



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



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

**Effets des additifs alimentaires sur les paramètres
zotechniques et métaboliques chez les bovins
« Etude bibliographique »**

Présenté par

Megheni Nour El Yakine

et

Hamrani Khawla

Devant le jury :

Président(e) : Mr. Nabi M. M.A.A. ISV BLIDA

Examineur : Mr. Yahimi A. M.C.B ISV BLIDA

Promoteur : Mme Hadj Omar K. M.A.A ISV BLIDA

Année : 2016/2017

Remerciements

Avant tout, on remercie «DIEU» qui a illuminé notre chemin et qui nous a

armés de courage pour achever nos études.

On remercie fortement notre promotrice : Mme. Hadj Omar K.

Nous remercions.

Mr Nabi ; de nous avoir fait l'honneur de présider notre travail.

Dr Yahimi ; d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner notre projet.

Nous saisisons cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude à l'ensemble des
enseignants de l'institut des sciences vétérinaires de Blida.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin
dans la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mon mari Ibrahim pour son amour et sa confiance

A ma fille

A ma chère mère Khaira et mon cher père Mohammed pour leurs sacrifices et leurs encouragements pendant toute ma vie

Mes frères et mes sœurs, sans oublier mes nièces

A ma belle-mère et mon beau père

Mes beaux-frères et mes belles sœurs

Mon binôme : Nour el yakine.

A toutes mes amies

A toute la promotion vétérinaire 2016-2017.

khawla

Dédicaces

Louanges a dieu de nous avoir illuminé le chemin du savoir et nous avoir aidé.

Au terme de ce modeste travail, je tiens à dédier ce travail à :

Mes grands parents ;

Mon cher papa, les paroles ne suffisent pas pour te remercier pour ton amour tes sacrifices, ton soutien moral et financier, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai pour toi.

Ma chère mère, affable, honorable et aimable ; tu représente pour moi la source de tendresse, l'exemple de force qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi je te dédie ce travail au témoignage de mon profond amour.

Puisse dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé et longue vie.

Mes parents : merci pour le soutien et les sacrifices offerts pour moi, que dieu vous bénéfice et vous garde pour nous.

Mes sœurs : SOUMIA, son mari et leurs enfants, NOUR EL HOUDA et WISSAM

Mes oncles et leurs épouses, mes tantes et leurs maris ainsi que leurs enfants.

Tata RAHIMA : j'ai jamais oublié ton soutien, tes conseils, ton aide ... merci infiniment t'es toujours porté dans mon cœur tata.

SABRINE, son mari et leurs enfants, merci beaucoup.

Khadija kadide : ma plus chère sœur et amie t'était toujours là pour entendre mes futilités me soutenir je suis vraiment chancelante de t'avoir dans ma vie.

A ma copine de chambre et ma chère amie SILYA ainsi que mes amies HAKIMA, CHAIMA on a passé 5 belles années ensemble, ravie de votre amitié merci bcq.

A mes chères amies : HOURIA, YASMINE, SANDRA, LYNDA, TISSANY, SILYA, LIZA, SONYA, SARAH, je vous aime toutes.

Mon binôme KHAWLA.

Nour El Yakine

Résumé

La découverte de nouvelles stratégies consiste à utiliser des probiotiques (bactéries et levure notamment les *saccharomyces cerevisiae*) et des prébiotiques (oligosaccharides en premier place) comme alternative des antibiotiques pour donner un nouveau sens a la production animale a l'échelle universelle, ces alternatives permettent d'investiguer dans tous les secteurs de production animale sans aucun risque d'antibiorésistance qui met en jeu la santé publique, et donnent un effets bénéfiques sur la santé animale ,et également sont utilisés comme des facteurs de croissance améliorant les performances métaboliques biochimiques et zootechniques et aident a une précoce et bonne rentabilité ,donc répondre aux besoins en matière animale des pays ce qui a un impact économique direct.

Mots clés : prébiotiques, probiotiques, performance zootechnique, paramètres métaboliques.

Abstract

The discovery of new strategies consists in using probiotics (bacteria and yeast, especially *saccharomyces cereviciae*) and prebiotics (oligosaccharides in the first place) as an alternative to antibiotics to give a new meaning to animal production on a universal scale.

To investigate all sectors of animal production without any risk of antimicrobial resistance, which involves public health, and give a beneficial effect on animal health, and are also used as growth factors improving the biochemical and zootechnical metabolic performance And assist in early and good profitability, thus meeting the animal needs of the countries which has a direct economic impact.

Key words: prebiotics, probiotics, zooechnical performance, metabolic parameter.

ملخص

اكتشاف استراتيجيات جديدة يتكون من استخدام والبروبيوتيك (البكتيريا والخميرة، وخاصة ساكارومييسز سيريفيسيائي) البريبايوتكس (أوليغوساشاريدس في المقام الأول) كبديل للمضادات الحيوية لإعطاء معنى جديدا للإنتاج الحيواني على نطاق عالمي. للتحقيق في جميع قطاعات الإنتاج الحيواني دون أي خطر من مقاومة مضادات الميكروبات، والتي تنطوي على الصحة العامة، وإعطاء تأثير مفيد على صحة الحيوان، وتستخدم أيضا كعوامل نمو تحسين الأداء البيوكيميائية والحيوانية الحيوانية والتمثيل الغذائي والمساعدة في الربحية في وقت مبكر وجيدة، وبالتالي تلبية الاحتياجات الحيوانية للبلدان التي لها تأثير اقتصادي مباشر.

الكلمات المفتاحية: البريبايوتكس، البروبيوتيك، قدرات.

Sommaire

RESUME

REMERCIEMENTS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Chapitre 01: Généralité sur le tube digestif et le rationnement des ruminants

1 .Rappel anatomique sur le tube digestif.....	3
1.1. La cavité buccale.....	3
1.2. L'estomac.....	3
1.2.1. Le rumen «pense».....	3
1.2.2. Le réseau.....	3
1.2.3. Le feuillet «omasum».....	4
1.2.4. La caillette «abomasum».....	4
1.3. Les intestins.....	4
2. Description de la digestion chez les ruminants.....	5
2.1. Les phénomènes mécaniques de la digestion.....	5
2.1.1. La première mastication.....	5
2.1.2. La deuxième mastication ou la rumination	6
2.2. La motricité du rumen réseau et le transit.....	6
2.3. Le transit du bol alimentaire après le rumen réseau.....	6
2.4. Les phénomènes fermentaires de la digestion dans le rumen-réseau.....	7
3. La digestion après le rumen réseau	8

3.1. Dans le feuillet.....	8
3.2. Dans la caillette.....	8
3.3. Dans l'intestin grêle.....	8
3.4. Dans le gros intestin.....	9
3.5. Dans le caecum.....	9
4. La flore microbienne.....	9
4.1. Les bactéries	9
4.2. Les protozoaires.....	10
4.3. Les champignons.....	10
5. La transformation des aliments en nutriments.....	11
5.1. La digestion des sucres solubles.....	11
5.2. La digestion de la cellulose.....	11
5.3. La digestion de la lignine.....	11
5.4. La digestion des matières azotées.....	12
5.5. La dégradation des lipides.....	12
6. Pratique du rationnement des bovins.....	12
6.1. Evolution des besoins alimentaires de la vache laitière.....	13
6.2. Couvertures des besoins nutritionnels.....	15

Chapitre02 : Les additifs alimentaires : prébiotiques et probiotiques.

Les additifs alimentaires :

1. Définition des additifs en alimentation animal.....	17
2. L'intérêt des additifs.....	17
3. La fonction des additifs en alimentation animal.....	17
4. Catégories d'additifs pour l'alimentation animale.....	18
5. Les micro-organismes sont-ils considérés comme des additifs ?.....	19

Les prébiotiques

1. Définition es prébiotiques.....	20
---	-----------

2. Différentes classes des prébiotiques.....	20
2.1. Les hexoses.....	20
2.2. Les disaccharides naturels.....	20
2.3. Les oligosaccharides.....	21
2.3.1. Fructooligosaccharides et inuline.....	21
2.3.2. Lactulose.....	21
2.3.3. Galactooligosaccharides.....	21
2.4. Prébiotiques émergentes.....	22
2.4.1. Isomaltooligosaccharides.....	22
2.4.2. Oligosaccharides de soja.....	22
2.4.3. Xylooligosaccharides.....	22
3. Caractérisation des exo polysaccharides (prébiotiques).....	23
3.1. Les homopolysaccharides.....	23
3.2. Les hétéropolysaccharides.....	23
4. Mode d'action des prébiotiques.....	24
5. Efficacité zootechnique des prébiotiques.....	24
5.1. Chez l'espèce bovine.....	25
5.1.1. Effet métabolique et biologique connu et bien Documenté.....	25
5.1.2. Modulation du système immunitaire et le traitement des maladies.....	26
5.1.3. Neutralisation des produits toxiques.....	27
5.1.4. Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire.....	27

5.1.5. Effet des prébiotiques sur les performances de croissances

Des veaux.....	27
5.2.Effet des prébiotiques chez les autres espèces.....	28
5.2.1.. Effet des prébiotiques en aviculture.....	28
5.2.2. Effet des prébiotiques chez l'espèce équine.....	29

Les probiotiques

1. Histoire d'utilisation des probiotiques dans l'alimentation animal.....	31
2. définition :	32
3. Les critères de sélection d'un probiotique.....	32
4. Quand utiliser les probiotiques et dans quel but ?.....	33
4.1. Indication médicamenteuse.....	33
4.2. Indication comme facteur de croissance.....	34
5. Comment administrer les probiotiques.....	34
5.1. Administration directe.....	34
5.2. Administration indirecte.....	34.
5.2.1. Forme liquide.....	34
5.2.2. Avec l'aliment.....	35
6. Les types des probiotiques utilisés chez les ruminant.....	36
6.1. Bactéries utilisées comme probiotiques.....	36
6.2. Levures probiotiques.....	37
7. Le devenir des probiotiques dans le tube digestif des Ruminant.....	38.

8. Effet et rôles des probiotiques.....	40
8.1. Sur les paramètres métaboliques.....	40
8.1.1. La levure probiotique améliore l'utilisation digestive	
De la ration.....	40
8.1.2. Effet sur la digestibilité total de la ration	40
8.1.3. Effet sur la dégradabilité ruminale.....	42
8.1.4. Effet sur l'utilisation digestive des matières azotées	
alimentaire.....	42
8.1.5. Effet sur la production ruminale du gaz.....	43
8.1.6. Effet levure sure la microflore ruminale.....	44
8.1.7. Effet des bactéries probiotiques sur le nombre total des bactéries du	
rumen.....	44
8.1.8. Effet de la levure sur les bactéries cellulolytiques de rumen.....	45
8.1.9. Effet de la levure sur les bactéries utilisatrices de lactate ruminale.....	46
8.1.10. Effet de la levure sur le pH et le faciès ruminale.....	47
8.1.11. Effet de la levure sur la concentration ruminale en AGV.....	50
9. L'effet des probiotiques sur les paramètres biochimiques et sanguins.....	52
10. Effet de l'introduction des probiotiques sur la production laitière.....	52
10.1. Levures probiotiques.....	52
10.1.1. Influence du stade de lactation	54
10.1.2. Influence de la nature de ration.....	54
10.2. Les bactéries probiotiques.....	55

10.3. Combinaison de bactéries et de levures probiotiques.....	56
11. Effet d'introduction des probiotiques sur les veaux.....	56
11.1. Accroissement de la vitesse d'établissement des populations cellulotiques dans le rumen.....	56
11.2. Réduction de l'incidence de la diarrhée, accroissement du gain de poids quotidien et maintien de la santé intestinale.....	57
12. Effet d'introduction des probiotiques sur les bovins de boucheries.....	59

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau 1 : Besoins en énergie, matières azotées de la vache laitière (INRA ,1988).....	13
Tableau 2 : Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeur (INRA, 1988).....	14
Tableau 3 : Apports recommandés en oligoéléments et seuils de toxicité (mg /kg de ration) (INRA, 1988)	14
Tableau 4 : Gain de poids quotidien moyen (g/jour) de veau.....	28
traités avec <i>enterococcusfaeuim</i> + GOS.....	37
Tableau 5 : les différentes bactéries utilisées comme probiotiques (Holzapfer et al 1998).....	42
Tableau 6 : Effet de la levure probiotique sur la dégradabilité ruminale de la MS %(D'après williams et al 1991).....	49
Tableau 7 : Effet des bactéries probiotiques seules ou associées à la levure <i>S.cerevisiae</i> sur le PH et les fermentations ruminales (chiquette 2009, Hagg et al 2010).....	52
Tableau 8 : Effet de la supplémentation alimentaire en saccharomyces cerevicisiae sur les paramètres sanguins et biochimiques des ruminantes.....	58.
Tableau 9 : Essai d'introduction de probiotique sur des veaux nouveau-nés.....	58
Tableau 10 : Résultats d'administration de <i>Streptococcus faeuim</i> dans la poudre de lait des veaux	59

Liste des figures

Figure 01 : Conformation extérieure de l'estomac du bœuf (D'après Baron, 1984).....	5
Figure 02 : Modalités et control hormonal de la mobilisation des réserves énergétiques en début de lactation (Enjalbert, 2003)	16
Figure 03 : Les trois types des probiotiques utilisant chez les ruminants.....	36
Figure 04 : Image de <i>S.cerevisiae</i> en microscopie électronique (a) et sur milieu gélosé (b).....	38
Figure 05 : Cinétiques du nombre de levure dans le rumen et dans les fèces (D'après Fiems et al, 1993).....	39
Figure 06 : Effet de différentes souches de levures sur la population bactérienne ruminale en culture mixte (Adaptée de Newbold and Wallace, 1992).....	45
Figure 07 : Effet de la levure sur la proportion d'ARN ribosomal des bactéries ruminale (D'après Chaucheyras et al 1997).....	45
Figure 08 : Variation du pH en fonction du pH du Rumen du lot témoin (Non supplémenté) chez des bovins laitiers et à viande supplémenté en bactérie probiotique.....	50
Figure 09 : Effet de la levure probiotique sur la MSI, la production et la qualité du lait (D'après Ali Haimoud- Iekhal et al, 1999).....	53
Figure 10 : Effet de <i>P.bryandii</i> 25A sur le pourcentage de matières grasses du lait après le vêlage.....	56

Liste des Abréviations

AAM : Additif alimentaire microbien

ADF : Acid detergent fiber

AFC : Antibiotique facteurs de croissance.

AGNE: Acide gras non estérifiés

AGV : Acide gras volatil

AXOS: Arabinoxyloligosaccharide

B : *Bifidobacterium*

BHB : β - hydroxy butyrate

BP : probiotique

Ca: calcium

CH₄: méthane

Cl: chlore

CO₂: dioxyde de carbone

E: *Escherichia*

EPS: Exo polysaccharides

ETR : Ecart type résiduel

FOS : Fructo-oligosaccharide

g : gramme

GAS: Galacto-oligosaccharide

GH: Growth hormon

GMQ : Gain moyen quotidienne

GOS : Gluco-oligosaccharide

GRF : Glucide rapidement fermentescible

GRF : glucide rapidement fermentescible

H : heure

H₂: dihydrogène

IC : Indice de consommation

IgA :immunoglobuline A

IgG: immunoglobuline G

IgM :immunoglobuline M

IMO:Isomalto-oligosaccharide

INRA : Institut national de la recherche agriculture

K: potassium

L'U.E : L'unité européenne

Lb : *Lactobacillus*

MAD : Matière azotée digestible

MAT : Matières azotées totales

MG : Matière grasse

Mg: Magnesium

MI : millilitre

MO : Matière organique

MOS: Mannan-oligosaccharide

MS : Matière sèche

Na: sodium

NDF : Neutral detergent fiber

NH₃ : Ammoniac

NS : Non significatif

P: Phosphor

PDI : Protéines digestible dans l'intestin

PTP : Protéines totales plasmatiques

PV: Poids vif

PV: Poids vif

Sc :*Saccharomyces cerevisia*

SOS: oligosaccharide de soja

Sp : Espèce non précisée

Ssp : Sous espèce

TB : Taux protéique

TP : Taux butyrique

UFC : Unité formant colonie

UFL : Unité fourragère lait

XOS: Xylo-oligosaccharide

Introduction :

Après la seconde guerre mondiale, il y'avait une demande croissante à propos des produit animaux, qui implique l'intensification des élevages modernes, l'industrialisation de l'élevage dans le but majeur est d'augmentes la production et d'en abaisser le coût dans le souci d'une économie compatible, doit se préoccuper de l'état de santé des animaux et respecter les bonnes pratiques vis-à-vis de l'environnement.

Les recherches pour la promotion en élevage ont mis en œuvre des substances médicamenteuses notamment les antibiotiques facteurs de croissance (AFC) utilisés en alimentation des animaux en tant qu'additifs alimentaires.

En 2006, l'union Européenne a interdit définitivement l'emploi des antibiotiques comme promoteur de croissance en production animale. L'antibiothérapie a connu ses limites en raison de l'émergence de nouvelles souches pathogènes multi-résistantes causées par l'utilisation abusive de ces composés dans l'élevage bovin ; récemment de nouvelles stratégies de prévention ont été proposées comme alternatives aux antibiotiques pour avoir des effets bénéfiques. Parmi ces stratégie le recoures aux probiotiques notamment *saccharomyces cereviciae* qu'est utilisé depuis des siècles par l'homme et représente le groupe de microorganisme le plus exploité commercialement, et les *prébiotiques* (les *oligosaccharides*) semblent offrir les résultats les plus promoteurs. Les microorganismes autorisés aujourd'hui en Europe en alimentation animale appartiennent aux bactéries du genre *Bacillus*, *Entirococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Bifidobactiruim*, et aux levures.

Les probiotiques sont définis par l'OMS comme des « des microorganismes vivants, qui lorsqu'ils sont administrés on quantité adéquate, confèrent un effet bénéfique pour la santé de l'hôte au-delà de l'effet nutritionnel premier » ; les prébiotiques quant à eux, sont des ingrédients des aliments indigestibles qui agissent en amont des probiotiques qui se contentent d'apporter une source nutritive sélective d'une flore bénéfique pour l'hôte ,alors le mode d'action des prébiotiques est donc à rapprocher de celui des probiotiques.

Ces additifs agissent par le biais d'un renforcement de l'immunité en produisant les immunoglobulines, et la santé intestinale et ruminale en stimulant la croissance et /ou l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes et aussi l'ingestion de bactéries lactiques vivantes et accroître la longévité en réduisant dans le tube digestif la population des bactéries purifiantes ou productrices des toxines dans la flore digestive de l'animale, et favorisent la digestion et les différents paramètres métaboliques et agissent également comme des facteurs de croissance en améliorant les performances zootechniques (la production laitière, le gain de poids, indice de consommation ...).

Cette recherche bibliographique a porté sur deux chapitres, le premier sur les généralités du tube digestif et le deuxième chapitre a été consacré à l'effet des additifs alimentaires (prébiotiques et probiotiques) sur les performances zootechniques et les paramètres métaboliques des bovins dans différents stades physiologiques.

**Chapitre01 : Généralités sur le
tube digestif et le rationnement
des ruminants**

1- Rappel anatomique sur le tube digestif :

Les ruminants ont une physiologie de digestion très particulière par rapport aux autres espèces, cette particularité demande la présence d'un tube digestif bien adapté.

1-1-La cavité buccale :

Est une cavité de l'appareil digestif elle est limitée en avant par les lèvres, latéralement par les joues, en bas par la langue, en arrière, en haut par le palais, elle assure la préhension, la mastication, et le transit du bol alimentaire, par le voile du palais.

(Barone R. 1976 TOM 3).

1-2-les réservoirs gastriques chez les ruminants :

Composés de plusieurs compartiments gastriques à savoir :

1-2-1- Rumen « panse » :

Est considéré comme un sac volumineux déprimé de dessus en dessous, remplissant presque la moitié gauche de la cavité abdominale. Sa cavité présente deux parties principales (un antérieur et un postérieur) les deux piliers longitudinal qui divisent la cavité en deux sacs dorsal et ventral, (Albert.F and Ramey 1968) .Il a une capacité variable selon la taille et la race 100-200 litres, il représente les $\frac{3}{4}$ de la cavité abdominale, il s'ouvre avec le réseau par l'orifice rumino-réticulaire. (Claude Pavaux 1982).

La surface intérieur de rumen est constituée par un épithélium corné tapissé de papilles de forme et de dimensions variable, nombreuses et serrées les uns contre les autres, ces papilles jouent un rôle indispensable dans l'absorption des produits terminaux du métabolisme ruminal et augmentent la surface des contacts avec les aliments ainsi que la tunique musculaire de rumen avec ces contractions assurent un brassage continu des aliments, (Arais.J.L et al 1978).

1-2-2- Le réseau :

Est déposé en avant de la panse contre le diaphragme, sa muqueuse est réticulée et tapissée par des papilles absorbantes, il joue un rôle central dans la circulation des particules. Des contractions à des fréquences de l'ordre d'une minute partent du réseau et assurent la motricité de l'ensemble des réservoirs gastrique (Ruckbusch et Thivend 1979).

Les particules qui franchissent l'orifice reticulo-omasal doivent avoir une taille moyenne inférieure ou égale à 2 mm, les aliments solides s' séquestrent dans le rumen tant

qu'ils n'ont pas acquis la taille minimale de celle-ci sous l'action de la mastication, les enzymes et la population microbienne lors de la rumination (Dewhurst.R.J.et al 2003).

1-2-3-Le feuillet « omasum » :

C'est un organe sphérique chez les bovins représente une muqueuse non sécrétoire, il communique avec le réseau en amont par l'orifice reticulo-omasal et en aval avec la caillette mais par un orifice beaucoup plus large et plus dilaté (Gadoud 1992).

