

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE

PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE

SOUS LE THEME

*LA RUMINOTOMIE CHEZ LES
BOVINS*

PRESENTE PAR:
SANEBA Khaled

ENCADRÉ PAR :
Dr: HAMOUDI Si Mohamed



Remerciements

Tout d'abord, louange à « **Allah** » qui nous a guidé sur le droit chemin tout au long du travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances et remerciements à Mr **Hamoudi Si Mohammed**, qui a fait preuve d'une grande patience et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique nous ont permis de mener ce projet. Son encadrement était des plus exemplaires. Qu'il trouve ici le témoignage d'une profonde gratitude.

Nous remercions tout particulièrement:

- Mes parents
- Mes frères et mes sœurs
- Mes amis

Nous tenons aussi à exprimer nos reconnaissances à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



Dédicace

Grâce à dieu, j'ai pu terminer ce modeste travail que je dédie avec mes sentiments les plus profonds :

A mes très *chers parents* qui je provienne au bout cette formation.

A mes très *chers frères* : *Mohamed, boubakeur, Djamel, El hadj, Abdelkader*

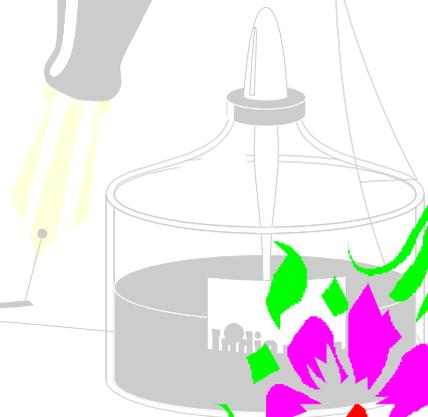
A ma très *chers sœur* : *Khadija, Keltoum, asmaa, amina.*

A tous ma famille.

A tous mes copains et amis: mabrouk ,haffar ,baali , haddadji ,bachir,omari,bouaziz,houdaifa,kiko,ilyas,salmi,tabti,sadik, boubakeur,zosi,

A mes amis les inséparables de ma promotion 2011-2012 : ainsi qu'à tous mes professeurs.

A tous les étudiants et le personnel de l'université de Tairt et en particulier les étudiants de veterinaire.



Liste des figures
Liste des tableaux

Sommaire :

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I :

1/ Anatomie du tube digestif	02
1-1/ Estomac:.....	02
1-1-1/ Panse ou rumen:.....	02
1-1-2/ Réseau ou réticulum :	02
1-1-3/ Feuillet ou omasum :.....	03
1-1-4/ Caillette ou abomasum :	03
1-2/ Intestins :	03
1-2-1/ Intestin grêle :	03
1-2-2/ Gros intestin :	03

Chapitre II :

RAPPEL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION CHEZ LE BOVIN	05
2/ La physiologie du tube digestif	07
2-1/ Paramètres physico-chimiques :	07
2-1-1/ pH:.....	07
2-1-2/ Température:	07
2-1-3/ Potentiel d'oxydoréduction :	07
2-1-4/ Pression osmotique :	07
2-1-5/ Phase gazeuse :	08
2-1-6/ Phase hydrique :	09
2-1-6-1/ Acides volatiles :	09
2-1-6-2/ Acides organiques	09
2-2/ Rumination ou Mastication mérycique :	09
2-3/ Digestion:	10
2-3- 1/ La microflore du tube digestif :	10
2-3-1-1/ Les bactéries :	10
2-3-1-2/ Les protozoaires :	11
2-3-1-3/ Les champignons :	12
2-3-1-4Les virus:	12
1/ La méthanogènes dans le rumen	15
1-1/ Origines de la méthanogènes :	15
1-1-1/ Définition:.....	15
1-1-2/ Différentes origines de la méthanogènes :	15
2/ La production du méthane dans le rumen des ovins	16
2- 1/ Les fermentations microbiennes du tube digestif :	16
2-2-1/ Les méthanogènes :	16
2-2-2/ Les fermentations dans le rumen:	17
3/ Facteurs influençant la méthanogènes dans le rumen	19
3-1/ Influence de la ration:	19
3-2/ Influence de l'animal :.....	19
4/ La contribution de la méthanogènes ruminale à l'effet de serre :	21
4-1/ Interaction aliment - méthanogènes :	21
4-1- 1/ Influence de l'apport protéique :	21
4-1- 2/ Influence de la teneur en fibres:.....	22
4-1-3/ Influence de l'apport du concentré :	22
4-1-4/ Influence du traitement :	22

4-2/ Estimation des émissions de méthane par les ovins :	23
4-2-1/ Emission journalière et annuelle :	24
4-2-1-1/ Emission de méthane par les ovins :	24
1/ Comment réduire la méthanogènes chez les ruminants	25
1-1/ Inhibiteur compétitif :	25
1-2/ Inhibiteur non compétitif :	26
2/ Utilisation des additifs :.....	26
2-1/ Utilisation des antibiotiques :	26
2-1-1/ Antibiotiques ionophores :	26
2-1-2/ Antibiotiques classiques :	26
2-2/ Additifs nutritionnels :.....	26
2-2-1/ Acides gras insaturés :	26
2-2-2/ Analogues halogénés de méthane:	28
2-2-2-1/ Effet de BES :	28
2-2-2-2/ Amicloral :.....	28
2-3/ Hydrate de chloral et chloroforme :	28
2-4/ Sulfite de sodium:	29
2-5/ Pesticides:	29
2-6/ Divers:.....	30
3/ Interventions biotechnologiques	30
3-1/ Défaunation du rumen:	30
3-2/ L'acétogénèse réductrice :	30
3-3/ Traitement technologiques des fourrages :	31
Conclusion	32

Chapitre III:

1. Indications	33
2. Contre-indications	34
3. Résultats.....	34

Partie expérimentale

Chapitre IV :

I/Traitement chirurgical : la ruminotomie (ou gastrotomie)	37
1. Principe.....	37
2. Modalités préopératoires	37
3. Technique opératoire	38
II/ INTERVENTION CHIRURGICALE.	39
1. PREPARATION DE L'INTERVENTION.....	39
a) Préparation de l'animal.....	39
b) Préparation du matériel et de praticien.	40
2) TECHNIQUE OPERATOERE.....	40
3) SUITES ET SOINS POST-OPERATOIRES	42
Conclusion générale	

Liste des figures

Figure N° 01 : Preparation de l'animal.....	39
Figure N° 02 : Preparation du materiel et de praticien	40
Figure N° 03 : TECHNIQUE OPERATOERE	41
Figure N° 04 : SUITES ET SOINS POST-OPERATOIRES.....	42

Liste des tableaux

Tableau01: Caractéristiques de quelques bactéries du rumen	13
Tableau 02: Principales espèces de champignons anaérobies isolés du tube digestif des ruminants.....	14
Tableau 4 : Influence de différents régimes sur le profil fermentaire (mol/kg MOF) obtenus à partir du contenu de rumen des moutons	23
Tableau 5 : Production de méthane des principaux types des ruminants domestiques	24
Tableau 6 : Estimations de la production journalière et annuelle de méthane des ovins en Algérie.	25

Introduction.

Le tube digestif de tous les herbivores possède une portion particulière à cavité très vaste, dans laquelle les aliments volumineux et riches en fibres brutes restent un certain temps au cours de leur transit digestif pour y subir l'action de la microflore locale, chez les ruminants.

Ce séjour a lieu dans l'estomac, très différencié en plusieurs cavités, comprenant quatre parties nettement distinctes extérieurement : la panse, le réseau, le feuillet, et la caillette.

Les trois premières constituent le pré-estomac et sont placées avant l'estomac proprement dit, toutes les parties de l'estomac des ruminants dérivent d'une ébauche simple et il faut les considérer comme résultat d'une différenciation spécifique et d'une adaptation à la nature particulière de l'alimentation.

1/ Anatomie du tube digestif

Le tube digestif des ovins est similaire à celui des autres ruminants, il est constitué de trois parties inégales : l'estomac, l'intestin grêle, le gros intestin.

1-1/ Estomac:

C'est la portion digestive comprise entre l'oesophage et l'intestin. Elle occupe les 3/4 de la cavité abdominale. Elle est constituée de quatre compartiments: le rumen (panse), le réseau (réticulum), le feuillet (omasum), la caillette (abomasum) qu'est considérée comme l'estomac vrai (28) (figure1). Le volume et le poids de l'estomac varient avec le niveau d'ingestion, la composition de la ration et le comportement alimentaire (10).

