REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques
Option : Ressources animales en zone de montagne

Thème

ADDITIFS ALIMENTAIRES EN NUTRITION ANIMALE : CAS DES PROBIOTIQUES ET PREBIOTIQUES

Présenté et soutenu par :
LAMIA BOUSSAIR

JURY

Président :	**Mr ALLILI N.** Maître-assistant A, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Promotrice :	**Mme BENATMANE F.** Maître de conférences, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Examinateur :	**Mr KHEDDACHE A.** Maître-assistant A, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Promotion 2015/2016

Remerciements

Avant je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Madame BENATMANE F., qui m'a fait l'honneur d'accepter d'être ma promotrice, de diriger mon travail et pour toute l'aide et le temps qu'elle m'a consacrés. Je vous remercie très sincèrement pour votre patience.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à Monsieur ALLILI N. et Monsieur KHEDDACHE A. pour avoir accepté de faire partie du jury de soutenance et d'examiner mon travail dans un délai aussi bref. Un grand merci pour votre compréhension.

Je dédie ce travail à mes parents,

Pour leur soutien inconditionnel dans tout ce que

J'ai pu entreprendre dans ma vie.

Résumé

Depuis des siecles, l'Homme a cherché à conserver sa nourriture si durement acquise par des moyens rudimentaires mais qui se sont avérés être tres efficaces. Ensuite, avec l'avènement de l'industrialisation des filières animales, produire plus et à moindre coût fut la devise des agriculteurs.

Peu à peu des lacunes dans le système ont emergé avec à leur tête tout un éventail de maladies transmissibles à l'Homme.
C'est ce qui à donné l'alerte sur les pratiques agricoles négligées jusqu'à lors. Le recours aux substances additives notamment les facteurs de croissance et dans l'alimentation animales fut alors fortement reglementé.

Malgré ces restrictions, le consommateur reste septique et réclame le retour aux méthodes dites naturelles d'élevage, les aliments « biologiques », tels que les prébiotiques et probiotiques, les compléments immuns et les enzymes, qui permettent de garder les animaux en bonne santé et de faciliter leur digestion, sont de plus en plus utilisés.

Mots-clés

Additifs- nutition animale- legislation-prébiotiques- probiotiques.

Abstract

For centuries, the Man tried to preserve his food so hard aquired by rudimentary ways means but which have proved to be very effective. Then, with the advent of the industrialization of the animal sectors, to produce more at a lower cost was the currency of the farmers.

Little by little gaps in the system emerged with in the head a whole range of transmissibles diseases to the Man.

It is what in given the alert onto the agricultural practices neglected until then. The appeal to additive substances in particular growth factors and in the animal feed was then strongly regulated.

In spite of these limitations, the consumer remains septic and demands the return in the natural said methods of breeding, the "biological" food, such as the prebiotic and probiotic, the immune complements and the enzymes, which allow to keep healthy animals and to facilitate their digestion, are more and more used.

Key words :

Additives. Animal nutition. Legislation prebiotic. Probiotics

SOMMAIRE

INTRODUCTION…….. 01

CHAPITRE I : LES ADDITIFS ALIMENTAIRES……..... 03

I - Définition ……..... 03

II - Intérêt de l'utilisation des additifs alimentaires dans l'alimentation animale …….. 03

III - Différentes catégories d'additifs alimentaires…….. 04

III-1- Additifs nutritionnels…….. 04

a- Les vitamines ……. 04

b- Les acides aminés …….. 05

c- Les acides gras …….. 05

d- Les oligo-éléments ……. 05

e- Urée et ses dérivés …… 07

III-2-Additifs zootechniques et de protection……..…… 07

a- Additifs de croissance et prévention des maladies…….. 07

b- Améliorateurs de la digestibilité ……..... 11

c- Stabilisateurs de la flore intestinale …… 12

III-3- Additifs technologiques ou auxiliaires de fabrication …… 12

a- Conservateurs ……..... 12

b- Antioxygènes…… 13

c- Agents de texture …… 13

d- Additifs pour ensilage …… 13

CHAPITRE II : LA REGLEMENTATION ET LES ADDITIFS ALIMENTAIRES… 15

I- La règlementation et les additifs alimentaires…… 15

II- Risques encourus suite à l'utilisation des additifs alimentaires……. 15

III- Organismes de lutte pour la santé mondiale…….. 16

IV- Réglementation en vigueur en Europe …….. 18

V- Réglementation en vigueur en Algérie…… 20

CHAPITRE III : LES PREBIOTIQUES ET PROBIOTIQUES……..... 23

I- LE MICROBIOTE …… 23

I-1- Définition…….. 23

I-2- Fonctions du microbiote …….. 24

II- LES PROBIOTIQUES……. 25

II-1-Définition des probiotiques…….. 25

II-2-Histoire des probiotiques……. 25

II-3-Critères de sélection ……. 26

II-4- Effets physiologiques des probiotiques ……. 27

a-Effet immuno modulateur …… 29

b-Sur le gain de poids et fréquence des diarrhées ……... 31

III- LES PREBIOTIQUES…… 32

III-1-Définition……. 32

III-2- Différentes familles des prébiotiques oligosaccharidiques…….. 32

III-2-1- Fructooligosaccharides et inuline……. 33

III-2-2- Lactulose…… 33

III-2-3- Galactooligosaccharides (GOS)…… 33

III-2-4- Prebiotiques émergents…….. 34

III-3- Critères de sélection …….. 36

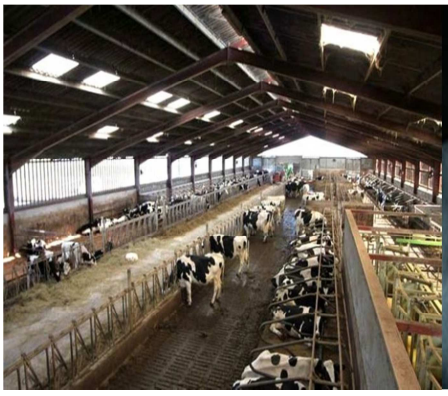
37

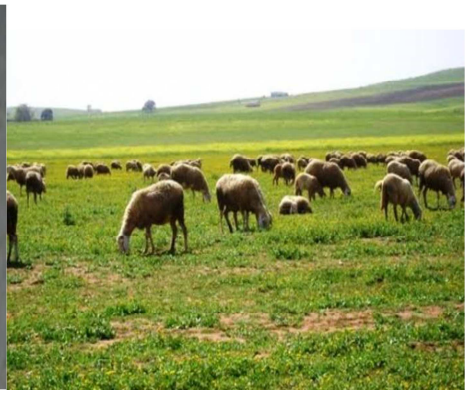
III-4- Impacts des prébiotiques sur la physiologie……. 37

a- Absorption des minéraux…… 38

b- Sur le métabolisme lipidique…….. 38
c- Sur le métabolisme glucidique …….. 39
d- Amélioration des performances d'engraissement …… 39
e- Prévention contre le cancer…… 40
III-5- Intérêt d'utilisation des prébiotiques…… 42
III- EFFET SYMBIOTIQUE…….. 42
CONCLUSION…… 43
Références bibliographiques

INTRODUCTION





INTRODUCTION

L'utilisation des additifs alimentaires par l'Homme remonte à des siècles**,** quoiqu'elle se manifeste aujourd'hui comme une technique récente. La seule nouveauté réside dans le fait d'avoir mis ces additifs et ces technologies (répertoriés à plus de 2 500 sortes au niveau mondial) à la portée de tous, et d'avoir introduit, en supplément, des contrôles sécuritaires particulièrement drastiques à leur égard (Larry-Branen et Haggerty, 2002).

Une des premières substances additives utilisée en nutrition animale a sans doute été le sel dans le but de rendre les rations des ruminants plus appétantes.
Aujourd'hui, celles-ci jouent un rôle non négligeable dans l'élevage moderne, elles sont utilisées dans les aliments pour animaux pour diverses raisons, notamment pour augmenter la digestibilité des aliments, améliorer leurs caractéristiques organoleptiques et physiques, accroître leur appétence, augmenter leur durée de conservation, prévenir leur détérioration, affecter les caractéristiques de certains produits d'origine animale, etc.

Les additifs sont classés en plusieurs catégories en fonction de la raison pour laquelle elles sont utilisées et de leurs méthodes d'administration. On retrouve les additifs : technologiques, nutritionnels ou encore zootechniques qu'on verra par la suite (Delteil *et al.*, 2004).

Toutefois, l'emploi d'un additif alimentaire n'est autorisé que si celui-ci répond à 3 critères : influence positive sur les caractéristiques de l'animal ou sur la production en elle-même, absence de risques sur la santé animale, humain ou sur l'environnement et enfin existence d'un besoin technologiques pour cet additif.
L'Autorité européenne de sécurité alimentaire (EFSA) créée en 2002, est chargée d'appliquer les lignes directives définies par le Conseil européen en vue de l'obtention d'une autorisation de commercialisation d'un additif destiné à l'alimentation animale.

Ainsi, les additifs alimentaires considérés comme un des facteurs essentiels garantissant l'efficacité en matière d'alimentation des animaux d'élevage, suscitent de nombreuses questions et critiques de la part des différents acteurs de la filière animale notamment des consommateurs et de leurs associations.

En effet, plusieurs incidents largement médiatisés sont à l'origine de cette attention particulière accordée à notre alimentation. Parmi eux : la propagation de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) chez les bovins due à l'utilisation des farines de viande et d'os de mammifères, la transmission de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (vMCJ) à l'Homme ou encore, l'augmentation inquiétante du nombre des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques suite au recours à ceux-ci comme facteur de croissance qui demeure jusqu'à présent une approche préconisée en production animale en Amérique du Nord qui s'est progressivement développée dès le début des années 50. (Panisset *et al*., 2003)

Une commission d'experts de la FAO-OMS qui s'est tenue à Rome en 2007 portant sur l'impact des aliments pour animaux sur la sécurité sanitaire des aliments a émis des recommandations parmi lesquelles : l'élaboration de normes internationales pour certaines substances indésirables en déterminant la dose journalière tolérable (DJT) et moyens de transmissions rapides aux autorités compétentes de toute information susceptible d'altérer l'aliment et de porter atteinte à la santé des animaux.

Une autre alternative qui se répand de plus en plus est celle de l'utilisation des prébiotiques et probiotiques. Utilisés depuis plus de 50 ans en agriculture, les probiotiques ont l'avantage de ne présenter aucune contre-indication mais l'inconvénient est qu'ils ne subsistent pas longtemps dans le tractus digestif d'où la nécessité de les administrer régulièrement.
D'abord perçus comme agents de croissance, ils servent, aujourd'hui, d'agents thérapeutiques dans les maladies dues à l'élevage industriel, ils permettent ainsi de limiter l'usage des antibiotiques dans la chaîne alimentaire, dangereux pour le consommateur et sont un appoint thérapeutique dans les diarrhées, aigues ou chroniques, les affections de mal assimilation.
L'adjonction de prébiotiques est vivement conseillée pour leur fournir un milieu favorable à leur développement (Guillot, 1998).

Ce présent travail a pour objectif d'étudier les additifs alimentaires les plus couramment utilisés en alimentation animale ainsi que leur caractéristiques tout en attirant l'attention sur les prébiotiques et probiotiques leur émergence et leur intérêt réel.

CHAPITRE I

LES ADDITIFS ALIMENTAIRES

I- DEFINITION

Un additif alimentaire est une substance qui n'est pas habituellement consommée comme un aliment ou utilisée comme un ingrédient dans l'alimentation. Ils sont ajoutés aux matières premières dans un but technologique (principe des auxiliaires technologiques) ou zootechnique au stade de la fabrication de certains aliments pour animaux d'élevage et se retrouvent dans la composition du produit fini ou incorporé directement dans la ration ou dans l'eau. Ils sont considérés comme facteurs essentiels de l'efficacité de l'alimentation des animaux d'élevage (Delteil *et al*., 2004).

II- INTERET DE L'UTILISATION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

Selon le Journal officiel de l'Union européenne du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux, ceux-ci doivent avoir au moins des intérêts suivants pour appartenir à une famille d'additifs :

- influencer favorablement les caractéristiques des matières premières pour aliments des animaux ou des aliments composés pour animaux ou des produits animaux ;

- satisfaire les besoins nutritionnels des animaux ou améliorer la production animale notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux ;

- apporter dans l'alimentation des aliments favorables pour atteindre des objectifs, nutritionnels particuliers, ou pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques momentanés des animaux ;

- prévenir ou réduire les nuisances provoquées par des déjections animales ou d'améliorer l'environnement des animaux ;

- avoir un effet coccidiostatique ou histomonostatique.

III- DIFFERENTES CATEGORIES D'ADDITIFS ALIMENTAIRES

Les substances, micro-organismes ou préparations, autres que les matières premières pour aliments des animaux et les pré-mélanges, délibérément ajoutés aux aliments pour animaux ou à l'eau peuvent être divisés en plusieurs catégories selon leur utilisation :

III-1- Additifs nutritionnels

Ils contribuent à adapter au mieux la composition des rations aux besoins nutritionnels des animaux.

Cette supplémentation nutritionnelle concerne les vitamines, les acides aminés, certains acides gras (EPA, DHA…) et les oligo-éléments. Ces nutriments sont présents dans les ingrédients naturels mais leur apport dans l'aliment préparé n'est pas toujours suffisant pour répondre aux besoins de l'animal. C'est pourquoi, la quantité manquante est ajoutée sous forme d'additifs (Bécart *et al.*, 2000)

a- Les vitamines : les besoins des animaux varient selon les situations physiologiques (croissance, lactation) et pathologiques (maladies métaboliques), on retient essentiellement :

- Les vitamines A, D, E et K qui sont liposolubles donc stockées dans la masse graisseuse ce qui fait qu'elles peuvent être administrées de façon discontinue.