Le volume de feuillet est supérieur a celui du réseau en possédant des lamelles disposées parallèlement au passage des aliments, il constitue une sorte de filtre ou ne peuvent passées que les aliments bien devisés et qui seront comprimés entre les lames, Une absorption importante d'eau est prise par cette disposition (Stevens C.E et al 1960).

1-2-4- La caillette « abomasum » :

C'est l'estomac proprement dit, le seul secteur digestif contient des glandes digestives Sa muqueuse est sécrétoire, elle est garnie de nombreux replis qui se disposent à la manière de valvules s'opposent au reflux des aliments.

L'absorption d'eau et des minéraux a travers la muqueuse des lamelles est très intense, (Svendsen .P.1970).

1-3-Les intestins :

L'intestin est la portion du canal alimentaire qui va du pylore à l'anus. Physiologiquement l'intestin est un lieu de catabolisme, d'absorption progressivement et continue et de la formation des fèces, de métabolisme intermédiaire d'activité endocrine.

Anatomiquement on distingue deux parties : le premier l'intestin grêle constitué de trois portions (duodénum, jéjunum et l'iléum), le deuxième c'est le gros intestin ou se succède aussi trois segments (le caecume, le colon et le rectum) se dernier s'ouvrant a l'extérieur par le canal anal.

Chez la vache l'intestin grêle est très développé avec ses 40 m de longueur en moyenne et une large surface de muqueuse, quant au gros intestin il n'est que moyennement développé avec 10 m de long et un calibre réduit (Claude Pavaux 1982).

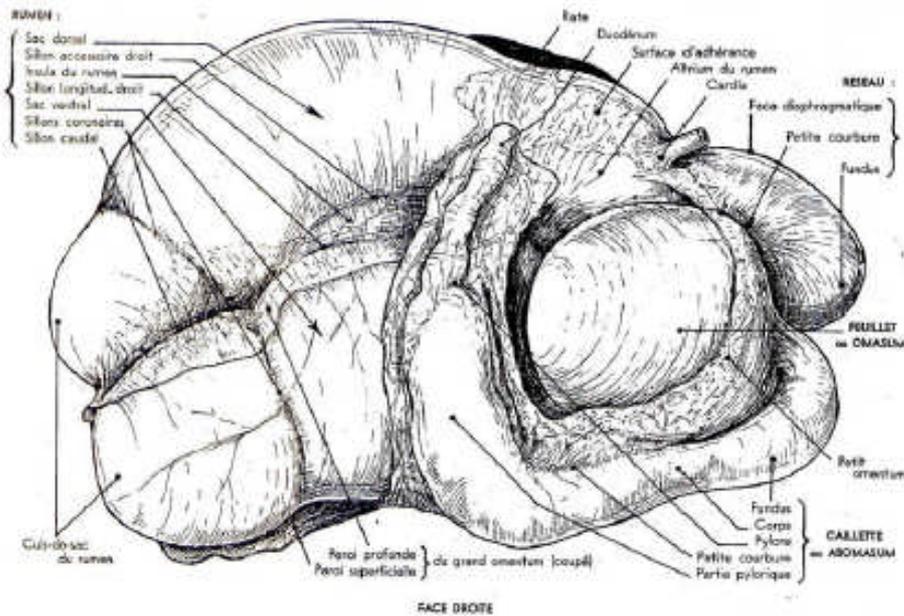


Figure01 : Conformation extérieure de l'estomac du bœuf (D'après Barone, 198

2-Description de la digestion chez les ruminants

La digestion met en jeu des phénomènes mécaniques (mastication lors de la rumination), enzymatiques (sécrétion des enzymes digestives au niveau de la caillette et de l'intestin grêle) mais elle fait également appel à des phénomènes fermentaires pour la transformation des aliments en nutriments absorbables par l'organisme.

2-1- Les phénomènes mécaniques de la digestion :

2-1-1-La première mastication :

La mastication est la première mécanique de la digestion qui est rapide de 70 à 80 mouvements par minute mais sa fréquence est plus élevée chez les ovins que chez les bovins chez les jeunes que les adultes (Balch 1958. Gill et al 1966), (Pond et al 1987).

Les fragments alimentaires résultants de cette mastication digestive sont avalés dans un flot de salive.

Après un temps de séjour dans le rumen qui varie selon la nature de la ration entre 30 et 70 minute, (Kolb 1975) les aliments sont régurgités et subissent une seconde mastication qui est la rumination

2-1-2-La deuxième mastication ou la rumination :

La rumination est la succession extrêmement régulière du cycle mérycique pour un animal et une ration donnée (Ruckbusck et Huntington J.A 1979) ; chaque cycle de rumination commence par la régurgitation d'un bol de contenu rumino-réticulaire qui est immédiatement séparé en deux fractions :

L'une dite la queue du bol set aussi tôt déglutie, l'autre va être mastiquée par une soixantaine de mouvement de *mâchoire* (Baumont 1989).

La rumination s'effectue par périodes de durée très variable (quelque minute à quelques heures) en fonction de la richesse en fibre de l'alimentation elle est essentiellement nocturne est souvent associée au sommeil lent, ce phénomène peut être déclenchée par la stimulation mécanique de diverses zones réflexogène (le cardia, le repli rumino-reticulaire,l'orificereticulo-omasal, (Ruchbusk et Huntington 1979)

Il peut également être associé à un stimulus conditionnel ce qui confirme le rôle du système nerveux central dans le déclenchement de l'extra contraction réOticulaire.

La comparaison des bols méryciques avant et après leur mastication est effectuée par, (Grenent1989) montre que la mastication mérycique transforme la majeure partie des grandes particules en petit particules donc de rendre les fourrages plus accessible à la fermentation.

1-2-2-La motricité du rumen réseau et le transit :

Le rumen – réseau est toujours rempli d'une masse alimentaire fibreuse est représenté les trois quart du contenu digestif total, elle subit simultanément :

- un brassage permanent.
- un broyage poussé au cours de la rumination
- un transit sélectif en direction du feuillet seules les particules fines peuvent le franchir ; 4mm chez les bovin ; 2mm chez les ovins (Gordon 1970). Alors que les grandes particules peuvent subir de nombreuses fois à la mastication mérycique.

2-3- Le transit du bol alimentaire après le rumen réseau :

Dans leur grande majorité, les particules présentes dans le feuillet ne mesurent pas plus d'un millimétré, le bol alimentaire est partiellement déshydraté pour être ensuite dans la caillette ou il ne séjourne que deux à trois heures imprégné de suc gastrique, l'élimination maximale dans les fèces des particules non digérées se situe environ trois jours après l'ingestion. L'élimination complète n'intervient qu'au bout de douze jours.

2-4-Les phénomènes fermentaires de la digestion dans le rumen-réseau :

Globalement l'activité digestive dans le réticulo-rumen comporte trois étapes complémentaires : d'hydrolyse, de fermentation et de synthèse.

Le réticulo-rumen est considéré comme un réservoir de fermentation (Raynaud 1959) dans la quelle prolifèrent des micro-organismes qui participent à la dégradation des glucides (Cheng et al 1991), des matières azotés (Brodrik et al 1991) et dans une moindre mesure à celle des matières grasses (Prins et al 1975) et grâce à un équipement enzymatique les micro-organismes du rumen sont capables de dégrader les constituants glucidiques contenues dans les végétaux. Les mouvements de ces deux réservoirs brassent la masse alimentaire en facilitant son ensemencement bactérienne.

Il autorise aussi par la protéosynthèse bactérienne la transformation de l'azote amide en azote aminé (Raynaud 1959), et participe à la synthèse des vitamines hydrosolubles, (Massengo 1976).

Le contenu ruminal peut être caractérisé par quelque paramètre physico-chimique :

- **La teneur en eau** : est comprise entre 85et 90% l'eau apportée par les aliments, de boisson et la salive abondante et continue.
- **La température** : une température assez constante comprise entre 39 et 41°C, cette température peut varier avec l'intensité de la fermentation ruminale (Thivend1985).
- **Le pH et le pouvoir tampon** : le ph du milieu est la résultante des productions de l'acide, des tampons salivaires et des tampons propres de la ration (Giger Reverdin et al 2002).Il est relativement constant oscille entre 6.5 et 7.2, (Blain, 2002).
- **Le potentiel d'oxydoréduction** : les réactions des espèces chimiques impliquées dans les fermentations et qui font du rumen un milieu réducteur, ne sont pas parfaitement connues. Le potentiel redox d'un rumen sain et en bonne fonctionnement est négatif et varie de 150mV-260mV (Bromberg 1957 ; Barry et al 1977 ; Marden et al 2000)
- **La pression osmotique** : la pression osmotique est maintenue proche à celle du sang.

La phase gazeuse de la partie dorsale du rumen contient 50-70%de co₂, le reste est Constitué principalement de méthane et une petite quantité des autres gaz : nitrogène et Oxygène qui est rapidement utilisé par la population microbienne.

3-La digestion après le rumen réseau :

La digestion dans la caillette et dans les intestins est semblable à celle qui a lieu chez les monogastriques.

3-1-Dans le feuillet :

Dans le feuillet dépourvu de sécrétion digestive, la vache absorbe certains substances comme l'eau, le sodium et le phosphore et d'autre substances volatiles, cette absorption favorise l'acidification des aliments dans la caillette, et grâce à ces lames le feuillet va fonctionner comme un filtre, les gros brins d'herbe ne peuvent pas descendre. Il régularise le transit digestif est prépare le repas de la vache à la vraie digestion qui se fera au niveau de la caillette.

3-2-Dans la caillette :

La caillette des ruminants correspond au vrai estomac des monogastriques elle présente peu de différences avec celui de ces dernières : sécrétion de mucus, d'acide chlorhydrique et d'enzymes digestives respectivement par les gastrocytes, les cellules pariétales et les cellules principales. Cependant, l'épithélium stomacal des ruminants sécrète une enzyme essentielle au mode de digestion des ruminants : le lysozyme gastrique. la fonction initiale du lysozyme chez les mammifères était de protéger le tube digestif contre l'attaque des bactéries pathogènes allochtones en les lysant (Irwin et Wilson, 1990). Chez les ruminants, le lysozyme a évolué pour fonctionner dans le contenu stomacal : activation à un PH acide et résistance à la pepsine (Dobson et al 1984 ; Stewart et al 1987). De ce fait, et contrairement à tous le mammifères (sauf les singes colobinae), cette adaptation a permis aux ruminants d'utiliser les nutriments et l'énergie contenus dans les micro-organismes en plus de ceux issus de l'activité en amont de ces mêmes micro-organismes (Dobson et al 1984 ; Jolles et al 1989).

Le contenu ne séjourne que peu de temps dans la caillette environ 2 à 3 heure et progresse rapidement dans les parties antérieures de l'intestin grêle où ont lieu la digestion et l'absorption des nutriments.

3-3-Dans l'intestin grêle :

À ce niveau la digestion se poursuit grâce aux :

- ✓ La sécrétion enzymatique de la vésicule biliaire et du pancréas et la paroi de l'intestin.
- ✓ La digestion enzymatique des hydrates de carbones des protéines et des lipides.

- ✓ L'absorption de l'eau des minéraux et des produits de la digestion intestinale (glucose, acides aminés et acides gras) (thomas et al, 1972).

3-4-Dans le gros intestin :

Les contenus arrivent par intermittence, y'séjournant quinze à vingt-quatre heures, ils subissent l'attaque d'une population microbienne assez voisine de celle du rumen réseau riche en bactéries cellulolytiques mais sans protozoaires, la fermentation est peu active parce qu'il reste très peu de constituants dégradables.

3-5-Dans le caecum :

Le caecum de la vache joue un rôle secondaire dans la dégradation des polymères végétaux par rapport aux pré-estomacs qui assurent 80 à 90% de la capacité de fermentation du tube digestif, (Hungate ,1966). Le caecum est le lieu de l'absorption de l'eau et la formation des matières fécales.

4-La flore microbienne :

La micro population de rumen se caractérise par son extrême diversité car l'on y trouve un important nombre de bactéries, des protozoaires et des champignons (Demeyler. 1991/Jouany et al 1995).

4-1- Les bactéries :

La population la plus dense, le rumen d'adulte contient environ $8 \cdot 10^3$ à $4 \cdot 10^{10}$ cellule bactérienne par millilitre, les seules bactéries représentent 50% de la biomasse microbienne, elle est composée essentiellement de bactéries anaérobies strictes non sporulées. Ces bactéries sont représentées par différentes espèces environ 200 espèces (Russell and Strobel 1998). Elles représentent la flore la plus performante pour digérer la cellulose des fourrages.

Les bactéries ont été classées en quatre groupes en fonction de leur environnement (Czerkawski I F.M 1988) :

- Les bactéries vivantes libres associées à la phase liquide ruminal.
- Les bactéries associées avec les particules alimentaires.
- Les bactéries associées à l'épithélium ruminal.
- Les bactéries attachées à la surface des protozoaires.

4-2-Les protozoaires :

Ce sont des eucaryotes unicellulaires mobiles dont ils sont divisés en deux groupes :

- Le Groupe des ciliés : Représente environ la moitié de la biomasse microbienne et la quasi-totalité de la biomasse de la faune (10^5 à 10^8 /ml de contenu de rumen) dont la taille est importante 50-300 micromètre. Sont soit fixés sur les particules végétales soit libres. Ils sont représentés par deux groupes qui sont *les holotriches et les antodenomorphes*. Pour *les holotriches* ce sont les genres : *isotricha et dasytricha*. Pour *les entodermorphes* on trouve en fréquence les genres : *endodinuim, diplodinuim et ophryscolex*. Leur nombre n'excède pas les 2 à 5.10^6 Organisme /ml de contenu du rumen (Thivend et al 1985).
- Le groupe des flagellaires : Ils sont 1000 fois nombreuses que les bactéries, mais ils représentent la même proportion de la biomasse vue que leur volume cellulaire beaucoup plus élevé (Linger.A.1989) Les protozoaires sont transmis aux jeunes ruminants par la salive maternelle.

Ils ont constaté que les protozoaires capables de dégrader de nombreux substrats glucidiques grâce à des enzymes propres.

Stewart et al 1988, ont montré que la présence des protozoaires dans le rumen conduisait à une meilleure dégradation de la cellulose et l'hémicellulose lorsque le régime alimentaire est riche en fourrage, ils ont constaté aussi que les protozoaires sont sensibles au changement du régime alimentaire.

4-3-Les champignons :

Les champignons du rumen sont des anaérobies strictes, du point de vue morphologique sont composés de spongieuses qui se fixent sur les particules végétales et les crampons appelés rhizoïdes.

Jouany J.P 1981 a indiqué que ces champignons sont liés à la fraction solide du liquide ruminal et qu'ils sont plus nombreux chez les animaux recevant des rations à base d'aliment grossier on peut aussi trouver des champignons chez les animaux nourris avec des aliments succulents au qui pâturent à une herbe jeune.

Tous les champignons sont presque des cellulolytiques et leurs cellulases sont les plus actives (Fonty .G. et Farano .E. 1999), ils ont aussi une activité glucidique et estérase.

5-La transformation des aliments en nutriments :

Les actes de la digestion servent à transformer les substances complexes souvent insolubles en produits de composition simple ou les nutriments qui seront facilement absorbés dans les différents secteurs digestifs sous l'action chimique exercée par les diastases digestives qui participent avec les processus mécaniques (broyage, brassage) ainsi que les processus biologiques qui dégradent les aliments et par conséquent à leur simplification.

5-1- La digestion des sucres solubles :

Les glucides solubles sont facilement utilisés par les micro-organismes ruminales (bactéries et protozoaires), ils passent par une hydrolyse très rapide et totale, on peut constater que l'amidon est hydrolysé dans le rumen-réseau à des proportions élevées, 90-95%.

5-2-La digestion de la cellulose :

Aucune diastase digestive n'est capable d'hydrolyser la cellulose, il s'agit chez les ruminants d'une digestion microbienne (Soltner1999).

Pour les glucides pariétaux (cellulose, hémicellulose) aucune diastase digestive n'est capable d'hydrolyser la cellulose, chez les ruminants elle est attaquée par des cellulases secrétées par des bactéries cellulolytiques, ils subissent une hydrolyse lente et partielle aboutissant au stade des oses ou sucres simples (glucose, pentoses). Ces sucres vont donner d'autres produits après leur fermentation en anaérobiose, en premier lieu il s'agit d'acide pyruvique et d'adénosine triphosphate (ATP) utilisée par les microbes pour leurs besoins d'entretien et de multiplication.

Le pyruvate va suivre différentes voies métaboliques aboutissant à la formation des acides gras volatils. Ces acides contiennent l'énergie utilisable par l'animal, puisqu'ils fournissent de 70 à 80% de l'énergie totale absorbée chez les ruminants (Sauvant et Milgen 1995).

5-3-La digestion de la lignine :

En réalité la lignine résiste à l'action microbienne, les parois végétales ne sont pas totalement dégradées dans le rumen. La présence de la lignine est souvent corrélée avec une diminution de la digestibilité des végétaux, le type et le degré de la liaison entre la lignine et les autres constituants pariétaux semblant représenter le facteur limitant (Fonty et Forano1999).

5-4-La digestion des matières azotées :

La présence du rumen chez les poly gastriques domine la dégradation des matières azotées qui subissent une dégradation plus ou moins rapide, cette dégradation est assurée par la flore ruminale protéolytique. On distingue deux types de matières azotées :

- Les constituants non protidiques (amines, amides, bases azotées) ces matières azotées sont dissoutes en totalité et hydrolysées en ammoniac.
- Les protéines peuvent subir une protéolyse, 50% des bactéries du rumen ont cette activité (utilisent ou dégradent les acides aminés ou les peptides), mais pas complète car leur travail dépend de leur nature (nature de l'aliment) destinées à leur protection de la dégradation microbienne échappent à la protéolyse (Wilson 1987).

5-5-La dégradation des lipides :

On trouve les lipides qu'en faible quantité (2à6%) dans la ration des ruminants (Gadoud1992), ils sont constitués en majeure partie par des triglycérides et aussi par des acides gras insaturés qui sont abondants dans les grains et dans les fourrages (linoléique).

6-Pratique du rationnement des bovins :

Rationner un animal consiste à satisfaire ses besoins nutritifs, par l'ajustement d'apports alimentaires, suffisants, équilibrés, adaptés à ses facultés digestives, et économiques, (Wolter, 1994).

Les aliments consommables par les ruminants sont nombreux et variés et leurs valeurs Alimentaires sont différents, (Rivière, 1979). Il n'existe aucun aliment complet qui peut satisfaire seul les besoins de l'animal.

L'influence de l'alimentation est en fonction
En fonction de l'état physiologique de l'animal, entretien, exercice physique, croissance, gestation, production de lait de viande ou encore de réserves lipidiques (Cauty.I et perreau.J.M, 2003).

6-1- Evolution des besoins alimentaires de la vache laitière

Les besoins de la vache laitière sont d'ordre **énergétiques** (exprimés en UFL : unité fourragère lait), **azotés** (exprimés MAD ou PDI : matières azotées digestibles ou protéines digestibles dans l'intestin), **minéraux majeurs, oligo-éléments** et **vitamines**.

- ✓ **Pour les besoins énergétiques et azotés**, la vache laitière doit faire face à différentes dépenses qui s'expriment en besoins pour reconstitution de ses réserves corporelles (tableau1).
- ✓ **Pour les minéraux (macro et oligoéléments) et vitamines**, l'estimation des besoins est donnée successivement par les tableaux 2, et 3. La complémentation des vitamines et souvent associée a celle des minéraux, les vitamines D3 et E sont associée en complexe avec la vitamine A.

Tableau 1 : Besoins en énergie, matières azotées de la vache laitière (INRA, 1988).

Vache de 600 kg	UFL	PDI(g)
Entretien	5.0	395
Production	0.44	48
Par kg de lait standard (à 40g MG par litre)		
Gestation		
7 ^{ème} mois	0.9	75
8 ^{ème} mois	1.6	135
9 ^{ème} mois	2.6	205

Tableau 2 : Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeurs (INRA, 1988).

Besoins	Ca	P	Mg	K	Na	Cl
Entretien (en g /100Kg PV)	2,5	1,8	0,3	5	1	3,5
Croissance (g/Kg de gain de poids)						
50-160Kg	15		8	0,4		
150-600Kg	13		7	0,4		
Plus de 600 Kg	10		5	0,3		
Production laitière (g/kg lait)	1,25	0,95	0,12	1,5	0,5	1,1
Gestation pendant les dernier mois (en g/l)	4-7	2-4	-	-	-	-

Tableau 3 : Apports recommandés en oligoéléments et seuils de toxicité (mg/ Kg de MS de la ration) (INRA, 1988).

Eléments	Limite de carence	Apport recommandé	Limite de toxicité
Cuivre	7	10	30
Cobalt	0.7	0,1	10
Iode	0.15	0,2-0,8	8
Manganèse	45	50	1000
Zinc	45	50	250
Sélénium	0.1	0,1	0.5
Molybdène	-	-	3

Comme vu précédemment, au cours des derniers jours de gestation , l'appétit des vaches tend à diminuer : la quantité de matière sèche ingérée chute de 12-14 Kg à des valeurs comprises entre 8 et 12 Kg (Enjalbert, 2003) A l'inverse, les besoins liés à la gestation ainsi qu'à la préparation de la mamelle deviennent importants, ces derniers étant compris entre 1,5 et 2 UFL/ jour.

Après le vêlage (comme présenté plus haut), l'appétit augmente mais beaucoup plus lentement que les besoins, les apports recommandés en énergie et en protéines triplent voire quadruplant dès la 2^{ème} semaine de lactation, soit bien avant le pic de lactation, tandis que l'appétit n'atteint son maximum que deux à quatre mois après le vêlage (Enjalbert, 2003).

