebrouck F., Ducatelle R., 2005.** Salmonella dans la viande de volaille et dans les oeufs : un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. *Ann. Méd. Vét.*, 149: 34-48.
- 105. Zacconi, C., Scolari, G., Sarra, P. G., 1999.** Effect of administration of *Lactobacillus salivarius* and lactic microflora in chick digestive tract. *Annali di Microbiologia ed Enzimologia.*, 49 : 117-123.
- 106. Andreatti Filho, R. L., Da Silva, E. N., Ribeiro, A. R., Kendo, N., Curi, P. R., 2000.** Use of anaerobic cecal microflora, lactose and acetic acid for the protection of broiler chicks against experimental infection with salmonella typhimurium and salmonella enteritidis. *Braz. J. Microbiol.*, 31:107-112.
- 107. Van Immerseel, F., De Buck, J., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., 2003.** Stratégies nutritionnelles pour réduire les agents pathogènes chez la volaille. *Cinquièmes journées de la recherche avicole.* Tours.
- 108. Murry, A.C., A Hintonjr, J. R and Morrison, H., 2004.** Inhibition of growth of escherichia coli, salmonella typhimurium and clostridia on chicken feed media by *Lactobacillus salivarius* and *Lactobacillus plantarum perfringens*. *International journal of poultry science.*, 3 (9): 603-607.
- 109. Van den Bogaard A. E., Stobberingh, E.E., 2000.** Epidemiology of resistance to antibiotics Links between animals and humans. *International Journal of Antimicrobial Agents.*, 14 : 327-335.
- 110. Pascual, M., Hugas, M., Badiola, J. I., Monfort, J. M., and Garriga, M., 1999.** *Lactobacillus salivarius* CTC2197 Prevents Salmonella enteritidis Colonization in Chickens. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65(11) : 4981–4986.
- 111. Oliveira, G. H., Junior, A. B.; Barrow, P. A., 2000.** Prevention of salmonella infection by contact using intestinal flora of adult birds and/or a mixture of organic

acids. *Braz. J. Microbiol.*, 31:116-120.

**112. Edens, F.W., 2003.** An alternative for antibiotics use in poultry: Probiotics. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, Vol.5. N°.2.

**113. Jin, I. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N., and jalaludin, S., 2000.** Digestive and bacterial enzyme activities in broilers fed diets supplemented with lactobacillus cultures. *Poult. Sci.*, 79: 886-891.

**114. Applegate, T.J., and Angel, R., 2005.** Feasibility versus practicality of phosphorus reduction in poultry: progress and future needs. Symposium State of the Science Animal Manure and Waste Management. Annual Report.

**115. Wood, M. T., 1998.** The use of EM in the poultry industry. Sustainable community development, L.L.C.

**116. Rotz, C. A., 2004.** Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.*, 82: 119–137.

**117. Lee, K.W., Lee, S. K. and Lee, B. D.; 2006.** *Aspergillus oryzae* as Probiotic in Poultry. *Poult. Sci.*, 5 (1): 01-03.

**118. Kuçukersan, K., Tuncer, S.D., Sanli, Y., Midilli, M., Goncuoglu, E., Kuçukersan, S., and Tan, H., 2002.** The effects of dietary stabilized rumen extract (SRE) and virginiamycin on performance and carcass yield of broilers. *Méd. Vét.*, 153(11) : 723-726.

**119. Gibson G.R.; Roberfroid, M.B., 1995.** Dietary modulation of the human colonic microbiota : introducing the concept of prebiotics. *J Nutr*, 125(6):1401-1412.

**120. Gibson G.R. Probert, M, H, Loo, V, J, Rastall, A, R, and Roberfroid, B, M, 2004.** Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Review*, 17: 259-275.

**121. Conway P. L., 2001.** Prebiotic and human health: The state-of-the-art and future perspectives. *Scand. J. Nutr.*, 45: 13-21.

**122. Revington B., 2002.** Feeding poultry in the post-antibiotic era. Multi-State poultry Meeting. <http://ab.ansc.purdue.edu/poultry/multistate/multi-state.pdf>.

**123. Marteau P, Seksik P, Lepage P, Dore J. 2004.** Cellular and physiological effects of probiotics and prebiotics. *Mini Rev Med Chem* 4: 889-896.