1-1-1/ Panse ou rumen:

Il occupe la partie gauche de l'abdomen. C'est un sac volumineux représentant 85 à 90% du volume de l'estomac (27,46) et de 70 à 75% du volume totale de l'appareil digestive (46).

La paroi du rumen est formée d'une tunique musculaire qui constitue l'essentiel de sa masse. Ce sont les contractions de ces muscles qui assurent le brassage continu des aliments. Le rumen est tapissé d'une muqueuse assurant l'absorption des nutriments solubles (27). Les différentes poches du rumen communiquent par un bourrelet de deux saillies qui est la goutte oesophagienne (28).

1-1-2/ Réseau ou réticulum :

Il est déposé en avant de la panse, contre le diaphragme. Sa paroi intérieure est tapissée d'alvéoles ressemblant à des rayons d'abeilles recouvertes de papilles cornées. Ces alvéoles augmentent la surface de contact avec les aliments. Ils jouent un rôle majeur dans la circulation et le tri, ne laissant passer vers le feuillet que les particules alimentaires suffisamment fragmentées, les autres particules étant retenues dans la panse où elles subiront la rumination et la dégradation microbienne (19). C'est la raison pour laquelle le rumen et le feuillet sont considérés comme un seul organe appelé réticulo-rumen (46).

1-1-3/ Feuillet ou omasum :

C'est un réservoir grossièrement sphérique, plus volumineux que le réseau (46). Sa paroi intérieure est tapissée de très nombreuses lamelles muqueuses. Semblables aux feuilles d'un livre, d'où son nom. Ces lamelles, déposées parallèlement au passage des aliments assurent la filtration des particules alimentaires et l'absorption de l'eau et des minéraux du contenu digestif, avant leur arrivée dans la caillette (27,46).

1-1-4/ Caillette ou abomasum :

Elle est de forme allongée, repliée en crêtes spiralées. L'épithélium luminal est constitué de cellules sécrétrices qui produisent du mucus, de l'acide chlorhydrique et de la pepsine (pH:2- 3) (46). Elle se termine par le pylore qui la relie au duodénum.

1-2/ Intestins :**1-2-1/ Intestin grêle :**

Il est divisé en duodénum, jéjunum et iléon. Sa muqueuse est riche en villosités qui constituent une surface d'absorption et de sécrétion (9,12). Son développement dépend de l'alimentation et de l'espèce (46).

1-2-2/ Gros intestin :

Il est formé d'un réservoir allongé: Le caecum (0,75m), le colon (9m) qui s'enroule en spirale et d'une poche ovoïde allongée se terminant par l'anus qu'est le rectum.

Introduction:

Les CE et les accidents qu'ils provoquent dans l'espece bovine sont des problemes aussi vieux que Pelevage. Dans l'antiquite, la gastrotomie etait déjà pratiquée, mais c'est Huzard qui, en 1808, le premier la pratiqua pour extraire un corps metallique du reseau d'une vache

La rumenotomie fut pendant longtemps le seul traitement des RPT par CE. Elle a connu un tres gros succes avant l'avenement des antibiotiques. Actuellement, elle est encore frequemment utilisée, bien qu'il soit possible d'employer d'autres methodes therapeutiques.

Après de nombreux essais et de nombreuses techniques decrites, elle a été vraiment codifiée en 1938 par le vétérinaire Luxembourgeois Noesen Sa premiere intention fut d'intervenir en décubitus latéral afin de pouvoir explorer a vue le réseau et les lésions péritonéales. Mais, devant les difficultés opératoires, il abandonna cette méthode trop compliquée pour mettre au point la technique actuelle, qui consiste en une laparotomie dans le creux du flanc gauche sur animal debout.

Toutes les méthodes utilisées aujourd'hui ne sont que des améliorations plus ou moins heureuses de cette technique.

RAPPEL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION CHEZ LE BOVIN

L'appareil digestif du rumen se caractérise par développement de trois compartiments avant la caillette, qui est le véritable estomac. Ce sont successivement le rumen (ou panse), le réseau (ou bonnet) et le feuillet.

Le rumen .le loin le plus volumineux peut atteindre 250 litres chez les bovins et contient 70 à 75 % du contenu total du tube digestif. Il s'ouvre vers l'avant sur le réseau. La surface du rumen, comme d'ailleurs celle du réseau et du feuillet, ne secrète aucune enzyme. Elle est formée par un épithélium tapissé de papilles qui jouent un rôle fondamental dans l'absorption.

Le réseau doit son nom à sa muqueuse réticulée parsemée de papilles absorbantes. Il communique avec le feuillet par un sphincter que les particules ne peuvent franchir si leur taille moyenne est supérieure à 1 mm. Celle-ci est atteinte selon une durée plus ou moins longue (de quelques heures à plusieurs jours) sous l'action combinée des enzymes de population microbienne et du broyage lors de la rumination. C'est à ce niveau que les corps étrangers ingérés accidentellement par s'arrêtent, s'enfonçant parfois dans le tissu du réseau. S'ils gagnent le cœur, ils peuvent provoquer la mort de l'animal par péricardite. Par ses contractions, le réseau joue un rôle dans la remontée des aliments devant être rumines.

Le feuillet est un organe sphérique (bovin) ou ovoïde (mouton) qui est occupé par de nombreuses lames recouvertes d'un épithélium à papilles. Son rôle essentiel est l'absorption d'une partie de l'eau et des minéraux du contenu digestif avant leur arrivée dans la caillette. Cependant, cet organe ne semble pas absolument indispensable à la digestion chez les ruminants car son ablation n'a aucune répercussion défavorable sur le développement des animaux en croissance.

La caillette est un sac en forme de poire dont la muqueuse est riche en glandes gastriques qui secrètent le suc gastrique et chez les veaux, la présure qui a pour rôle de coaguler le lait.

Les aliments, tels qu'ils sont ingérés par l'animal, ne sont pas dans un état tel qu'ils puissent être directement utilisés par l'organisme. Ce sont des substances de composition complexe qui vont être transformées par la digestion en substances de composition plus simple appelées nutriments qui pourront être assimilés par l'organisme.

On distingue trois phases :

- La digestion mécanique des aliments
- La digestion gastrique
- La digestion intestinale

2/ La physiologie du tube digestif

2-1/ Paramètres physico-chimiques :

2-1-1/ pH:

Il joue un rôle important dans la régulation de l'activité microbienne. Il est pratiquement stable (6-7) (27, 35,46). Mais une fermentation rapide peut baisser le pH à moins de 5, ce qui est favorable à la croissance des micro-organismes qui produisent essentiellement le préopinate et le lactate (46). La salivation abondante et continue assure au contenu du rumen un pouvoir tampon, par l'apport d'une grande quantité d'ions bicarbonate et phosphate (30).

2-1-2/ Température:

Elle est généralement supérieure à celle du corps: 39°- 40,5°C (14). Cependant, elle peut atteindre 41°C lors de la grande fermentation(33).

2-1-3/ Potentiel d'oxydoréduction :

Le rumen constitue un écosystème fortement anaérobie, son potentiel d'oxydoréduction moyen est de -350mv (24,27,35). La zone proche de l'épithélium est très vascularisée. Il s'y fixe une population microbienne facultativement aérobie qui contribue à l'élimination des traces d'oxygène ce qui permet de maintenir l'écosystème en anaérobiose (12).

2-1-4/ Pression osmotique :

Elle est identique à celle du sang dans les conditions normales d'alimentation (30). Après absorption d'eau, la pression osmotique diminue. Mais étant donné la perméabilité de la paroi du rumen, elle atteint l'équilibre au bout de dix heures. La pression osmotique de la salive est plus faible que celle du sang. Son arrivée continue dans le rumen, affecte peu la pression du milieu.

2-1-5/ Phase gazeuse :

Sa composition moyenne est la suivante (29):

CO ₂ -----	60-65%
CH ₄ -----	25-30% 6 9%
N ₂ -----	0,3-0,6%
O ₂ -----	0,1-0,3%
H ₂ -----	0,01%
H ₂ S-----	0,01%

2-1-6/ Phase hydrique :**2-1-6-1/ Acides gras volatiles :**

Ils sont présents à une concentration d'environ 0,1N dans le rumen. Ils sont en équilibre avec leur formation et leur absorption à travers la paroi du rumen et leur passage vers l'intestin avec les digesta.