Les vitamines du groupe A sont indispensables dans la croissance et la protection des tissus épithéliaux, celles du groupe D sont responsables de l'absorption et fixation du calcium dans les os ainsi que le phosphore, celles du groupe E constituent des antioxydants biologiques, quant à la vitamine K, elle est essentielle à la production hépatique de prothrombine, responsable de la coagulation du sang.

- Les vitamines B, C et PP (niacine) sont hydrosolubles d'où l'impossibilité de les stocker dans le corps.

Les vitamines B sont issues de la synthèse microbienne au niveau du rumen et ceacum chez les ruminants où on ne retrouve pas de carences, par contre, chez les porcs et les volailles, la supplémentation est indispensable (Delteil *et al.*,2004).

Le taux d'incorporation des vitamines dans les rations alimentaires sont très faibles, de l'ordre de 1 à 10 ppm, avec évidemment des écarts dépendant de plusieurs facteurs tels que le type de vitamine, stade de croissance des animaux.
Contrairement à certaines substances, les vitamines peuvent être absorbées en grande quantité sans que cela nuise à l'organisme (Bécart *et al.*, 2000).

b- Les acides aminés : ils sont indispensable à la synthèse protéique d'où leur classification en acides aminés indispensables ou non. Représentés essentiellement par la méthionine, lysine, thréonine, valine et tryptophane.. Ils sont dits indispensables lorsque leur teneur dans un aliment peut limiter la croissance d'un individu.
Ils jouent aussi un rôle dans le maintien de l'équilibre acido-basique, la sécrétion hormonale, les défenses antioxydantes et l'expression des gènes (Gloaguen *et al.,* 2013).

c- Les acides gras : dans le règne animal, on retrouve en tant qu'acides gras essentiels : l'acide arachidonique, l'acide eicosapentaénoique (EPA) et l'acide docosahexaénoique (DHA)
Ces acides gras sont présents dans les cellules cérébrales.
Des études sur la carence alimentaire en AGPI n-3 à longue chaîne ont permis d'associer des perturbations du comportement enregistrées chez l'animal telles qu'un déficit d'apprentissage et hyperactivité à une déficience en DHA, mesurée dans les phospholipides membranaires des cellules cérébrales (Champeil-Potokar, 2002).

d- Les oligo-éléments : l'animal requiert une infime quantité d'oligo-éléments dont les principaux sont le fer, le zinc, le cuivre, le cobalt, l'iode, le molybdène, le manganèse et le sélénium.

L'animal est incapable de synthétiser un grand nombre d'entre eux, il faut donc les lui apporter dans la ration, un exemple d'apports recommandés chez la génisse laitière est rapporté dans le tableau I.
Ils sont indispensables au bon fonctionnement de son organisme et ont chacun une action spécifique :

- ✓ Fer : constituant de l'hémoglobine des globules rouges.
- ✓ Zinc : rôle dans la respiration cellulaire ; abondant dans le squelette, rôle dans la production de poils et cornes.
- ✓ Cuivre : intervient dans de nombreux systèmes enzymatiques.
- ✓ Cobalt : utilisé par la flore du rumen pour la constitution de la vitamine B12; facteur de croissance et d'équilibre indispensable à la flore du rumen.
- ✓ Manganèse : formation du squelette, développement et fonctionnement de l'appareil reproducteur.
- ✓ Iode : constituant de la thyroxine (hormone thyroïdienne).
- ✓ Sélénium : antioxydant, rôle dans le métabolisme énergétique de la cellule musculaire, synergie avec la vitamine E (Rollin, 2002).

Tableau I : **Apports recommandés en oligo-éléments et seuils de carence et de toxicité (exprimés en mg/kg MS ration) chez la génisse laitière (Meschy, 2007).**

Elément	Limite de carence	Apport recommandé	Limite de toxicité
Cuivre (Cu)	7	**10**	30
Zinc (Zn)	45	**50**	250
Manganèse (Mn)	45	**50**	1 000
Sélénium (Se)	0,1	**0,1**	0,5
Iode (I)	0,15	**0,5**	8
Cobalt (Co)	0,07	**0,3**	10
Molybdène (Mo)	-	**0,1**	3

e- Urée et ses dérivés : c'est un nutriment azoté indispensable du métabolisme des protéines. Dans l'alimentation des animaux, l'azote est apporté sous forme protéique (protéines) ou non protéique. L'urée est une des sources possibles d'azote non protéique qui vient en complément des protéines végétales.

Les ruminants présentent la particularité de posséder une flore microbienne dans le rumen qui utilise l'urée comme source d'azote pour la synthèse de leurs protéines (muscle, lait).

La transformation de l'urée en ammoniac et gaz carbonique s'effectue spontanément grâce à l'uréase, une enzyme spécifique naturellement présente dans le rumen. Les micro-organismes du rumen utilisent ensuite cet ammoniac pour la synthèse de leurs protéines (Jouany, 1994).

II-2-Additifs zootechniques et de protection

Ce sont ceux qui ont une influence sur les animaux en assurant un rôle prophylactique ou en activant leur croissance, ou sur les produits animaux:

a- Additifs de croissance et prévention des maladies

a-1 Les antibiotiques : un antimicrobien est une substance d'origine naturelle fabriquées par des champignons, semi-synthétique ou synthétique qui, à faible concentration, tue ou inhibe la croissance de micro-organismes, mais n'affecte pas (ou peu) l'hôte, on parle alors d'effet bactéricide ou bactériostatique.

Tous les antibiotiques sont bactériostatiques à faible dose et bactéricides à dose plus élevée. C'est l'écart entre leur concentration bactériostatique et bactéricide qui permet leur classification dans l'un ou l'autre des deux groupes (Jussiau et Papet, 2015).

Les antibiotiques dans l'alimentation sont utilisés pour trois principales raisons, soit à titre curatif, préventif ou à titre de promoteur de croissance. Dans les deux premiers cas, les antibiotiques sont ajoutés à l'alimentation pendant une courte période afin de contrer ou prévenir une maladie déjà présente dans l'élevage. Dans le troisième cas, ils sont ajoutés à l'alimentation à très faible dose de façon à favoriser de meilleures performances de croissance.

Un antibiotique utilisé comme additif alimentaire est administré à faible dose dans l'alimentation animale tout au long de sa vie. Il peut avoir un effet préventif sur certaines infections bactériennes mais aussi modifier la composition de la microflore intestinale entraînant alors une meilleure assimilation des aliments par les animaux et une augmentation de leur vitesse de croissance assez relative.
L'usage des antibiotiques dans l'aliment à titre d'additifs en vue d'améliorer la croissance a fait l'objet de nombreuses critiques. Ces antibiotiques régulateurs de flore ou promoteurs de croissance sont utilisés à des doses très faibles, non curatives et sont tous des agents chimio-thérapeutiques mais jamais utilisés en médecine humaine pour limiter les risques de résistance aux molécules d'intérêt médical majeur (Sanders, 2005).

Cependant depuis 2006, l'usage d'antibiotiques en vue d'améliorer la croissance et les performances des animaux, toutes espèces confondues, est formellement interdit dans l'Union européenne Cet usage est en revanche toujours autorisé en Amérique du Nord et du Sud et en Asie (Trystram et *al.*,, 2012).

Les antibiotiques à usage vétérinaire sont retirés des aliments préalablement à l'abattage des porcs de façon à ne pas retrouver de résidus dans la viande, le temps de retrait variant d'un antibiotique à l'autre (Cloutier, 2015).

a-2 Notion d'antibiorésistance : Selon Ferron, 1994, une bactérie est résistante à un antibiotique lorsqu'elle supporte des concentrations inhibitrices de cet antibiotique supérieures aux concentrations que l'on peut obtenir dans l'organisme sans atteindre les doses toxiques.

On entend par là que l'antibiorésistance survient lorsque certaines bactéries ne sont ni tuées ni inhibées par les doses d'antibiotiques administrées. Ce sont les bactéries hébergées par l'Homme ou l'animal qui peuvent devenir résistantes à un traitement antibiotique et par conséquent, rendre le traitement de leur hôte inefficace.
La résistance aux antibiotiques est donc considérée comme une réponse physiologique des bactéries à tout usage d'antibiotique (Ferron, 1994).

a-3 Les mécanismes d'acquisition de la résistance bactérienne

Toute utilisation d'antibiotique engendre un effet de sélection des bactéries résistantes et crée une pression favorable à leur développement : ces bactéries vont persister, se multiplier et devenir prépondérantes (Trystram et *al.*, 2012).

Comme l'illustre la figure 1, cette résistance peut se manifester par voies différentes :

- Par modification de **la cible de l'antibiotique**. Ce changement peut porter sur la structure même de la cible ou sur le développement d'une voie métabolique alternative.

Par exemple : les bactéries peuvent opérer une mutation des gènes codant le ribosome, ce qui empêche l'antibiotique de le reconnaître.

La modification de la cible est une stratégie utilisée contre toutes les familles d'antibiotiques. Ce mécanisme est bien développé par les bactéries Gram négatif, qui grâce à des modifications dans les cibles primaires et secondaires parviennent à développer des hauts niveaux de résistance.

- Par **inactivation enzymatique** *via* la production d'enzymes détruisant ou modifiant l'antibiotique. Ce dernier ne peut plus se fixer sur sa cible
- Par **inaccessibilité de la cible**. Il consiste en la diminution de la perméabilité membranaire.

Cette modification peut passer par une mutation des gènes codant les porines membranaires. Ces dernières contrôlent les molécules passant la paroi. Elles constituent la porte d'entrée des antibiotiques. La modification des porines passe souvent par une réduction de leur taille empêchant ainsi le passage des antibiotiques (Guérin-Faublée, 2010).

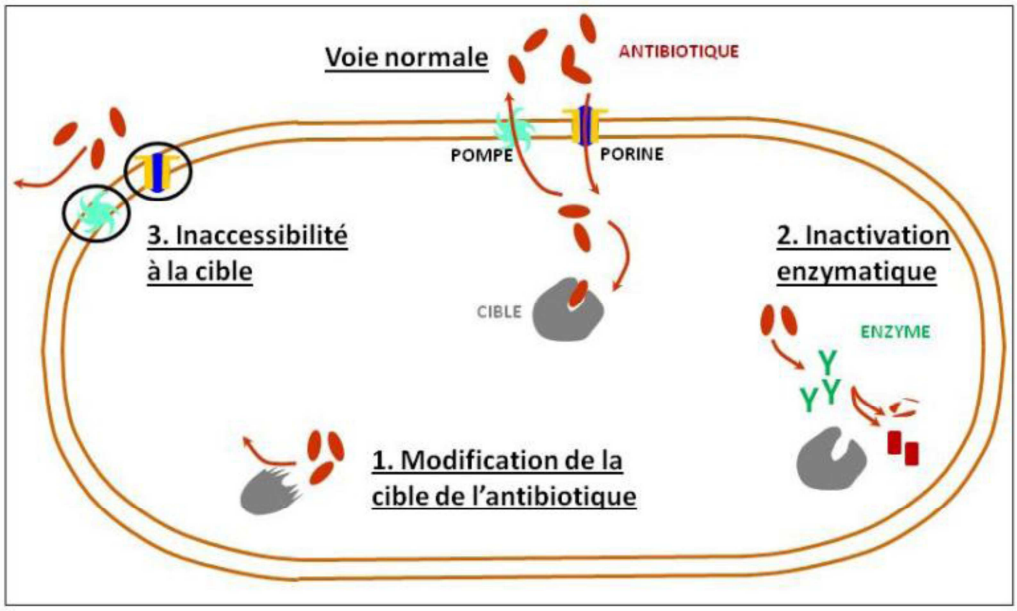


Figure 1 : Les mécanismes d'acquisition de la résistance bactérienne (Millemann, 2010)

a-4 Alternatives aux antibiotiques

-Les probiotiques : Les microorganismes administrés dans l'alimentation des animaux ont pour fonction d'améliorer la flore intestinale, soit en colonisant le tractus digestif, soit en entrant directement en compétition avec les bactéries pathogènes ou, encore, en détruisant ces dernières (Broadway *et al.,* 2014).

Un probiotique ne peut pas remplacer efficacement un antibiotique lorsque l'infection s'est déclarée, mais certains de ces produits pourraient constituer une mesure prophylactique qui n'est pas négligeable. Certaines souches de bactéries lactiques peuvent directement inhiber une infection par une bactérie pathogène, tout en stimulant les défenses immunitaires de l'hôte, limitant ainsi le risque que le pathogène puisse développer une résistance au traitement (Nicolas *et al.*, 2007).

-Les enzymes : améliorateurs de la digestibilité de certains constituants (polyosides, P-phytique…) selon une étude de Dierick *et al.* (2008).

-Les acidifiants (acides organiques) : ce sont des additifs utilisés dans l'alimentation animale pour leur effet antimicrobien prononcé. Bien que n'étant pas des antibiotiques, ils sont

capables d'inhiber ou de bloquer la croissance et la prolifération des bactéries pathogènes ainsi que des champignons ou levures indésirables en abaissant le pH de l'estomac (Suryanarayana *et al*., 2012).

-**Les prébiotiques** : ce sont des additifs alimentaires non digestibles qui exercent un effet bénéfique sur l'hôte en stimulant sélectivement la prolifération et/ou l'activité d'une ou d'un nombre limité de souches bactériennes dans l'intestin, améliorant ainsi la santé de l'hôte. Les fructo-oligosaccharides provenant de l'hydrolyse de l'inuline en sont un exemple (Nicolas, 2007).