- 124. Larking TA, Astheimer LB, Price WE. 2007.** Dietary combination of soy with a probiotic or prebiotic food significantly reduces total and LDL cholesterol in mildly hypercholesterolaemic subject. *Eur J Clin Nutr.*
- 125. Willard MD., Simpson R.B., Delles E.K., Cohen N.D., Fossum T.W., Kolp D.L., Reinhard G., (1994).** Effects of dietary supplementation of fructo-oligosaccharides on small intestinal bacterial overgrowth in dogs, *Am. J. Vet. Res*, 55, 654-9.
- 126. Iecoindre P., (2000)** proliferation bacterienne chronique intestinal, *Prat Med Chir Anim Comp* ; 35 ,511-514.
- 127. Deursch SM , Falentain H, Dols-Lafargue M , Lapointe G , Roy D (2008)** Capsular exopolysaccharide biosynthesis gene of propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii. *International Journal of Microbiology* 125: 252-258
- 128. De Vuyst L, Degeest B (1999).** Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 23. 23:153-177.
- 129. Degeest B, Vaningelgem F, De Vuyst L (2001).** Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria, *International Dairy Journal* II: 747-757.
- 130. Jolly L, Vincent SJF, Duboc P, Nesser JR (2002).** Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology* 82: 367-374.
- 131. Gancel FEY NOVEL, G., Carcano, D.; Loones, A., Ramos, P. 1988.** Procède de sélection de clones bactériens producteurs d'exopolysaccharides et clones producteurs obtenus . Brevet NO : R 2 632 968 –al . France 88 08009.
- 132. Bouzar , Fm , Cerning, J . and Desmazeaud, M . ( 1995)** Exopolysaccharide production in milk by lactobacillus delbrueckii ssp . bulgarius CNRZ 1187 and by two colonial variants . *Journal of Dairy Science* 79,205-211
- 133. Stingeles F ., J. R . Neeser, and B. Mollet. 1996.** Identification and characterization of the eps (exopolysaccharide) gene cluster from *Streptococcus thermophilus* Sfi6. *J. Bacteriol.* 178:1680-1690.

- 134.Garcia-Garibay M., Marshall, V .M.E. 1991.** Polymer production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgancus*. *Journal of Applied Bacteriology*. 70 : 325-328.
- 135.Bouzar F., Cerning J. et Desmazeaud M., 1997.** Exopolysaccharide production and texturepromoting abilities of mixed strain starter cultures in yogurt production. *J. Dairy Sci.* 80 : 2310-2317.
- 136.Pachaly P.(1999).** *Dunnschicht-Chromatographie in der Apotheke*. 1. Bis 4. Lieferung, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- 137.Van Coillie E., Goris J.,Cleenwerck I.,Grijspeerdt K.,Bottldoorn N., Van Immerseel F ., De Buck J., Vananneyt M., Swings J.,Herman L. et Heyndrickx M.(2007)** Identification of *Lactobacilli* isolated from the cloaca of laying hens and characterization for potential use as probiotics to control *Salmonella Enteritidis* .*Journal of Applied Microbiology* 102,1095-1106..
- 138. Iji P.A. ? Tivey D.R.,1998.***World'spoultry Sci.J*,54,129-143
- 139. Le Blay G., Michel C ., Blottiere H.M cherbut C.,1999.***J.Nut.*129,2231-2235
- 140.Fukata T., Sasai, K.,Amiyamoto, T.and Baba, E. 1999** .Inhibitory effects of competitive exclusion and fructo-oligosaccharide, singly and in combination, on *Salmonella* colonization of chicks. *Journal of Food Protection* 62:229-233.
- 141.Bailley J.S., Blankenship L.C.,Cox N.A., 1991.** *Poultry Sci.* 70, 2433-2438
- 142.Spring P., Wend C., Dawson K.A., Newman K.E.,2000.** *Poultry Sci.* 205-2
- 143.Fernandez F., Hinton M., Van Gils B., 2000.** *Avian Pathol.* 29, 575-581.
- 144.Ishihara N., Chu D.C., Akachi S., Jujena L.R.,2000.** *Poultry Sci.* 79, 689-697.