Les acides gras volatiles (AGV) ont la composition suivante: acide acétique (70%), propénoïque (20%), butyrique (8-9%), acide méthyle- butyrique et l'acide iso butyrique, acide valérique et iso valérique (1-2%) (30) Ils constituent une source importante d'énergie pour l'animal, surtout celle produite lors de la fermentation de la cellulose (46).

2-1-6-2/ Acides organiques

Ils se trouvent en très faible quantité car ils sont rapidement absorbés et métabolisés.

2-2/ Ruminon ou Mastication mérycique :

C'est l'acte par lequel les aliments sont ramenés du rumen dans la cavité buccale pour être soumis à une seconde mastication rendant les particules plus fines et à une deuxième salivation avant de retourner dans la panse pour y être fermentés. En effet, la rumination facilite l'action des fermentations microbiennes et la digestion de tous les composés alimentaires (46).

Par ailleurs, la rumination de la brebis parait avoir des caractéristiques très comparables à celles de la vache ou de la chèvre (9). Elle rumine 7 à 8 heures par jour mais 75% de son activité mérycique s'effectue préférentiellement la nuit avec un cycle de rumination de 51,2 secondes contre 62,4 secondes chez la chèvre (25,19). Quand le broyage est trop fin, le temps total de rumination est diminué au point de devenir insuffisant (3).

Selon WELCH CLARCK et RUTLEDGE, le temps de rumination par gramme de paroi cellulaire consommé est plus diminué chez le mouton (3). Cependant, GEOFFROY rapporte que le mouton passe moins de temps que la chèvre pour chaque période de rumination (3). En parallèle, TANIGUSHI et al trouvent que l'augmentation de 10 à 80% d'herbe dans la ration s'accompagne par une augmentation de 162 à 590 minutes de temps de rumination par jour et une augmentation de 108 à 608 régurgitations des bols alimentaires (3). Le temps de

rumination unitaire est toujours plus long chez le mouton par rapport à la chèvre.

Une fois le broyage mécanique terminé, les aliments se trouvent dans la panse où ils vont subir une deuxième digestion.

2-3/ Digestion:

La digestion met en jeu des phénomènes physiques (broyage, transit, ...) et des phénomènes dus à des sécrétions digestives ou à l'action de la population microbienne développée dans le tube digestif et qui permet à l'animal à la fois d'utiliser la cellulose des végétaux et d'assurer sa nutrition azotée en dégradant les composés azotés simples et de synthétiser les vitamines du groupe B et la vitamine K.

Chez les ruminants, la caractéristique principale est que les aliments soient soumis à des actions microbiennes dans les pré- estomacs avant de subir l'action des enzymes du tube digestif. Ces phénomènes concernent principalement la partie antérieure du tractus digestif (réti culorumum) où les conditions physico- chimiques sont favorables à l'action des micros -organismes.

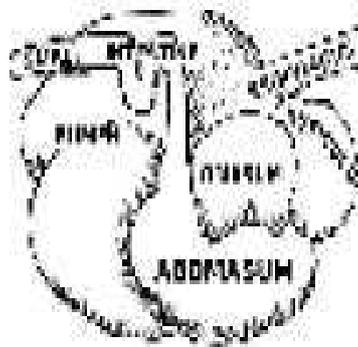


Figure 1: La représentation graphique du tube digestif des ruminants.

2-3- 1/ La microflore du tube digestif :

La micro population du rumen se caractérise par son extrême diversité car l'on y trouve un important nombre de bactéries, de protozoaires, de champignons, et de bactériophages.

2-3-1-1/ Les bactéries :

La flore ruminale se caractérise par son extrême diversité, le nombre d'espèces bactériennes colonisant le rumen étant important, et présentant des activités enzymatiques variées. Le rumen d'un adulte contient environ 10cellules bactériennes /ml, les bactéries seules représentent environ 50% de la biomasse microbienne. Elle est composée essentiellement de

bactéries anaérobies strictes non sporulées.

La colonisation du tractus digestif des ruminants par les bactéries est rapide. Dès le premier jour, les premières bactéries s'installent : *Escherichia coli* et des *Streptocoques*, alors que les bactéries cellulolytiques apparaissent au 4^{ème} jour chez 75% des jeunes des ruminants (22). Celles-ci peuvent être regroupées selon le type de substrat rassemblant attaqué dans le rumen. Les substrats fermentés par les espèces bactériennes ruminale étant multiples, celles-ci peuvent donc être retrouvées dans différentes niches écologiques (dégradation de la cellulose, de l'amidon, de protéines, ...etc.) (Tableau 1).

2-3-1-2/ Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes eucaryotes cellulaire. On distingue 02 types dans le rumen: les flagellés et les ciliés. Les ciliés représentent près de la moitié de la biomasse 4 à 10⁶ cellules microbienne et leur concentration varie de 10⁴ /ml, elle est distribuée entre les particules solides et la phase liquide

Le type de la ration alimentaire conditionne fortement les populations des protozoaires (36). Et sont très sensibles à la non nutrition et peuvent disparaître en 2 à 3 jours de diète.

Les Entodiniomorphes digèrent les parois cellulaires et les chloroplastes, des enzymes cellulolytiques étant retrouvées chez tous les protozoaires de cet ordre .Néanmoins, la présence de cellulases d'origine bactériennes ne permet pas d'apporter la prévue sans ambiguïté d'une origine ciliée plutôt que bactérienne (49) .Les plus gros protozoaires peuvent également dégrader l'hémicellulose. D'autre part, les protozoaires jouent un rôle important dans l'hydrolyse de l'amidon en ingérant les granules d'amidon et les sucres solubles en diminuant de ce fait l'accessibilité de ces substrats aux bactéries amylolytiques.

Les interactions avec d'autres microorganismes sont nombreuses : les protozoaires ingèrent les bactéries endogènes et exogènes comme source de protéines pour leur synthèse cellulaire .La prédation augmente la concentration en ammoniac et de phosphate et aussi la concentration bactérienne et son efficacité car il y a plus de nutriments utilisables.

Les protozoaires ne sont pas indispensables à la digestion mais leur présence améliorent

la digestibilité, uniformisent la fermentation entre les repas.

2-3-1-3/ Les champignons :

Les champignons du rumen n'ont été découverts que tardivement (41). La population fongique est estimée à 10^3 et 10^5 cellules /ml soit environ 10 % de la biomasse microbienne (23). Les zoospores s'attachent sur les particules des plantes déjà abimées. Le rhizoïde pénétrant dans les tissus par protéolyse.

L'activité protéolytique est assurée par des métallospores, ils hydrolysent l'extensine des parois. Ils contiennent beaucoup d'acides aminés, dont le contenu en adénine et en thymine est important, et à ce titre, les protéines des champignons sont très digestibles.

Les champignons produisent une importante quantité de H₂ et sont donc associés, dans les réactions métaboliques, aux bactéries méthanogènes, bactéries consommatrices de dihydrogènes (47). Les bactéries cellulolytiques diminuent l'activité des champignons. L'élimination des champignons diminue la digestibilité et augmente la proportion de préopinane (50).

2-3-1-4 Les virus:

125 types morphologiques de bactériophages ont été observés dans le rumen. Leur rôle parmi la population microbienne n'est pas bien connu. Bien qu'ils lysent *Streptococcus bovis* et *Bifidobacterium thermophilus in vitro*.