-Les extraits et actifs végétaux : les huiles essentielles auraient un effet antimicrobien selon les travaux de Veras *et al* (2012)**.** Ils ont démontré l'effet antimicrobien du thymol, l'un des composés majeurs d'une de ces huiles contre des pathogènes potentiels comme le *Staphylococcus aureus*

Il convient de souligner qu'aucune d'entre elles ne présente pour l'instant la même efficacité technique que les antibiotiques.

b- Améliorateurs de la digestibilité

Ils ne sont pas destinés à combler les besoins nutritionnels des animaux. Ce type d'additif a pour principale fonction de favoriser une meilleure assimilation des nutriments contenus dans les aliments. Ce type d'additif peut favoriser de meilleures performances de croissance ou une meilleure santé digestive (Cloutier *et al.*, 2015). Les plus répandus sont les enzymes, on retrouve principalement :

- Phytase : hydrolyse les phytates favorisant la libération du phosphore de sorte qu'il puisse être absorbé par l'animal.
- Enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés (PNA) : Réduisent la viscosité du digestat améliorant ainsi la digestibilité des nutriments tels que l'énergie, les protéines et l'amidon
- Protéase : Augmente la digestibilité des protéines alimentaires par l'hydrolyse de certaines protéines et certains peptides (Slominski, 2011).

c- Stabilisateurs de la flore intestinale

Les additifs stabilisateurs de la flore intestinale sont, tout comme les améliorateurs de digestibilité, des additifs dits zootechniques puisqu'ils ne sont pas destinés à combler les besoins nutritionnels des animaux. Ces additifs sont davantage destinés à maintenir une bonne santé intestinale en limitant l'implantation des bactéries pathogènes ou en entrant en compétition avec ces dernières. Par conséquent, cette amélioration de la stabilité de la flore intestinale peut parfois entraîner de meilleures performances de croissance (Croisier et Croisier, 2012).

Ils regroupent donc toutes les substances qui ont un intérêt pour le bien être de l'animal, l'efficacité de son système digestif ou pour l'environnement. Parmi elles, certaines renforcent la digestibilité de l'aliment (améliorateurs de digestibilité comme certaines préparations enzymatiques), d'autres ont un effet bénéfique sur la flore intestinale (stabilisateurs de la flore intestinale comme certains ferments ou probiotiques). Font partie également de cette catégorie des substances à effet positif sur l'environnement, comme certains extraits de plantes qui interviennent sur la fermentation des déjections.

Cela passe par les correcteurs d'acidité, minéraux, phytobiotiques, proteines fonctionnelles, microorganismes… (Cloutier et *al*, 2015).

II-3- Additifs technologiques ou auxiliaires de fabrication

Ce sont ceux qui améliorent la qualité des aliments en facilitant leur fabrication, leur conservation et leur présentation, ou qui vont réduire les nuisances provoquées par les déjections animales, en les modifiant quantitativement, ou qualitativement, en augmentant la digestibilité de certains constituants.

Dans cette catégorie d'additifs, on peut citer :

a-Les conservateurs : Assurent la conservation des aliments en les protégeant des altérations microbiologiques qui peuvent entraîner notamment le développement de toxines. Principalement composés d'acides organiques ou de sels d'acides organiques, ils ont une action anti-bactérienne (salmonelles) et antifongique (mycotoxines) dans l'alimentation de toutes les espèces animales.

b-Antioxygènes : assurent la bonne conservation des aliments de toutes les espèces animales en les protégeant des altérations provoquées par l'oxydation.
Les antioxydants sont des substances qui captent l'oxygène à l'origine des détériorations organoleptiques et nutritionnelles des aliments

c-Agents de texture : regroupant émulsifiants stabilisants, épaississants, gélifiants, liants et antiagglomérants, ils agissent sur la texture des aliments, principalement liquides.
Ils jouent un rôle fondamental dans la formulation des aliments en influençant leurs caractéristiques physiques et organoleptiques.

La bonne texture des aliments est essentielle à une bonne prise alimentaire par les animaux. En effet, défaut de texture ou une consistance non appréciée par l'animal peut entraîner le rejet de l'aliment.

d-Additifs pour ensilage : substances, comprenant les acides organiques et minéraux, les enzymes et les micro-organismes, qui favorisent la conservation des fourrages par fermentation lactique.
L'utilisation des additifs pour l'ensilage permet de réduire les pertes en qualité et en quantité, contribuant ainsi à préserver la valeur alimentaire et gustative des fourrages, à limiter le développement de micro-organismes indésirables (clostridies, listeria, moisissures, etc.) et à améliorer la stabilité anaérobie et parfois aérobie (retarder les reprises de fermentation à l'ouverture des silos)

L'utilisation des auxiliaires technologiques peut donc avoir pour conséquence la présence non intentionnelle de résidus. Il est, par conséquent, nécessaire de s'assurer que les résidus susceptibles de se retrouver dans l'aliment ne présentent pas de risque sanitaire pour l'animal, l'Homme et l'environnement (Delteil *et al.,* 2004).

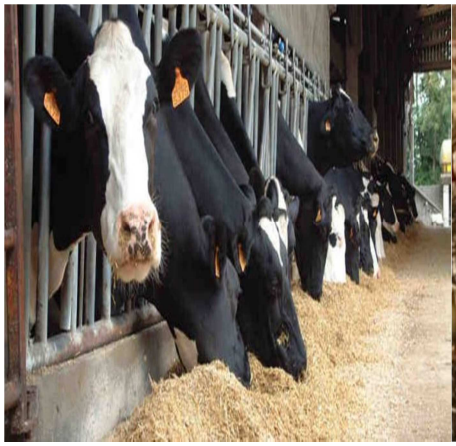
Les actions de différents types d'additifs technologiques sont illustrées dans le tableau II.

Tableau II : **Exemples d'additifs technologiques et leurs effets**

ELEMENT	TRAITEMENT	EFFET
Les liants (ou adjuvants de pressage) **Ex : argiles**	-Agglomération qui consiste à compacter le mélange dans une presse après généralement injection de vapeur vive dans la masse à l'aide d'un conditionneur.	- Augmenter le rendement des presses et la cohésion des granulés (Melcion, 1995).
Les liants (ou adjuvants de pressage) **Ex : lignosulfites**	-Traitement à haute température, pratiquement tous les composants ligneux du bois sont solubilisés pour ne laisser subsister que la cellulose.	- Leur viscosité, associée à celle des composés glucidiques, accroît les forces de liaison entre les particules d'aliment (Melcion, 1995).
Conservateurs : **Ex :acide fumarique**	Acide organique abaisse le pH du fourrage, tout en favorisant les mécanismes nutritionnels dans le système digestif des animaux.	Propriétés antifungique et anti bactérienne Faible toxicité pour l'animal Aucune influence sur les produits animaux (Anonyme, 1981).
Antioxygènes : **Ex : galate de propyle**	Grace à l'hydrogène contenu il va pouvoir d'oxyder à la place de la matière grasse	Prolonge la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations dues à l'oxydation (Adda, 1962).

CHAPITRE II

LA REGLMENTATION APPLIQUEE AUX ADDITIFS ALIMENTAIRES



I- LA REGLEMENTATION ET LES ADDITIFS ALIMENTAIRES

L'intensification des systèmes d'élevages et leur industrialisation ont induit une attention particulièrement importante sur la biosécurité. Les bonnes pratiques agricoles, les bonnes pratiques dans l'évaluation, la gestion et la communication des risques sur toute la chaîne alimentaire, sont alors devenues une nécessité par cela on entend veiller à la sécurité sanitaire des aliments tout en ayant un regard sur l'impact écologique et au bien-être de l'animal

Dans cet objectif, la législation intervient en matière d'alimentation animale avec un double objectif:

- améliorer les relations entre vendeurs et acheteurs d'aliments ou autre produit,
- protéger la santé des animaux et des consommateurs qui ingèrent leurs produits.

Cela passe par des études poussées afin d'autoriser la commercialisation de produits additifs susceptibles d'apporter une amélioration aux produits commercialisés.

La réglementation des additifs est basée sur une liste de produits préalablement homologuée (*Codex alimentarius*, 2000).

II- Risques encourus suite à l'utilisation des additifs alimentaires

Les élevages de monogastriques (surtout volailles) sont de gros consommateurs d'additifs, parmi lesquels on peut citer des anticoccidiens et des antibiotiques employés à faible dose.

Leur surdosage et leur emploi inapproprié peuvent constituer de réels problèmes pour la santé publique par le développement de résistances à certains antibiotiques et par la toxicité intrinsèque de certains produits.

Dans les pays occidentaux, beaucoup de ces additifs sont aujourd'hui interdits, et pour un certain nombre d'autres, une période minimale d'aliment non médicamenteux est imposée avant la consommation des produits.

Chez les pondeuses, certaines substances sont interdites à moins de ne pas commercialiser les œufs pendant une certaine période.

La vérification de l'observation de ces règles est difficile, et n'est en fait réalisée dans les pays occidentaux que grâce à la forte intégration des filières : le fournisseur d'aliment est aussi celui qui vendra les poulets et devra donc répondre de leur qualité.

Dans des contextes de filières moins intégrées et/ou moins surveillées, un tel dispositif n'est pas possible. Si une action peut être menée par l'interdiction de certaines substances, il est difficile de contrôler tous les flux de produits. Un moyen d'action est celui de la formation des intervenants de la filière. Un second pourrait être l'instauration de pratiques spécifiques d'alimentation avant abattage, on pourrait imposer une période d'alimentation à base de maïs concassé par exemple, qui serait vérifiable à l'abattoir par une simple observation du tractus digestif (Bastianelli, 2002).

III- Organismes de lutte pour la santé mondiale

III-1- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Cette organisation, dont le siège est à Rome, a été créée en 1943 à l'initiative du Président Roosevelt dans le but de développer le bien-être général ; améliorer les niveaux de nutrition, la productivité agricole et la qualité de vie des populations rurales et à contribuer à l'essor de l'économie mondiale en élaborant de bonnes pratiques agricoles et de gestion dans les domaines des productions et de la santé animales

De nombreuses activités sont menées en collaboration avec d'autres organisations internationales notamment avec l'OMS dans le *Codex alimentarius* ou l'évaluation de l'innocuité des additifs alimentaires, produits agrochimiques et médicaments vétérinaires, contaminants, niveaux maximums autorisés et LMR: limites maximales de résidus

* Le *Codex alimentarius*, ou code alimentaire, est la référence mondiale qui fait autorité pour les consommateurs, les producteurs et les transformateurs de denrées alimentaires, les organismes nationaux de contrôle des aliments et le commerce international des produits alimentaires.

III-2- Organisation mondiale de la santé (OMS)

Fondée en 1948, elle compte 191 pays membres. Basée à Genève, l'une de ses vocations est d'évaluer les risques engendrés par les aliments : additifs, contaminants et médicaments vétérinaires, résidus de pesticides,… (OCDE, 2000).

III-3-Commission européenne (CE)

Elle a pour rôle de formuler les règlementations et directives sur l'alimentation dans l'Union européenne (UE), les États membres étant chargés de veiller à leur application.

Les règlements adoptés par la Commission portent sur la provenance et l'authenticité des denrées alimentaires, l'ajout de nutriments, les allégations nutritionnelles et de santé, ainsi que sur les additifs et ingrédients autorisés.

III-4 -Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA)

Elle est indépendante et a été créée en janvier 2002 en vue de faire face aux crises liées à la sécurité des aliments qui se sont révélées en cette période.

Les compétences de l'EFSA s'appliquent à la sécurité des aliments destinés à l'alimentation humaine et animale, la nutrition, la santé et le bienêtre des animaux ainsi que la santé et la protection des espèces végétales.

L'EFSA compte plusieurs groupes scientifiques constitués d'experts indépendants provenant de toute l'Europe. Ces groupes sont spécialisés dans différents domaines : santé animale, additifs alimentaires, toxicologie, organismes génétiquement modifiés, santé des plantes, nutrition ou allergies (Anonyme, 2009).

La figure 2 résume les rôles de chacune des parties dans le processus de l'autorisation d'un additif alimentaire.

III-5- Food and drug administration (FDA)

Il s'agit de l'approche américaine qui est définie par le Département de la Santé à travers la FDA. Elle allie une grande rigueur scientifique une ouverture au grand public par un débat contradictoire entre les parties intéressées. Le processus d'autorisation est défini dans le *RedBook*, qui constitue une base de données très complète en matière d'exigences de dossiers de demande d'autorisation. Selon la structure chimique, les niveaux de risque sont divisés en trois catégories : risques faibles, risques probabales autres que mutagénèse et cancérogénèse, risques importants : mutagénicité, cancérogénicité, etc.

Le statut **GRAS** (Generally Recognized as Safe) est, dans le principe, une liste d'additifs autorisés en applications alimentaires.

Deux procédures s'y rattachent :

- celle de *self affirmation*, l'industriel prend la responsabilité de mise sur le marché ;

- la procédure de *gras petition*, c'est la plus fréquente se fait avec l'assentiment de la FDA pour un dossier. (Anonyme, 2009).