La production laitière croît quotidiennement du vêlage au pic de lactation, vers 6 à 8 semaines *postpartum*. La vache présente un bilan énergétique négatif, s'accroissant de jour en jour, atteignant un maximum en valeur absolue vers 7 à 15 jours *postpartum*, plus le déficit sera intense, plus il faudra de temps pour le combler (Enjalbert, 2003).

L'appétit se restaurera au fur et à mesure de la lactation, avec un pic d'ingestion de matière sèche survenant 3 à 6 semaines après le pic de lactation, le bilan énergétique redevient donc positif vers 8 semaines chez les primipares et 12 semaines maximum chez les multipares (Bareille et Bareille 1995). Ce qui autorise la reconstitution des réserves corporelles jusqu'au tarissement (Weaver 1987).

6-2- Couvertures des besoins nutritionnels

La balance énergétique peut être définie comme la différence entre l'énergie nette consommée et l'énergie nette requise pour l'entretien et la production. Elle est négative chez les vaches en début de lactation.

- **La couverture des besoins énergétiques** chez les vaches laitières, particulièrement celle à fort potentiel s'avère impossible en début de lactation, malgré l'utilisation de fourrage de qualité, et l'accroissement du pourcentage de concentrés, progressif également. En effet, le très bon fourrage dépassent rarement 0,9 UFL/ Kg MS, et les concentrés énergétiques courants, comme les céréales, avoisinent 1,2 UFL/Kg brut.
- **La couverture des besoins protéique et minéraux** reste accessible et nécessaire, notamment pour l'utilisation d'aliment riche en protéines dépassant les 300g de PDI/ Kg MS, et d'aliments minéraux à forte teneur en calcium et phosphore (Gadoud et al, 1992).
- **Couverture des besoins azoté** : L'apport recommandé en PDI lors du tarissement avoisine 50 g/Kg MS, ce qui est facilement permis par la majorité des fourrages. Cet apport peut toutefois s'avérer insuffisant pour la couverture des besoins en azote dégradable de la flore du rumen, justifiant l'utilisation préférable d'apports plus élevés (75 à 85 g de PDI ou 120g de MAT 5Matières azotées totales) par Kg MS.

- **Couverture des besoins énergétiques** : Les déficits sont compensés par une mobilisation de réserve contenue dans le tissu adipeux, sous le contrôle de l'hormone de croissance, responsable de l'homéorhèse en faveur du tissu mammaire, priorité donnée à la mamelle pour l'obtention de nutriments disponibles. L'insuline, l'hormone de l'homéostasie, s'oppose à cette lipomobilisation

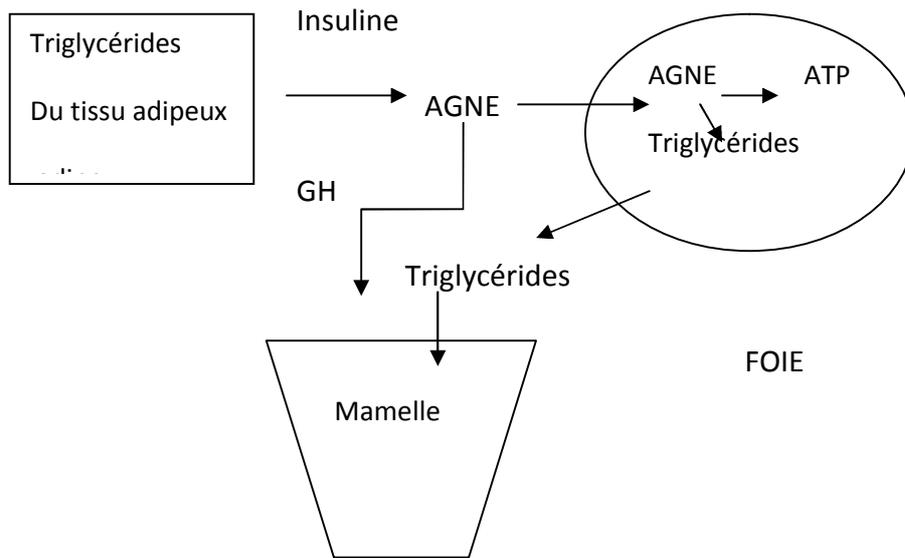


Figure02 : modalités et control hormonal de la mobilisation des réserve énergétique en début de lactation (Enjalbert, 2003).

**Chapitre02 : Les additifs
alimentaires les prébiotiques et
les probiotiques**

Les additifs alimentaires

1-Définition des additifs en alimentation animal :

Les additifs en alimentation animale sont légalement définis comme :

Des 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 pour remplir notamment une ou plusieurs des fonctions : avoir un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux, sur les caractéristiques des produits d'origine animale, sur la couleur des poissons ou oiseaux d'ornement, répondre aux besoins nutritionnels des animaux, avoir un effet positif sur les conséquences environnementales de la production animale, sur la production, le rendement ou le bien-être des animaux, notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux, ou avoir un effet coccidiostatique ou histomonostatique. (Anonyme01.06-2016).

2-L'intérêt des additifs :

Pour beaucoup de consommateurs, le mot « additif » a une connotation péjorative inverse de « naturelle ». Ces additifs, dont la liste autorisée est strictement définie ont en réalité des rôles majeurs : pour compléter une formule insuffisamment équilibrée avec des minéraux, des oligo-éléments, par exemple, pour augmenter l'appétence d'un aliment, pour aider à conserver les nutriments les plus fragiles, pour protéger les produits des contaminations microbiennes. Additif ne signifie donc pas artificiel, il s'agit d'un plus apporté à la sécurité alimentaire des animaux domestiques.

3-Les fonctions des additifs en alimentation animale :

Un additif pour l'alimentation animale doit avoir l'une des fonctions suivantes :

- Avoir un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux ;
- Avoir un effet positif sur les caractéristiques des produits d'origine animale ;
- Avoir un effet positif sur la couleur des poissons ou oiseaux d'ornement ;

- répondre aux besoins nutritionnels des animaux ;
- Avoir un effet positif sur les conséquences environnementales de la production animale.
- Avoir un effet positif sur la production, le rendement ou le bien-être des animaux, notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux.
- Avoir un effet coccidiostatique ou histomonostatique (des antibiotiques autres que les coccidiostatiques ou les histomonostatiques ne sont pas autorisés en tant qu'additifs pour l'alimentation animale).

Selon leurs fonctions et leurs propriétés, les additifs pour l'alimentation animale sont classés dans cinq catégories qui sont à leur tour subdivisées en différents groupes fonctionnels (**article 6 et annexe I du règlement UE n° 1831/2003**).

Si nécessaire, la Commission européenne (DG Santé) peut établir, à la lumière des évolutions scientifiques ou des progrès technologiques, des catégories d'additifs pour l'alimentation animale et des groupes fonctionnels supplémentaires.

4-Catégories d'additifs pour l'alimentation animale:

- ✓ **Additifs technologiques** : toutes les substances ajoutées aux aliments des animaux pour faciliter la fabrication des aliments ou améliorer leur conservation.
- ✓ **Additifs sensoriels** : toutes les substances qui ajoutées à l'alimentation animale améliorent ou modifient les propriétés organoleptiques des aliments pour animaux en font partie les colorants, certains produits aromatisants, les exhausteurs de goût. Ils permettent de distinguer les différentes croquettes d'un mélange, de particulariser un aliment ou d'en uniformiser l'aspect (couleur, odeur, goût).
- ✓ **Additifs nutritionnels** : En font partie les vitamines, les acides aminés, certains acides gras, les oligo-éléments, sources notamment de cuivre, zinc, manganèse, fer, sélénium, iode, cobalt Ces nutriments sont présents dans les ingrédients naturels mais leur apport dans l'aliment préparé n'est pas toujours suffisant pour satisfaire les besoins de l'animal à nourrir. C'est pourquoi, la quantité manquante est ajoutée sous forme d'additifs.

- ✓ **Additifs zootechniques** : regroupent 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.
- ✓ **coccidiostatique et histomonostatique.**

5- Les micro-organismes sont-ils considérés comme des additifs ?

Le règlement (CE) n° 1831/2003 définit un micro-organisme comme étant un « micro-organisme formant des colonies » En d'autres termes, les levures et les micro-organismes vivants ou formant des colonies sont considérés comme des additifs.

Si ces micro-organismes sont au contraire inactivés (p. ex. par la chaleur) ils sont en général considérés comme des matières premières pour aliments des animaux. Il en va de même pour les sous-produits de la fermentation (p. ex. biomasse restante en tant que sous-produit d'un procédé de fermentation) dans lesquels les cellules encore présentes ont été tuées ou inactivées. Ces produits sont alors considérés comme des « matières premières pour aliments des animaux ».

Les prébiotiques

1- Définition des prébiotiques

Par définition les prébiotiques sont des ingrédients des aliments indigestibles, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et / ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes déjà résidente dans la flore digestive de l'animal ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal (Rastall et Gibson,2004 ;Cummins et Konge,2004).Par conséquent, un produit sera classé comme prébiotiques dès qu'il répond aux trois conditions suivantes (Fooks et Gibson,2002) :

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

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

Les oligosaccharides constituent la catégorie la plus importante des prébiotiques, les principaux étant les fructo-oligosaccharides(FOS),les gluco-oligosaccharides (GOS), les mannan-oligosaccharides (MOS) et les galacto-oligosaccharides(GAS). Leur inclusion dans l'alimentation se fait à faible concentration (0.1 à0.3%) et permet l'amélioration du GMQ, de la conversion alimentaire et du statut sanitaire des animaux.

2- Différentes classes des prébiotiques

On distingue différentes classes de prébiotiques, selon la taille de la molécule ou suivant leur origine, naturelle ou synthétique (Gibson et al ,2004).

2-1-les hexoses : tels que le fructose, glucose, galactose et mannose, et les pentoses tels que le ribose, xylose et arabinose sont les monosaccharides tels que le lactose. Cependant le monosaccharide le plus couramment utilisé comme prébiotique est certainement le mannose.

2-2- Les disaccharides naturels : Les plus couramment utilisés sont le sucrose, le lactose et le maltose.

2-3- Les oligosaccharides : ce sont des produits ; la plupart du temps obtenus par synthèse ou par hydrolyse enzymatique, soit à partir des hexoses monosaccharides.

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.

2-3-1- Fructooligosaccharides et inuline :

Les Fructooligosaccharides sont des oligomères de D-fructose associés par des liaisons β -(1 \rightarrow 2) avec un résidu D-glucose en bout de chaîne lié en α -(1 \rightarrow 2). Ils sont obtenus par réaction d'hydrolyse enzymatique de l'inuline, mais ils ont également été synthétisés par transfert de résidus fructosyl de molécules de saccharose par voie enzymatique. L'inuline est un ensemble de polymères de fructose de degré de polymérisation >20 , elle est extraite industriellement de la chicorée, mais on la trouve également dans l'ail, l'oignon, la tomate, la banane et l'artichaut.

2-3-2- Lactulose :

C'est un disaccharide synthétique galactose-fructose liés en β (1 \rightarrow 4) 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 augmentent le nombre de bifidobactéries alors que le nombre de clostridium perfringens, de Bacteroides, de streptocoques et d'entérobactéries décroît.

2-3-3- Galactooligosaccharides (GOS) :

Ce sont des oligomères présentes naturellement dans le lait mais également obtenues par synthèse enzymatique à partir du lactose. Ils sont non digestibles. Sur des rats porteurs d'une microflore humaine les transgalactooligosaccharides augmentaient le nombre de bifidobactéries et de lactobacilles mais en outre diminuaient le nombre d'entérobactéries.

2-4- Prébiotique émergentes :

Parmi les prébiotiques émergents on peut citer : Les isomaltooligosaccharides(IMO), les oligosaccharides de soja(SOS)et les xylooligosaccharides (XOS).on ajoutera, dans une moindre mesure en termes de travaux d'expertise, les glucooligosaccharides et les pectioligosaccharides. Il a également été avancé que les amidons résistants pouvaient entrer dans cette catégorie.

2-4-1-Isomaltooligosaccharides(IMO) :

Ils sont constitués de résidus glucose liés en α (1→6). 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 sur des cultures bactériennes pures induisent un accroissement de la plupart des bifidobactéries à l'exception de *Bifidobacterium bifidum*.

Les résultats d'étude in vitro réalisée avec des produits commerciaux vont dans le même sens quant à l'effet bifidogène, mais une légère augmentation des bacteroides est également observée.

2-4-2- Oligosaccharides de soja(SOS) :

Les deux principaux oligosaccharides extraits du soja sont le trisaccharide raffinose et le tétrasaccharidesstachyose, ils sont constitués de résidus glucose, galactose et fructose. Les tests in vitro et in vivo conduisent au même constat d'un effet bifidogène, avec dans certains cas une décroissance concomitante non seulement des bacteroides et clostridia mais aussi de certains métabolites toxiques.

2-4-3-Xylooligosaccharide(XOS) :

Ils sont constitués de formes oligomérique de résidus xylose liés en β -(1→4), dans cette famille on incluse également 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.

4- Caractérisation des exo polysaccharides (prébiotiques) :

Les bactéries lactiques produisent deux principales classes d'EPS :

Les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides.

4-1- Les homopolysaccharides :

Sont constitués d'un seul type de monosaccharides joint par différents types de liaisons et d'embranchements. Ils comprennent, entre autre, les α -D- glucanes, produits par *leuconostoc mesenteroides*, *streptococcus mutans* et *streptococcus sobrinus* ; les D-glucane, produits par *propionibacterium spp.*(Deutsch et al 2008).

4-2- Les hétéropolysaccharides :

Sont des répétitions de plusieurs oligosaccharides, chacun contenant de trois à huit résidus et possédant un nombre limité de monosaccharides différents. Des résidus acétyle, amino ou phosphate peuvent également être retrouvés dans les unités répétitives. Les hétéropolysaccharides sont produits par des LAB mésophile, comme *lactococcus lactis spp.*, *L. lactis spp.*, *lactobacillus casei*. et par des LAB thermophiles, notamment *lactobacillus acidiphilus*, *lactobacillus helveticus* et *S. thermophilus*. la structure des hétéropolysaccharides peut varier, entre les espèces et entre les souches, selon la composition en sucres, la présence et la nature des chaînes latérales, la masse moléculaire, etc.

Les différentes structures possibles des EPS affectent le pouvoir texturant de ces macromolécules dans les produits alimentaires. Etant donné que les EPS varient dans leur composition, leur arrangement spatial, leur charge, leur rigidité et leur interaction avec les protéines, la corrélation entre la concentration des EPS ayant une masse molaire plus élevée entraineront habituellement une plus grande viscosité. Aussi, les EPS neutre contribuent surtout à la viscosité, mais pas à l'élasticité, contrairement aux EPS chargés négativement qui vont plutôt contribuer à l'élasticité, mais pas à la viscosité (Jolly et al 2002).

3- Mode d'action des prébiotiques :

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

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

Les prébiotiques doivent agir comme substrat sélectif d'une ou d'un nombre restreint de souches bactériennes bénéfiques qui résident dans le colon et en stimuler la croissance. Les bifidobactéries et les lactobacilles sont les micro-organismes du microbiote intestinal les plus fréquemment ciblés (Marteau et al 2004).

De plus en plus utilisé en thérapie, les prébiotiques sont également grandement utilisés dans les médicaments et dans l'alimentation animale.

Les FOS sont des composants naturels, que nous retrouvons dans divers végétaux (oignon ou blé par exemple), qui ne sont pas digérés par les Mammifères mais qui peuvent être métabolisés par certaines bactéries. Ils permettraient d'obtenir une réduction quantitative de la flore intestinale pathogène en étant à l'origine d'un environnement plus favorable pour les bactéries utiles qui se développent plus vite que les bactéries pathogènes qui sont incapables d'utiliser les FOS (Lecoindre 2000).

4- Efficacité Zootechnique des prébiotiques

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

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

Une telle variabilité en pratique n'est pas surprenante car l'action supposée passe par la modification de l'écosystème intestinal qui peut largement différer d'un assai à l'autre en fonction des microorganismes utilisés ainsi qu'à leur concentration dans l'aliment, l'interaction des prébiotiques avec certains composants de l'aliment, de l'âge des animaux (les plus jeunes présentant des flore digestives moins stables que celle des adultes et une immunité moins établie), et de leur état nutritionnel et sanitaire.

4-1- Chez l'espèce bovine :

Les prébiotiques et les probiotiques peuvent restaurer l'équilibre des bactéries dans le tube digestif des ruminants. Vous avez certainement entendu parler davantage de probiotique que de prébiotique, et pourtant tous les deux présentent de bienfaits pour la santé.

4-1-1-Effet métabolique et biologique connus et bien documenté :

Les prébiotiques qui nourrissent les bactéries bénéfiques dans l'intestin proviennent en grande partie des fibres glucidique appelés oligosaccharides qui restent dans le tractus intestinal et stimulent la croissance des bactéries bonnes pour la santé. Certains prébiotiques favoriseraient la multiplication et l'activité des microorganismes bénéfique pour l'hôte.

D'autres prébiotiques modifieraient l'écosystème microbien intestinal en neutralisant les récepteurs des bactéries pathogènes présents sur l'épithélium intestinal.

Les prébiotiques préviendraient ainsi la colonisation et la multiplication de certaines bactéries pathogènes. La multiplication des bactéries bénéfique permet d'augmenter la production de certains acides organique (lactique) et acides gras volatiles et permettent de réduire la concentration d'ammoniac dans l'intestin.

L'apport de galacto-oligosaccharide (GOS) à (20g /kg d'aliment), comparativement à un régime sans additif, engendre aussi des modifications (Piva et Rossi, 1999) dans le profil des AGCC produits (la réduction des pourcentage en acide caproïque), ainsi que dans la

production des gaz de fermentation (teneurs en H₂ et en CH₄ produits multipliés par 2 et 3, respectivement). De plus l'apport des prébiotiques limite la prolifération des espèces pathogènes.

4-1-2-Modulation du système immunitaire et le traitement des maladies :

De nombreuses études chez les bovins ont montré que l'administration orale de certaines prébiotiques pouvait moduler la barrière et les mécanismes immunitaires aux niveaux muqueux et systémiques. Elle pouvait introduire des réponses spécifiques et non spécifiques (vitini et al ,2000).En effet les cellules intestinales sont capables de détecter la présence de bactéries via les récepteurs membranaires TLR et NOD et d'y répondre en modifiant la transcription de certains de leurs composants et activités (rochat et langella, 2009). Selon Ahmad (2006) l'amélioration du système immunitaire par les prébiotiques chez les bovins peut être de trois manières différentes :

- stimulation de l'activité phagocytaire des macrophages (des études montrés que les prébiotiques augmentent le nombre des globules blancs et cellule tueuse lymphocyte T, et même améliorer la réaction de l'organisme aux vaccinations)
- Augmentation de la production des anticorps protecteurs IgG et IgM et de l'interleukine
- Augmentation de la production des anticorps IgA.

Concernent le rôle des prébiotiques dans le traitement des maladies chez les bovins reste controversé, et les estiment que davantage de grande études sont nécessaires pour déterminer leur utilité :

- les prébiotiques renforcent la santé du cœur,
- Aide l'absorption du calcium,
- réduire les problèmes de l'intestin irritable,
- Améliorer la fonction intestinale,
- Améliorer la gastroentérite,
- Améliorer la diarrhée associée aux antibiotiques

4-1-3- Neutralisation des produits toxiques :

Les prébiotiques provoqueraient une atténuation intra- digestif et une orientation de la microflore intestinal pour réduire l'absorption des substances toxiques telles que l'ammoniac ,et diminuer les biotransformations des sels biliaires et des acides gras en produits toxiques et auraient aussi la capacité de produire des métabolismes susceptible de neutraliser in situ certaines toxines bactériennes, l'efficacité des prébiotiques pour la désintoxication biologique des mycotoxines chez les bovins est prouvée dans des condition in vivo et in vitro.

4-1-4- Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire :

La production d'enzymes par l'intermédiaire des prébiotiques serait une possibilité pour favoriser la digestibilité de la ration alimentaire. En effet certaines prébiotiques favorisent la production de la β -galactosidase, souvent déficiente dans le tractus digestif de l'hôte, qui facilite la digestion du lactose. Chez les bovins, l'utilisation des prébiotiques permet d'augmenter la vitesse d'amylolyse et la production d'acide lactique (Gounier-Château et al, 1994).

4-1-5- Effet des prébiotiques sur les performances de croissances des veaux :

Divers prébiotiques ont été testés chez le veau. Les performances de croissance des veaux ont été améliorées par l'ajout de galactosyl-lactose(GAS), qui a également permis de réduire la sévérité des diarrhées des animaux. Enfin l'ajout de MOS (4g/jour) dans l'alimentation de veaux de leur naissance jusqu'au l'âge de 6 semaines, a également conduit à une augmentation de 10% de la consommation alimentaire et à une diminution de 20% de l'apparition des diarrhées, comparativement à un régime sans additif alimentaire (Heinrichs et al, 2003).

Grace a un meilleur équilibre entre les population de bactéries pathogènes et de bactéries bénéfiques, on a fait état d'une augmentation de 45% du gain de poids moyen entre le 6eme et le 25eme jour suivant la naissance chez les veaux ayant reçu un aliment d'allaitement supplémentaire avec enterococcus faecum et un prébiotique (galacto-oligosaccharide (GOS).