Tableau01: Caractéristiques de quelques bactéries du rumen (48

<i>Espèce</i>	<i>Gram</i>	<i>Morpho</i>	<i>%G+C</i>	<i>Produits: majeurs et mineurs</i>	<i>Type</i>
<i>Prevotella ruminata</i>	-	Bâton	49-50	Acétate, succinate (Formate, propionate, isobutyrate, butyrate, isovolérate, lactate)	Hémicellulose, protéines
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	-	Bâton	40-42	Formate, acétate, succinate (lactate)	Amidon
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	-	Bâton	47-49	Acétate, succinate (formate, propionate, isovolérate)	Cellulose
<i>Setenomonas ruminantium</i>	-	Croissant	54	Lactate, propionate, acétate, H ₂ , Co ₂	Protéines sucres
<i>Butyrivibrio Fibrisolvens</i>	-	Bâton courbé	36-41	Formate, butyrate, acétate, H ₂ , Co ₂ (Lactate, succinate)	Répendue cellulolytique
<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	-	Bâton		Propionate, succinate, acétate H ₂ , Co ₂ (lactate)	Lipides
<i>Vibrio (wolinella) succinogenes</i>	-	Vibrion	47	Succinate H ₂ , Co ₂	Baisse H ₂
<i>Succinivibrio dextinosolvens</i>	-	Vibrion		Acétate, succinate (Formate, lactate)	Dextrines
<i>Treponema bryantii</i>	-	Hélice	35-37	Formate, acétate, succinate	Sucres
<i>Veillanella parvula</i>	-	Coque	38-41	Acétate, propionate, H ₂ (Lactate)	Lactate
<i>Sucinomonas amylolytica</i>	-	Coque ou bâton		Succinate (acétate, propionate)	Amidon
<i>Ruminococcus albus</i>	+	Coque	42-46	Acétate, éthanol, Co ₂ (formate, lactate)	Cellulose
<i>Ruminococcus flavifaciens</i>	+	Coque	39-44	Acétate, succinate, H ₂ (formate, lactate)	Cellulose
<i>Streptococcus bovis</i>	+	coque	37-39	Lactate, Co ₂ (formate, acétate, éthanol)	Amidon

<i>Lachnospira multiparus</i>	+	Bâton		Formate, lactate, H2 (succinate, éthanol)	acétate, Pectine
<i>Eubacterium ruminantium</i>	+	Bâton		Formate, lactate, Co2 (succinate, éthanol)	Xylanes, sucres

<i>Lactobacillus ruminis</i>	+	Bâton	44-47	Lactate	Sucres
<i>Methanomicrobium</i>			49	CH4	formate
<i>Methanobacter ruminantium</i>			31	CH4	Formate
<i>Methanobacterium formteium</i>			41	CH4	Formate

Tableau 02: Principales espèces de champignons anaérobies isolés du tube digestif des ruminants (48)

Type de thalle	Nombre des flagelles	Genre Espèce	Origine	Référence
Monocentrique avec rhizoïdes filamenteux	>4	<i>Neocallimastix frantalis</i> <i>Neocallimastix patriciarum</i> <i>Neocallimatix harleyensis</i> <i>Piromyces communis</i> <i>Piromyces mae</i> <i>Piromyces dumbonica</i> <i>Piromyces rhizinflata</i>	Rumen Rumen Rumen Rumen Caecum de cheval Caecum d'elephant Feces d'ane	Orpin (1975) Orpin et Munn(1986) Web et Theodoron(1991) Orpin (1977) Li et al (1990) Li et al (1990) Breton et al (1991)

Phylum Subphylum Classe Ordre Famille Sous famille Genre espèce

Monocentrique avec rhizoid bulbeux	>4	<i>Caecomyces communis</i> <i>Caecomyces equi</i>	Rumen Caecum de cheval	Orpin (1976) Gold et al (1988)
Polycentrique	>4 >4	<i>Orpinomyces joyonii</i> <i>Orpinomyces bovis</i> <i>Anaeromyces micronatus</i> <i>Ruminomyces elegaris</i>	Rumen Rumen Rumen Rumen	Breton et al (1989) Barr et al (1989) Breton et al (1990) Ho et al (1990)

1/ La méthanogenèse dans le rumen**1-1/ Origines de la méthanogenèse :****1-1-1/ Définition:**

La méthanogènes biologique est le résultat des microorganismes strictement anaérobies et très primitifs ; les *archaea* qui se distinguent des bactéries par: - Une génétique très différente

- La présence dans la paroi cellulaire de glycéride étherique au lieu de glycéride sous forme d'esters.

- La présence d'une chaîne d'enzymes et de cofacteur unique, assurant la méthanogènes comme dépôt final d'hydrogène gazeux libéré dans des consortia de réducteur de proton.

La chaîne assure la réduction du CO₂ en stade successif et dépôt pour son activité de coenzyme lié à des oligo-éléments comme : Ni, Fe, Mo et le Tungstène.

1-1-2/ Différentes origines de la méthanogènes :

Les substrats des différentes espèces sont l'acétate, le méthanol, l'hydrogène/CO₂, le formiate, les méthylènes On trouve ces organismes dans deux systèmes avec des taux de renouvellement très différents : le tube digestif et les marais qui ont des temps de rétention de quelques jours et au moins de quelques semaines respectivement. Les systèmes avec rétention longue permettant la transformation complète des substances en CO₂ et en CH₄ avec transformation d'intermédiaires qui s'accumulent dans les fermentations du tube digestif (figure 2). La stœchiométrie générale des fermentations dans les deux systèmes est illustrée dans la figure suivante :

Incomplete



Complète (marais, rizières, épuration anaérobie) $57.5 \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 175.5 \text{ CH}_4 + 175.5 \text{ CO}_2$

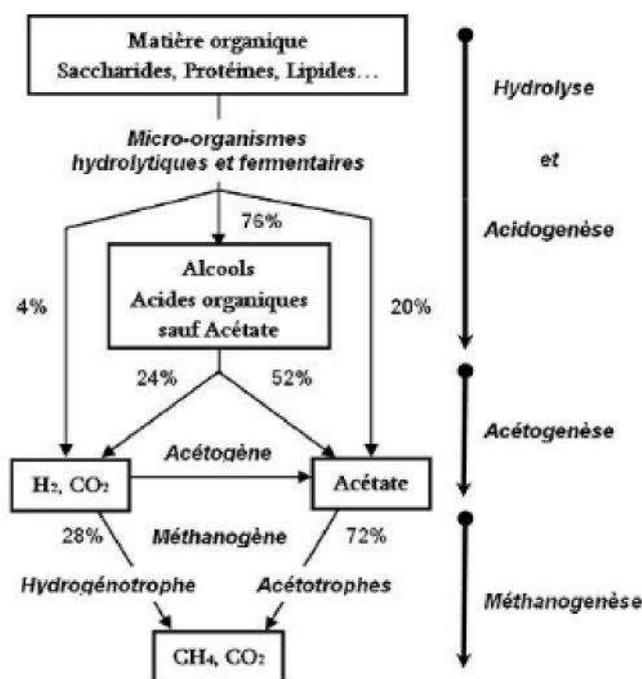


Figure 02 : Schéma de la chaîne trophique de la méthanogènes et ses différentes étapes.

2/ La production du méthane dans le rumen des ovins

2- 1/ Les fermentations microbiennes du tube digestif :

2-2-1/ Les méthanogènes :

Les méthanogènes sont des membres du domaine des Archaea. Il s'agit des bactéries anaérobies strictes, représentant environ 4% des micro-organismes des ruminants (60), et peuvent être

aisément distinguées des autres organismes car ils produisent tous du méthane comme principale produit de fermentation. Quelques espèces de méthanogènes ont été isolées du rumen, mais peu ont été trouvées en grand nombre. Difficiles à isoler en culture pure, ces ydoréduction de l'ordre de bactéries nécessitent un potentiel d'ox 350mv et sont très sensibles à l'oxygène, parmi ces espèces il y a :

Methanobacterium ruminantium qui est la principale bactérie qui produit le méthane à partir du formate et d'hydrogène.

Methanobacterium formicium, Methanobacterium sohnigeii qui utilisent l'acétate, le propionate et le butyrate comme substrat.

La production du méthane dans le rumen a un effet sur les produits terminaux de la fermentation, ainsi que sur le rendement en ATP. Si les méthanogènes sont présents, les nucléotides réduites peuvent être ré - oxydés par l'hydrogénase, plutôt que par un alcool ou une lactate-déshydrogénase.

La méthanogenèse implique la consommation d'hydrogène et la réduction par paliers du dioxyde de carbone (47). Un certain nombre de substrats peut être utilisé pour la méthanogenèse (acétate, formate, alcools de petite taille issus de la dégradation des pectines, ...), mais le dioxyde de carbone et l'hydrogène sont néanmoins les principaux substrats impliqués. Ainsi, la majorité du dihydrogène provenant de la dégradation des glucides termine en méthane.

2-2-2/ Les fermentations dans le rumen:

La fermentation des glucides :

L'accessibilité des micro-organismes du rumen aux glucides détermine la vitesse avec laquelle ces derniers sont fermentés. Généralement, les sucres solubles sont plus rapidement fermentés que l'amidon. Cependant, les composants de structure des tissus des plantes, tels que la cellulose et les hémicelluloses, sont fermentés très lentement.