## DEDICACES

*A mes chers parents*

*A ceux qui m'ont tout a donné.*

*Qu'ils trouvent dans ce mémoire le témoignage de mon infinie reconnaissance et de mon  
Amour.*

*Grâce à vous que j'ai envie d'aller plus loin, que Dieu vous donne bonne santé et longue  
vie.*

*A mes chers frères et soeurs*

*Qui m'ont entouré toujours de tout leur amour, leur soutien et leur affection.*

*Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond amour.*

*A tous mes amis.*

*A mes collègues de promotion.*

*A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.*

*A toutes les personnes que je connais et qui me sont chères.*

**Nacéra**

# SOMMAIRE

## REMERCIEMENTS

## DEDICACE

## SOMMAIRE

## LISTE DES TABLEAUX

Introduction .....	8
--------------------	---

### CHAPITRE I : RAPPEL SUR LA MICROFLORE DIGESTIVE DES VOLAILLES

I.1. Introduction .....	9
I.2. Répartition de la flore intestinale du poulet .....	9
I.3. Rôle de la flore digestive .....	10
I.3.1. Aspect nutritionnel .....	10
I.3.1.1 Digestion des glucides .....	10
I.3.1.2 Digestion des protéines .....	10
I.3.1.3 Digestion des lipides .....	11
I.3.1.4. Minéraux et vitamines .....	11
I.3.2. Impact sur la physiologie digestive .....	11
I.3.2.1.les effets de la microflore sur l'anatomie et la physiologie du tractus digestif .....	12
I.3.2.2. Production et hydrolyse du mucus.....	12
I.3.3 Rôle sur la santé de l'animal.....	12
I.3.3.1. Stimulation du système immunitaire.....	12
I.3.3.2. Protection contre les microorganismes néfastes .....	13
I.3.3.3. Production des substances et métabolites .....	14

## CHAPITRE II : LES PROBIOTIQUES

II. 1. Définition.....	15
II. 2. Les microorganismes utilisés comme probiotiques.....	16
II.2.1. Les bactéries lactiques et leur action probiotiques.....	16
II.2.2. Les bifidobactéries et leur action probiotique.....	17
II.2.3. Les levures et leur utilisation comme probiotiques .....	18
II. 3. Mécanisme d'action des probiotiques .....	19
II.3.1. Inhibition des bactéries indésirables.....	20
II.3.2. Neutralisation des produits toxiques.....	20
II.3.3. Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire .....	21
II.3.4. Effet sur la muqueuse intestinale.....	22
II.3.5. Influence sur la réponse immunitaire.....	22
II.3.5.1. Effets sur les cellules immunitaires impliquées dans les mécanismes de défense non spécifique .....	23
II.3.5.2. Effets sur les cellules impliqués dans les mécanismes de réponses immunitaires spécifiques .....	24
II.3.5.3. Effets sur le système immunitaire sécrétoire .....	25
II.3.6. Critères de sélection des souches probiotiques.....	25
II.3.6.1. Choix de microorganismes .....	25
II.3.6.2. Résistance aux conditions rencontrées au cours du transit digestif.....	25
II.3.6.3. Colonisation du tractus digestif et adhésion aux cellules intestinales.....	26
II.3.6.4. Activités antimicrobiennes .....	26
II.3.6.5. Viabilité et stabilité des microorganismes .....	27
II. 4. Les probiotiques en aviculture .....	27
II.4.1. Efficacité sanitaire des probiotiques.....	27
II.4.2. Efficacité zootechnique .....	29

II.4.3. Les souches probiotiques du point de vue des performances zootechniques .....	30
---	----

### CHAPITRE III : LES PREBIOTIQUES

III. 1.Définition des prébiotiques .....	32
III. 2.Différences classes des prébiotiques .....	32
III.2.1.Les hexoses.....	32
III.2.2. Les disaccharides naturels .....	32
III.2.3. Les oligosaccharides .....	32
III. 3. Mode d'action des prébiotiques.....	33
III.4. Caractérisation des exopolysaccharides(prébiotiques) .....	34
III.4.1.Classification des EPS des bactéries lactiques.....	34
III.4.2. Production et détection des EPS .....	35
III.4.2.1. Détection de polysaccharide exo-cellulaire.....	35
III.4.2.2. Examen visuel .....	35
III.4.2.3. Les colorations.....	35
III.4.3. Extraction et purification .....	36
III.4.4. Dosage colorimétrique des EPS purifiés.....	37
III.4.5. Caractérisation des EPS l'échelle chromatographique.....	37
III.4.5. Caractérisation des EPS l'échelle chromatographique.....	38
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>39</b>