Tableau04 : Gain de poids quotidien moyen (g/jour) de veaux traités avec enterococcus faecium+GOS

Age des veaux en jours				
	6-15	16-25	26-47	48-68
Témoins	325	467	579	790
Traités	450	708	644	820

5- Effets des prébiotiques chez les autres espèces :

5-1- Effet des prébiotiques en aviculture

Comme chez les bovins, presque tous les prébiotiques utilisés en aviculture sont des oligosaccharides ou des polysaccharides. Par exemple, plusieurs études ont montré un effet bénéficiaire de l'utilisation de lactose pendant la période juste avant l'abattage. Les fructo-oligosaccharides par contre, malgré leur effet bénéficiaire bien documenté sur la santé intestinal chez l'homme et les mammifères, ne semblent avoir qu'un effet marginal, voire inexistant, sur la colonisation de l'intestin du poulet par *Salmonella*.

Les mannan-oligosaccharides cependant ont bien un effet de protection contre les *Salmonelles*, ce qu'explique probablement par le blocage de l'attachement des *salmonelles* sur les cellules épithéliales de l'intestin. Les auteurs ont montré un effet de protection contre la colonisation et l'excrétion des salmonelles dans les fientes d'un additif sur base d'arabinoxyloligosaccharides (AXOS), ce qui est d'autant plus surprenant que les polymères dont ces AXOS sont dérivés, et qui sont largement présents dans les céréales, tels que le froment et le seigle, semblent augmenter la sensibilité des poulets pour une infection à *Salmonella*.

Aussi pour les «guar gum» et «partially hydrolysed guar gum», des effets de protection contre *Salmonella* ont été décrits. Il existe encore toute une gamme d'autres prébiotiques, pour les quels cependant souvent, les effets de protection contre la colonisation et l'excrétion dans les fientes des agents zoonotiques n'ont pas été clairement

documentés chez le poulet. Les prébiotiques constituent une troisième grande classe d'additifs testés pour une utilisation dans le cadre de la lutte contre la salmonellose et les autres agents zoonotiques chez le poulet. Ils peuvent, dans certaines conditions, aussi moduler l'immunité et interférer dans l'attachement des salmonelles sur les cellules épithéliales de l'intestin.

Ils ont démontré que les FOS réduisent la colonisation de l'intestin par *Salmonella* (Fukata et al ; 1999), d'autant qu'une flore de compétition est donnée en même temps. L'administration de FOS dans les aliments pour volaille semble également réduire la colonisation de l'intestin par *Campylobacter*.

L'administration de ces MOS à une concentration de 400ppm dans l'aliment de poussins de 3 jours a entraîné une réduction de la concentration de salmonelle dans le caeca après challenge de *Salmonella typhimurium* et des *Salmonella dublin*. On a démontré également que le contenu caecal des poules recevant des MOS dans les aliments, administré à des poussins, protégeait ces poussins contre un challenge avec *Salmonella enteritidis*.

Les polysaccharides, peu de données sont disponibles, sauf pour la gomme de guar obtenue par traitement enzymatique des fèves de *Cyanopsis tetragonolobus*. Le traitement à l'endo- β -D- mannanase permet de cliver la chaîne centrale de mannose de la gomme.

On obtient ainsi un mélange de galactomannanes que l'on appelle gomme de guar partiellement hydrolysée ; Inclus dans l'aliment pour poule pondeuse à une concentration de 250 ppm, cette gomme de guar partiellement hydrolysée a permis de protéger les poules contre un challenge assez sévère de *Salmonella enteritidis*, et en plus, la coquille des œufs ainsi que le blanc et le jaune des œufs étaient significativement moins contaminés (Ishihara et al ;2000).

5-2- Effet des prébiotiques chez l'espèce équine :

Tout d'abord, commençons par un bref rappel du fonctionnement du système digestif de nos équidés, tout comme les humains, le cheval ne possède qu'un seul estomac (monogastrique), toutefois, étant un herbivore, son système digestif se rapproche de celui du bovin. La digestion chez le cheval s'opère sous deux principaux volets : dans l'estomac et l'intestin grêle (ou petit intestin) où les enzymes digestives font la majorité du travail pour

digérer la moulée et assimiler la plupart des nutriments, ainsi que dans le gros intestin où le foin fera face aux microbes bénéfiques et au processus de fermentation pour être dégradé.

Les prébiotiques non assimilés par le cheval, jouent le rôle de substrat pour favoriser la croissance de certaines bactéries du côlon. Les prébiotiques ne sont pas digérés par le petit intestin.

Ils se rendent plutôt dans le côlon où ils exercent un rôle ciblé afin de favoriser uniquement la prolifération des bactéries bénéfiques de la flore intestinale. De plus, dans le cas où le cheval ingère du grain ou du foin contenant des mycotoxines, les MOS joueraient un rôle de liant à toxine en prévenant l'absorption de ces dernières par le cheval. Les recherches ont aussi démontré que les prises de sang de poulains nés d'une mère supplémentée avec des prébiotiques montraient une augmentation des anticorps, tout particulièrement les immunoglobulines M.

Pour résumer, les prébiotiques sont des substances qui nourrissent les bonnes bactéries ; indirectement les prébiotiques, comme les MOS (mannan-oligosaccharides), agissent sur la santé de la flore intestinale. D'abord, lorsqu'ils sont servis à titre préventif, les prébiotiques réduisent les effets néfastes des bactéries pathogènes comme E. Coli et salmonelle, en inhibant leur adhésion aux cellules de l'épithélium intestinal.

Les prébiotiques qui sont ingérés stimulent la prolifération des bactéries bénéfiques, (Anonyme02-06/2017).

Les probiotiques

1-Histoire d'utilisation des probiotique dans l'alimentation animale :

Après la seconde guerre mondiale, les conditions d'élevage au fil des décennies n'ont cessé d'évoluer pour s'adapter aux attentes et exigences de la société et notamment à une demande croissante en produits animaux. Mais, l'élevage moderne pour s'intensifier, crée des conditions d'élevage (densité des animaux, alimentation, etc.) de moins en moins naturelles qui donnent une image défavorable aux produits et provoquent ce que l'on a coutume d'appeler des crises sanitaires (Gournier-Chateauet *al*, 1994). L'industrialisation de l'élevage dont le but majeur est d'augmenter la production et d'en abaisser le coût dans le souci d'une économie compatible, doit se préoccuper de l'état de santé des animaux et respecter les bonnes pratiques vis-à-vis de l'environnement. D'un point de vue purement scientifique, cette préoccupation majeure a fait l'objet de nombreuses recherches (Nagarajaet *al*. 1985) qui ont œuvré pour la promotion en élevage, de substances médicamenteuses notamment les antibiotiques facteurs de croissance (AFC), Utilisés dans l'alimentation des animaux en tant qu'additifs, ces AFC ionophores (monensine, salinomycine, lasalocide) ou non ionophores (avoparcine), ont fortement contribué à améliorer l'état sanitaire et les performances zootechniques des bovins de boucherie (monensin) et des vaches laitières (avoparcine). Ces antibiotiques régulièrement administrés à faible dose ont prouvé leur efficacité pour prévenir les désordres digestifs et métaboliques provoqués par les rations à caractère acidogène marqué (Nagarajaet *al*. 1985 ; Newbold and Russell and Strobel 1989).

La mise en place d'une réglementation européenne (**directive 70/524/CEE**) modifiée en 1993 (**directive 93/113/CE**) relative à l'usage des additifs en alimentation animale a conduit à une régression progressive des AFC, condamnés par une opinion publique souciante des risques d'antibiorésistance (Corpet, 1999) puis à une interdiction totale en Janvier 2006 au sein de l'U.E.

La suppression programmée des AFC ionophores ou non ionophores a donné un regain d'intérêt à la recherche de solutions alternatives. Parmi ces solutions, où l'on trouve aussi entre autres les huiles essentielles et les enzymes, l'incorporation de souches vivantes de microorganismes non commensaux dans les régimes alimentaires des animaux d'élevage semble présenter un intérêt réel, maintes fois mis en évidence au travers des résultats

zootechniques. Cela conduit à la promotion d'une nouvelle famille d'additifs, celle des probiotiques.

En réalité l'intérêt des probiotiques n'est pas daté d'hier, En effet il ya un siècle Metchnikoff proposait déjà dans un livre intitulé « essais optimiste » que la consommation des lactobacilles survenant dans le tractus intestinal étant souhaitable par la santé .Les bulgares étaient alors reconnus par leur grand longévité ,que Metchnikoff attribuant a la consommation des *lactobacilles* des produits laitiersfermentes ,a la suite de la découvert des antibiotiques, la popularité des probiotiques a décliné ,mais était encore utilisé pour rétablir la flore intestinale après des traitements d'antibiotique vigoureux. Les probiotiques ont changés d'intérêt après l'interdiction de l'utilisation des antibiotiques a des fins non thérapeutique ainsi que pour la compréhension de leur mode d'action.

2-Définition :

Le terme probiotique dérive des deux mots grecs '*pro*' et '*bios*' et signifie littéralement « *en faveur de la vie* » par opposition au terme antibiotique signifiant « *contre la vie* ». Ce terme a été proposé par (Parker 1974) pour désigner les micro-organismes et substances microbiennes qui contribuent au maintien de l'équilibre de la microflore intestinale. Cette définition, qui engloberait les cultures microbiennes mais aussi les métabolites produits par les micro-organismes et par conséquent les préparations d'antibiotiques paraissait trop vaste pour être retenue. C'est pourquoi (Fuller 1989) redéfinit les probiotiques comme étant des préparations microbiennes vivantes utilisées comme additifs alimentaire et qui ont une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale.

3-Les critères de sélection d'un probiotique :

Le probiotique considéré comme un additif zootechnique de la famille des microorganismes est soumis à une législation européenne stricte pour être mis sur le marché de l'alimentation animale. Il doit légalement répondre aux 3 critères initialement retenus pour sélectionner et évaluer son efficacité:

- ✓ la qualité du produit (identification, contrôle, stabilité, etc.)
- ✓ l'efficacité du produit (mode d'action, effet, dose, etc.)

- ✓ la sécurité c'est-à-dire l'innocuité pour l'utilisateur, pour l'animal, pour le consommateur et pour l'environnement.

Le probiotique est donc sélectionné de façon rigoureuse afin de rentrer dans ce cadre. Il est souvent soumis à une série d'études réalisées d'abord *in vitro* avant que son efficacité ne soit validée sur l'animal (Hvenaaret *al*, 1992). De leur côté, les fabricants considèrent aussi comme critère de choix, l'aptitude de la souche à se reproduire en milieu industrie.

4-Quand utiliser les probiotiques et dans quel but ?

L'utilisation des probiotiques a pour but d'obtenir un bon équilibre de la flore Intestinale. Cet équilibre agit sur la croissance et le développement de l'animal, influence les besoins nutritionnels, affecte la morphologie du tractus digestif, modifie les substances endogènes et exogènes contenues dans la lumière intestinale et joue un rôle dans la multiplication des germes pathogènes ou non (Chaedler 1973). Cette phrase résume bien l'éventail des possibilités d'utilisation des probiotiques.

Suivant l'importance ou la nature du déséquilibre de la flore, le probiotique a une indication médicamenteuse ou une indication de facteur de croissance.

4-1 Indication médicamenteuse :

L'indication des probiotiques est médicamenteuse si on peut noter expérimentalement, sur un animal axénique, un effet de barrière préventif, ou curatif, selon qu'ils agissent seulement avant, ou aussi après l'introduction de germes pathogènes. L'effet est drastique si l'agent pathogène est éliminé sans s'être multiplié, ou permissif, si l'agent pathogène se maintient à bas niveau, non décelable comme chez un porteur sain. Dans les conditions cliniques, avec les probiotiques proposés, aux doses proposées, aucun effet curatif ne peut être constaté. Seul un effet préventif peut être envisagé.

L'indication prophylactique majeure reste l'infection bactérienne néonatale. Pendant cette période de colonisation de l'intestin, le rôle des probiotiques est facilité à condition d'utiliser des doses élevées (10⁹ par jour), pendant au moins trois à cinq jours consécutifs, immédiatement après la naissance. Une seule administration quotidienne est préférable à une dose répartie en plusieurs fois. Le maintien d'un grand nombre de bactéries appartenant à une famille probiotique doit être recherché (effet biomasse) pendant la période de colonisation (5 jours).

On propose souvent, comme autre indication médicamenteuse, les diarrhées chez les jeunes animaux, et particulièrement au sevrage chez le porcelet. Les auteurs confondent, de même que l'éleveur, ramollissement des selles et maladie intestinale, ainsi que non adaptation qualitative et quantitative de la flore à la modification du régime et intervention d'un germe pathogène. L'efficacité des doses utilisées (106/g d'aliment) est plutôt en faveur d'un déséquilibre de la flore que d'une maladie avec intervention d'un germe pathogène.

4-2-Indication comme facteur de croissance :

Le probiotique est administré dans ce but à une dose minimale efficace estimée à 106-107 par gramme d'aliment, mais dont la détermination, par l'étude de la courbe dose-effet, reste à faire pour de nombreux agents proposés dans le commerce.

En outre, cette administration quotidienne doit persister pendant au moins un à deux mois si l'on veut enregistrer un effet net. Ici encore, la persistance dans la lumière intestinale et l'importance numérique de l'agent probiotique sont indispensables si l'on veut obtenir un effet tampon sur les variations liées à l'alimentation et aux conditions d'élevage.

Ceci nous amène à discuter de la présentation des probiotiques et de leur mode d'administration.

5-Comment administrer les probiotiques ?

Ils peuvent être administrés directement ou indirectement.

5-1-Administration directe

Ce mode d'administration a été proposé pour le porcelet (Tournut et al 1973) et le veau (Tournut et al 1976), en utilisant une suspension de probiotiques dans du liquide de Ringer, injectée grâce à une seringue dans la bouche du nouveau-né. Incontestablement, cette technique n'est pas pratique et reste du domaine expérimental. Par contre, les sociétés Pioneer (Des Moines, Iowa, Etats-Unis), et Lactiferm SF68 (Lugano, Suisse) ont proposé une présentation sous forme de pâte qui facilite l'administration au jeune sujet. Le contrôle de la stabilité de la souche dans la pâte a permis de noter sa persistance à la dose annoncée, au bout de deux mois, après conservation à +4°C.

5-2-Administration indirecte

L'administration indirecte est proposée sous plusieurs formes :

5-2-1Forme liquide :

L'administration est possible dans l'eau de boisson ou l'abreuvoir pour les oiseaux, dans le lait pour les veaux. Dans les deux cas, il convient d'administrer le produit dans une

quantité de liquide qui sera absorbée très rapidement et en totalité, pour éviter d'éventuelles souillures par des germes pathogènes (Redon et Tournet 1973). En outre, dans le lait reconstitué à partir de lactoreplaceur, les températures supérieures à 40°C doivent être évitées si l'on veut administrer la dose prévue de germes revivifiants.

5-2-2-Avec l'Aliment :

Le probiotique peut s'administrer avec l'aliment après mélange à la farine ou au granulé. Le mélange dans la farine, pour les streptocoques, les lactobacilles et, à plus forte raison, pour les formes sporulées, ne provoque aucune perte d'activité pendant deux à six mois (conservation à 20°C). Toutefois, il convient d'en faire la vérification, car l'humidité de la farine est toujours de l'ordre de 13 % tandis que les bacilles lyophilisés se trouvent dans une atmosphère à 3 % d'humidité. En certaines circonstances, les agents non sporulés pourraient se multiplier et perdre leur activité. Un délai de validité garantie est nécessaire.

Le mélange dans un granulé rend, pour l'instant, impossible l'utilisation de ce mode d'administration pour les agents non sporulés, en raison de l'humidité, de la température et de la pression. Pour les spores, il convient de rechercher leur résistance, par un contrôle dans l'eau à 80°C pendant 10 minutes. Ce test a été choisi par le Laboratoire national des Fraudes, à Rennes, France (M. Michard, données non publiées).

Une autre technique consiste à enrober la surface du granulé, à la sortie de sa fabrication. Cette technique, séduisante théoriquement, n'a pas reçu d'application, de même que l'enrobage des souches.

Des contrôles stricts, pour vérifier la présence et le nombre de bactéries revivifiantes, sont nécessaires pour connaître la dose de probiotique administrée.

Une technique de distribution un peu spéciale consiste à administrer le *probiotique* à la mère, avant et après la mise bas, jusqu'au sevrage. La femelle ayant au moment de la mise bas une flore intestinale équilibrée, va procurer au jeune ce même équilibre et éventuellement, offrir une certaine quantité de probiotique au jeune (Kozasam 1978, Tournet et Anadon 1986).

Les probiotiques sont donc administrés, par voie orale, à des doses différentes suivant l'effet recherché (médicament ou facteur de croissance), mais surtout pendant un laps de temps variable : 3 à 7 jours comme médicament, 30 à 90 jours comme facteur de croissance.

6-Les types des probiotiques utilisés chez les ruminants :

Les microorganismes les plus utilisés comme probiotiques chez les ruminants sont des bactéries, des levures (*saccharomyces cerevisiae*) et dans une moindre mesure les champignons (*aryzae aspergillus*).

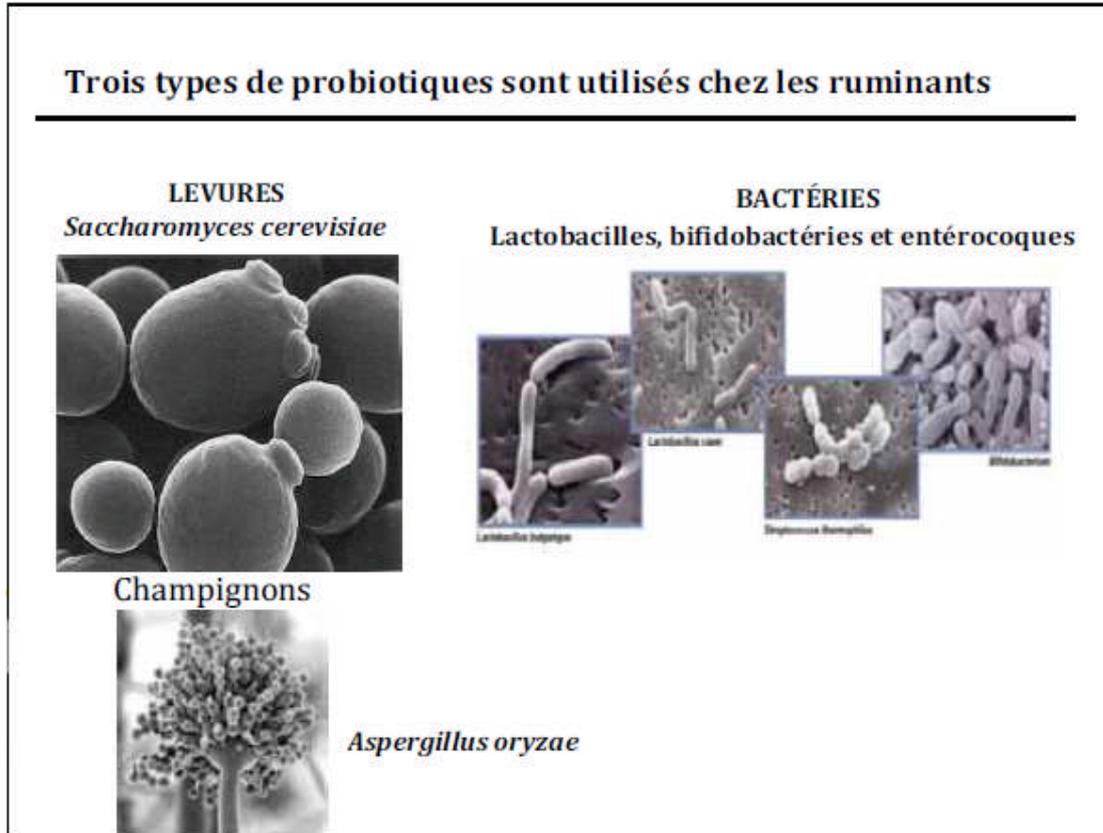


Figure 3 : les trois types des probiotiques utiliser chez les ruminants (Chiquette.J.2010)

6-1-Bactéries utilisées comme probiotiques :

Le tableau05 est une liste des espèces bactériennes utilisées comme probiotiques chez les animaux et les être humains. Les lactobacilles (lactobacilles ssp) constituent les espèces les plus utilisées, viennent ensuite les bifidobactéries (bifidobacturuimssp) .

La plus part des bactéries probiotiques sont des bactéries produisant de l'acide lactique (bactéries lactiques). Il a été démontré que l'acide lactique inhibe la croissance des coliformes dans le tractus intestinal des porcelets et cet effet, a été attribué a la réduction du ph du milieu (l'acide lactique a un puissant effet acidifiant). En effet, les milieux acide sont défavorables pour de nombreux agents pathogène (Fuller1977).dans l'alimentation humaine, ce sont les produits laitiers qui occupent la principale part du marché des aliments fonctionnels, les cultures probiotique en étant l'ingrédient bioactif le plus important (ex.

Yaourt, fromage, etc.).À l'heure actuelle, on estime qu'il existe 80 différents types de produits contenant des cultures probiotiques à l'échelle internationale. Chez les ruminants, on retrouve surtout les lactobacilles et les entérocoques dans la composition des probiotiques.

Tableau05 : les différentes bactéries utilisés comme probiotiques (Holzapfer et al 1998)

Espèces de <i>Lactobacillus</i>	Espèces de <i>Bifidobacterium</i>	Autres bactéries lactiques	Bactéries non lactiques
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. animalis</i>	<i>E. faecium</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	
<i>L. gasseri</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>	
<i>L. johnsonii</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	
<i>L. paracasei</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

6-2-Levures probiotiques :

Malgré le nombre croissant d'études effectuées au sujet des probiotiques bactériens, la vaste majorité des probiotiques utilisés chez les ruminants adultes sont constitués de préparation composées de levures, soit *aspergillus arызar* et/ou *saccharomyces cerevisiae*. Les cellules alors séchées pour la préservation de leur milieu activité métabolique. Dans certains produits, les levures sont mélangés à leur milieu de fermentation.