Selon sa situation d'incrustation, la cellulose est plus ou moins rapidement hydrolysée par les bactéries cellulolytiques. Elle est préalablement fractionnée en plusieurs unités de cellobiose qui sont à leur tour hydrolysées puis fermentées.

Les hémicelluloses sont des polysaccharides solubles dans les solutions alcalines diluées,

mais non pas dans l'eau. Ils peuvent être hydrolysés en sucres (pentoses et hexoses) et des unités d'acides, particulièrement l'acide galacturonique.

Quant à la digestion de la lignine, elle ne dépasse pas 15 à 20% de l'ensemble de la lignine ingérée.

Les monomères produits au cours de l'hydrolyse des composants cellulaires sont fermentés en pyruvate par la voie d'Embden-Meyerhof et par la voie des pentoses durant lesquelles il y a formation d'un produit intermédiaire qui est alors métabolisé en acides gras volatiles (AGV) à courte chaîne et en gaz (CO₂, CH₄, H₂). L'énergie libérée durant ces réactions sous forme de chaleur ou de méthane, ne peut pas être utilisée par l'animal.

Cependant, l'énergie stockée sous forme d'ATP est utilisée pour assurer la croissance microbienne et subvenir aux besoins des microbes du rumen.

La fermentation des protides :

La digestion des protéines dans le rumen est un processus stable d'hydrolyse. A partir des protides, il libère des unités d'acides aminés qui sont largement décomposés par désamination, donnant lieu à une libération de CO₂, d'ammoniac et des AGV. Quelques peptides et acides aminés peuvent passer directement dans les cellules bactériennes, mais il est évident que plusieurs espèces de bactéries du rumen sont capables de synthétiser leurs propres protéines en utilisant l'ammoniac comme source principale d'azote.

L'hydrolyse des lipides :

Les triglycérides (TG) dans le rumen subissent une hydrolyse pour libérer le glycérol et les acides gras libres (AGL). Aucun mono ou diglycéride n'a été détecté lors de l'hydrolyse, mais ils peuvent exister de façon transitoire lors de ce processus.

L'hydrolyse des TG est le fait direct des micro-organismes du rumen. Le glycérol qui en résulte est fermenté principalement en acide propénoïque ; les étapes transitoires durant lesquelles il y a formation de l'acide succinique et lactique ont été détectées.

Les acides gras insaturés issus de l'hydrolyse des triglycérides par les bactéries du rumen sont ensuite hydrogénés ; les ciliés, principalement les ciliés Entodiniomorphes participent à l'étape d'hydrogénation.

3/ Facteurs influençant la méthanogènes dans le rumen

Plusieurs facteurs peuvent influencer la production du méthane dans le rumen, certains sont liés à la ration (type, quantité), d'autres sont liés à l'animal.

3-1/ Influence de la ration:

Influence de la digestibilité du régime :

A partir des résultats de 20 études sur moutons et bœufs adultes recevant 55 régimes sur 615 périodes de mesure en chambres respiratoires, Blaxter et Clapperton (1965) ont montré que les pertes d'énergie sous forme de méthane (% EB) augmentent avec la digestibilité du régime : pour une augmentation de 10 points de la digestibilité de l'énergie, l'accroissement est au moyenne de 0,47 points dans le cas de fourrages longs et de 0,74 points dans le cas de régime mixte. Cet accroissement résulte d'une augmentation des fermentations dans les réservoirs digestifs mais il dépend aussi des caractéristiques physiques et de la composition chimiques des régimes (6).

Influence de l'apport de concentré :

L'addition ou la substitution partielle d'aliment concentré à un fourrage peut modifier les conditions fermentaires dans le rumen. En particulier, lorsque l'aliment est riche en produits amylacés, il peut orienter la flore microbienne vers les fermentations amylolytiques au détriment des fermentations cellulolytiques. Ce phénomène entraîne alors une diminution de la digestibilité des parois et des pertes d'énergie sous forme de méthane.

Influence du pH :

Une fermentation accélérée diminue le pH du rumen, avec effet négatif sur la méthanogènes et les protozoaires.

Influence de niveau alimentaire (ingestion):

Une augmentation des quantités d'aliments ingérées entraîne une accélération du transit digestif, donc une réduction de la digestion microbienne des parois végétales dans les réservoirs digestifs. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution de la production de méthane. Pour les rations mixtes, le phénomène est d'autant plus important que le régime est riche en produits amylacés et le fourrage lignifié.

Influence de type de substrat :

Moins de méthane est formé à partir de protéine qu'à partir des glucides.

Influence de la vitesse de fermentation:

Une vitesse plus élevée diminue la proportion de méthane produit en faveur de la proportion de préopinante.

La ration de base de l'animal :

- Une infusion des glucides facilement fermentescibles dans le rumen diminue le méthane en faveur du propionate. Ce changement est sans doute dû à une vitesse de fermentation accélérée, associée à une population microbienne modifiée.

- Un régime à base de mélasse ou d'amidon, conditionné pour une ingestion limitée des glucides facilement fermentescibles, résultera dans un taux de protozoaires plus élevé et une production plus élevée de butyrate qui s'accompagne généralement d'une diminution de la production de méthane.

3-2/ Influence de l'animal :

La méthanogène varie entre 2,10 et 3,45 moles de méthane / kg de matière organique fermentée, avec le contenu du rumen obtenu avant le repas de trois moutons, alimentés de la même ration limitée, à base de foin.

Influence du taux de protozoaires dans le rumen:

L'activité des protozoaires est un paramètre non seulement déterminé par la nature et le niveau de l'alimentation mais aussi par le contrôle animal de la cinétique et le volume du contenu de rumen. La présence de protozoaires est associée à des taux de méthanogènes importante.

Variabilité intra et interindividuelle:

Les mesures effectuées dans la chambre respiratoire pendant 4 à 5 jours consécutifs sur 36 moutons de races différentes recevant la même quantité d'aliment par kg de poids métabolique, montre que les coefficients de variation intra et interindividuelle de la production de méthane sont de 5,0 et 7,5 respectivement et qu'il n'y a pas de différence significative entre les 6 races (6).

4/ La contribution de la méthanogènes ruminale à l'effet de serre :

Le méthane, deuxième gaz à effet de serre après le dioxyde de carbone, contribue à raison de 16 % à l'effet de serre. L'émission de méthane n'est que pour 30 % originaire de sources naturelles, les 70 % restants sont au compte des activités humaines, dont l'élevage de bétail.

La méthanogenèse du rumen peut être incluse dans des modèles à différents niveaux de complexité, basés sur la st clinométrie et la cinétique des fermentations et sur l'évaluation énergétique des aliments. Mais, les tentatives récentes d'estimation de la méthanogenèse, restent sujettes à une variabilité considérable, aussi bien au niveau de l'animal que global.

En général, on estime que la production de méthane dans le tube digestif des animaux d'élevage est responsable de 22 % des sources anthropogènes (18). Des études ont démontré que chez des moutons à l'entretien recevant du foin de luzerne en 4 repas par jours, 80% du méthane est produit dans le rumen : 95% est éliminé par éructation et 5% par voie pulmonaire. Le complément (13%) est produit dans le gros intestin : 89% est éliminé par les poumons et 11% par l'anus au cours de la défécation.

4-1/ Interaction aliment - méthanogenèse :

Il est clair que l'aliment représente le facteur le plus déterminant pour la formation de méthane dans le rumen, le méthane produit doit donc être mesuré par unité d'aliment distribué, une alimentation incontrôlée et diversifiée conduit certainement à une estimation variable et non précise de la formation de méthane chez les ruminants. D'autres part, une alimentation riche en fibres augmente la méthanogenèse chez les animaux d'élevage extensif. Ces facteurs conditionnent certainement l'élevage en Algérie et peuvent rendre la tâche plus délicate. L'important donc, est de maîtriser tous les paramètres de l'alimentation pour donner une estimation plus proche.

4-1- 1/ Influence de l'apport protéique :

La teneur en matière azoté des fourrages constituant la ration de base offerte aux ruminants est un facteur très limitant ; moins de méthane est formé à partir des protéines qu'à partir des glucides. Un pourcentage de 10,6% de matière azoté totale (MAT) pour le foin et moins encore pour la paille (3,19%), d'une part une qualité meilleure des foin par rapport à la paille ; et d'autre part, un pourcentage qui reflète la relation positive entre ces types d'aliments et la méthanogenèse.