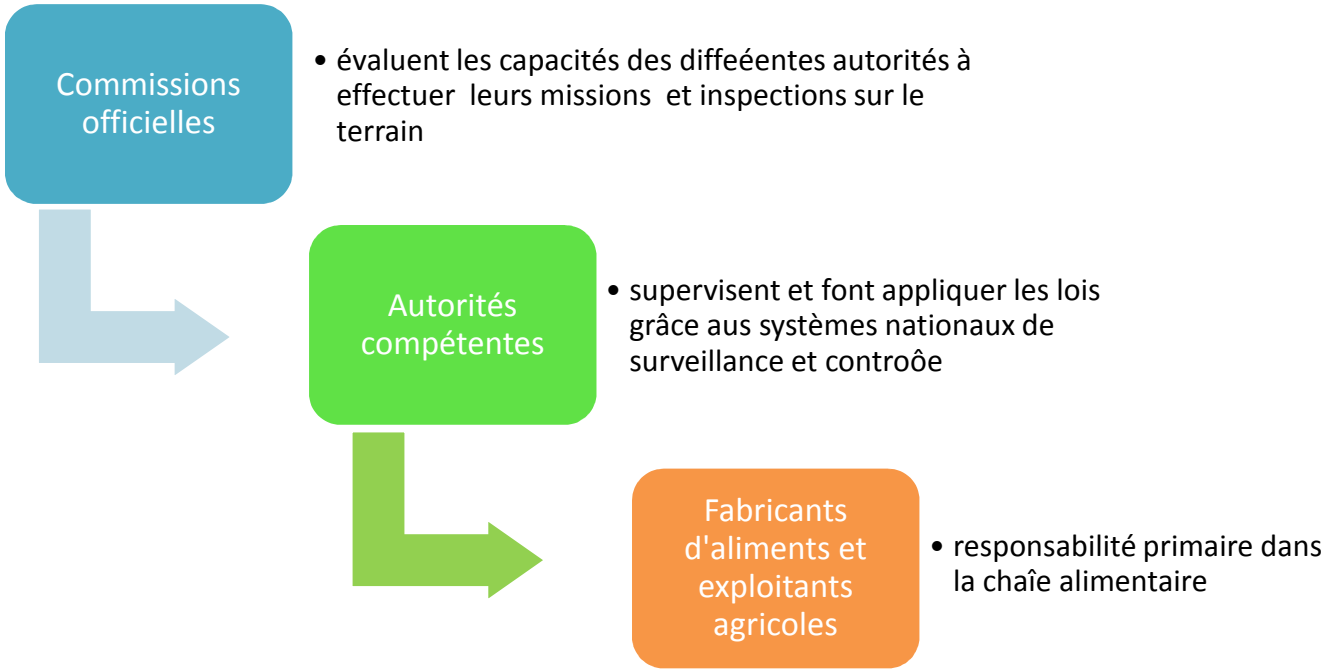


Figure 2 : **Rôles des différents acteurs de la chaîne alimentaire dans la sécurité alimentaire (Commission des Communautés Européennes, 2000).**

La collaboration étroite entre la filière et les agences intergouvernementales, telles que la FAO, est essentielle à l'atteinte de l'objectif souhaité.

La sécurité sanitaire des aliments est un domaine clé de coopération de tous les acteurs, publics ou privés, dans le cadre de la protection de la chaîne des produits alimentaires d'origine animale.

Compte tenu des liens directs entre les aliments pour animaux et la sécurité des denrées alimentaires d'origine animale, il est essentiel que la formulation et la production d'aliments pour animaux soient considérées comme faisant partie intégrante de la chaîne de production des denrées alimentaires. La production d'aliments pour animaux doit donc être soumise, à l'instar de la production de denrées alimentaires, à l'assurance qualité des systèmes unifiés de sécurité sanitaire des aliments.

IV- Réglementation en vigueur en Europe

Le règlement (CE) N° 1831/2003 prévoit que l'Autorité européenne de sécurité alimentaire définisse des lignes directrices détaillées concernant l'élaboration, la présentation et la validation des demandes d'autorisation :

IV-1- Principe de la liste positive

Les additifs qui peuvent être incorporés aux aliments pour animaux, à l'exclusion de tous autres, font l'objet d'une liste appelée liste positive.

Toute demande tendant à l'inscription d'un additif sur la liste établie doit être adressée au ministère chargé de la consommation accompagnée d'un dossier.

IV-2- Conditions d'emploi des additifs

Les mélanges de ces additifs entre eux ne peuvent être effectués que dans des conditions particulières fixées.

Leur incorporation aux aliments des animaux doit nécessairement être précédée de leur préparation sous la forme d'un prémélange dont le poids ne peut être inférieur à 0,2% du poids de l'aliment.

IV-3- Mélange de certains additifs autorisés ou interdits

Les antibiotiques et facteurs de croissance ne peuvent être mélangés ni au sein d'un même groupe, ni entre deux groupes.

Les coccidiostatiques ne peuvent être mélangés avec les antibiotiques et les facteurs de croissance lorsque des coccidiostatiques exercent également pour une même catégorie d'animaux une fonction d'antibiotique ou de facteur de croissance

Les coccidiostatiques et autres substances médicamenteuses ne peuvent être mélangés entre eux dans la mesure où leurs effets sont semblables.

IV-4-Emballage et étiquetage des additifs

Les emballages et récipients contenant des additifs doivent comporter les indications suivantes :

- le nom de l'additif ;
- le poids net ou volume net ;

- la mention « réservé exclusivement à la fabrication d'aliments pour animaux» ;
- le nom ou la raison sociale et l'adresse ou le siège social du responsable des indications d'étiquetage.

Le rapport des additifs alimentaires face aux lois régissant la communauté européenne est résumé dans la figure 3.

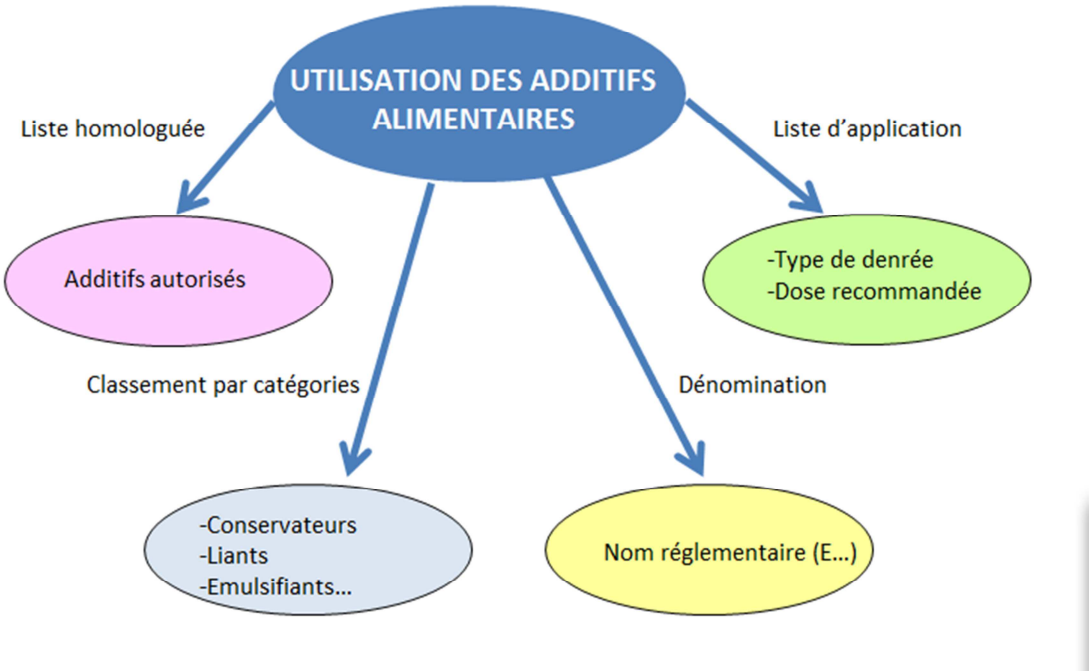


Figure 3 : Règlementation des additifs dans l'Union européenne (EFSA, 2003)

V- Réglementation en vigueur en Algérie

Selon l'article 5 du Décret exécutif n°12-214 du 23 Joumada Ethania 1433 correspondant au 15 mai 2012 fixant les conditions et les modalités d'utilisation des additifs alimentaires dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine, l'utilisation d'un additif alimentaire doit répondre aux conditions suivantes :

- préserver la qualité nutritionnelle de la denrée alimentaire ;

- servir de composant nécessaire dans les aliments diététiques ;
- améliorer la conservation ou la stabilité de la denrée alimentaire ou ses propriétés organoleptiques, à condition de ne pas altérer la nature ou la qualité de façon à tromper et induire en erreur le consommateur ;
- servir d'adjuvant dans une étape donnée du processus de mise à la consommation, à condition que l'additif alimentaire ne soit pas utilisé pour masquer les effets de l'utilisation d'une matière première de mauvaise qualité ou de méthodes technologiques inappropriées.

On retrouvera dans ce décret la liste des additifs alimentaires autorises à la consommation, les conditions d'emploi et concentrations maximales ainsi que la liste des catégories d'aliments dans lesquelles peuvent être incorpores les additifs alimentaires en annexe 1, 2 et 3 du même décret.

Cette règlementation est surtout appliquée aux denrées destinées à l'alimentation humaine, les additifs conçus pour l'alimentation animale et leurs risques restent mal connus.

Le problème des résistances bactériennes aux médicaments antimicrobiens est devenu un sujet de préoccupation croissant pour le grand public de sorte qu'il a fait l'objet d'un intérêt scientifique accru.

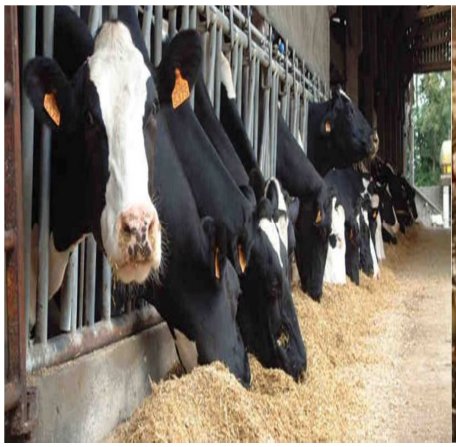
On craint de plus en plus en effet que le recours aux antimicrobiens en médecine vétérinaire et pour les besoins de l'élevage ne se répercute sur la santé humaine en cas de développement de bactéries résistantes chez les animaux et de transmission à l'homme par la chaîne alimentaire ou l'environnement.

Il n'existe encore aucun consensus sur la responsabilité exacte des antibiotiques administrés aux animaux dans le développement des antibiorésistances et leur transfert à des bactéries humaines. Les données expérimentales, épidémiologiques et moléculaires indiquent cependant un rapport entre l'utilisation des antimicrobiens et l'émergence de souches bactériennes résistantes chez les animaux, puis leur propagation à l'homme, notamment par la chaîne alimentaire.

Dans ce chapitre, on essaiera d'aborder les alternatives proposées par les chercheurs aux antibiotiques afin de contrer leurs effets secondaires à court et à long terme et pour cela des notions sur le microbiote intestinal et ruminal sont nécessaires pour comprendre le mode d'action de ces alternatives à savoir les prébiotiques et probiotiques.

CHAPITRE III

LES PREBIOTIQUES ET PROBIOTIQUES



I- LE MICROBIOTE

I-1- Définition

L'intestin héberge une communauté microbienne appelée microbiote. Des études en biologie de l'évolution lui attribuent un rôle majeur dans l'adaptation à l'environnement. En particulier, il est impliqué dans l'adaptation des espèces aux changements d'alimentation du fait de ses rôles dans la nutrition et dans la limitation du développement des pathogènes, reposant sur la modulation de l'efficacité du système immunitaire et du métabolisme (Ottaviani *et al.,* 2011).

Cette adaptation n'est possible que si cet écosystème varie dans sa composition et/ou son fonctionnement selon les conditions environnementales.

Les premières bactéries colonisatrices sont anaérobies facultatives comme les *Proteobacteria.* Elles ont pour rôle d'abaisser la concentration en oxygéne, ce qui va permettre la prolifération des micro-organismes anaérobies strictes comme les *bactéroides.*
Le microbiote intestinal se diversifie ensuite progressivement jusqu'à se stabiliser au bout d'une année et sa composition est variabe entre espèces, individus de la même espèce, environnement, alimentation (Roger-Gaillard, 2013)

I-2- Fonctions du microbiote :

D'après les travaux menés chez l'Homme et les modèles de rongeurs, les principales fonctions du microbiote commensal digestif de l'individu sont de trois grands ordres : **métabolique, trophique** et **barrière** (Buffie et Pamer, 2013).

De par ses rôles multiples dans la régulation de la physiologie de son hote, une meilleure compréhension des fonctions du microbiote intestinal et une maîtrise de sa composition contribueraient à une meilleure gestion de la santé des animaux et, par conséquent, permettrait d'atteindre l'objectif de productivité visant le maintien voire l'amélioration des performances zootechniques (croissance, qualité du produit,…) (Roger-Gaillard, 2013)

Ces effets sont résumés dans la figure 4 .