La levure probiotique :*saccharomyces cerevisiae*

Généralement définies comme des champignons unicellulaires se reproduisant par bourgeonnement ou par fission, les levures sont réparties en 3 classes : les ascomycètes, les basidiomycètes et les deutéromycètes (Kreger-Ven RIJ.1969). Parmi ces levures, l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (Figure03) appartenant à la classe des ascomycètes et au genre *Saccharomyces* est la plus impliquée dans les productions industrielles.

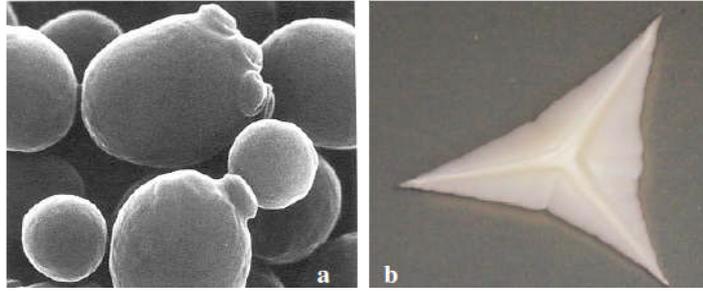


Figure04 : Image de *S. cerevisiae* en microscopie électronique (a) et sur milieu gélosé (b)
(Marden Jean-philipe 2007)

La croissance optimale de cette levure se situe à des valeurs de pH comprises entre 4,5 et 5,0 et les différentes souches sont ubiquistes, c'est-à-dire capables de se développer en milieu aérobie et en milieu anaérobie (Rose. 1987). Cette propriété lui permet d'accroître sa biomasse en présence ou en absence d'oxygène mais à des rythmes différents ; la production en aérobiose autorise un accroissement de sa biomasse presque 20 fois supérieures à celui de la fermentation.

La levure *Sc* est, depuis des temps très anciens, à la base de la panification et de la fabrication des boissons alcoolisées et aujourd'hui, elle continue à être indispensable à ces activités industrielles (Harrison and Rose. 1970) auxquelles on peut ajouter la production des biocarburants (éthanol). Depuis un demi-siècle, la levure s'installe et progresse en qualité d'additif alimentaire, puis de probiotique en élevage intensif de ruminant où les éleveurs ont commencé à l'apprécier lors de tentative de valorisation des résidus de fermentation (Carter and Phillips. 1944).

7-Le devenir des probiotiques dans le tube digestif des ruminants :

Il est démontré que *saccharomyces cerevisiae* est capable de se multiplier dans le tractus digestif des souris axéniques (Ducluseau et Bensaasa. 1982) en revanche chez les souris normales, la levure est massivement éliminée en raison de l'effet barrière exercé par la flore digestive résidente qui empêche leur installation.

Ainsi, dans les conditions normales, *saccharomyces cerevisiae* ne peut pas coloniser le tractus digestif une partie significative des levures ingérées est retrouvée vivante dans les fèces des animaux. C'est la principale différence avec les probiotiques de type lactique ou les

effets biologiques sont conditionnée par l'attachement de la barrière probiotique a la muqueuse intestinale (Ouwehand et al 1999).

Une fois la supplémentation alimentaire de *saccharomyces cereviciea* arrêtée, la levure disparaît rapidement du tractus digestif.

La baisse de nombre des cellules viables de levures et est en effet observée 30h après la fin de la supplémentation chez le mouton (Fiems et al 1993) et l'agneau (Durand – Chaucheyarset al 1998). D'après ces études une fraction de 17 a 34% des levures ingérées reste vivant pendant le passage dans le tractus digestif.

Un probiotique est un microorganisme allochtone du tube digestif de l'animal cible, dont le rythme de multiplication est ralenti (Kunget al. 1997). Sa vitesse de disparition du rumen étant de l'ordre de 0,17/h (Newbold et al. 1998) et son rythme limité de multiplication (Figure04) ne lui permettent pas de s'installer dans ce milieu qui lui est défavorable.

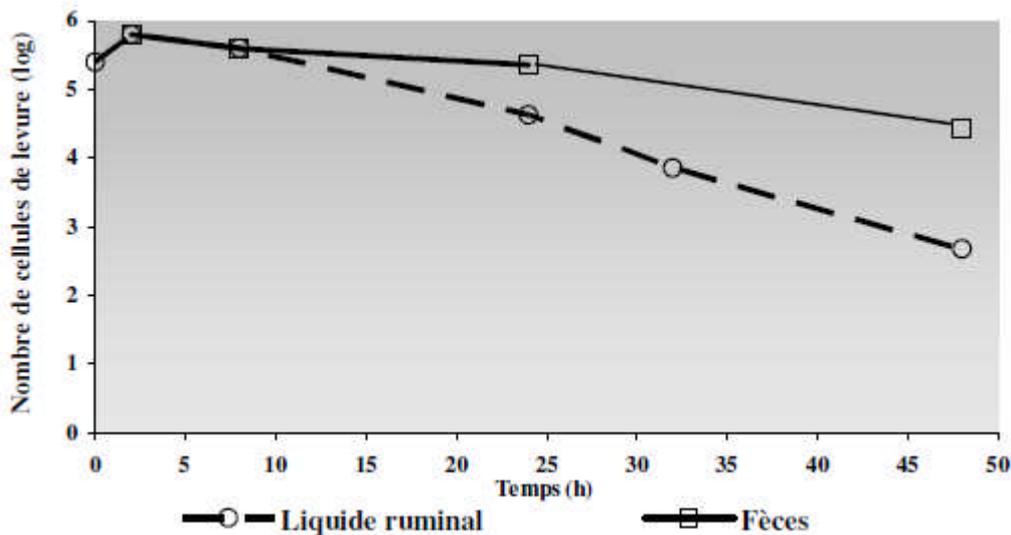


Figure05: Cinétiques du nombre de levure dans le rumen et dans les fèces
(D'après Fiems et al, 1993)

Pour cette raison, le probiotique doit être administré régulièrement pour lui assurer une présence permanente dans le tractus digestif. Chez le ruminant, l'activité du probiotique s'exerce principalement dans le rumen, c'est donc la concentration (UFC/g) dans le contenu ruminal qui est la condition essentielle de l'action du probiotique concerné. Selon Jouany et al. (1994), une concentration inférieure à 10^6 - 10^7 UFC/g de contenu digestif ne permet pas d'obtenir d'effet notable entre la levure et la flore intrinsèque, et par conséquent d'effet sur l'hôte.

L'utilisation des antibiotiques peut influencer le nombre de *saccharomyces cerevisiae* retrouvée viable dans les fèces. Celui-ci s'avère plus élevé chez les rats traités par la clindamycine, la néomycine ou l'ampicilline ; dans ce cas là, les antibiotiques réduisent la destruction de la levure. Probablement dans le colon et la ceacum. La clindamycine, à titre d'exemple, active contre les bactéries anaérobies multiplie par sept les populations de levures récupérées dans les fèces (Boddy et al 1991).

La levure n'induit pas de modifications morphologiques de la muqueuse intestinale (Butset al 1986) et n'hydrolyse pas les acides biliaires (EL Hennawy et al 1994). De même, la présence de grandes quantités de *saccharomyces cerevisiae* dans le tractus digestif n'affecte pas la digestibilité des lipides (Auclair 2001).

D'après les données disponibles dans la littérature, les modes d'action de la levure dans le tractus digestif diffèrent selon l'espèce animale considérée. Chez le ruminant, l'effet bénéfique de la supplémentation en probiotique semble être liée à une interaction positive avec la flore ruminale. Chez les monogastriques, la levure agit plutôt comme un agent protecteur contre certains microorganismes pathogènes.

8-Effets et rôles des probiotiques :

8-1-Sur les paramètres métaboliques :

8-1-1-La levure probiotique améliore l'utilisation digestive de la ration :

L'amélioration du résultat zootechnique a été attribuée à une augmentation de l'apport énergétique et azoté de la ration et non à la mobilisation des réserves corporelles (Williams and Newbold .1990).

L'augmentation des quantités ingérées et/ou une meilleure utilisation digestive de la ration semblent être principalement responsables d'une productivité accrue.

Dans ces conditions, il est légitime d'attribuer à la levure un rôle dans la digestion des aliments, digestion qui peut avoir des répercussions sur la vitesse de transit , ou sur la fourniture énergétique et azotée de l'animal.

8-1-2-Effet sur la digestibilité totale de la ration :

De nombreuses recherches *in vivo* ont été effectuées pour mettre en évidence l'effet de la levure sur les digestibilités de la MS, la MO, des constituants pariétaux (NDF et ADF) et des constituants azotés. Chez la vache laitière recevant une ration contenant 50% de concentrés, la levure augmente la digestibilité de la MS (Weidmeier *et al.* 1987), de la MAT (Gomez-Arconet *al.* 1988) et de l'NDF (Mir and MIR, 1994), et n'a pas ou peu d'effet sur la digestibilité de la MO (Van Hornet *al.* 1984 ; Beaucheminet *al.* 2003).

D'autres études ne montrent aucune différence significative concernant l'effet de la levure sur ces mêmes paramètres (Edwardset *al.* 1990 ; Putmanet *al.* 1997 ; Doreauand Jouany .1998), mais ne font état d'aucune amélioration concomitante des résultats zootechniques.

La variabilité des réponses relative à l'usage de la levure probiotique chez le ruminant est difficile à expliquer et à interpréter.

Dans un cas, les animaux ont reçu une alimentation contrôlée (Williamset *al.* 1991) avec une ration *ad libitum* (Gomez-Arconet *al.* 1988), et dans d'autres cas, les mesures de digestibilités ont été faites chez des vaches taries (Enjalbert *et al.* 1999) et chez les vaches en lactation (Erasmus *et al.* 1992) alors que le niveau d'alimentation de ces animaux n'est sûrement pas le même. Les effets significatifs du probiotique sur la digestibilité de la ration suggèrent que la levure agirait de façon plus marquée en amont du tube digestif, principalement dans le réticulo-rumen (Williams and Newbold, 1990).

8-1-3-Effet sur la dégradabilité ruminale :

La plupart des études conduites pour évaluer l'effet de la levure sur la dégradation et la dégradabilité ruminale des constituants des rations a été réalisée en mettant en œuvre des techniques *in vitro* (Jouanyet *al.* 1991 ; Dawson, 1992 ; Jouanyet *al.* 1994 ; Newbold *et al.*, 1996) notamment la technique du Rusitec et quelques études ont été réalisées par les méthodes *in sacco* (Williams and Newbold, 1990 ; Chademana and Offer, 1990). Dans ces travaux, il est montré que l'ampleur de la dégradation de la MS, MO, ou des fibres dans le rumen, ne semble pas être influencée par la présence de levure. Par contre, l'effet levure se traduit plus précisément par une plus grande vitesse de disparition *in vitro*.

L'addition de la levure se traduit par une augmentation significative de la dégradabilité de la MS et de la MO pour des rations riches en concentrés (Chademana and Offer, 1990). Les résultats obtenus *in situ* par Williams *et al.* (1991) chez les taurillons, confirment les précédents.

Ils montrent un effet levure plus marqué sur la dégradation à 12 h avec une ration composée de foin et d'orge qu'avec une ration composée uniquement de foin (Tableau06).

Tableau06: Effet de la levure probiotique sur la dégradabilité ruminale de la MS (%)

(D'après Williams *et al.* 1991)

temps d'incubation (h)	Foin		Foin +orge	
	témoin	+SC	témoin	+SC
12	28.9	31.0	25.1^a	30.0^b
24	34.0	36.3	34.6	23.9
36	49.4	54.8	44.0	41.3
48	58.8	53.5	49.2	47.9

Sc :saccharomyces cerevisiae .

Chez la vache en lactation, une étude *in situ* (Erasmus *et al.*1992) met en évidence un effet levure sur la dégradation de la MS à 12 h et 24 h d'une ration acidogène alors qu'aucune différence n'est notée à 48h pour cette même ration.

La dégradabilité théorique de l'ADF estimée par la technique des sachets nylon, montre un effet levure significatif chez la vache en lactation (Erasmus *et al.*, 1992 ; Doreau and Jouany, 1998), chez les bovins de boucherie (Plataet *al.*, 1994) et chez le mouton (Chademana and Offer, 1990).

Les mesures réalisées *in vitro* confirment l'amélioration de la dégradation de la MS et de l'NDF avec des rations riches en GRF supplémentées en levures (Carroet *al.*, 1992).

8-1-4-Effet sur l'utilisation digestive des matières azotées alimentaire :

La dégradation de la MAT de la ration du ruminant donne lieu à une production d'ammoniac (NH₃) dans le rumen dont l'importance peut être mesurée par la concentration

en NH₃ de la phase liquide ruminale. Cette concentration est en fait la résultante entre la production (dégradation des MAT des aliments et recyclage de l'urée salivaire) et la disparition (absorption par la paroi du rumen, captation pour les synthèses microbiennes et disparition par le transit intestinal).

Lorsque la concentration en NH₃ dans le rumen est élevée, la fraction captée pour les synthèses bactériennes est faible, entraînant une perte d'azote.

Si la concentration en NH₃ est faible, cela entrave l'activité microbienne.

L'apport de levure probiotique dans la ration induit tant *in vivo* (Erasmus *et al.*, 1992 ; Arcos-Garcia *et al.* 2000) qu'*in vitro* (Kamalammaet *al.* 1996), une réduction de la concentration ruminale en ammoniac.

Cette diminution intervient très souvent lorsque la ration est riche en GRF (Carroet *al.* 1992) alors que la concentration en NH₃ du milieu ruminal ne semble pas être affectée par la présence de levure lorsque la ration est riche en fibre (Moloney, 1990).

La diminution de la concentration en NH₃ de – 20 à – 34%, est attribuée à l'utilisation plus importante par les micro-organismes du rumen, dont la biomasse a augmenté avec l'addition de levure pour synthétiser des protéines microbiennes et non par une diminution de l'activité protéolytique microbienne(Harrison *et al.*, 1988 ; Williams and Newbold, 1990).

Par ailleurs, une plus importante synthèse de protéines microbiennes de + 9,4% est confirmée par Erasmus *et al.* (1992) qui met en évidence l'augmentation du flux d'azote microbien dans le duodénum et donc de l'absorption d'azote non ammoniacal dans l'intestin grêle chez les vaches laitières supplémentées en levure.

8-1-5-Effet sur la production ruminale du gaz :

Contrairement aux autres paramètres mesurés pour déterminer l'action de la levure probiotique sur l'utilisation de la ration, peu d'études ont été réalisées à notre connaissance sur la production des gaz au cours de la fermentation. Les études *in vitro* montrent que la levure stimule la production de CH₄ de CO₂ et d'H₂ lorsque la ration est composée de foin (Zelenaket *al.*, 1994) ou qu'elle est très riche en concentré amylacé (Carroet *al.*, 1992).

Une autre étude effectuée sur des taurillons (Mutsvangwaet *al.*1992) montre une baisse significative de la production totale de gaz à 24 et 48 h en présence de levure alors qu'une moindre production de CH₄ est observée après 12 h. Nous n'avons pas trouvé de

résultats d'essai réalisé *in vivo* dont l'objectif aurait été de mesurer directement chez l'animal, l'effet de la levure sur la production de gaz de fermentation.

8-1-6-Effet levure sur la microflore ruminale :

La microflore ruminale anaérobie joue un rôle capital dans la digestion des fibres alimentaires. Lorsque la ration comporte un large part de GRF, l'activité des bactéries Cellulolytiques est diminuée, et en conséquence la digestion de la partie fibreuse de la ration est détériorée. Dans ces conditions, l'apport de levure probiotique pour restaurer la digestion des fibres doit tout d'abord favoriser le développement de la flore spécifique.

Afin d'en comprendre le mode d'action et pour expliquer l'amélioration des résultats zootechniques, de nombreuses recherches ont été orientées vers les modifications que la levure probiotique serait susceptible de générer au niveau de la biocénose ruminale.

8-1-7-Effet des bactéries probiotiques sur le nombre total des bactéries du rumen :

La levure probiotique stimule la croissance de l'ensemble des bactéries anaérobies du rumen par rapport au témoin chez la vache laitière recevant une ration riche en concentrés (Weidmeier *et al.*, 1987), mais son effet est plus marqué avec des rations à caractère acidogène (Harrison *et al.*, 1988) qu'avec des rations fibreuses (Dawson *et al.*, 1990).

Les essais conduits *in vitro* (en batch ou en RUSITEC), confirment ces observations (Offer, 1990 ; Newbold *et al.*, 1998) et montrent que l'effet stimulant de la levure vis-à-vis de la flore est irrégulier : il dépend de la teneur en GRF des régimes.

L'effet serait aussi plus marqué sur les bactéries anaérobies strictes telles que les fibrolytiques et les bactéries utilisatrices de lactate que sur les bactéries anaérobies facultatives comme les amylolytiques (Chaucheyras *et al.*, 1997).

En cela, l'effet de la levure sur la stimulation de la microflore totale serait en accord avec les observations faites précédemment sur la digestion des fibres.

D'autres études (Newbold and Wallace, 1992 ; Newbold *et al.*, 1995) ont montré des différences d'efficacité entre les souches de *S. cerevisiae*. Les résultats suggèrent que les souches utilisées en brasserie ont une meilleure capacité à stimuler la biocénose ruminale que celles utilisées en boulangerie (Figure 05). Bactéries anaérobies totales (x10⁶ UFC/ml)

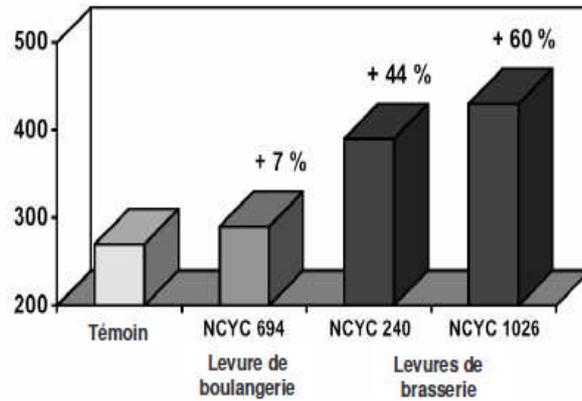


Figure06: Effets de différentes souches de levures sur la population bactérienne Ruminale en culture mixte(Adaptée de Newbold and Wallace, 1992).

8-1-8-Effet de la levure sur les bactéries cellulolytiques de rumen :

Au sein de la microflore ruminale, la population des bactéries cellulolytiques subit un accroissement lors de la supplémentation en levure d'une ration riche en GRF.

Les principales bactéries cellulolytiques *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus* et *Ruminococcus flavefaciens* ont, *in vitro*, un temps de croissance diminué de 20 à 40% (Girard and Dawson, 1994). Chez le mouton alimenté avec une ration comprenant 66% orge (Chaucheyras *et al.* 1997) ont montré que les proportions d'ARN ribosomal de *Fibrobacter succinogenes*, *R. albus* et *R. flavefaciens* sont significativement augmentées (respectivement de +5,2, +0,5 et +3,8%) avec la levure probiotique, au détriment des autres bactéries (Figure06).

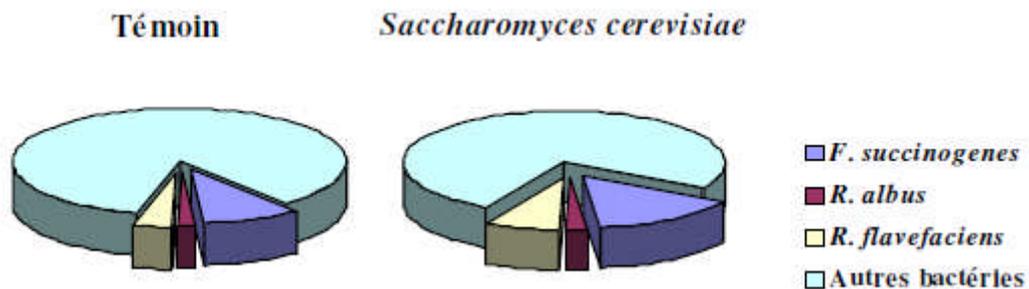


Figure07 : Effet de la levure sur la proportion d'ARN ribosomal des bactéries ruminales (D'après Chaucheyras *et al.* 1997).

In vitro, la levure augmente la vitesse de dégradation de la cellulose en stimulant ces bactéries (+ 11% à 24 h) alors que la quantité totale de cellulose dégradée n'est pas modifiée (Callaway and Martin, 1997). Cette plus grande vitesse de disparition peut être expliquée par une activité accrue des enzymes *CMCase* et *xylanase* mesurée dans les phases solide et liquide ruminale chez le mouton (Michalet-Doreau *et al.* 1997 ; Jouany *et al.* 1999).

Bien que l'activité de ces espèces bactériennes soit réduite lorsque de faibles valeurs de pH ruminal sont atteintes (Wallace et Newbold 1993) suggèrent que la levure probiotique crée des conditions favorables aux activités métaboliques des cellulolytiques, en augmentant notamment l'anaérobiose du milieu ruminal. Cette hypothèse est appuyée par d'autres auteurs (El Hassan *et al.* 1993) qui préconisent l'utilisation des levures vivantes plutôt que des extraits de levures pour modifier les paramètres physico-chimiques du rumen et stimuler la flore cellulolytique.

8-1-9-Effet de la levure sur les bactéries utilisatrices de lactate ruminale :

Les bactéries anaérobies utilisatrices de lactate *S. ruminantium* et *M. elsdenii*, sont à l'image des bactéries cellulolytiques, stimulées dans certaines conditions par la levure probiotique. La plupart des études réalisées *in vitro* (Nisbet and Martin, 1990 ; Nisbet and Martin, 1994) montrent l'efficacité de la levure probiotique à stimuler à la fois la croissance et l'activité de ces bactéries.