4-1- 2/ Influence de la teneur en fibres:

Cette interaction se confirme aussi avec la teneur en fibre, l'augmentation de la teneur en cellulose brute (CB) diminue sensiblement le pourcentage de l'acide propénoïque à la faveur de l'acide acétique, un taux de CB de 80% de matière sèche va donc augmenter le pourcentage de méthane dans le rumen.

4-1-3/ Influence de l'apport du concentré :

Pour les régimes mixtes, l'augmentation de proportion de concentré va positivement avec le pourcentage de l'acide propénoïque et une diminution de méthane produit. La ration sera mieux optimisée lorsque on dispose d'avantage d'aliments riche en concentré ; l'utilisation des concentrés dans notre système (en Algérie) est très limitée, plusieurs facteurs sont en cause, on cite:

- Le déficit important des céréales destinées à l'élevage, par la forte concurrence prioritaire de la demande agroalimentaire (les grains de céréales représentent le produit le plus consommé en Algérie).
- L'utilisation des concentrés naturels ou les produits de l'Office National d'Aliment du Bétail (ONAB) est très limitée, car ces produits ne sont pas rentables pour tous les éleveurs.
- L'utilisation limitée des céréales (en général inférieur à 50% de la ration de base) par risque d'acidose.

4-1-4/ Influence du traitement :

L'alternance entre le méthane et l'acide propénoïque s'exprime aussi dans les aliments traités avec l'urée. Malgré l'effet négatif du traitement de la paille par la soude qui améliore la digestibilité des parois, ce traitement s'accompagne également d'une augmentation des pertes sous forme de méthane (58), le traitement de la paille par l'urée donne des résultats en faveur de l'acide propénoïque et une diminution sensible du méthane (tableau 4).

Tableau 4 : Influence de différents régimes sur le profil fermentaire (mol/kg MOF) obtenus à partir du contenu de rumen des moutons (5)

Régimes	Méthane ^a	Acétat	Propionat	Butyrate
Foin+Concentré ^b	1,54	5,32	3,70	1,11
Paille+maïs+ tourteaux de soja	2,83	7,26	1,58	0,81
Paille+maïs +urée	2,32	6,28	2,56	1,16
Paille+maïs	2,85	7,32	1,66	0,76

A calculé à partir de model stœchiométrique. b D. Demeyer (1991).

4-2/ Estimation des émissions de méthane par les ovins :

Nos estimations sont basées sur des exemples d'émissions de méthane par des animaux ayant comme aliment du foin ou herbe plus du concentré (en général 75% de fourrage plus 25% du concentré).

Les émissions annuelles moyennes de méthane d'une brebis allaitante sont de 16,7 m³, tandis que celles d'une brebis laitière sont de 17,8 m³. Celles d'un agneau de boucherie élevé en bergerie avec un régime riche en aliments concentrés est le tiers (2,9 m³) d'un agneau de boucherie élevé à l'herbe. L'émission de méthane par kg de lait est en moyenne de 77 litres pour une brebis. Par kg de carcasse produite, l'émission de méthane est en moyenne de 60 litres pour les agneaux des races laitières sevrés précocement et de 1160 litres pour les agneaux élevés près de leurs mères (tableau 5).

Tableau 5 : Production de méthane des principaux types des ruminants domestiques (2).

Animal	Situation	Poids (kg)	Production (G ou kg/J)	Régimes	Méthane (L/J)
Agneau	Croissance	30	300 g/J	Herbe	36
Brebis	Tarie	60	0	Foin	30
	Allaitante	65	2,2 kg/J	70% F .30%	65

F : foin, C : concentré, H : herbe.

4-2-1/ Emission journalière et annuelle :

4-2-1-1/ Emission de méthane par les ovins :

L'émission de méthane des brebis est sans doute la plus importante par rapport aux autres ovins et à l'ensemble des ruminants, elle est justifiée par:

- Un effectif de 9 954 980 (plus de 45 %) des ovins en Algérie.
- Les besoins qui augmentent avec la production et l'émission de méthane qui augmente en parallèle.
- La nature du régime composé essentiellement des fibres.
- Le méthane émis par les brebis estimé à 497,74 millions litres/jour, est l'équivalent de plus de 50 % de la production des ovins et plus de 38 % de la production journalière totale du cheptel algérien, un pourcentage qui impose l'inhibition (réduction) de la production de méthane au niveau des brebis en premier ordre (tableau 6).

Tableau 6 : Estimations de la production journalière et annuelle de méthane des ovins en Algérie.

Ovins	Effectif	Production (g ou kg/J)	Régimes	Méthane (10 ⁶ l/jour)	Méthane (10 ⁹ l/an)
Brebis	9 954 980	0 à 2 kg/j	F ou H+C	497,74	181,67
Béliers	624 170	-	idem	34,95	12,75
Antenaïse	1 749 490	0,15	idem	69,97	25,54
Antenaïs	1 266 920	0,15	idem	50,67	18,49
Agneaux	2 034 820	0,25	idem	63,07	23,02
Agnelles	2 318 560	0,10	idem	53,32	19,64
Totale	17 948 940	-	-	769,72	281,11

* DSA Batna, 1998.

1/ Comment réduire la méthanogènes chez les ruminants

Le détournement du faciès fermentaire dans le rumen en inhibant la production du méthane s'élargit vers l'utilisation d'inhibiteurs compétitifs et non compétitifs dans la ration.

1-1/ Inhibiteur compétitif :

Un composé qui présente une certaine analogie structurale avec le substrat de l'enzyme, est capable d'occuper, dans le centre catalytique, la place normalement réservée aux substrats, il y a donc une véritable compétition entre le substrat et l'inhibiteur pour occuper la place.

Dans notre cas, on parle d'une compétition sur le plan de l'hydrogène, le détournement d'électrons (hydrogène) de la réduction de CO₂ (CO₂ + 4H₂ → CH₄ + 2H₂O) vers d'autres accepteurs tel que le bleu de méthylène, la riboflavine, le nicotinamide-adénine-di nucléotide (NAD), le sulfate, le sulfite et le nitrate. Tous ces composés sont expérimentés in vitro mais leur application in vivo n'est pas à conseiller, leur effet sur la

fermentation n'était pas suffisamment sélectif.

1-2/ Inhibiteur non compétitif :

A l'inverse du cas précédent, il n'y a pas de compétition entre le substrat et l'inhibiteur. Ce sont les plus utilisés ; parmi eux on cite: les antibiotiques ionophores, les acides gras insaturés, les analogues halogénés de méthane ..., ils ont un pouvoir toxique et sélectif sur les bactéries méthanogènes.

2/ Utilisation des additifs :

2-1/ Utilisation des antibiotiques :

2-1-1/ Antibiotiques ionophores :

Plusieurs antibiotiques ionophores ont la propriété d'accroître la production d'acide propionique des cultures mixtes des microorganismes du rumen. Parmi ceux-ci, seul le Monensin est autorisé actuellement à être incorporé aux aliments des ruminants. Parmi les autres antibiotiques ionophores expérimentés in vitro et in vivo, nous retiendrons plus particulièrement le Lasalocide et la Salinomycine (2).

2-1-2/ Antibiotiques classiques :

De nombreux antibiotiques ont été utilisés pour tenter d'orienter favorablement les fermentations dans le rumen. L'Avoparacine, comme les antibiotiques ionophores, élèverait le pourcentage de propionate dans les acides gras volatils, cela a été montré après 100 jours de traitement chez des bovillons recevant 66 mg d'Avoparacine par kg d'aliment (32). En règle générale, l'Avoparacine réduit la quantité d'aliment ingéré par unité de gain de poids, son effet serait même supérieur à celui du Monensin (32,20).

2-2/ Additifs nutritionnels :

2-2-1/ Acides gras insaturés :

Il y a une dizaine d'années, on a constaté que l'introduction directe des acides gras non saturés dans le rumen des ruminants augmente le taux de l'acide propionique (2). Les acides gras pourraient se lier aux ions Ca^{2+} nécessaires à l'attachement des bactéries cellulolytiques

sur les particules végétales réduisant ainsi leur activité ; ce qui explique pourquoi on complète les rations enrichies en matière grasse par des sels de calcium. L'effet inhibiteur des acides gras non saturés sur la production de méthane a été démontré in vivo par Blaxter et Czerkawski (1966), et in vivo et in vitro par Demeyer et Hendrickx (1967) et Demeyer et al (1969), ces derniers ont démontré aussi que l'inhibition de la production de méthane allait toujours de pair avec une production accrue d'acide propionique, ce qui a montré clairement la corrélation négative que l'on a pu déduire de la considération théorique entre les deux produits de la fermentation dans le rumen.