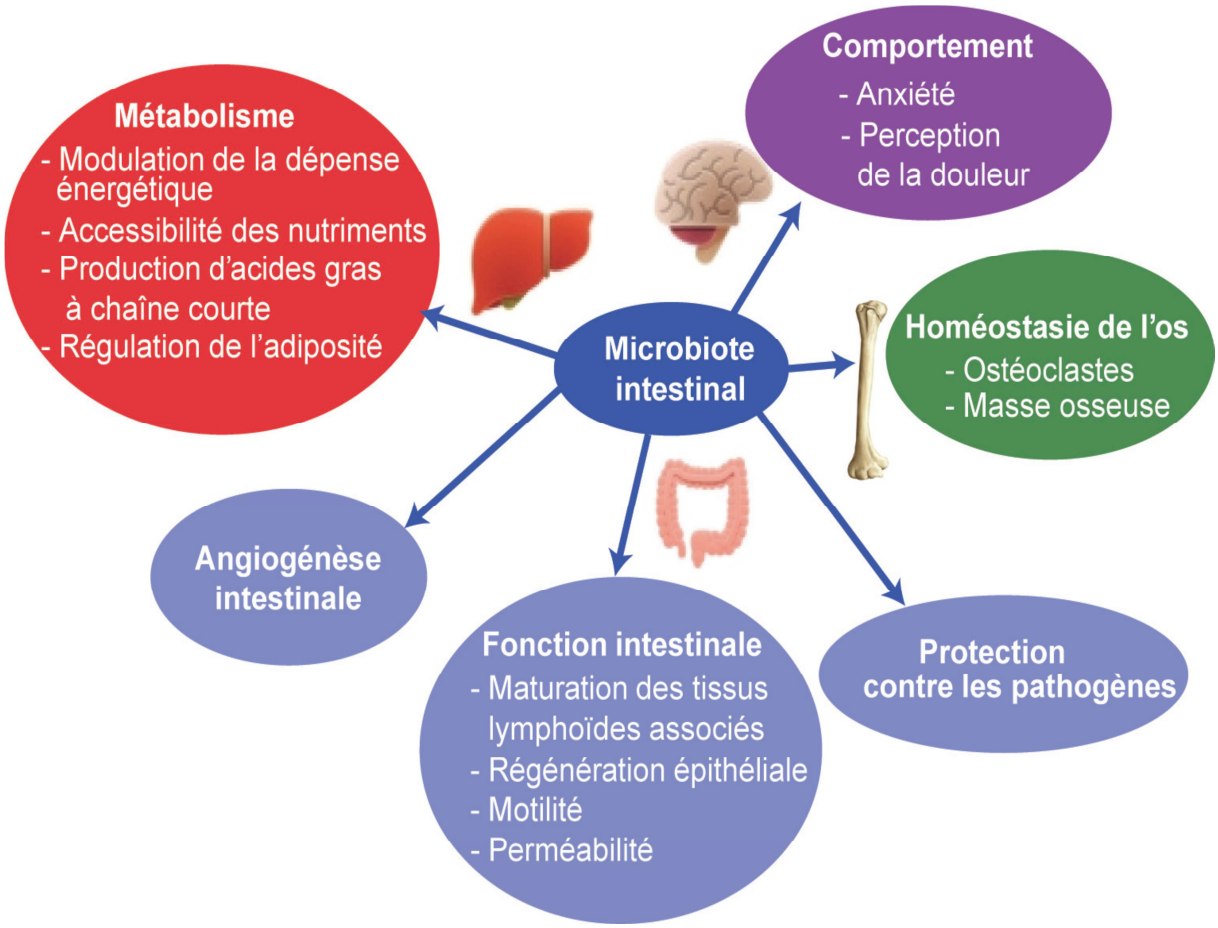


Figure 4 : Le microbiote intestinal et ses rôles multiples chez son hôte (Sommer et Backhed, 2013).

II- LES PROBIOTIQUES

En alimentation animale et humaine, les études sur l'amélioration de la santé sont de plus en plus nombreuses. On est rapidement arrivés à la conclusion que l'état de la flore intestinale est un paramètre primordial influençant l'état général de l'organisme hôte.

Aussi, une flore équilibrée ralentit le développement de germes pathogènes d'origine exogène ou endogène. Le métabolisme des aliments par cette association complexe de diverses bactéries génère une variété de composés plus faciles à utiliser par l'organisme, voire indispensables.

Sont répertoriées deux méthodes pour obtenir une flore équilibrée : la première étant d'ingérer directement les bactéries nécessaires, on parle alors d'aliments ou de **compléments probiotiques**. La deuxième consiste à stimuler la sélection naturelle des bactéries bénéfiques en apportant des substrats spécifiques favorables, on parle **d'effet prébiotique** (Fuller, 1989).

II-1- Définition des probiotiques

Selon la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) et la WHO (World Health Organization) (2001), « Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, produisent un effet bénéfique pour la santé de l'hôte ».

Les probiotiques sont utilisés sous forme soit de souches pures et caractérisées, soit sous forme de mélange de souches caractérisées, incorporées dans des aliments, des compléments alimentaires ou des médicaments (Bomba *et al.,* 2002).

II-2- Histoire des probiotiques

C'est suite aux travaux de deux scientifiques au début du XXe siècle, Elie Metchnikoff, professeur de microbiologie à l'Institut Pasteur, et Henri Tissier, pédiatre français et chercheur à l'Institut Pasteur, qu'a débuté l'utilisation des bactéries à des fins médicinales (Ninane *et al.*, 2009).

Elie Metchnikoff évoquait en 1908, l'intérêt de la présence de certains micro-organismes de l'intestin et soutenait qu'il existait une association entre la longévité des populations de l'Europe de l'Est et une importante consommation de lait fermenté.
Henri Tissier remarquait quant à lui que les bactéries bifides étaient présentes en plus grande quantité dans les selles des enfants ne souffrant pas de diarrhées. Il eut alors l'idée de les administrer aux patients souffrant de diarrhées pour rétablir l'équilibre de la flore intestinale.

Le terme "probiotique", issu des termes grecs "pros" et "bios", signifie « pour la vie ». Utilisé pour la première fois en 1965 par Daniel Lilly et Rosalie Stillwell, désigne les « substances produites par les micro-organismes et qui favoriseraient la croissance d'autres micro-organismes » (Lilly et Stillwell, 1965).

II-3- Critères de sélection

Les micro-organismes doivent posséder diverses propriétés de survie pour répondre à la définition des probiotiques (Gagnon, 2007).

Les probiotiques doivent être capables de résister à leur passage dans le tube digestif. L'acidité gastrique et les secrétions bilio-pancréatiques étant les principaux mécanismes endogènes d'inactivation des bactéries ingérées. La protection contre l'acidité gastrique peut se faire par un passage rapide dans l'estomac ou en protégeant les bactéries par le pouvoir tampon de l'aliment vecteur ou par micro-encapsulation.

Ils doivent aussi avoir la capacité de proliférer dans l'intestin pour exercer leurs effets bénéfiques sur l'hôte.

La dose de probiotiques ingérée est un facteur important pour obtenir des concentrations élevées dans les différents compartiments du tube digestif. A titre d'exemple, Saxelin *et al.* (1995) ont montré qu'une quantité minimale devait être consommée pour les détecter dans les fèces.

Ces propriétés seront caractéristiques à chaque souche (Dunne et al., 2001). Les souches de *L. lactis* résistent mal au transit et peu de bactéries sont récupérées après ingestion.

Les principaux critères de sélection ont été établis par différents auteurs dans le but de sélectionner les souches potentiellement probiotiques. Ces critères sont répartis selon leur fonction principale en trois 3 catégories à savoir : Critères de sécurité, critères fonctionnels et critères technologiques (Tableau IV).

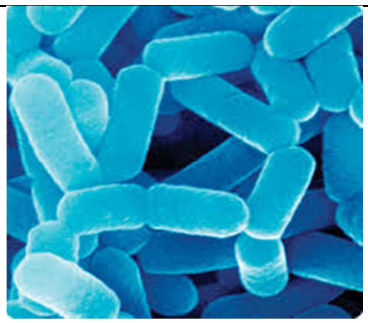
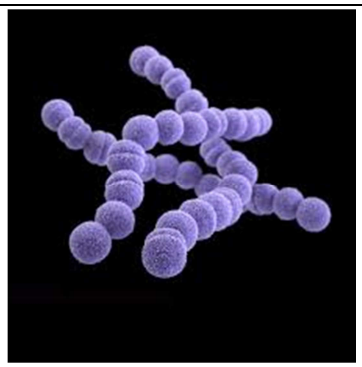
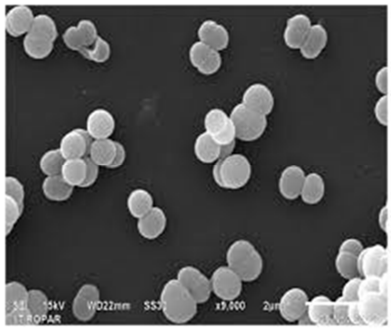
Les genres de bactéries les plus répandus sont illustrés dans le tableau V.

Tableau IV : **Principaux critères de sélection des probiotiques.**

CRITERES DE SECURITE	• Identification taxonomique précise. • Souche caractérisée par des techniques phénotypiques et génotypiques. • Historique de non pathogénicité et non-invasion de l'épithélium intestinal. • Pas de transmission possible de gènes de résistance aux antibiotiques.
CRITERES FONCTIONNELS	• Tolérance de l'acidité à la bile et aux enzymes digestives. • Adhésion aux cellules intestinales et persistance dans le tractus intestinal. • Production de substances antimicrobiennes (bactériocines, acides organiques, peroxyde d'hydrogène ou autres composés inhibiteurs) • et antagonisme envers les pathogènes. • Immuno modulation. • Aptitude à produire des effets bénéfiques sur la santé de l'hôte.
CRITERES TECHNOLOGIQUES	• Stabilité au cours des procédés de fabrication et dans le produit fini. • Conservation des propriétés probiotiques après production. • Non modification des qualités organoleptiques du produit fini.

Sources : (**Klaenhammer et Kullen 1999 ; Saarela *et al.*, 2000 ; Ouwehand, Salminen *et al.*, 2002 et Gueimonde et Salminen 2006) Cités par Larouci, 2013**

Tableau V : Principaux genres de bactéries recensées à effet probiotique.

Le *Lactobacillus* est le principal genre des *lactobacilliacea*. Avec de nombreuses espèces qui sont des agents de fermentation lactique. Il a des exigences nutritionnelles très complexes en acides aminés, vitamines, acides gras, glucides, minéraux (Khalid et Marth, 1990).	
Le *Streptococcus* : c'est un genre très diversifié. La seule espèce utilisée en industrie alimentaire est *S.thermophilus*, caractérisé par son habitat (lait et produits laitiers), par son caractère non pathogène et par sa résistance à de hautes températures (Haddie, 1986).	
Le *Biffidobacterium* : appartient au groupe des bactéries lactiques grâce à ses propriétés physiques et biochimiques et à sa présence dans le même habitat (Salminen *et al.*, 2004).	
L'*Enterococcus* : ce genre regroupe des streptocoques fécaux, vivant en commensalisme dans l'intestin (Tamime, 2002).	
Le *Pediococcus* : les bactéries de ce genre nécessitent la présence de plusieurs facteurs de croissance pour leur développement (Pillet *et al.*, 2005)	

II-3- Effets physiologiques des probiotiques

A- Effet immuno-modulateur

La masse antigénique, habituellement inoffensive, à laquelle sont soumis le système immunitaire intestinal et les muqueuses intestinales, n'est pas toujours très bien tolérée. Cela engendre des intolérances à certains aliments et aux souches de la flore bactérienne de l'hôte (Guarner *et al.*, 2008) qui se traduisent par des réactions d'hypersensibilité et/ou auto-immunes.

Ce phénomène pathologique s'exprime par des déséquilibres au sein de l'écosystème intestinal ayant comme conséquence majeure une inflammation plus ou moins intense.

La composition de la flore intestinale jouant donc un rôle déterminant dans l'induction de la tolérance. Les souches probiotiques peuvent donc participer à la restauration de la flore bactérienne, et à la tolérance vis-à-vis de certains allergènes (Guarner *et al.*, 2008). Ils ont alors un effet dit immuno-modulateur. Mais les probiotiques peuvent avoir un effet dit immunostimulant sur les sujets sains.

L'action protectrice des bactéries probiotiques, généralement connue sous le terme d'exclusion compétitive, a été décrite pour la première fois par Nurmi et Rantala (1973), qui ont démontré que l'utilisation d'un mélange de préparations bactériennes issues du contenu cæcal de poulets adultes en bonne santé permettait d'éviter les salmonelloses chez les jeunes animaux.

Les probiotiques favoriseraient la production de certaines enzymes digestives et vitamines, la production de certaines substances antibactériennes comme les acides organiques, les bactériocines, le peroxyde d'hydrogène, le diacétyl, acétaldéhyde et la reconstitution de la microflore intestinale suite aux désordres causés par les diarrhées (Ouwehand *et al.,* 1999).

La figure 5 résume les mécanismes d'action entrant en jeu pour assurer une meilleure résistance aux bactéries pathogènes.

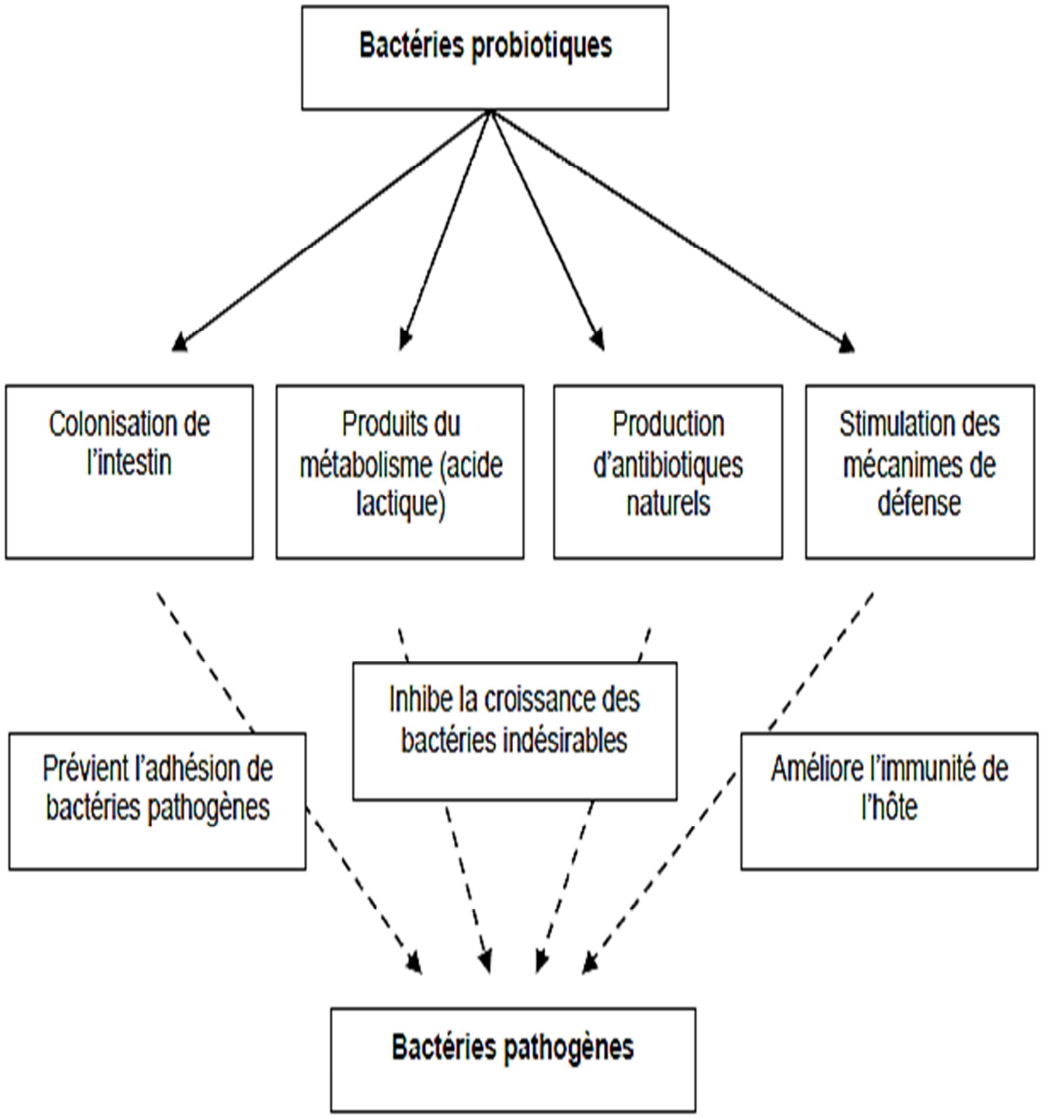


Figure 5 : **Mecanismes d'action possibles des probiotiques pour améliorer la resistance aux bacteries pathogenes. (Lessard, 2004)**