Mais, Chaucheyras *et al.* (1997) mettent en évidence par des tests *in vitro*, que des levures vivantes sans milieu de culture ont un effet semblable à celui des levures accompagnées de leur milieu, lorsque le substrat utilisé est riche en GRF.

Par ailleurs, il a été précisé que *S. ruminantium* requiert de l'aspartate, de la biotine et de l'acide para-aminobenzoïque pour sa croissance (Linehan *et al.*, 1978). Si l'activité de cette bactérie augmente en présence de la levure associée à son milieu de culture (Nisbet and Martin 1993), cet effet pourrait être attribué à la mise à disposition de facteurs de croissance provenant du milieu de culture de la levure.

Cela ne saurait être le cas lorsqu'une souche pure est utilisée. La transformation du lactate par *M. elsdenii* est aussi stimulée par la levure probiotique (Waldrup and Martin, 1993) mais la présence de malate ou autres acides dicarboxyliques n'affecte pas son activité (Newbold *et al.*, 1996).

On peut en conclure que la levure vivante est en mesure de restaurer des conditions ruminales indispensables à l'activité de *M. elsdenii* qui ont disparu lors de l'ingestion d'une ration acidogène.

8-1-10-Effet de la levure sur le PH et le faciès ruminale :

De nombreux auteurs ont suggéré que l'action principale de la levure probiotique porte sur la stabilisation du pH ruminal (Williams *et al.* 1991 ; Wallace and Newbold, 1992 ; Kumar *et al.*, 1994). Avec des rations riches en GRF, l'acidification du rumen amorcée par une modification profonde de la flore se traduit par une baisse marquée du pH ruminal (état d'acidose) et se répercute sur les réponses zootechniques.

Dans une majorité de situations d'acidose chronique, la diminution du pH ruminal est attribuée à une augmentation de la teneur en acide lactique (Russell and Hino, 1985) ou de la teneur en AGV totaux (Sauvant *et al.* 1999).

D'autre La méta-analyse des effets des probiotiques sur les fermentations ruminales a été faite sur l'ensemble des données provenant des bovins laitiers et à vache à viande. Chez la vache laitière, aucun effet significatif sur le pH ruminal n'a été observé en utilisant des bactéries propioniques, que ce soit seules (Stein *et al* 2006) ou en association avec des bactéries lactiques (Raeth-Knight *et al* 2007).

De même, aucun effet sur le pH n'a été observé suite à une supplémentation avec *P. bryantii* et *M. elsdenii* (Chiquette *et al* 2008, Hagg *et al* 2010).

Les seules études rapportant un effet significatif sur le pH ont été obtenues par l'association de bactéries lactiques avec la levure *S. cerevisiae* (Nocek *et al* 2003, Chiquette 2009). Chez les bovins en croissance, aucun effet significatif des probiotiques n'a été observé sur le pH ruminal, quelle que soit la composition des probiotiques étudiées : bactérie propionique seul, *P. acidopropionici*P15 (Ghorbani *et al* 2002) ou *P. freudenreichii*P169 (Lehloenya *et al* 2008), bactérie propionique associée à la bactérie lactique *E. faecium*212 (Ghorbani *et al* 2002) ou à la levure *S. cerevisiae* (Lehloenya *et al* 2008a), bactérie lactique seule (EF212) ou associée à la levure *S. cerevisiae* (Beauchemin *et al* 2003).

En raison de la diversité des situations expérimentales selon les essais (types d'animaux, de régime, nature et dose des probiotiques utilisées...), il est difficile de tirer une conclusion quant à l'efficacité relative des différents probiotiques pour limiter l'acidité dans le rumen

La régulation du pH ruminal par les probiotiques ne serait effective que lorsque le pH ruminal moyen avec la ration de base est suffisamment faible.

Dans la seule étude publiée ayant démontré un effet notable de la supplémentation en probiotiques sur le pH (Chiquette 2009), aucun antibiotique ni tampon n'était inclus dans la ration de base qui était associée à un pH ruminal initial bas de 5,41.

Des résultats récents (Lettat 2011) chez la vache laitière vont dans le sens de cette hypothèse, puisque la supplémentation en probiotiques seules n'a induit une augmentation du pH moyen (+ 0,24 unités) qu'avec une ration de base riche en amidon (ensilage de maïs + céréales) induisant un pH bas (5,73) ; en revanche, avec une ration de base riche en parois (ensilage d'herbe + pulpe) induisant un pH plus élevé (5,94), la supplémentation en probiotique n'a pas induit d'augmentation significative du pH (+ 0,08 unités).

		témoi n	Trait é	variatio n	Nex p	ETR	Effets statistiques	
							Probiotiqu e (traité vs témoin)	Nature de probiotiqu e (variation BPvs variation BP+SC
PH	BP	6.07	6.06	-0.02	13	0.1	NS	P=0.11
	BP+S C	6.05	6.12	0.07	7			
AGV totaux (mM)	BP	témoi n	Trait é	variatio n	Nex p	ETR	Effets statistiques Probiotiqu e (traité vs témoin)	NS Nature de probiotiqu e (variation BPvs variation BP+SC
	BP+S C	1110	112	2.0	2			
Acétate (%)	BP	61.1	60.4	-0.67	11	1.3 5	P=0.05	NS
	BP+S C	60.4	58.3	-2.10	3			
Propionate (%)	BP	27.0	27.1	0.05	13	2.4 6	NS	NS
	BP+S C	22.7	24.2	1.45	2			
Butyrate(%)	BP	11.3	11.1	-0.17	11	0.8 6	NS	NS
	BP+S C	13.0	12.3	-0.70	2			
Acétate/propionat e	BP	2.63	2.51	-0.12	11	0.2 4	NS	NS
	BP+S C	2.81	2.53	-0.28	2			
Lactate (mM)	BP	1.87	1.59	-0.28	7	0.9 9	NS	P=0.09
	BP+S C	0.80	2.96	2.16	2			
NH3 (mg/L)	BP	81.2	89.2	8.0	9	9.6	NS	NS
	BP+S C	77.3	73.3	-3.9	2			

Tableau07: Effets des bactéries probiotiques seules ou associées à la levure *S. cerevisiae* sur le pH et les fermentations ruminales (Chiquette 2009, Hagg *et al* 2010.)

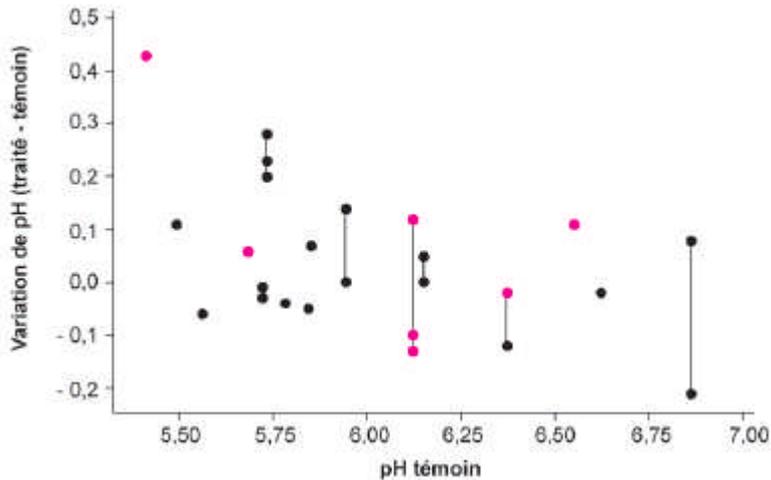


Figure08: Variation du pH ruminal en fonction du pH du rumen du lot témoin (non supplémenté) chez des bovins laitiers et à viande supplémentés en bactéries probiotiques seules (●) ou associées à la levure *S. cerevisiae* (●).

Les traitements d'une même étude sont reliés entre eux. (Van Koevinget al 1994) Travaux publiés (Weiss et al 2008, Chiquette 2009) ou observée dans un essai récent chez la vache laitière (Lettat 2011). Concernant le lactate, les concentrations ont été soit indétectables (Ghorbaniet al 2002, Beauchemin et al 2003, Lehloenyaet al 2008a) soit inférieures à 10 mM, ce qui correspond à des concentrations compatibles avec l'état d'acidose latente (Martin et al 2006), pour les autres essais. Les rares données disponibles ne permettent pas de conclure sur les effets de l'apport des probiotiques seules ou associées à *S. cerevisiae*

8-1-11-Effet de la levure sur la concentration ruminale en AGV :

Les principaux AGV (acétate, propionate et butyrate) issus de l'activité fermentaire, sont absorbés continuellement par la paroi ruminale. Les réponses à l'apport de la levure probiotique sur ces paramètres fermentaires sont très variables.

Avec des rations riches en concentrés, l'effet de la levure se manifeste généralement par une hausse significative des teneurs en AGV de l'ordre de 6% chez la vache laitière (Doreau and Jouany, 1998

Chez les animaux recevant une ration fibreuse, aucun effet levure n'est observé sur les teneurs en AGV par rapport au témoin (Miranda et al., 1994 ; Plataet al., 1994). Les études *in*

in vitro ne permettent généralement pas de mettre en évidence d'effet levure significatif sur ces produits terminaux de la fermentation dans le milieu. Les raisons les plus souvent invoquées sont les variations de la concentration et du type de levure, de la concentration et du type de substrats et des conditions de culture utilisées (Martin and Nisbet, 1992).

L'effet de la levure sur les concentrations en AGV du milieu ruminal est d'autant plus marqué que la ration est plus riche en GRF. Aussi, Roa *et al.* (1997) montrent chez des bovins en croissance nourris avec des rations à base de sorgho que l'effet de la levure probiotique sur les concentrations en AGV et sur la stabilisation du pH ruminal est d'autant plus grand que les rations sont riches en concentrés.

La levure modifie aussi les proportions d'AGV. Son effet se traduit par une stimulation de la propionogénèse de 18,6% observée chez la vache laitière (Erasmus *et al.*, 2005) alors qu'*in vitro*, une hausse de 8,5% est obtenue lorsque l'effet levure est positif (Newbold *et al.*, 1995).

Une diminution du rapport acétate/propionate est aussi rapportée et cela malgré une légère augmentation de la concentration en acétate (Piva *et al.*, 1993).

Ces divers résultats montrent que la levure probiotique stabilise le pH chez des animaux recevant une ration acidogène en évitant l'accumulation de lactate dans le rumen. Elle favorise l'activité des bactéries cellulolytiques qui augmente la production globale des AGV et la transformation accrue du lactate en propionate, expliquant ainsi l'abaissement du rapport acétate/propionate.

9-L'effet des probiotiques sur les paramètres biochimiques et sanguins :

Animaux	Durée	Variations des paramètres sanguins par rapport au témoin	Auteurs
24 VL (milieu de lactation)	28j	↗glycémie (+6% p*0.18) ↗PTP (+4%p*0.15) →cholestérol →urémie	Piva et al(1993)
8 VL (début de lactation)	28j	↗glycémie (+3%,NS) →urémie	Putman et al(1987)
8 VL (début de lactation)	35j	→AGNE →urée	Doreau et jouary (1998)
26 VL (de-28 à 28j pp)	56j	↗urée (+12%)	Wohlte et al(1998)
44 VL	91j	↗glycémie (+15%*) ↗PTP(NS)	Nacek et kautz (2006)
30 VL (début de lactation)	119j	→glycémie ↗PTP(NS) ↗urée(NS)	Lwansks et al (1999)
Veaux nouveaux nés	42j	→PTP →BHB	Leumeister et al (2004)

Tableau08: effet de la supplémentation alimentaire en *saccharomyces cerevisiae* sur les paramètres sanguins et biochimiques des ruminants

↗ : augmentation. →: pas de variation.

* :p<0.05.

10-Effet de l'introduction des probiotiques sur la production laitière:

10-1-Levures probiotiques :

L'analyse des résultats obtenus lors d'essais d'incorporation de levures probiotiques chez les femelles laitières, met en évidence une grande variabilité dans les réponses relatives à la quantité et à la qualité du lait (Wanget *al.* 2001). Une augmentation significative de la production laitière, allant de + 0,7 à + 2,4 kg par jour a été rapportée (Robinson and Garrett, 1999).

D'autres méta-analyses ont été réalisées en 1993 par Wallace et Newbold de mettre en évidence une amélioration de la production laitière moyenne de 2,2 litres de lait par vache et par jour. Ce résultat a été confirmé par une expérimentation portant sur 245 vaches laitières et sur lesquelles a été montrée une augmentation significative de la production annuelle de lait de 2% chez les femelles primipares et de 2,7% chez les femelles multipares (Durand-Chaucheyras *et al.* 1997)

Ainsi une méta-analyse utilisant les résultats de 29 références cumulant 114 lots de vaches en production (Figure08), confirme un effet moyen significatif de + 4% sur la quantité de lait (Ali Haimoud- Lekalet *al.* 1999).

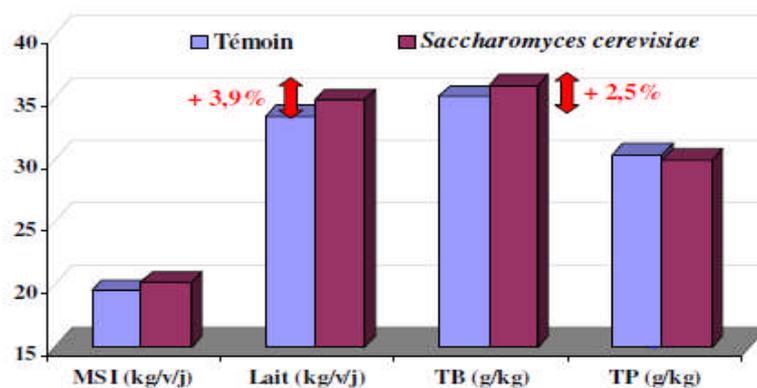


Figure09:Effet de la levure probiotique sur la MSI, la production et la qualité du lait(D'après Ali Haimoud-Lekhal *et al.*, 1999)

Les teneurs en protéines (TP) et en matières grasses (TB) du lait sont parfois modifiées par l'apport de levures. La méta-analyse déjà citée, conduite par Ali Haimoud- Lekalet *al.*

(1999) mettent en évidence une augmentation de + 2,5% du TB alors que le taux protéique n'est pas modifié.

Dans une autre étude, il a été montré que la levure pouvait être responsable d'une augmentation de la production variant de 2 à 30%, avec une moyenne de 7,3% (Dawson, 2000).

Dans des études plus récemment Desnoyers et al, ont procédé en 2009 à une méta-analyse, ont découvert qu'en moyenne, les levures faisaient la consommation de matière sèche (+0.44g/kg poids corporelle) et la production laitière (+1.2g/kg poids corporel) et qu'elle avait tendance à augmenter la teneur en matière grasse de lait (+0.05%) mais qu'elle n'avait aucun effet sur les protéines laitières.

En opposition, d'autres essais démentent l'existence de l'effet levure sur la production laitière (Erasmus *et al.* 2005).

On peut en déduire que dans certains essais de terrain, si la réponse des vaches laitières à un apport de levure probiotique n'est pas significativement positive, c'est sans doute parce que les conditions requises pour permettre à la levure d'exprimer tout son potentiel ne sont pas réunies. D'ailleurs, la réponse des animaux semble être dépendante du stade physiologique de l'animal en lactation (Williams and Newbold, 1990) et de la nature de la ration

10-1-1-Influence du stade de lactation

Le stade de lactation de l'animal semble être un facteur important pour que l'effet levure s'exprime chez le ruminant laitier. Les vaches fraîches en tout début de lactation réagissent bien à l'apport de levure vivante qui leur permet un pic de lactation plus précoce et plus important que celui des vaches témoins (Wohltet *al.* 1991). Cette amélioration du pic augmente la production moyenne de lait de 1,5 kg/jour sur 126 jours.

Dans tous les cas l'effet levure est significatif pendant les tous premiers jours de lactation (Dannet *al.* 2000) et ne se traduit pas seulement sur l'amélioration du début de lactation mais elles permettent aussi d'avoir une meilleure persistance laitière au cours de la lactation complète (Wallentine *et al.* 1986; Harris and Lobo, 1988).

Hoyos (1992) estime pourtant que l'addition de levures vivantes après 250 jours de lactation améliore de 6% la persistance laitière par rapport aux animaux non traités.

En faite, l'addition de levure serait plus bénéfique aux vaches laitières si elle est administrée avant le vêlage, période caractérisé par une baisse de MS I, à l'approche du part et durant le pic de lactation.

Les résultats de quelque essai, ayant évalué l'impact de la supplémentation en levure spécifiquement durant la période de transition (entre la fin du tarissement et le début de la lactation) divergent dans leurs conclusions (soder et holden 1999).

10-1-2-Influence de la nature de ration :

Une interaction significative entre l'effet levure et l'effet ration a été observée par Williams *et al.* (1991) dans une expérimentation où l'effet levure le plus marqué sur la production du lait est associé à la ration la plus riche en glucides rapidement fermentescibles (GRF).

Lorsque les rations utilisées sur des vaches en lactation sont composées d'une proportion suffisamment élevée de fourrage de qualité pour éviter tout désordre nutritionnel, aucun effet levure ne peut être mis en évidence (Swartzet *al.* 1994). Les femelles laitières répondent mieux à l'addition de levure lorsque les rations présentent un caractère acidogène dû à la présence d'ensilage de maïs (Wallace and Newbold, 1993) ou/et aux distributions de fortes quantités d'aliments concentrés énergétiques (Doboset *al.* 1990).

Williams et al 1991 on trouvé des effets supérieurs avec des régimes contenant 60% de concentrés et 40% de fourrage.

Dans d'autre études, la supplémentation en *saccharomyces cereviciea* induit une augmentation significative de la matière sèche ingérée (williams et al 1991) associée a une accroissement de la production laitière entre 3 et 9% selon les études,(kung et al 1997)et une amélioration de la composition de lait(wohlt et al 1991).

D'après piva et al 1993 une supplémentation en *S cerevisiae* durant 4 semaines augmente significativement le taux butyrique (TB) du lait a 15 % chez des vaches multipares en milieu de lactation.

Putnam et al 1997 rapportent quant à eux une augmentation de 6% du TB chez des vaches primipares supplémentation en levures, durant 4 semaines, en début de lactation.

10-2-Les bactéries probiotiques :

Dans une étude faite par chiquette et al(2008) , une hausse de la production des produits de fermentation et du pourcentage de matières grasse de lait de vache laitière ayant reçu une

souche bactérienne nouvelle isolés (*Prevotella bryantii*25A) a partir de la 3^{ème} semaine précédant le vêlage jusqu'à la 7^{ème} semaine post-partum (figure 09).

Gomez-Bassauri et al (2001) ont observé une production laitière accrue (0.73kg/jour) chez des vaches recevant un mélange de *L. acidophilus*, de *L. casei* et d'*Enterococcus faecium* dans leur ration.

Plus récemment Stein et al (2006) ont trouvés une hausse de 8.5% du lait, standardisé à 4 % de matière grasse chez des vaches recevant de *Propionibacterium*/jour a partir de la 2^{ème} semaine précédant le vêlage jusqu'à la 3^{ème} semaine post-partum.

Par contre, Raeth-Knight et al (2007) n'ont observés aucun effet sur la production laitière, la composition du lait ou la consommation de matière sèche de vaches laitières (moyenne de 74 jours de lactation) recevant dans leur alimentation une combinaison de *Lactobacillus acidophilus* et de *Propionibacterium freudenreichii*

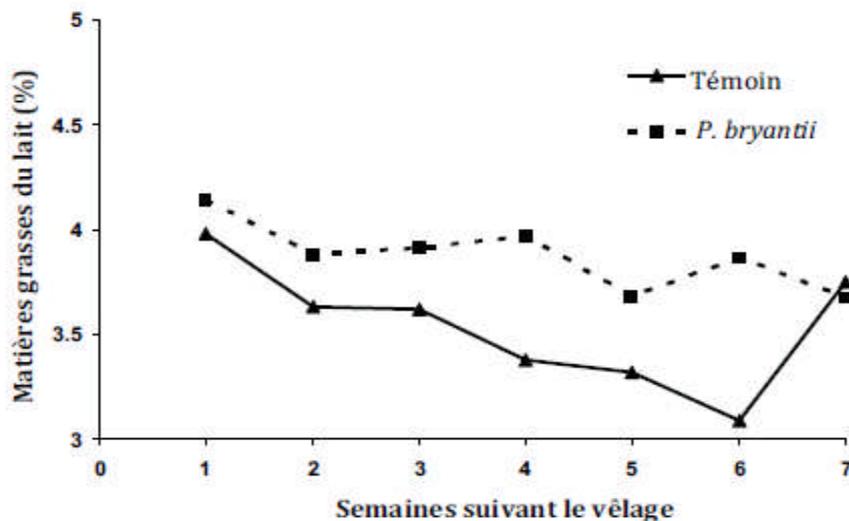


Figure 10: Effet de *P. bryantii* 25 A sur le pourcentage de matières grasses du lait après le vêlage (Chiquette 2009)

10-3-Combinaison de bactéries et de levures probiotiques :

Des études récentes ont été effectuées sur la combinaison de levures et de bactéries. Dans une vaste étude portant sur 366 vaches, Oetzel et al 2007 n'ont remarqué aucun effet sur la production laitière ou la composition de lait lorsqu'une combinaison d'*Enterococcus faecium* et de *S. cerevisiae* était donnée dans l'alimentation de vaches à partir du 10^{ème}

Jour précédent le vêlage jusqu'au 23^{ème} jour post-partum.

Toutefois Nocek et Kautz 2006 on observé une croisement de la consommation de matière sèche (2.5kg/jour) et de la production laitière (2.3kg/jour).