L'effet inhibiteur est dû à une influence toxique sélective exercée par les acides gras sur la flore méthanogène. Les acides gras les plus actifs sont les cis-isomères, la toxicité augmente avec le nombre de doubles liaisons dans la molécule de l'acide gras. Le plus fort inhibiteur dans cette série de composés est l'acide ricinoléique (2).

L'utilisation des acides gras insaturés que ce soit in vitro ou in vivo, entraînant toujours une baisse sensible de la production d'acide butyrique due probablement à une population moindre de protozoaires dans le rumen. Il est intéressant de constater que les qualités d'acides gras insaturés employés en vue d'inhiber in vivo la production de méthane, n'influencent que légèrement la digestibilité de la cellulose de la ration (7).

Chez le mouton recevant une ration de foin au niveau d'entretien, l'infusion continue d'acides gras long, mono ou polyinsaturés (oléique, linoléique, linoléique), entraîne une chute immédiate de la production de méthane. La diminution est quasi proportionnelle à la quantité d'acide gras infusé : elle atteint respectivement 25 et 60% pour des infusions de 50 et 100 g par jours, correspondant à 5 ou 10 % de la matière sèche de la ration totale (13). Une étude effectuée sur des moutons recevant au voisinage de l'entretien des rations constituées de 25 à 75% d'aliments composés contenant de 0,8 à 8,0% de matière grasse ; a montré qu'une augmentation d'un point du pourcentage de matière grasse s'accompagne d'une diminution de 2,6 % de la production de méthane (26). Les moutons semblent beaucoup plus sensibles que les vaches laitières aux phénomènes d'interactions digestives liés à l'apport de matières grasses. L'incorporation de 5 à 11% de suif, d'huile de soja ou de graines de soja dans l'aliment concentré (soit 3 à 6 % de la ration) n'a pas d'effet significatif sur la digestibilité des constituants de la ration, mais réduit de 10 à 18 % la production de méthane (51,52).

2-2-2/ Analogues halogénés de méthane:

Prins et *al* en 1972, ont prouvé que les analogues halogénés du méthane ont un effet direct toxique sélectif sur les bactéries de méthane. Ces inhibiteurs non compétitifs sont les plus puissants, on estime que l'action des composés est due à une interaction avec les coenzymes analogues intervenant dans le processus de la méthanogènes. Ces coenzymes analogues interviennent aussi dans la production de propionate.

2-2-2-1/ Effet de BES :

L'acide 2-bromoéthylsulfonique (BES) est un analogue du co-enzyme M un inhibiteur assez spécifique. Cet analogue provoque une inhibition sélective de la méthanogénèse en interférant avec la réduction du méthyl-co-enzyme M des bactéries méthanogènes (4). Il est surprenant que la population microbienne du rumen s'adapte à cet inhibiteur puissant. Récemment, l'usage combiné du bromochlorométhane a donné des résultats positifs et persistants.

2-2-2-2/ Amicloral :

L'inhibition de formation de méthane s'accompagne généralement d'une élévation des proportions de propionate, butyrate et parfois lactate qui jouent le rôle d'accepteur d'hydrogène, mais ce dernier peut aussi s'accumuler lorsqu'il est en excès (17).

Dans des essais comparatifs en culture discontinue portant sur le Monensin et l'Amicloral ; Calupa, Corbet et Brethour (1980) ; ont observé que ce dernier inhibait d'avantage la méthanogénèse et produits plus de butyrate et d'hydrogène que le Monensin. Les deux produits réduisaient d'environ 50% la disparition des acides aminés libres ajoutés dans le milieu.

2-3/ Hydrate de chloral et chloroforme :

Bauchop (1967) découvrit par hasard que de très faibles quantités de chloroforme, de tétrachlorure de carbone et de chlorure de méthyle provoquent une inhibition violente de la production de méthane dans les incubations d'un mélange de bactéries du rumen ayant comme substrat du formiate ou le mélange gazeux dioxyde de carbone et d'hydrogène.

Prins et Seekles (1968) publiaient des résultats d'où ils ressortaient que la formation de l'acide propionique dans le rumen est stimulée par l'hydrate de chloral en se basant sur la corrélation négative méthane - acide propionique, trouvée déjà antérieurement.

Van Nevel et al (1969) ont étudié l'influence de l'hydrate de chloral dans des essais in vitro et in vivo ; ils ont trouvé que ce composé freine complètement la formation de méthane, déjà en concentration relativement faibles.

Dans les essais in vivo avec du tétrachlorure de carbone, il a été constaté que ; par rapport aux essais in vitro, les concentrations requises pour inhiber la production de méthane devait être augmentées ; et que l'effet inhibiteur était temporaire : la flore s'adapte rapidement à l'additif (43), par contre avec du chloroforme, cette adaptation n'a pas été observée (11).

2-4/ Sulfite de sodium:

Contrairement à des recherches faites antérieurement, dans lesquelles le sulfite était présenté comme un inhibiteur compétitif de la production de méthane, des essais ultérieurs ont révélé qu'il s'agissait en réalité d'un effet toxique directe sur les bactéries méthanogènes, l'adjonction de sulfite produisait un glissement dans la composition en acides gras volatils du rumen au profit de l'acide

propionique. Chez un mouton fistulé qui recevait une ration à laquelle on a ajouté du sulfite (0,8%), la formation d'acide propionique dans le rumen était augmenté et la formation de méthane réduite.

Il a été démontré que l'effet du sulfite était passager, ce qui est dû à une métabolisation ultérieure du produit par la flore (53).

2-5/ Pesticides:

Dans les incubations in vitro, le 2,2 cichlorovinyl-diméthylphosphate inhibait le méthane et stimulait la formation d'acide propionique. Les composés D.D.T (Dichloro Diphényl Tréchloréthane), Sevin, Toxaphène, Toroton, 2,4-T et Simazine augmentaient la production d'acide propionique. Il est probable qu'ils ont également un effet inhibiteur sur la production de méthane. Le D.D.T est décoloré par les bactéries du rumen et transformé en

D.D.D (Dichloro Diphényl Dichloréthane).

2-6/ Divers:

Dans la littérature, le 1-2 propanediol, le CuSO₄, le KClO₃, l'acide bromopropionique et les acides anacardiques sont cités comme inhibiteurs de méthane et stimulants de l'acide propionique. Les acides carboxyliques tertiaires, le permanganate de potassium, le chlorate de potassium et le propylène-glycol ont des propriétés inhibitrices vis-à-vis du méthane. L'effet stimulant de ces derniers produits sur la production d'acide propionique était déjà découvert antérieurement.

3/ Interventions biotechnologiques

3-1/ Défaunation du rumen:

Quand on dit défaunation du rumen, on parle plutôt de la suppression des protozoaires ; soit par isolation : le nouveau-né est séparé de l'adulte (1), le nouveau-né est séparé de sa mère 2 à 3 jours après la naissance (34) ; soit par l'addition des produits chimiques.

L'existence des protozoaires, comme les bactéries et les champignons a lieu 2 à 3 jours après la naissance, l'isolation du nouveau-né de la mère est la meilleure méthode de réduire le nombre de protozoaires ; cette méthode permet à l'animal de conserver ses bactéries autochtones contrairement à ses ciliés (21) . Pour l'addition des produits chimiques, on utilise généralement : le sulfate de cuivre ou le sulfate de sodium (44,45).

Avec les protozoaires, on a établi l'existence d'association physique entre protozoaires Entodinomorphes et bactéries méthanogènes (figure 3), qui serait responsable pour 9 à 20 % de la méthanogenèse du rumen (39). Les méthanogènes sont visualisés par la fluorescence de l'un de leurs coenzymes uniques, le F420.