B- Sur le gain de poids et fréquence des diarrhées

Une étude de Huber en 1997, démontre que la distribution d'aliments probiotiques ou de produits contenant des probiotiques induisait un gain de poids considérable chez le veau avec, par ailleurs, une réduction des diarhées due à une réduction des populations d'*Escherichia coli.* Ce résultat est aussi obtenu avec des préparations contenant des probiotiques tels que *Streptococcus bovis, Lactobacillus gallinarum, Saccharomyces cerevisiae*

En 2001 Simon *et al.,* ont également enregistré une augmentation de poids vif chez le veau même si elle n'est pas significative accompagnée d'une baisse de fréquence des diarrhées, et ce en additionnant deux bactéries à la préparation (*Enterococcus faecium* et *Bacillus cereus*).

Toutefois, Newbold en 2003, conclut que la supplémentation alimentaire en probiotiques chez les ruminants ne donne pas de résultats concluants : les réponses ne sont pas toujours significatives d'une étude à une autre.

Concernant les monogastriques notamment le poulet, en 1973 des travaux ont mis en évidence que certaines espèces de probiotiques comme les lactobacilles, les bifidobactéries et les entérocoques augmenteraient le ratio entre la hauteur des villosités et la profondeur des cryptes jéjunales, ce qui permet d'augmenter la surface d'absorption du tube digestif, d'améliorer ainsi l'indice de consommation et les performances de croissance du poulet (Nurmi et Rantala,1973).

Les travaux de Torres-Rodriguez *et al.* (2007) et Garcia (2007) confirment cette tendance puisque l'utilisation de *Bacillus subtilis* chez le poulet de chair pendant toute la période d'élevage a eu une influence positive sur différents paramètres zootechniques.

L'étude menée par Simon en 2001, n'a par contre rapporté aucune signification des gains de poids moyens quotidiens chez le poulet.

III- LES PREBIOTIQUES

III-1-Définition

Le terme de prébiotique a été récemment introduit par Gibson et Roberfroid en 1995. Il désigne un ingrédient alimentaire non digestible par l'hôte mais stimulant sélectivement la croissance et / ou l'activite de certaines bactéries du côlon comme par exemple, les bifidobactéries. Pour qu'un ingrédient alimentaire soit classé comme prébiotique, il doit :

- ni être hydrolysé, ni être absorbé dans la partie haute du tube digestif ;
- être un substrat sélectif d'une ou plusieurs bactéries bénéfiques, commensales du côlon, dont la croissance est alors stimulée et / ou le métabolisme activé ;
- induire une composition plus saine de la flore colique.

Les prébiotiques peuvent être des sucres non digestibles, des peptides ou des protéines et même des lipides qui, en raison de leur structure ne sont pas absorbes dans l'intestin grêle. On en cite : l'oligofructose, l'inuline, les galacto-oligosaccarides (GOS), le lactulose et les oligosaccharides du lait maternel.

Les prébiotiques sont d'origine végétale ou synthétique. Les fructanes sont les prébiotiques les plus communs. Ce sont généralement des polymères de fructose parmi lesquels on trouve les fructo-oligosaccharides et l'inuline. Cette dernière est extraite des chicorées.

Les fructo-oligosaccharides, quant à eux, sont produits soit par biosynthèse à partir de fructose et de saccharose ou par hydrolyse de l'inuline.

III-2- Différentes familles des prébiotiques oligosaccharidiques

Plusieurs familles d'oligosaccharides ont été testées par méthodes *in vitro* et sur des modèles animaux et humains. On peut classer les prébiotiques en deux grands groupes : les prébiotiques connus, dont certains sont commercialisés, et les prébiotiques émergents. Le premier groupe est essentiellement constitué de trois familles : les fructooligosaccharides (FOS), les galactooligosaccharides (GOS) et le lactulose (Genestie, 2006).

III-2-1- Fructooligosaccharides et inuline

Les Fructooligosaccharides sont obtenus par réaction d'hydrolyse enzymatique de l'inuline, mais ils sont également synthétisés par transfert de résidus fructosyl de molécules de saccharose par voie enzymatique.

L'inuline est un ensemble de polymères de fructose, elle est extraite industriellement de la chicorée, mais on la trouve également dans l'ail, l'oignon, la tomate, la banane et l'artichaut.

Ce sont les prébiotiques les plus étudiés et leur aptitude à stimuler la croissance de *Bifidobacterium* a été établie par de nombreuses expériences.
Ils ont été testés par Gibson et Wang en 1994 et Roberfroid en 1998 sur des cocultures à pH contrôlé, où ils induisent non seulement une stimulation de la croissance de *Bifidobacterium infantis* mais aussi inhibent celle d'*Escherichia coli* et de *Clostridium perfringens*.

Une étude récente, publiée par ROSSI (2005), fait état d'une comparaison de la fermentation de FOS et d'inuline en cultures pures et inoculum fécal.
Cinquante-cinq souches de bifidobactéries ont été testées, la plupart sont capables de fermenter les FOS, mais seulement huit d'entre elles se développent bien sur l'inuline.

En culture sur inoculum fécal, les FOS et l'inuline affectent la production d'acide gras à chaîne courte, le butyrate est le produit majeur de fermentation de l'inuline, alors que ce sont l'acétate et le lactate qui sont majoritairement produits avec les FOS (Genestie, 2006).

III-2-2- Lactulose

C'est un disaccharide synthétique dérivé du lactose. Il est connu pour ses effets laxatifs lorsqu'il est pris à fortes doses.

Mais à plus faibles doses, il agit en tant que prébiotique en augmentant le nombre de bifidobactéries alors que le nombre de *Clostridium perfringens,* de Bacteroïdes, de spteptocoques et d'enterobactéries décroît (Matijevic *et al.,* 2009).

III-2-3- Galactooligosaccharides (GOS)

Ce sont des oligomères. Ils sont naturellement présents dans le lait mais également obtenus par synthèse enzymatique à partir du lactose.

Ils sont non digestibles. Sur des rats porteurs d'une microflore humaine, il a été démontré que les trans-galacto-oligosaccharides augmentaient le nombre de bifidobactéries et de lactobacilles mais, en outre, diminuaient le nombre d'entérobactéries (Rycroft *et al.,* 2001).

III-2-4- Prebiotiques émergents

Parmi les prébiotiques émergents on retrouve : les isomaltooligosaccharides (IMO), les oligosaccharides de soja (SOS) et les xylooligosaccharides (XOS).

D'autres prébiotiques tels que les glucooligosaccharides et les pectioligosaccharides restent à confirmer par d'autres recherches.

Il a également été avancé que les amidons résistants pouvaient entrer dans cette catégorie (Genestie, 2006).

- **Isomalto-oligosaccharides (IMO)**

Ils sont constitués de résidus de glucose. Leur production industrielle fait appel à l'action d'α-amylase, de pullulanases et d'α-glucosidases sur l'amidon de maïs.

Tous les IMO testés sur des cultures bactériennes pures induisent un accroissement de la plupart des bifidobactéries à l'exception de *Bifidobacterium bifidum.* Il a aussi été démontré qu'avec les IMO de degré de polymérisation moyen égal à 2, le nombre de bifidobactéries augmentait après 24h de culture ainsi que la concentration en acide lactique et lactate.

Les résultats d'études *in vitro* réalisées avec des produits commerciaux vont dans le même sens quant à l'effet bifidogène, mais une légère augmentation des *Bacteroïdes* est également observée (Kaneko, 1994).

- **Oligosaccharides de soja (SOS)**

Les deux principaux oligosaccharides extraits du soja sont le trisaccharide raffinose et le tétra-saccharidestachyose, ils sont constitués de résidus glucose, galactose et fructose.

Lestests *in vitro* et *in vivo* conduisent au même résultat : un effet bifidogène, avec dans certains cas une décroissance non seulement des *Bacteroïdes et clostridia*mais aussi decertains métabolites toxiques (Sharp, 2001) et (Wada, 1992).

- **Xylooligosaccharides (XOS)**

Ils sont constitués de formes oligomériques de résidus xylose. Dans cette famille, on retrouve aussi les arabinoxylanes (AXOS) qui peuvent être eux-mêmes différemment substitués selon l'origine et les procédés d'obtention. Ils sont essentiellement obtenus par hydrolyse des hétéroxylanes constituant les parois cellulaires végétales.

Ils semblent encore mieux répondre que les FOS et les IMO au tout premier critère de définition d'un prébiotique, à savoir sa non digestibilité. En effet ils ne sont pas du tout dégradés par aucune enzyme digestive alors que certains FOS et la plupart des IMO subissent une digestion partielle dans l'intestin grêle.

L'une des activités les plus importantes des XOS est leur effet bifidogène (Kontula, 1998).

Dans le tableau VI, les principaux prébiotiques ainsi que leur origine sont répertoriés.

Tableau VI : Sources des principaux prébiotiques (Aravinth, 2015).

CLASSIFICATION	ORIGINE / PROCEDURE D'OBTENTION
Disaccharides, Oligosaccharides	Sucre
Lactulose	Lactose de synthèse
Lactitol	Lactose de synthèse
Fructo- oligosaccharides	Légumes, et extraits de légumes Hydrolyse de céréales
Xylo-oligosaccharides	Plantes
Trans Galacto oligosaccharides	Lactose de synthèse
Inuline	Extrait des légumes et céréales

III-3- Critères de sélection

Tout comme les probiotiques, les prébiotiques doivent répondre à certains critères fondamentaux afin d'être intégrés à l'alimentation, ceux-ci sont résumés dans le tableau VII.

Les doses recommandées pour que les prébiotiques soient efficaces dépendent du profil bactérien des sujets et de la nature de ces molécules actives. En effet, certains prébiotiques de faible masse molaire sont susceptibles d'induire la production de plus forte quantité de gaz à l'origine de douleurs abdominales et pourraient provoquer à forte dose des diarrhées osmotiques (Cummings et MacFarlane, 2002 ; Marteau *et al.*, 2001). En outre, jusqu'à présent, aucun élément n'indique un risque particulier allergique lié à l'utilisation de glucides indigestibles.

Tableau VII : Critères de sélection des prébiotiques (Franck, 2002)

CRITERES DE SECURITE	▪ Produits ou organismes à l'origine de l'ingrédient parfaitement caractérisé ▪ Procédé d'obtention parfaitement décrit ▪ Identification et caractérisation des molécules actives ▪ Identification des microorganismes ciblés pour la fermentation ▪ Pas de production axcessive de gaz
CRITERES FONCTIONNELS	▪ Non digestibilité et non assimilation dans la partie supérieure du système gastrointestinal ▪ Fermentescibles dans le colon de façon selective par un nombre limité de bactéries potentiellement favorables ▪ Capacité à altérer la composition de la microflore colique en faveur d'une flore potentiellement plus saine ▪ Induction eventuelle d'effets systémiques qui peuvent etre positifs pour la santé de l'hôte
CRITERES TECHNOLOGIQUES	▪ Pas de modification de l'ingrédient au cours des transformations et du stockage des préparations

III-4- Impacts des prébiotiques sur la physiologie

a- Absorption des minéraux

Les investigations conduites chez l'animal de laboratoire démontrent clairement une stimulation de l'absorption intestinale de calcium par l'inuline, dépendante de la dose consommée, pour des valeurs allant de 0 à 20% dans la ration alimentaire.

Des résultats positifs ont aussi été obtenus avec 5% d'oligofructose avec un résultat allant de 60 à 65% d'augmentation de l'absorption minérale.

Le difructose est également capable de restaurer ce paramètre en situation de déficit en vitamine D et oestrogènes.

Toutefois, le potentiel des oligosaccharides est tributaire des apports calciques. En effet, chez le rat en croissance, le lactulose ou le galactoside ne sont efficaces que lorsque la consommation quotidienne de calcium atteint 5g/kg d'aliment (valeur recommandée chez le rat). Des apports supérieurs (10g/kg de régime) permettent même d'exacerber l'efficacité de ces composés, aussi bien en termes de balance calcique que sur l'architecture osseuse (Coxam, 2006).

b- Sur le métabolisme lipidique

Avec l'ajout d'inuline à l'alimentation du hamster, nourri avec un régime riche en carbohydrates, résulte une diminution des triglycérides hépatiques et contenus dans le sérum.

Delzenne en 1993, a étudié l'influence des fructo oligosaccharides dans le métabolisme lipidique des rats.
Ceux-ci ont été alimentés d'oligofructose pour une durée de 30 jours avec une dose de 20g/100g d'aliment. Il a rapporté une forte baisse des triglycerides. Le cholesterol total, lui, n'a pas changé alors que le rapport HDL/LDL a baissé.