Il semblerait avantageux de combiner l'ajout de bactérie probiotique à des levures. Des études sont en cours pour démontrer que les levures créent un environnement ruminal qui facilité l'action des bactéries probiotiques.

11-Effet d'introduction des probiotiques sur les veaux :

11-1-Accroissement de la vitesse d'établissement des populations Cellulolytiques dans le rumen :

A la naissance, le système digestif du jeune ruminant est pratiquement stérile, l'animal nouveau-né acquiert rapidement une microflore par contact avec la salive et les excréments de sa mère et des autres animaux (Chaucheyras-Durand et al 2008). Le contact prolongé entre la mère et son petit est important pour favoriser un bon établissement de la flore microbienne .alors que dans nos systèmes de régie le veau est rapidement séparé de sa mère .une telle situation peut conduire au déséquilibre de la flore microbienne et accroitre la sensibilité du jeune ruminants aux différentes infections. L'équilibre entre les populations de bactéries bénéfiques et d'agent pathogène dans l'intestin détermine la santé intestinale.les troubles gastro-intestinaux constituent l'une des plus importantes cause de perte économiques dans l'exploitation d'animaux pré ruminants.

dans une étude portant sur des agneaux, Chaucheyras-durand et Fonty (2001) ont signalé que la vitesse d'établissement de la population cellulitique était plus grande chez les agneaux ingérant *S cereviciae* quotidiennement que chez les agneaux témoins. De plus, les populations cellulolytiques étaient plus stables chez les animaux supplémentaires.

Par ailleurs, les protozoaires se nourrissent des bactéries de rumen et de leur population ne s'installe donc dans le rumen qu'une fois la population bactérienne établie. Chaucheyras-durand et Fonty (2002) ont ainsi observé que les protozoaires apparaissaient plus tôt chez les agneaux supplémentés avec *S.cereviciea* que chez les agneaux témoins.

11-2-Réduction de l'incidence de la diarrhée, accroissement du gain de poids quotidien et maintien de la santé intestinale :

Les premiers jours qui suivent la naissance et la période de sevrage sont deux périodes critiques durant lesquelles il a été démontré que l'addition de probiotiques à la ration avait un effet bénéfique chez les veaux.

Chaucheyeras-Durand et Fonty (2001). Ont signalé que l'ajout de probiotique à la ration d'agneaux accroissait la vitesse d'établissement de différentes espèces bactériennes. Dans ces circonstances, le rôle des probiotique et de coloniser les intestins et d'empêcher ainsi sa colonisation par des agents entéro-pathogène causant la diarrhée

.cet effet est probablement attribuent a l'action des probiotiques bactériens sur la muqueuses intestinales.il est bien connu que, en particulier chez les monogastriques, les probiotiques bactériens pouvant modifies la perméabilité de la muqueuse intestinales, activer les cellules immunitaires et empêcher l'adhésion des agents pathogènes a la muqueuses de l'intestin.

D'autres chercheurs ont signalé que la supplémentation avec lactobacilles et streptococcus réduisant l'incidence de la diarrhée chez les veaux (Maeng et al 1987.)

Galvao et al (2005) ont constaté une réduction de nombre de jours de diarrhée et des couts de traitement avec l'ajout de levures *S.cereviciae* ou *S boulardii* aux céréales au a l'aliment d'allaitement de veaux Holstein.

La période de sevrage, au cours de la quelle l'alimentation solide est introduite de façon plus importante, est également difficile pour l'intestin.

Egalement, la production d'acide lactique par les probiotiques bactérienne crée un milieu acide néfaste pour les agents pathogènes. De plus, la production de bactériocines par certaines souches de probiotique contribue au maintien de la santé de l'intestin.les bactériocine sont des toxines que les bactéries produisent pour inhiber la croissance de souches bactérienne similaires au étroitement apparentées.

Dans d'autres essais Ils ont administré, par voie orale, *Lactobacilles acidophilus* et *Enterococcus faecuim* une fois par jour pendant cinq jours consécutifs. Les résultats repris dans le tableau10, montrent aussi un effet marquant :

Tableau9: essai d'introduction de probiotique sur des veaux nouveau-nés
(TOURNET J et al 1988)

	Groupe traité		Groupe témoin	
	Nombre	%	Nombre	%
Nombre d'animaux	950	-	453	-
Jours de traitement	5	-	0	-
Cas de diarrhée	187	19.6	292	64
Mortalité	5	0.05	19	4.2

Dans un autre essai, le traitement a débuté entre le 5^{ème} et le 15^{ème} jour après la naissance, et a duré 5 jours. Le probiotique *Streptococcus faecium* a été administré dans la poudre de lait, Le résultat présenté dans le Tableau11est également encourageant :

Tableau10: résultats d'administration de *Streptococcus faecium* dans la poudre de laitdesveaux (TOURNET J et al 1988)

	Groupe traité		Groupe témoin	
	Nombre	%	nombre	%
Nombre d'animaux	117		117	-
Cas de diarrhée	2	2	7	6
Mortalité	0		1	-
Augmentation du poids 30 jours plus tard	-	120	-	100

12-Effet d'introduction des probiotiques sur les bovins de boucheries :

La levure probiotique est aussi incorporée dans les rations des ruminants destinés à la production de viande mais les résultats positifs rapportés dans la littérature sont moins nombreux que ceux concernant les ruminants laitiers. L'effet levure se traduit par une augmentation du G.M.Q lorsque les taurillons sont nourris avec un régime à caractère acidogène (El Hassan *et al.*, 1993 ; Hancock *et al.*, 1994). Ce résultat est souvent associé à un accroissement des quantités de matières sèches ingérées (Mutsvangwaet *al.*1992). Dans un essai utilisant 180 taurillons de race Blonde d'Aquitaine alimentés avec du maïs grain humide inerté, Moncoulon et Auclair (2001) rapportent que la levure probiotique améliore le G.M.Q tout en réduisant l'ingestion par conséquent diminue significativement l'indice de consommation (I.C).

Par ailleurs, des améliorations non significatives du G.M.Q et de l'I.C sont enregistrées chez le bovin de boucherie alimenté par des quantités égales de concentrés et de fourrages (Adams *et al.* 1981) alors que l'ingestion est significativement augmentée (+6,7%).

Les carcasses de taurillons ayant reçu une levure probiotique ont tendance à être moins grasses sur le plan qualitatif que celle des témoins pour un même G.M.Q (Aertsetal. 1994).

Toutefois, les différentes réponses observées ont été attribuées avec réserve aux différentes souches de levures utilisées, Dans une étude ont comparés les effets d'un apport en levures *Saccharomyces cerevisiae* vivantes ou inactivées (GSH 351) sur les performances de croissance de bovins en engraissement

Dans plusieurs essais expérimentaux indiquent que l'addition de *saccharomyces cerevisiae* induit une amélioration de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire l'augmentation moyenne du poids vif est d'environ 7.5% selon le type de régime utilisé et l'amélioration de l'indice de consommation oscille entre 3 et 10% selon les études (Auclair, 2001).

Cet effet positif de la levure est supérieur avec l'ensilage de maïs par rapport à l'ensilage d'herbe (Wallace et Newbold, 1993).de même, l'amélioration du gain de poids quotidien peut atteindre 13% avec des régimes riches en amidon (Wallace 1994).

Dans certaines conditions, l'addition de levure chez le taurillon n'a aucun effet ni sur le G.M.Q, ni sur l'I.C (Edwards *et al.* 1990).

Les résultats de performances zootechniques relatifs à l'utilisation de la levure chez les ruminants élevés pour la production de viande semblent confirmer certaines observations faites avec les femelles laitières.

Les effets positifs les plus significatifs de la levure sont obtenus avec les rations les plus concentrées. L'interaction ration-levure déjà signalée pour les vaches laitières paraît être confirmée dans le cas des animaux à viande par l'absence d'effet levure chez des taurillons en pâture (Cabrera *et al.* 2000) ou alimentés avec de la paille d'avoine (Plataet *al.* 1994).

Conclusion et recommandations

Le but dans ce travail est de représenter l'influence de l'introduction des probiotiques et prébiotiques dans l'alimentation des ruminants sur les différents paramètres corporels en élevage bovin.

L'utilisation des additifs alimentaires tout en étant un plus en production animale diminue de ce fait l'utilisation des antibiotiques qui créent des phénomènes de résistances et ont un effet très négatifs.

D'après les recherches qui ont été faites et notre petite évaluation, il a été constatés que les probiotiques et les prébiotiques ont un effet positif sur la digestibilité en agissant bénéfiquement sur la prolifération et le renforcement de la flore bactérienne, aussi ils contribuent à l'augmentation de la production laitière en qualité et en quantité, ainsi que sur le gain de poids et la précocité de croissance ; sans pour autant avoir aucun effet néfaste sur la santé animale et publique.

Ce travail nous a permis d'évaluer les bienfaits des probiotiques et de prébiotiques. Les premiers étant essentiellement des bonnes bactéries vivants, que lorsque consommés régulièrement, exercent un effet potentiellement bénéfique sur la santé.

En ce sens la flore intestinale est modifiée de sorte que les bonnes bactéries sont favorisées, aux dépens des mauvaises (pathogènes), Cela améliore l'équilibre à long terme de la flore et la rend résistante vis-à-vis des agressions.

L'équilibre de cette flore est influencé positivement par l'apport de probiotiques et prébiotiques, et négativement par les déséquilibres alimentaires, les stress et... les antibiotiques.

Cette étude bibliographique nous a permis de faire le point sur l'utilisation des additifs alimentaires, elle ne sert complètement que si elle est suivie d'un travail expérimental.

Nous recommandons donc :

L'utilisation de ces additifs donne différents élevage et voir leur impact sur les performances zootechniques des ruminants (production laitier, état corporel, paramètres biochimiques et PH ruminal).

Liste des références :

ADAMS D. C., M. L. GALYEAN, H. E. KIESLING, J. D. WALLACE, M. D. FINKNER (1981).

Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. J. Anim. Sci. 53: 780-789.

AERTS J., J. LATRE, L. DUSSERT (1994). Effects of living yeasts on zootechnical performance and carcass composition of finishing bulls. Ann. Zootech. 43: 237.

Ahmad, 2006.Effect of probiotic on broiler performance international journal of Poultry Science 5(6) :593-597,2006ISSN 1682-8356.

Albert t.f and Ramey 1968: apparent asymptomatic left abomasal displacement in a cow J-am vet med assoc 152.1125-1130.

ALI HAIMOUD-LEKAL D., P. LESCOAT, C. BAYOURTHE, R. MONCOULON (1999). Effets de *Saccharomyces cerevisiae* et d'*Aspergillus oryzae* sur les performances zootechniques de la vache laitière : étude bibliographique, p 157. In: 6ème Journée Rencontres Recherches Ruminants, 1-2 Décembre, Paris

Anonyme:

2<http://www.regimesmaigrir.com/actualites/article.php?id=743.consulter:06/2017>.

ARCOS-GARCÍA J. L., F. A. CASTREJÓN, G. D. MENDOZA, E. P. PÉREZ-GAVILÁN (2000).

Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. Livest. Prod. Sci. 63: 153-157.

Arias J.L et R.Kabira et A.Valancia 1978: observation and histological development of the bovine rumen papillae. Morphological changes due to age ZBL- vet .med CANET histolol .embryol 7.140-151.

Ash et Kay 1959 Stimulation And Inhibition Of Reticulum Contraction ;Rumination And Parotid Secretion From The Fore Stomach Of Conscious Sheep.j.Physiol(London)149.43.577

Auclair, 2001 yeast As an example of the mode of action of probiotics in monogastric and ruminant species, in: brufau ,J(ed). Feed manufacturing in the mediterranean region improving safety:from feed to food CIHEAM-IAMZ:45-53

Balch 1958: Observation Of The Act Of Eating In Cattle.Br.j.Nutr.12.330.345.

Bamont 1989 : Etat De Repletion Du Réticulo-Rumen Et Ingestion De Fourrage:Incidences Sur Le Contrôle à Court Terme De La Quantité De Foin Ingérée Par Le Mouton. Thèse De Doctorat De L'institut National Agronomique De Paris.Grignon.159.P.

Bareille s.&bareille n.(1995) :La Cétose Des Ruminants. Point Vétérinaire,27(Maladies Métaboliques Des Ruminants) ;727-738.

Barone. R1976: anatomie compare des mammifères domestiques T.3 : splanchnologie fax.1 appareil digestif, appareil respiratoire 1976 fax 2 appareil urogénital foetus et ses annexes topographique abdominales 1978.vigot frère paris.

Beauchemin k.a., yang w.z., morgavi d.p., ghorbani g.r., kautz w., leedle j.a.,

2003. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. J. Anim. Sci., 81, 1628-1640.

Blain 2002:Bacterial Species Of The Rumen. Bacterial Rev.23.125.153.

Body AV El Mer .Gw .Mc farland L.V etlevy.R H (1991): Influence of antibiotics on the recovery and Kinetics of *Saccharomyces Boulardii* in Rats Pharmaceutical research 8 (6) 796-800.

Brodrik g.a.r.j. wallace.e.r orskov (1991): Control And Rate Of Protein Degradation In: Physiological Aspects of Digestion And Metabolism in ruminants .Tsuda.T.Y.SasakiR.KAWASHIMA(eds) PP541-592. Academic Press.London.M.K.

Bromberg1957: Measurements Of The Redox Potential In Rumen Contents 3.Investigations into the Effect of Oxygen on The Capacity of Rumen Contents To Consume oxygène.Nord.Vet.Med.9.942.950.

Buts JP,bernascioni .Van craynest MP ,Maldague P. Et de Meyer R (1986): Response of Human and rats small intestine mucosa to oral administration of *saccharomyces boulardii*.digestive diseases science 35

CABRERA E. J. I., M. G. D. MENDOZA, I. E. ARANDA, C. GARCIA-BOJALIL, G. R. BARCENA, J. J. A. RAMOS (2000). *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures. Anim. Feed Sci. Tech. 83: 49-55.

CALLAWAY E. S. and S. A. MARTIN (1997). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal

bacteria that utilize lactate and digest cellulose. J. Dairy Sci. 80: 2035-2044

CARRO M.D., P. LEBZIEN, K. ROHR (1992). Effects of yeast culture on rumen fermentation, digestibility and duodenal flow in dairy cows fed a silage-based diet. Livest. Prod. Sci. 32: 219–229

Carter and Phillips 1944: the nutrition value of yeast proteins fed.proc,3.123-128.

Cauty.I et Perreau.J.M.2003La ConduiteDdu Troupeau Laitier .Edition France,Agricole.p109.217.

CHAEDLER R.W 1973 : relationship between the host and its intestinal microflora.symp.on gut flora and nutrition in the ruminant pror.nutc.soc32.41-43.

CHAUCHEYRAS-DURAND F. and G. FONTY (2002). Influence of a probiotic yeast (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) on microbial colonization and fermentations in the rumen of newborn lambs. Microb. Eco. Health and Disease. 14: 30-36.

CHADEMANA I. and N. W. OFFER (1990). The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. Anim. Prod. 50: 483-489.

Cheng et al 1991 ChengK.J.C.W.Forsberg ;H.Minato J.W.costerton 1991 : Microbial Ecology And Pysicology Of Feed Degradation Within The Rumen.In Physiological Of Digestion And Metabolisme in Ruminants.Tsuda T.Y Sasaki.RKawashima(eds).PP595.624 Academic Press.london.4.KTOURNUT.J.BEZILLE P.REDON P.VEAST

Claude pavaux 1982 : atlas en couleur d’anatomie des bovins (splanchnologie).N.edition 1496.N :d’impression10605.

CHIQUETTE.J.2010 : agriculture et agroalimentaire de développement sur le bovin laitier et le porc Sherbrooke(le rôle des probiotiques en production laitière).

Chiquette J., 2009. Evaluation of the protective effect of probiotics fed to dairy cows during a subacute ruminal acidosis challenge. Anim. Feed Sci. Technol., 153, 278-291

Chiquette J, K.A.Allison et M.A Rasmussen 2008. Prevotella bryantii 25A used as a probiotic in early-lactation dairy cows : effect on ruminal fermentation characteristics, milk production, and milk composition .j. Dairy sci 3536 -3543

Corp 1999: antibiotique en élevage et résistance bactériens: vers une interdiction, rev med vet 150.165.170.

Cummings J.H. and Kong, S.C.; (2004). Probiotics, Prebiotics and antibiotic in inflammatory bowel disease Inflammatory bowel disease crossroads of the microbes, epithelium and immune systems. wiley, chichester (Novartis Foundation Symposium 263):99-114.

CZERKAWSKI F.M. CHENG K.J. 1988: compartmentation microbial ecosystem, Elsevier science publishing New York 361-385. 572 pp

PRADO. R. Muller. 2002 : Intrinsic buffering capacity of feedstuffs .Anim. Feed. Sci. technol. 96.83.102

DEWHURST R.J, SCOLTAN N.D , LEE. MR. F OUGHAM H.J and HUMPHREYS M.O (2003): forage breeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant product proceeding of the nutrition society 6.2.329.336.

DEMEYER 1991: quantitative aspect of microbial metabolism in the rumen and hindguts in rumen microbial metabolism and residual digestion INRA-J.P. Jouany e.d. paris 1991-pp . 217-237.

DAWSON, K. A. and D. M. HOPKINS (1991). Differential effects of live yeast on the cellulolytic activities of anaerobic ruminal bacteria. J. Anim. Sci. 69 (Suppl. 1): 531 (Abstr.).

DAWSON, K. A., K. E. NEWMAN., J. A. BOLING (1990). Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage fed microbial activities. J. Anim. Sci. 68: 3392-3398.

DURAND-CHAUCHEYRAS F., G. FONTY, G. BERTIN (1997). L'utilisation de levures vivantes, additif microbiens chez le ruminant : Effets sur la microflore et les fermentations ruminales, effets zootechnique Bulletin des G.T.V. no.5B, 576: 35-52

Dawson, 2000: Some milestones in our understanding of yeast culture supplementation in ruminants and their implications in animal production systems. *In:* Biotechnology in the Feed Industry Proceedings of the 16th Annual Symposium. (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds) Nottingham University Press, Nottingham, UK. p. 473-486

DURAND-CHAUCHEYRAS F., G. FONTY, G. BERTIN (1997). L'utilisation de levures vivantes, additif microbiens chez le ruminant : Effets sur la microflore et les fermentations ruminales, effets zootechnique Bulletin des G.T.V. no.5B, 576: 35-52

DOREAU M. and J. P. JOUANY (1998). Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on nutrient digestion in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 3214–3221

DAWSON K. A. (1992). Current and future role of yeast culture in animal production : A review of research over the last six years. In : Proceedings of Alltech's 8th Annual Symposium (T. P. Lyons ed.), Alltech Technical Publication, Nicholasville, Kentucky, USA. pp 1-23.

DAWSON, K. A. and K. E. NEWMAN (1988). Fermentations in rumen-stimulating continuous cultures receiving probiotic supplements. J. Anim. Sci. 67 (Suppl. 1): 500 (Abstr.).

DANN H. M., J. R. PROCKLEY, G. C. MCCOY, M. F. HUTJENS, J. E. GARRETT (2000). Effects of yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. J. Dairy Sci. 83:123–127

DOBOS R. C., A. J. DICKENS, T. J. NORRIS (1990). Yea-Sacc1026 for dairy cattle in low concentrate input systems: Effects on milk yield and composition in an Australian experiment. In: Biotechnology in the Feed Industry, Vol. VI. Alltech Technical Publications, Nicholasville, KY.

Duclurear et Bensaasa 1982: effets compares de l'administration unique ou en continu de saccharomyce boulardii sur l'etablissement de devers souche de candida dans le tractus digestif de souris anotoxinique annal de microbiologie . 133 :491-501.

Durandechauchcheyars FFonty.G et bertin G (1997).L'utilisation des levures vivants additifs mecrobien chez les ruminant.BulletinGTV(5-b) 576.32.52. J.Nutr;88,supple.I:39-49.

Deutsch SM,Falentin H, Dols- Lafargue M, Lapointe G, Roy D (2008). Capsutare exopolysaccharide biosynthesis gene of Propionibacterium freudenreichii subsp.Shermanii.International Journal of Food Microbiology 125:252-258.

Dobson et al 1984: DobsonR.C.A.J.DICKENS.T.J.Norris 1984: Effets on milk yield and comparasion in an Australian experiment In: Biotechnology in the feed industry .vol.VI.alltch technical publicaction.Nicholasville.K.Y.

Edwards i. E., j. H. Mutsvangwa, j. H. Topps, g. F. M. Paterson (1990). The effects ofsupplemental yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation and growth performance ofintensively fed bulls. Anim. Prod. 55: 35-40.

El hassan s. M., newbold c. J., r. J. Wallace (1993).The effect of yeast in the rumen and the requirement for viable yeast cells. Anim. Prod. 54: 504 (Abstract

Enjalbert f., j. E. Garrett, r. Moncoulon, c. Bayourthe, p. Chicoteau (1999).Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal digestion in non-lactating dairy cows. Anim. Feed Sci. Tech. 76: 195-206

Enjalbert F(2003).Alimentation De La vache Laitière :Les contraintes Nutritionnelles Autour Du Vêlage. Point Vétérinaire, 34(236),40-44.

Erasmus I. J., p. M. Botha, a. Kistner (1992).Effect of a yeast culture supplement on production, rumen fermentation and duodenal nitrogen flow in dairy cows. J. Dairy Sci. 75: 3056-3065.