**Liste des tableaux :**

- 1. Tableau n° 01. Principaux microorganismes utilisés comme probiotiques**

# *REMERCIEMENTS*

*Tout d'abord,*

*Je tiens à remercier Dieu Le tout Puissant pour nous avoir accompagné tout au long de ce parcours et donné la force et le courage d'accomplir ce modeste travail.*

*Nos sincères remerciements pour KAABOUB ELAID notre promoteur qui nous a guidée et conseillée tout au long de la réalisation de ce travail avec sa patience et sa disponibilité*

*Nos remerciements s'adressent également à la présidence de jury ainsi qu'aux honorables membres qui le composent*

*Nos remerciements vont également à*

*Les enseignants de département vétérinaire*

*Et tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près.*

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Institut des Sciences  
Vétérinaires- Blida

Université Saad  
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du  
**Diplôme de Docteur Vétérinaire**

**LES EFFETS DES PROBIOTIQUES ET DES  
PREBIOTIQUES CHEZ LA VOLAILLE: ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

Présenté par :

**ANSEUR Karima  
SLIMANI Nacera**

Devant le jury :

Président(e) : **Dr DAHMANI. H M.A.A** *ISV Blida 1*

Examineur : **Dr SALHI. O M.A.A** *ISV Blida1*

Promoteur : **Dr KAABOUB.E M.A.B** *ISV Blida 1*

**Année: 2016/2017**

## Résumé

Les probiotiques et prébiotiques sont généralement des oligosaccharides ou des polysaccharides à courte chaîne constitués approximativement de deux à vingt unités de sucre. Ils échappent à la digestion dans l'intestin grêle et sont des substrats potentiels pour l'hydrolyse et la fermentation par les bactéries intestinales. Ces dernières ont été définies aussi comme des préparations microbiennes vivantes utilisées comme additifs alimentaires, et qui ont une action bénéfique sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale.

C'est dans ce contexte qu'on se propose par le présent travail d'étudier l'efficacité nutritionnelle chez le poulet de chair des probiotiques et des prébiotiques ainsi que leurs impacts sur quelques paramètres sanguins.

Ce travail bibliographique comprend trois grandes chapitres dans le premier nous avons détaillé le rôle de la microflore digestive chez la volaille, dans le deuxième nous avons décrit des différents additifs (probiotiques) dans les rations alimentaires et en fin la troisième partie comprend les différents prébiotiques utilisés dans le domaine avicole.

## **summary**

Probiotics and prebiotics are generally short chain oligosaccharides or polysaccharides consisting of approximately two to twenty sugar units. They escape digestion in the small intestine and are potential substrates for hydrolysis and fermentation by intestinal bacteria. The latter have also been defined as live microbial preparations used as food additives and which have a beneficial effect on the host by improving digestion and intestinal hygiene.

It is in this context that it is proposed by this work to study the nutritional efficiency in broiler chicken of probiotics and prebiotics as well as their impact on some blood parameters.

This bibliographic work consists of three main chapters in the first part, we have detailed the role of digestive microflora in poultry, in the second we have described different additives (probiotics) in food rations and in the third part the different prebiotics used In the poultry sector.

## ملخص

البروبيوتيك والبريبايوتكس وعادة ما تكون يغوساكاريدس أو السكريات قصيرة سلسلة تتألف من حوالي 2-20 وحدات السكر. يهربون الهضم في الأمعاء الدقيقة، وهي ركائز المحتملة للتحلل والتخمير بواسطة البكتيريا المعوية. وقد تم تحديد هذه الأخيرة كما الميكروبية الحية تستخدم المضافات الغذائية، والتي يكون لها تأثير مفيد على المضيف عن طريق تحسين عملية الهضم وصحة الأمعاء.

وفي هذا السياق يقترح في هذا العمل لدراسة الكفاءة الغذائية في الفراريج من البروبيوتيك والبريبايوتكس فضلا عن تأثيرها على بعض مكونات الدم.

ويشمل هذا العمل الببليوجرافي ثلاثة فصول في أول قمنا بالتفصيل دور الأمعاء الدقيقة في الدواجن، في الثانية وصفنا الإضافات المختلفة (البروبيوتيك) في الحصص الغذائية ووضع حد لطرف ثالث يفهم البريبايوتكس المختلفة المستخدمة في مجال الدواجن.