Ces résultats ont été observés par les expériences de Leverat en 1991 et Trautwein en 1998. Un effet hypocholestérolémiant et hypoglycémiant ont été rapportés plus précisément à des taux variant de 12 à 16%.

Une étude sur des rats obèses nourris avec des oligofructoses a révélé une baisse de poids accompagnée d'un changement du taux de triglycerides en 7 semaines (Daubioul *et al.,* 2000).

c- Sur le métabolisme glucidique

Une étude de Boucher *et al.* en 2003 a été réalisée sur des souris femelles consommant des aliments riches en lipides supplémentés ou non avec 0,15 % de glucooligosaccharide-1,4 par jour pendant 20 semaines. La supplémentation en GOS n'a pas changé le poids corporel des souris, ni les paramètres sanguins du type taux en glucose, insuline, leptine, triglycérides et acides gras libres.

Cependant, lors d'un apport additionnel en glucose à 0,1 % (p/p), la supplémentation des aliments en GOS a permis de diminuer plus rapidement le taux de glucose sanguin. Les GOS peuvent donc réguler le métabolisme du glucose par probablement stimulation d'hormones intestinales.

d- Amélioration des performances d'engraissement

L'objectif principal de l'alimentation consiste à obtenir de bonnes performances d'engraissement et une viande de meilleure qualité à l'abattage.

Une étude en nutrition chez le porc, s'est basée sur l'ajout des prébiotiques dans la ration alimentaire. Il en a résulté que celui-ci doit être non seulement suffisant pour avoir un effet sur la flore intestinale, mais doit également contribuer à l'état d'engraissement de l'animal.

Pour le porc, les apports recommandés sont supérieurs à 70g/kg d'aliments consommés. Plusieurs études animales ont mis en évidence les effets bénéfiques des prébiotiques sur la santé des animaux et sur le rendement des élevages parmi ces auteurs on cite : Flickinger *et al.,* 2003 et Delzenne *et al.*, 2002.

e- Prévention contre le cancer

Selon les travaux de Verghese *et al.,* 2002, l'addition de 5 à 15 % d'inuline ou d'oligo-fructose au régime alimentaire diminue l'incidence des tumeurs du gros intestin. L'effet anti-cancer a été confirmé par Roberfroid, 2002, sur des tumeurs mammaires et leurs métastases pulmonaires chez les rats et les souris.

Ces résultats ont été encore plus conséquents en alliant une combinaison de prébiotiques et de probiotiques. (Pietro Femia *et al.,* 2002).

Le principal mécanisme de ces effets est lié à la production d'acides gras à chaîne courte au cours de la fermentation des prébiotiques, qui cause une baisse du pH et la modulation de la flore intestinale, en particulier la stimulation de bactéries fermentatrices des glucides, ce qui provoque une diminution de la concentration des produits de la putréfaction, des substances génotoxiques, toxiques, et mutagènes, ainsi que la baisse des acides biliaires secondaires et d'autres facteurs cancérigènes (Roberfroid *et al,* 2002).

En résumé :

Outre les effets sur la flore intestinale, les prébiotiques ont un effet sur :

- la régularisation de production fecale : augmentation de la biomasse suite à la fermentation active des fructanes permettant à ces nutriments de réguler le transit (utilisation potentielle pour la maladie de Crohn, constipation chronique ou cancer du colon) ;
- l'augmentation de l'absoption de certains minéraux ;
- la restauration de l'homéostasie lipidique et glucidique ;
- la stimulation du système immunitaire et des fonctions barrières de l'intestin : le butyrate qui est un produit de fermentation jouerait un rôle important dans le maintient des barrireres intestinales ;
- l'équilibre de la balance azotée et réduction du developpement tumoral.

Les études citées ci-dessus les démontrent dans la plupart des cas sur les animaux de laboratoire cependant des applications au modèle animal de rente et humain sont de plus en plus en cours d'étude.

III-5- Intérêt d'utilisation des prébiotiques

Les oligosaccharides résistent aux réactions enzymatiques se produisant dans l'estomac et la partie supérieure de l'intestin. Ils deviennent ainsi les substrats d'espèces bactériennes intestinales capables d'hydrolyser spécifiquement les oligosaccharides en acides gras à chaînes courtes (acétate, lactate, propionate, butyrate) par fermentation.

La production d'acides gras à chaînes courtes dans le côlon est un processus dynamique qui varie avec le type d'oligosaccharides, la durée du traitement, la composition initiale de la flore et du régime alimentaire dans lequel ils sont incorporés (Bastanelli et Lebas, 2000).

Les grandes lignes des effets prouvés ou en cours d'études sont décrites dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Effets positifs probables ou suspectés des prébiotiques sur la santé (Bornet *et al.*, 2002 ; Franck, 2002 ; AFSSA, 2003) cités par ABBOUYEN,2014

EVIDENCES SCIENTIFIQUES FORTES	
Effets des prébiotiques	**Mécanismes des prébiotiques**
Faible valeur calorique	▪ Non digestible et fermentation colique complète en lactate, acides gras à chaîne courte (acétate, propionate et butyrate) et gaz (CO2, H2, CH4)
Modulation de la flore intestinale Amélioration de la motilité intestinale et soulagement de la constipation	▪ Fermentation séléctive par la flore positive endogène au détriment de la flore pathogène ▪ Augmentation de la pression osmotique ▪ Production de butyrate fournissant de l'énergie aux colonocytes ▪ Production de gaz ▪ Accroissement de la biomasse bactérienne
EVIDENCES SCIENTIFIQUES PROMETTEUSES	
Effets des pébiotiques	**Mécanismes des prébiotiques**
Stimulation de l'absorption des mineraux et réduction des risques d'ostéoporose	▪ Acidification du milieu améliorant la solubilisation du calcium et du magnésium
Effet hypolipidémique, hypoglycémique et prévention du diabète	▪ Production d'acétate et propionate modulant la lipogénèse hépatique ▪ Production de propionate modulant la gluconéogènèse hépatique ▪ Libération d'hormones intestinales
Diminution des diarrhées	▪ Fermentation séléctive par la flore positive endogène au détriement de la flore pathogène ▪ Production d'acides gras à chaîne courte stimulant l'absorption d'eau par le côlon
Diminution du risque du cancer du côlon	▪ Modulation du système immunitaire via la flore endogène ▪ Production de butyrate régulant la prolifération des cellules altérées ▪ Modulation de la flore positive exhibant une faible activité enzymatique carcinogène
Prévention des infection intestinales	▪ Fermentation séléctive par la flore endogène positive ▪ Production d'acides gras à chaîne courte induisant un environnement acide ▪ Modulation du système immunitaire via la flore endogène

IV- EFFET SYMBIOTIQUE

Le symbiotique a d'abord été défini par Gibson et Roberfroid en 1995 puis validé par l'AFSSA en 2003. Un composé symbiotique est un produit qui contient à la fois un (des)probiotique(s) et un (des) prébiotique(s).

L'effet synergique n'est pas requis, mais il est possible que le prébiotique soit ajouté afin de favoriser la survie et l'activité des souches probiotiques et ainsi potentialiser l'effet bénéfique de ce dernier sur la santé de l'hote. Si une telle relation est indiquée, elle doit être scientifiquement démontrée.(par exemple, une association de *bifidobactérium* ou de *lactobacillus* et fructo-oligosaccharides) (Rambaud et *al.*, 2004).

Rastall et Maitin (2002) ont étudié l'effet symbiotique, associant *Bifidobacterium breve* et des galacto-oligosaccharides, le résultat a été la récupération d'une colonisation intestinale quasi-normale après une salmonellose.

Les souris ont été traitées par streptomycine, ce qui a rendu indétectable les taux de bifidobactéries, lactobacilles et entérobactéries dans les selles. Les souris ont été nourries avec une préparation à base de *B. breve* et de galacto-oligosaccharides.
La recolonisation du tractus gastro-intestinal lors de l'utilisation du symbiotique est plus importante que lorsque le probiotique était utilisé seul.

CONCLUSION

CONCLUSION

Les additifs alimentaires en matière d'élevage se sont largement répandus, leur diversité et leur nombre qui s'accroît en sont la preuve. Ils constituent pour l'agriculteur le moyen le plus efficace d'atteindre ses objectifs en matière d'alimentation et de bien-être de l'animal en induisant une meilleure digestibilité de l'aliment, une amélioration des performances de croissance, une augmentation de la synthèse protéique,…

Cependant, l'utilisation excessive de ces additifs a vu se manifester des scandales sanitaires largement médiatisés qui ont alerté les pouvoirs publics. Ceux-ci ont décrété que les additifs alimentaires utilisés dans les produits d'alimentation animale devaient faire l'objet de conditions pré-approuvées par les autorités compétentes.

Elles définissent les lignes directives concernant l'élaboration, la présentation et la validation des demandes d'autorisation en fixant les conditions d'emploi et les normes recommandées et s'emploient, dans le cas de l'Union européenne, à les homogénéiser dans tous les pays membres et à restreindre ou interdire l'importation de produits venant de pays ne respectant pas les mêmes lois ; cas des viandes et produits carnés provenant de l'Amérique du Nord où l'utilisation d'antibiotiques comme facteur de croissance est toujours en vigueur.

L'un des principaux problèmes rencontrés relatif à l'utilisation d'antibiotiques fut l'émergence d'une antibiorésistance massive de la part des animaux à l'encontre de pathogènes qui s'est vite transmise à l'Homme via la chaîne alimentaire et des rejets dans l'environnement et qui demeure jusqu'à présent un réel fléau.

Les prébiotiques et probiotiques font partie des alternatives auxquelles les producteurs peuvent avoir recours pour réduire l'utilisation des antibiotiques à la stricte nécessité vétérinaire. Généralement, ils ne sont pas aussi efficaces, mais en raison des pressions pour retirer ou du moins restreindre l'usage des antibiotiques à des fins juste thérapeutiques, ils deviennent une alternative intéressante.

Bien que les résultats en laboratoire soient déjà concluants, une meilleure connaissance de ceux-ci permettrait de développer des substances dont les effets sur la santé seront améliorés mais aussi de développer des produits qui agiront spécifiquement sur les populations bactériennes intestinales et sur le système immunitaire.

L'efficacité des probiotiques pourrait être améliorée par un apport simultané de prébiotiques qui vont œuvrer en synergie. Cette association a pour objectif d'aider à améliorer la survie du probiotique et d'accroître ses propriétés biologiques.

Probiotiques et prébiotiques sont des produits sans effets secondaires connus. Cependant, leur effet bénéfique est très variable selon le produit utilisé et le contexte de son utilisation. Il est alors essentiel d'intégrer les traitements dans une approche globale en tenant compte de la nutrition, du stade physiologique, des mécanismes de protection contre les bactéries indésirables, des conditions d'élevage et bien sûr du coût d'utilisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

-A-

- Abbouyen F.Z., 2014. Activité antimicrobienne des extraits phénolique de la farine de la pulpe de caroube par interaction probiotique-prebiotique-pathogène. Mémoire master, Université de Tlemcen, 64 p.

- Adda J., 1962. Les Antioxygènes et la conservation des produits laitiers. *INRA Prod. Anim*, 42 (417), 378-392.

- Anonyme, 1981. Rapport du Commité scientifique de l'alimentation animale. 3ème série. Commission des communautés européenne. 33p.

- Anonyme, 2009. Manuel d'évaluation de la sécurité alimentaire en situation d'urgence. 2ème édition, Programme alimentaire mondial (358) 39-41.

- Aravinth A. et Prakash S., 2015. Application of Prebiotics in Poultry Production. *Animal science: Global journal for research analysis*, 4(12), 13-14.

-B-

- Bastianelli D. et Le Bas C., 2000. Evaluation du rôle de l'alimentation animale dans la sécurité des aliments : Perspectives d'actions. 1-4. In Actes de l'atelier international, Montpellier, France, 11-13 décembre 2000.

- Becart C., Herbin A., Lefevre M., Molard P., Przybylski L., Rigaudiere P., Sagot N. et Wavelet S., 2000. La filière alimentation animale. http://www.univ-lille1.fr/pfeda/iaal/docs/dess2000/animal/proj_ann_fin.pdf. Consulté le 02/08/2016.

- Bomba A., Nemcová R., Mudronová D. et Guba P., 2002. The possibilities of potentiating the efficacy of probiotics. *Trends Food Sci. Technol.*, 13 (1), 121-126.

- Boucher J., Daviaud D., Remaud-Simeon M., Carpene C., Saulnier-Blache J., Monsan P. et Valet P., 2003. Effect of non-digestible gluco-oligosaccharides on glucose sensitivity in high fat diet fed mice. *Journal of Physiological Biochemistry*, 59(3), 169-173.

- Broadway P.R., Carroll J.A. et Callaway T.R., 2014. Alternative antimicrobial supplements that positively impact animal health and food safety. *Agriculture, Food and Analytical Bacteriology Journal*, 4(2), 109-121.

- Buffie C.G. et Pamer E.G., 2013. Microbiotamediated colonization resistance against intestinal pathogens. *Nat. Rev. Immunol.*, 13(7), 790-801.

-C-

- Champeil-Potokar G., 2002. In Guihard J., 2011. Intérêts d'une supplémentation en acides gras oméga-3 sur la production et la santé des vaches laitières. Th. Doct., Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 85 p.

- Cloutier L. et Klopfenstein C., 2015. Additifs alimentaires ayant des effets sur la santé ou sur les performances de croissance chez le porc et la volaille. Fiches d'information centre de développement du porc du Quebec. 39 p.

- *Codex alimentarius*, 2000. Rapport de la première session du groupe de travail intergouvernemental du Codex sur l'alimentation animale, Copenhague, 13-15 juin 2000.

- Commission des communautés européennes, 2000. Principes de sécurité alimentaire 9-10 In Livre blanc sur la sécurité alimentaire, Bruxelles.