Erasmus I. J., p. H. Robinson, a. Ahmadi, r. Hinders, j. E. Garrett (2005). Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. Anim. Feed Sci. Tech. 122: 219-239

FERRARA, C. M. E ORTEGA, P. M. A. COBOS (1996). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* or *Aspergillus oryzae* cultures and NDF level on parameters of ruminal fermentation. Anim. Feed Sci. Tech. 63: 289-296

Fiens LO.gottynBU.Dussert.l et vanacker J.M(1993).Effet of viable yeast culture on digestibility and rumen fermentation in sheep fed different types of diets reproduction, nutrition developpement 33.43.49.

Fimes I.O,B.G Cottym.L.Dussent J,M Vanacker 1993 effet of a viable yeast culture on digestibility and ruman fermentation in sheep fed different types of diets . repro nutr .dev.33.43-49.

Fuller.R 1989 probiotic in man ans animal areview J .app.bactteriol 66:365-378.

FONTY. G et FARONO .E.1999 : écologie de la dégradation et de la fermentation des polyholosudes constitifs des parois vegetales dans le ruman .cohier agricultures volumes 8 numero 1.21-35 pp.

FuKata T.,Sasai, K.,Amiyamoto, T.andBaba,E.(1999).Inhibitory effects of competitive exclusion and Fructo-oligosaccharide, singly and in combination, on Salmonella colonization of chicks. Journal of Food protection 62:229-233.

Fuller 1977: the importance of lactobacilli in maintaining normal microbial in the corp . br Pontt Sci :18.58-94.

Gadoud R,(1992) : Alimentation des vaches laitières In nutrition et Alimentation Des Animaux Domestiques.Tome2.Les Editions Fouchers, Paris (France);222 P

Gadoud r 1992 nutrition et alimentation des animaux d'élevage .volume1vles editions foucher,paris 120 pp.

Gadoudr,Joseph.M.M(1992) Alimentation Des Vaches laitères In : NutritionEtDlimentation des Animaux d'élvage.Paris.foucher.9.47

Galvao et K.N,J.E.P.Santos,A.Coscioni ,M..Villasenor,W.M.Sischo et A.C.B.Berge. 2005. effect of feeding live yeast products to calves with faillure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal Escherichia coli .Reprod .Nutr.Dev.45:427-440

Grement1989: Acomparaison Of The Digestion And Reduction In Particule Size Of lucence Hay (Medi-cago sativa) And Intalian e hay(loliumPrereme) In The Ovine Digestive Tract.Br.j.Nutr.62.493.507.

Gibson g.r, rastall,a,r(2004).Dietary modulation of the human colonic microbiota : updating the concept of prebiotics. NuttitionResarche Reviews;17:259-275

Gibsong.R,Probert, M,H., Loo, V,J.,Rastall, and Roberfroid,B,M., (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota : updating the concept of prebiotics

Girard d. And k. A. Dawson (1994). Effects of a yeast culture on the growth characteristics of representative ruminal bacteria. J. Anim. Sci. 72: 300 (Abstr.).

Gill et al 1966 Study Of Chewing DringE eating In The Cow.Br.j.Nutr.20.13.23

Giger.reverdin,2002: GigerReverdinS.C.DUVAUX.Ponter;.D.Sauvant;O.Martin.I.Nunes.

Gómez-alarcón r. A., c. Dudas, j. T. Huber (1988). Influence of Cultures of *Aspergillus oryzae* on Rumen and Total Tract Digestibility of Dietary Components. J. Dairy Sci. 73: 703-710.

Gomez-bassauri J.M.B. de Ordanza et J.Siciliano-Jones. 2001. Intake and milk production of dairy cows fed lactic acid bacteria and mannanoligosaccharide. *J. Dairy Sci* 84 (suppl.1)283 (abstraxt).

Gournier-chateau N.J,P Larpent M.I Castelanos 1994 : les probiotiques en alimentation animale et humain 1-2 p.

Gounier-Chateau,N.,Larpent,Castellanos, M.I et Larpent,,J.L(1994).Les probiotiques en alimentation animale et humaine, Edition : Techenique et documentation Lavoisier,(1994),192p.

Gordon1970 : The Effet Of Time Of Feeding Upon Rumination.*j.Agric.SCI*.51.81.83.

Ghorbani g.r., morgavi d.p., beauchemin k.a., leedle j.a., 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 80, 1977-1985

Harrison and Rose 1970: introduction in yeast technology in the yeast 3.eds A Rose and J.S Harrison . academic press. London and new York . pp 5-73

Harrison b. (jr) and r. Lobo (1988): Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77 (Suppl. 1): 276 (Abstr.).

Holzapfel W,H.P.Haberer ,J.Snol ,Shillinger et j.h.j Huis in't Veld 1998: overview.of gut flora and probiotics,in-*J food microbial* .10.58-101.

Hungate1966 :The Rumen And its Microbes Academic Press.New York Lnd London

Hvenar r,b.t brink ,j.h.huis ,in.t.veld 1992 :selection of strains for probiotic use .in :probiotics the scientific basis ed. Fuller R,Chapmon et Hill 209-224 p

Jolly L,vincentsjf,Duboc P, nesserjr(2002).Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology* 82:367-374

Jouany j. P., b. Lassalas, g. Bertin (1994).In vitro study of the dose effect of *Saccharomyces cerevisiae* on rumen digestion of a mixed diet. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 3.

Jouanyj.pdardillatc.kayouli .c.1995: microbial cell wall digestion in camelids-option mediterranéenes. serie a2-1989.

Jouany j. P., d. I. Demeyer, j. Grain (1988).Effect of defaunating the rumen. Anim. Feed Sci.Technol. 21: 229-265.

Jouany j. P., f. Mathieu, j. Senaud, j. Bohatier, g. Bertin, m. Mercier (1999). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillusoryzae* on the population of rumen microbes and theirpolysaccharidase activities. S. Afr. J. Anim. Sci. 29: 63-64

Jouany j. P,g. Fonty, b. Lassalas, j. Dore, ph. Gouet, g. Bertin (1991).Effect of live yeast cultures on feed degradation in the rumen as assessed by in vitro measurements. In: Abstracts of the 21st Biennial Conference on Rumen Function, 12-14 Nov., Chicago, U.S.A.

Joueny j.p.1981: mecrobiologie du rumen, section 3 bull.techn.CR.ZV.THERX I.N.R.A.(45).51-55.

KAMALAMMA, U. KRISHNAMOORTHY, P. KRISHNAPPA (1996). Effect of feeding yeast culture (Yea-Sacc 1026) on rumen fermentation *in vitro* and production performance in crossbred dairy cows. Anim. Feed Sci. Tech. 57: 247-256.

Kolb 1975 physiologie des animaux domestique vigots frère éditeur .paris pp 961.

Kolb 1975 Physiologie De La Digestion Et De L'absorption In Physiologie Des Animaux Domestiques. Edition Vigot Frères, Paris France.PP.251.284.

Kozasam 1978 :probiotic toyocerin for need additive use.feed and feed industry microbiology .alimentation –vie- nutrition ,4,121-135.

Kreger-van Rij 1969: taxonomy and systimatics of yeast in :the yeast 1-brology of yeast eds.A . and J.S harrisson . . academic press. London and new York . pp 5-73

KUMAR U., V. K. SAREEN, S. SINGH (1994). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplement on ruminal metabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. Anim. Prod. 59: 209-215.

KUNG L. and A. O. HESSION (1995). Preventing *in vitro* lactate accumulation in ruminal fermentations by inoculation of *Megasphaera elsdenii*. J. Anim. Sci. 73: 250-256.

Kung L et Kreck E M ,Tung R.S,Hession A.O SheperdA.C.Cohen M.A Swain H E et Leedle JAZ (1997).Effet of live yeast culture and enzymes on in vitro ruminal fermentation and milk production of dairy cows journal of Dairy science 80.2045.2051.

Lecoindre P., (2000) : Prolifération bactérienne chronique intestinale, Prat MédChirAnimComp, 23,511,514.

Leng r. A. (1989). Dynamics of protozoa in the rumen. *In* : J.V. Nolan, R.A. Leng e D.I. Demeyer (Editores), The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion. Penambul Books, Armidale. pp. 51-58.

Rehberger t.g., mertz k.j., spicer l.j., 2008: Effects of feeding yeast and propionibacteria to dairy cows on milk yield and components, and reproduction. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 92, 190-202

Lehloenya k.v., stein d.r., allen d.t., selk g.e., jones d.a., aleman m.m., lettat a., 2011. Efficacité et mode d'action des bactéries propioniques et/ou lactiques pour prévenir l'acidose latente chez le ruminant. Thèse, Ecole Doctorale SVSAE, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 209p

Marteau p.Seksik P, Lepage P, Dore J.(2004). Cellular and physiological effets of probiotics and prebiotic .Mini Rev Med Chem4 :889-896.

MARTIN S. A. and D. J. NISBET (1992). Effect of direct-fed microbials on ruminal microbial fermentation. J. Dairy. Sci. 75: 1736-1744.

MARTIN S. A. and D. J. NISBET (1992). Effect of direct-fed microbials on ruminal microbial fermentation. J. Dairy. Sci. 75: 1736-1744

MARDEN j.ph. 2007 :une thèse : CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU MODE D'ACTION DE LA LEVURE *Saccharomyces cerevisiae* Sc 47 CHEZ LE RUMINANT :APPROCHE THERMODYNAMIQUE CHEZ LA VACHE LAITIÈRE.

Martin C., Brossard L., Doreau M., 2006. Mécanismes d'apparition de l'acidose ruminale latente et conséquences physiopathologiques et zootechniques. INRA Prod. Anim., 19, 93-

Massengo1976Recherches Sur le Métabolisme Tn thiamine Chez Les Moutons Reuvent un Rrégime d'ensilage de maïs .thèse NNPT.ENSAT.

MICHALET-DOREAU B., I. FERNANDEZ, C. PEYRON, L. MILLET, G. FONTY (2001). Fibrolytic activities and cellulolytic bacterial community structure in the solid and liquid phases of rumen contents.

Reprod. Nutr. Dev. 4: 187-194.

MICHALET-DOREAU B., D. MORAND, C. MARTIN (1997). Effect of the microbial additive LEVUCCELL[®] SC on microbial activity in the rumen microflora during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diet. Proceedings of a Symposium jointly organised by the Rowett Research Institute and INRA, Centre de Clermont-Theix 'Evolution of the rumen microbial ecosystem', Aberdeen, March 20-21 (RNDEE5, Suppl. 1-88, p 81). 108

MIR Z. and P. S. MIR (1994). Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high forage or high grain and on feed digestibility and *in situ* degradability. J. Anim. Sci. 72: 537-545.

MOLONEY A. P. (1990) The influence of the basal diet on the effects of yeast culture on ruminal fermentation and digestibility in steers. Anim. Feed Sci. Tech. 50: 55-73.

MONCOULON R. and E. AUCLAIR (2001). Utilisation du BIOSAF[®] Sc 47 pour la production de viande de taurillon. Rapport de Recherche. pp 17

MUTSVANGWA T., I. E. EDWARDS, J. H. TOPPS, G. F. M. PATERSON (1992). The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. Anim. Prod. 55: 35-40.

MUTSVANGWA T., I. E. EDWARDS, J. H. TOPPS, G. F. M. PATERSON (1992). The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. Anim. Prod. 55: 35-40.

Nagara t.g,t.b avery ,s.j.galezter,d.l.harmon 1985 :effect of ionophores antibiotics on experimentally induced lactic acidosis in catele am ,j .vet res 46.2444-2452

New bold C.J and R.J Wallace 1988:effect of ionophores monensin and tetronasin ,app.environ,mecrobio.54.2981-2985

New bold(1998).Changes in the microbial population of A rumen stmting fermenter in response to yeast culture. Canadien Journal of animal science 78:241.244.53

Newbold c. J., p. E. V. Williams, n. Mc kain, a. Walker, r. J. Wallace (1989). The effects of yeast culture on yeast numbers and fermentation in the rumen of sheep. Vol 49 p 47A

Newbold c. J., r. J. Wallace, f. M. Mcintosh (1992). The stimulation of rumen bacteria by *Saccharomyces cerevisiae* is dependent on the respiratory activity of the yeast. J. Anim. Sci. 71 (Suppl. 1): 280 (Abstr.).

Newbold c. J., r. J. Wallace, x. B. Chen, f. M. Mcintosh (1995). Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers *in vitro* and in sheep. J. Anim. Sci. 73: 1811-1818

Nisbet d. J. And s. A. Martin (1990). Effect of dicarboxylic acids and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on lactate uptake by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. Appl. Environ. Microbiol. 56: 3515-3518

Nisbet d. J. And s. A. Martin (1991). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. J. Anim. Sci. 69: 4628-4633.

Nisbet d. J. And s. A. Martin (1993). Effects of fumarate, L-malate, and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on D-lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. Curr. Microbiol. 26: 133-136

Nisbet d. J. And s. A. Martin (1994). Factors affecting L-lactate utilization by the *Selenomonas ruminantium*. J. Anim. Sci. 72: 1355-1361.

.Nocek J.E., W.P Kautz., 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health, and performance of pre- and postpartum dairy cattle. J. Dairy Sci., 89, 260-266

Nocek J.E,W.P.Kautz,J.A.Z. Leesle et J.G.Allman . 2003 ruminal supplementation of direct-fed microbial on diurnal PH variation and in situ digestion in dairy cattle.J.D airy Sci.85:429-433.

OetzelG.R,K.M.emery,W.P.Kautz et J.E.Nocek 2007. Direct –fed microbial supplementation and health and performance of pre-and postpartum dairy cattle: A field trail.J.DairySci

90:2058-2068 SAUVANT D., F. MESCHY, D. MERTENS (1999). Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. INRA Prod. Anim. 12: 49-60.

Offer n. W. (1990). Maximising fiber digestion in the rumen: the role of yeast culture. In Biotechnology in the Feed Industry ed T.P. Lyons. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Kentucky. pp. 79

Ouwehand A, C. Neimip et Salminen S.J 1999 : the normal microflora does not affect the adhesion of probiotics bacteria in vitro *in vitro* microbial let . 177:35-38.

Parker 1974: probiotic, the other half of antibiotic strong, *animal. nutr, health* 29;4-8

Piva G., ROSI, F., (1999). Possible alternatives to the use of antibiotics as growth promoters. *New additives. Ciheam.*, P.82-106

Piva g., s. Belladonna, g. Fusconi, f. Sicbaldi (1993). Effects of yeast on dairy cow performance, ruminal fermentation, blood components, and milk manufacturing properties. *J. Dairy Sci.* 76: 2717-2722.

Plata p. F., g. D. Mendoza, r. G. Barcena, s. M. Gonzalez (1994): Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fibre digestion in steers fed oat straw diets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 49: 203-210.

Pond et al 1987: Digestive Physiology And Metabolism In Ruminants .MTP.Press.lancaster

Prins et al 1975: Prins R.A; A. Lauchorst; P. VAN DER MEER. C.J VAN NEVEL 1975: Some Characteristics Of Anaerobic Polytrophic Bacteria in the Rumen of Lipolytic Organisms .ANT

Rayand p 1959 Recherche Sur le Métabolisme De l'Azote dans Les Réservoirs Gastriques Des Ruminants. thèse De Doctorat. d'état INPT.

Raeth-Knight M.L., Linn J.G., Jung H.G., 2007 . Effect of direct-fed microbials on performance, diet digestibility, and rumen characteristics of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 1802-1809.

Raeth-knight M-L, J.G Linn et H.G. Jung 2007 . Effect of direct-fed microbial on performance, diet digestibility, and rumen of Holstein dairy cows. *J. dairy Sci* 90:1802-1809.

Revue Gordon 1989 Ruminant And Its Significance. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* 9.251.273.

Redon P et Tournut J 1973: l'entérite transmissible de jeune Perdeau *Rev . Med vet* 124-742-756.

Ruckbusck.y. Et Huntington.J.A 1979 digestive physiologique metabolism ruminants in proceeding symposium on ruminant physiology hold at Clermont-ferrand on 3rd -7th September.

ROBINSON P. H. And J. E. GARRETT (1999). Effect of Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on Adaptation of Cows to Postpartum Diets and on Lactational Performance. J. Anim. Sci. 77: 988–999.

Rochat T. Et Langella P (2009).,Probiotiques, les bactéries lactiques : Physiologie, génomique et application industrielles.editioneconomica.

Rose P.H, 1987: yeast cultur a mecroorganisme for all species :a theoretical look at its mode of action in biotechnology in the feed industry publication J.Dairy Sc 68-646.

RUSSELL and STROBEL 1989: effect of ionophore of ruminal fermentation. App. Environ .microbiol.55-1-6.

RUSSELL J. B. And T. HINO (1985). Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. J. Dairy Sci. 68: 1712-1721.

Rivière R1979 Manuel d'Alimentation Res ruminants Domestiques en Milieu Tropical.2^{ème} Edidion.527.P

Ruchebush1973 The Sequential Contraction of the Rumen Associated with Eructation In Sheep.j.Physicol (London).235.447.458.

Ruchebush 1988 Analyse ofingestive Behavior And Activity Of Cattle Under Field Condition.Appl.Anim.Ethol.4.301.313.

Ruckebush 1988 Recherche Sur Le Comportement Alimentaire Chez Les Ruminant Revue Med Vet 114.833.857.

Soder k. J.And I. A. Holden (1999). Dry matter intake and milk yield and composition of cows fed yeast prepartum and postpartum. J. Dairy Sci. 82: 605–610.

Stevens c.e. Sellers andf.aSurrell 1960 :function of the bovine omasum in ingesta transfer Am.j.physio. 198.449-455.

Stewart c-s.g.fonty .ph.gouet 1988: the establishment of rumen microbial communities' animal feed science and technologies (21) 69-97 Elsevier science publishers.

Swartz d. L., I. D. Muller, g. W. Rogers, g. A. Varga (1994). Effect of yeast cultures on Performance of lactating dairy cows: a field study. J. Dairy Sci. 77: 3073-3080

Thivend 1985: Energy Conservation in Chemotrophie Anaerobic acteria.Bact.Rev.41.100.180

Thivend p, fonty.g, jouanry p , durand m,gouet p 1985 : le fermenteur ruman .respect nutr. develop 25 (4b) 729-753 pp

Tournut j, anadon a 1986 : the biglet from birth to weaning current events-int .pig.vet.soc. congress,barcelona 117-126.

Tournut j., anadon a. & raynaud j . P . (1988). - Prevention of enteritis in calves with probiotics bioregulators. Rationale and targets. Results. World Ass. Buiatrics Congress, Palma de Mallorca, 390-398

Tournet J.Bezille P.Redon .P.Vaest R. et Turpin 1976 : biological competition and prevention of colibacillosis in new born- pigs vet- Soc .congress.ames.P.J.7.

Thomas el al 1997: Response of milking cows fed a high concentrated ,low roughage diet plus sodium bicarbonate.magnesium oxide or magnesium hydroxide J.DairySci 67.2532.2545

Van horn h. H., b. Harris, m. J. Taylor, k. C. Bachman, c. J. Wilcox (1984). Byproduct feeds for lactating dairy cows: effects of cottonseed hulls, sunflower hulls, corrugated paper, peanut hulls, sugarcane bagasse and whole cottonseed with additives of fat, sodium bicarbonate and *Aspergillus oryzae* product on milk production. J. Dairy Sci. 67: 2922-2938.

Van koevering, m.t., owens f.n., sechrist d.s., anderson r.h., herman r.e., 1994. Cobactin II for feedlot steers. J. Anim. Sci., 72, Suppl. 1, 83

Vitini,E.,Alvarez,S.,Medici,M.,debudeguer,M,V.andpredigong.,Gut.mucosalimmunostimulation by lactic acid bacteria, Biocell, V.24,(2000),223-232

Waldrip h. M. And s. A. Martin (1993).Effect of an *Aspergillusoryzae* fermentation extract and other factors on lactate utilization by the ruminal bacterium *Megasphaeraelsdenii*. J. Anim. Sci. 72: 2770-2776

Wallace,R.J, et Newbold,C.J (1993) : rumen fermentation and manipulation : the development of yeast culture as feed additives. In :biotechnologie, in the feed industry,lyons .T.P.(ed).alltech technical publication ,Kentucky;173-192.

Wallace 1994.ruminal microbiology. Biotechnologie ,and ruminant nutrition ;progress and problems. journal of animal science,72,2992-3003

Wallace r. J.And c. J. Newold (1992). Rumen fermentation and its application: the development of yeast cultures as feed additives. In: Alltech Technical Publications. Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, Kentucky, U.S.A. Edited by LYONS T. P. p 173-192

Weaver L.D.(1987).Effects Of Nutrition On Rerproduction In Dairy Cows.VetClin Of North Amer ; Food Anim Prac,3;513-521.

Weidmeier r. D. M. J. Arambel, j. L. Walters (1987). Effect the yeast culture and Aspergillusoryzae fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 70: 2063-2068.

Weiss W.P., Wyatt D.J., mckelveyT.R., 2008. Effect of feeding propionibacteria on milk production by early lactation dairy cows.J. Dairy Sci., 91, 646-652

Williams p. E. V. And c. J. Newbold (1990). Rumen Probiosis: The effects of novel microorganisms on rumen fermentation and ruminant productivity. In: Recent Advances in Animal Nutrition, p. 211-227, [DJA Cole and W Haresign]. Butterworths, London, UK.

Williams p. E. V., c. A. G. Tait, g. M. Innes, c. J. Newbold (1991). Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. J. Anim. Sci. 69: 3016-3026

Wohlt j. E., a. D. Finkelstein, c. H. Chung (1991). Yeast culture to improve intake, nutrientdigestibility and performance by dairy cattle during early lactation. J. Dairy Sci. 74: 1395–1407.

Zelenak i., d. Jalc, v. Kmet, p. Siroka (1994). Influence of diet and yeast supplement on *in vitro* ruminal characteristics. Anim. Feed Sci. Technol. 49: 211-221.