- CoxamV., 2006, Inuline et oligofructoses : un nouveau rôle pour l'os ?. *Métabolismes Hormones Diabètes et Nutrition*, 5, 120-125.

- Croisier M. et Croisier Y., 2012. Les additifs pp : 209-222. In Alimentation animale : raisonnement de l'alimentation des animaux d'élevage. Ed. Educagri.

- -Cummings J. et MacFarlane G., 2002. Gastrointestinal effects of prebiotics. *British Journa lof Nutrition*, 87(2), 145-151.

-D-

- Daubioul C.A., Taper H.S., De Wispelaere L.D., et Delzenne N.M., 2000. Dietary oligofructose lessens hepatic steatosis, but does not prevent hypertriglyceridemia in obese Zucker rats. *J Nutr*., 130(5):1314‑1319.

- Delteil L., Bréchet C., Fournier E. et Le borgne M. C., 2004. Additifs alimentaires. 270-277. In Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Ed. Educagri.

- Delzenne N.M., Kok N, Fiordaliso M.F., Deboyser D.M., Goethals F.M., Roberfroid M.B., 1993. Dietary fructo-oligosaccharides modify lipid metabolism in rats. *Am J Clin Nutr*; 57(Suppl) 820-821.

- Delzenne N. M., Daubioul C., Neyrinck A., Lasa M. et Taper H.S., 2002. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *British Journal of Nutrition*, 87(2), 255-259.

- Dierick N., Decuypere J., Molly K., Van Beek E. et Vanderbeke E., 2002. The combined use of triacylglycerols containing medium chain fatty acids and exogenous lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition. *Livestock Production Science*, 76 (2), 13-16.

- Dunne C, O'Mahony L, Murphy L, Thornton G, Morrissey D, O'Halloran S, Feeney M, Flynn S, Fitzgerald G., Daly C., Kiely B, O'Sullivan GC, Shanahan F et Collins JK., 2001. In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with in vivo findings. *American Journal of Clinical Nutrition* 73(2): 386-392.

-F-

- -FAO, 2000. L'innocuité et la qualité des aliments, telles qu'affectées par les aliments pour animaux, 22ème Conférence régionale de la FAO pour l'Europe, Porto, 24-28 juillet 2000.

- -FAO-OMS, 2008. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture-Organisation mondiale de la santé,. Impact des aliments pour animaux sur la sécurité sanitaire des aliments. Rapport de la réunion d'experts FAO/OMS. Siège de la FAO à Rome. 8-12 octobre 2007.

- -FAO-WHO, 2001. Consultation mixte d'experts FAO/OMS sur l'évaluation des propriétés sanitaires et nutritionnelles des probiotiques dans les aliments. 1ère consultation mixte d'experts FAO/OMS. Cordoba, Argentine, 1er - 4 octobre 2001.

- -Ferron A., 1994. La résistance des bactéries aux antibiotiques. In Bactériologie médicale. 15ème edition, Ed. C&R., Paris, 12 p.

- -Flickinger E. A., Van Loo J., et Fahey G. C., 2003. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1), 24–30.

- -Franck A., 2002. Prébiotiques. 104-123. In : Aliments Fonctionnels. Ed Tec & Doc, Londres-Paris-NewYork.

- -Fuller R., 1989. Probiotics in man and animals. *Journal of Appl Bacteriol* 66 (3): 365–378.

-G-

- -Gagnon M., Kheadr E. E., Le Blay G. et Fliss I., 2004. In vitro inhibition of Escherichia coli 0157: H7 by bifidobacterials trains of human origin. *International Journal of Food Microbiology* 92 (1): 69-78.

- -Genestie B., 2006. Optimisation de la production d'arabin-oxylooligo-saccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales : Approches méthodologiques. Th. doct. de l'université de Limoges : 306 p.

- -Gibson G.R. et Wang X., 1994. Regulatory effects of bifidobacteria on the growth of other colonic bacteria. *J Appl Bacteriol*., 77, 412 ‑ 420.

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

- -Gloaguen M., Le Floc N. et Van Milgen J.,2013. Couverture des besoins en acides aminés chez le porcelet alimenté avec des régimes à basse teneur en proteines. *INRA Productions animales,* 26 (3), 277-288.

- -Guarner F., Khan A.G., Garisch J., Eliakim R., Gangl A., Thomson A., Krabshuis J. et Le Mair T., 2008. Recommandation Pratique: Probiotiques et Prébiotiques. WGO Practice Guidelines. 23p.

- -Guerin-Faublee V., 2010. Les mécanismes de résistance des bactéries aux antibiotiques. *Journées nationales GTV.* Lille, 26-28 mai 2010, 93-101.

- -Guillot J.F., 1998. Les probiotiques en alimentation animale. *Cahiers Agricultures*, 7(1), 49-54.

-H-

- -Haddie J.M., 1986. Other *Streptococci.* In Bergey's manual of systemial bacteriology. 1(1), 1070.

- -Huber J. T.,1997. Probiotics in cattle, 162-180.In Probiotics 2: Applications and practical aspects. Ed. Fuller Chapman and Hall London.

-J-

- **-**Jouany J.P., 1994. Les fermentations dans le rumen et leur optimisation**.** *INRA Prod. Anim.,* 7 (3), 217-220.

- -Jussiau R. et Papet A., 2015.Lutte contre les résidus et les contaminants chimiques. In Croissance des animaux d'élevage : bases scientifiques, itinéraires zootechniques et qualité des viandes. Ed. Educagri.

-K-

- -Khalid N.M. et Marth E.H., 1990. *Lactobacilli :*theire enzymes and roles. *Dairy Science.* 73 (2), 158-167.

- -Kontula P., Von Wright A. et Mattila-Sandholm T., 1998. In Genestie B., 2006. Optimisation de la production d'arabin-oxylooligo-saccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales : Approches méthodologiques. Th. doct. de l'université de Limoges, 306 p.

-L-

- -Larouci S., 2013. Contribution à l'étude des probiotiques et prébiotiques comme alternatives aux antibiotiques en aviculture. Mémoire magister en biologie, Université d'Oran, 130 p.

- -Larry-Branen A. et Haggerty R.J., 2002. Introduction to food additives. 1-11. In Food additives 2nd Ed. Marcel Dekker.
- -Lessard M., 2004. Utilisation des probiotiques chez le porc. Modulateurs potentiels de la santé intestinale. Colloque sur la production porcine du CRAAB. 19 octobre 2004, Quebec Canada.
- -Levrat M.A., Remesy C., et Demigne C., 1991. High propionic acid fermentations and mineral accumulation in the cecum of rats adapted to different levels of inulin. *J.Nutr*., 121(11),1730–1737.
- -Lilly D. et Stillwell R., 1965. Probiotics: Growth promoting factors produced by microorganisms. *Science ed.* 147(3659):747-748.

-M-

- **-**Marteau P., DeVrese M., Cellier C. et Schrezenmeir J., 2001. Protection from Gastrointestinal diseases with the use of probiotics. *American Journal of Clinical Nutrition* 73(2), 430-436.
- -Matijevic B., Bozanic R. et Tratnik L., 2009. The influence of lactulose on growth and survival of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 in reconstituted sweet whey. *Mljekarstvo,* 59 (1), 25-26.
- **-**Melcion J.P., 1995. Emploi des liants pour le pressage des aliments des animaux : aspects technologiques et nutritionnels. *INRA Prod. Anim.*, 8 (2), 83-96.
- -Meschy F., 2007, Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : actualisation des connaissances. *INRA Prod. Anim.*, 20 (2), 119-128.
- -Millemann Y., 2010. Utilisation des antibiotiques en élevage et risques d'"antibiorésistance." Présentation Power-Point. AgroParisTech, Unité de production bovine, Cours de 3ème année, 94 diapositives.

-N-

- -Newbold C.J.,2003. Probiotics. Principes for use inruminant nutrition. In van Vuuren and B. Rochet:Role of probiotics in animal nutrition and their linkto the demands of European consumers, IDLelystad. 10 p.
- Nicolas J.-L., Gatesoupe F.-J., Frouel S., Bachere E. et Gueguen Y., 2007. Quelles stratégies alternatives aux antibiotiques en aquaculture ?. INRA Prod. Anim., 20 (3), 253-258.
- Ninane V., Mukandayambaje R. et Berben G., 2009. Probiotiques, aliments fonctionnels et kéfir: le point sur la situation en Belgique et sur les avancés scientifiques en matière d'évaluation des effets de santé du kéfir. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13(3) 459-466.
- Nurmi E. et Rantala M. 1973. New aspects of Salmonella infection in broiler production. *Nature*, 241(8), 210-214.
- OCDE, 2000 .Organisation de Coopération et de Développement Economiques. Aperçu général et compendium des organisations internationales traitant de la sécurité des aliments (42) 8-25.
- Ottaviani E., Ventura N., Mandrioli M., Candela M., Franchini A. et Franceschi C., 2011. Gut microbiota as a candidate for lifespan extension: an ecological/evolutionary perspective targeted on living organisms as metaorganisms. Biogerontology, 12, 599-609.
- Ouwehand A.C., Kirjavainen P.V., Shortt C, Salminen S (1999) Probiotics: mechanisms and established effects.*Int Dairy*, 9,43-52.

-P-

- Panisset J.C., Dewailly E. et Doucet-Leduc H., 2003. Contamination animale. 369-376. In Environnement et santé publique-Fondements et pratiques. Ed. Edisem Tec et Doc.

- Parlement européen et conseil de l'Union européenne. Règlement (CE) n° 1831/2003 du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux . Journal officiel de l'Union européenne n° 268 du 18 octobre 2003. 32 -33.

- -Pietro Femia A., Luceri C., Dolara P., Giannini A., Biggeri A., Salvadori M., Clune Y., Collins K. J., Paglierani M., et G. Caderni, 2002. Antitumorigenic activity of the prebiotic inulin enriched with oligofructose in combination with the probiotics Lactobacillus rhamnosus and Bifidobacterium lactis on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Carcinogenesis*, 23(11), 1953–1960

- -Pilet M.F., Magras C. et Federighi M., 2005. Bactéries lactiques 219-240. In Bactériologie alimentaire. 2eme édition. Ed.Broché.

-R-

- Rambaud J. C., Buts J. P., Corthier G., et Flourie B., 2004. Flore microbienne intestinale. 43-51. In physiologie et pathologie digestives. Ed. John libbey euro text Paris.

- Rastall A., Maitin V., 2002. Prebiotics and synbiotics : towards the next generation. *Current Opinion in biotechnology*,13, 490-496.

- Roberfroid M. B., 2002. Inulin/oligofructose and anticancer therapy. *British J Nutr.*, 87(6) 283–286.

- Roberfroid M.B., 1998. Health benefits of non-digestible oligosaccharides. *Adv Exp Med Biol*, 427, 211 - 219.

- Roger-Gaillard C, 2013. le microbiote intestinal : un compartiment biologique à explorer chez les animaux d'élevage. *Bull.Acad.Vet* ,167 (02), 131-136.

- Rycroft C.E., Jones M.R., Gibson G.R. et Rastall R.A., 2001. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *J Appl Microbiol.*, 91, 878 - 890.

-S-

- Salminen S., Wright A.V et Ouwehand B., 2004. Lactic acid bacteria : microbiological and functional aspects. 1-66. 3eme édition. Ed.Marcel Dekker.

- Sanders P., 2005. L'antibiorésistance en médecine vétérinaire : enjeux de santé publique et de santé animale. Bull. Acad. Vét. France. 158 (2): 137-143.

- Sharp R., Fishbain S. et Macfarlane G.T., 2001. In Genestie B., 2006. Optimisation de la production d'arabin-oxylooligo-saccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales: Approches méthodologiques. Th. doct. de l'université de Limoges : 306 p.

- Simon O., Jadamus A. et Vahjen W., 2001. Probioticfeed additives–effectiveness and expected modesof action. *J. Anim. Sci*. 10 Supp 11: 51-67.

- Slominski, B.A., 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry Science*, 90(9) : 2013-2023.

- Sommer F et Backhed F., 2013. The gut microbiota--masters of host development and physiology. *Nat Rev Microbiol*, 11(4), 227-238.

- Suryanarayana M.V.A.N., Suresh J. et Rajasekhar M.V., 2012. Organic acids in swine feeding. *Agricultural Science Research Journal*, 2(9) : 523-533.

-T-

- Tamime A. Y., 2002. Microbiology of starter cultures. 261-366. In Microbiology handbook. 3eme edition. CRC Press.

- Trautwein E.A., Rieckhoff D. et Erbersdobler H.F., 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *J Nutr*., 128(11),1937–1943.

- Trystram D., Chardon H., Pean Y., Delarbre J-M., Costa Y., Maugat S., Coignard B. et Jarlier V., 2012**.** Réseau européen de surveillance de la résistance bactérienne aux antibiotiques: résultats 2001-2010 pour la France et place en Europe. BEH. 43 (1): 477-479.

-V-

- Veras H., Rodrigues F., Colares A. V., Menezes I., Coutinho H. Botelho M., et Costa J., 2012 activité antibiotique des composés volails issuss de l'huile essentiel de *Lippia sidoides* et du thymol. *Fitoterapia*, 83(3), 508-512.

- Verghese M., Rao D. R., Chawan C. B., Williams L. L., et Shackelford L., 2002. Dietary inulin suppresses azoxymethane-induced aberrant crypt foci and colon tumors at the promotion stage in young Fisher 344 rats. *J Nutr.*, 132(9), 2809–2813.

-W-

- Wada K., Watanabe J., Mizutani J., Tomoda M., Suzuki H. et Saitoh Y., 1992. In Genestie B., 2006. Optimisation de la production d'arabin-oxylooligo-saccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales : Approches méthodologiques. Th. doct. de l'université de Limoges, 306 p.