3-2/ L'acétogenèse réductrice :

La nécessité de développer des alternatives pour les antibiotiques a intensifié les recherches sur les probiotiques. L'introduction des bactéries actives et impliquées dans l'acétogenèse réductrice ; capables d'entrer en compétition avec les bactéries méthanogènes, diminuent l'activité de ces dernières. Ces bactéries sont présentes dans le rumen, mais leur activité hydrogénotrophe ne s'exprime pas dans le rumen selon la réaction:



Ces organismes préfèrent le métabolisme hétérotrophe dans le rumen, en compétition

avec les autres bactéries acidogènes. Leur affinité très réduite pour l'hydrogène en comparaison avec les méthanogènes serait le facteur majeur responsable de cette situation. Récemment, l'introduction d'une bactérie acétogène (*P.productus*) avec un inhibiteur du méthane (contrôlé) et en présence d'hydrogène gazeux a déclenché l'acétogenèse réductrice *in vitro* dans des incubations avec des contenus de rumen (40).

Dans un essai similaire, *in vivo* cette fois, et en utilisant un extrait de (*L.plantarum*) comme inhibiteur de la méthanogenèse, la stimulation de l'acétogenèse réductrice n'a pas été obtenue.

3-3/ Traitement technologiques des fourrages :

Le broyage et l'agglomération des fourrages réduisent leur temps de séjours dans les réservoirs digestifs et modifient le faciès microbien au détriment des fermentations cellulolytiques, il entraîne une diminution de la digestibilité des parois végétales et de la production de méthane, qui passe de 7,6 à 4,6% de ED dans le cas d'un fourrage des graminées déshydratées distribuées à un haut niveau à des moutons (8). Dans le cas de la luzerne et la fétuque déshydratée et condensée, la réduction des pertes d'énergie sous forme de méthane (%EB) est de 30 % (55).

Inversement, le traitement de la paille par la soude, qui améliore la digestibilité des parois, s'accompagne d'une augmentation des pertes d'énergie sous forme de méthane de 1,3 point (%EB) (54).

Conclusion

Grâce à l'activité de la population microbienne des réservoirs digestifs, l'utilisation des fourrages grossiers par les ruminants, se fait au prix de pertes d'énergie au niveau digestif et métabolique, les pertes d'énergie sous forme de méthane sont de l'ordre de 13 % de l'énergie brute.

L'éventuelle inhibition de méthane chez les ruminants par les différents produits (antibiotiques, matière grasse ...) représente une alternative pour réduire la formation de méthane et par conséquent l'énergie perdue dans le rumen. Les inhibiteurs disponibles actuellement ne représentent pas une solution immédiate (utilisation limitée) ; par contre, ils permettent de savoir plus sur le comportement des méthanogènes vis-à-vis de ces substances. Les recherches progressives sur l'inhibition de méthane produit dans le rumen se pointent vers l'orientation du faciès fermentaire vers d'autres accepteurs d'hydrogène (bactéries acétogènes semblent les meilleurs pour réduire cette énergie au profit de l'animal).

La production de méthane des ovins paraît considérable en comparaison avec celle des autres espèces marquées par la production des bovins (71%), mais ne représente que 23% de la production totale de méthane qui ne contribuent que pour 3% à 4% à l'effet de serre.

L'élevage traditionnel à partir des fourrages grossiers permet sans doute d'augmenter le pourcentage des pertes par rapport à cette ration.

La voie la plus efficace est encore l'amélioration de la productivité des ruminants qui, pour une production donnée de lait ou de viande, permet de réduire le nombre d'animaux, la consommation d'aliment et donc la production de méthane.

1. Indications

Pour que l'intervention se fasse avec succès, il est nécessaire :

- Que le CE soit encore dans la cavité réticulaire, ou au moins qu'il affleure au niveau de la paroi, pour que son extraction soit possible.
- Que les lésions qu'il a engendrées ne soient pas irréversibles et que des complications septiques secondaires graves ne se soient pas installées.
- Que l'état du malade permette une intervention chirurgicale.

L'accessibilité du CE est fonction de la durée d'évolution de la maladie et des signes observés. La limite extrême d'évolution est de 8 jours (17). Pour cela, il faut préciser la date d'apparition des premiers symptômes pour éviter de confondre un accident chronique avec une implantation récente. Mieux vaut se fier à la clinique qu'aux commémoratifs. Au niveau symptomatique, on se base sur les plaintes, la température rectale, le pouls et accessoirement sur les résultats du détecteur de métaux. Selon Noesen (52), les plaintes doivent être spontanées et fortes, et la réaction douloureuse doit être nette et localisée à la percussion. La température rectale doit être comprise entre 39,5°C et 40°C. Si elle est subnormale ou normale, cela signifie que l'enkystement est timing, ce qui empêche toute tentative de retrait. Si elle est très élevée, de graves complications septiques sont alors suspectées. Le pouls doit se situer entre 60 et 80 pulsations par minute. Le détecteur électromagnétique sert, parallèlement à la clinique, à la recherche de tout signe de migration.

On admet que passé un délai de 15 jours, des lésions graves, des adhérences péritonéales ou des abcès se sont installés et rendent la gastrotomie inopérante voire dangereuse (70). L'atteinte d'un organe autre que le réseau contre indique toujours l'intervention.

L'animal doit être capable de supporter cette opération pourtant très peu choquante. Elle sera donc évitée sur les animaux présentant un état de maigreur et de déshydratation trop prononcé. Compte-tenu du délai de l'intervention, la ruménotomie s'adresse essentiellement aux animaux de grande valeur économique, qui de part leur production ou leur valeur génétique rendront cette intervention rentable.

L'indication de la gastrotomie est donc le traitement de la reticulite simple, c'est à dire qu'il n'existe aucune lésion en dehors de la simple réaction locale provoquée par l'implantation du CE

dans la paroi réticulaire. Elle ne peut rien contre les lésions septiques graves. Enfin, il faut intervenir de façon précoce.

2. Contre-indications

Elles sont nombreuses, découlent pour la plupart des indications, et relèvent de quatre données :

L'ancienneté de l'accident. Les chances de succès sont minces voire nulles si les premiers symptômes remontent à plus de trois semaines (52).

La présence de complications viscérales. Les péricardites, les péritonites généralisées, les atteintes pulmonaires graves sont des contre-indications formelles (70).

Les maladies intercurrentes ou concomitantes. À noter que l'acétonémie observée chez les bovins atteints de RPT est une pathologie secondaire très souvent associée à ces états et qui favorise la pathologie primitive. C'est pourquoi elle devra systématiquement être traitée au préalable (45).

La valeur économique de l'animal. Pour les animaux de boucherie finis ou presque, l'abattage sera préconisé si les lésions sont de nature chronique et n'infligent pas une saisie totale à son propriétaire.

3. Résultats

Les suites opératoires défavorables sont rares. L'incident le plus fréquent est la suppuration de la peau par défaut de cicatrisation. En général l'animal se rétablit très bien et rapidement en 2 à 3 jours. Il retrouve une alimentation normale sous huitaine.

Les pourcentages de succès se résument ainsi pour Jonckea (42) :

60 à 70% de succès avec guérison rapide.

10 à 15% de guérison partielle avec amélioration.

10 à 15% d'échecs, le CE ne pouvant être retiré.

Le taux de mortalité est d'environ 2% (70). L'emploi massif d'antibiotiques en post-opératoire peut améliorer les chances de guérison totale et rapide.

Scion Isnard (40) si l'on opère dans de bonnes conditions, on obtient dans l'ensemble : 50 à 60% de succès francs. L'animal se rétablit dans les 2 à 3 jours qui suivent l'opération.

10 à 15% de guérisons plus précoces en 1 à 2 semaines.

10 à 15% d'échecs parce que l'animal est un peu amélioré mais ne guérit pas.

10 à 15% d'échecs, parce que l'on constate en opérant des lésions trop graves.

10 à 15% d'échecs, parce que l'on ne peut extraire le CE qui a complètement traversé la paroi du réseau ou, parce que l'on ne trouve rien.

1 à 2% d'échecs graves par mortalité.

7. Avantages et inconvénients

C'est un traitement rationnel : les guérisons obtenues sont définitives, l'agent causal étant extrait, les récurrences ne sont pas à craindre. Actuellement bien au point, c'est une technique simple qui ne demande pas une habileté particulière. L'intervention est bénigne et ne présente pas de risque d'hémorragie ou d'éviscération, et peu de complications. Les animaux guérissent très rapidement et reprennent très vite leur état d'embonpoint et leur niveau de lactation. C'est une méthode qui permet de préciser le diagnostic et le pronostic puisque l'on retire le CE. En effet, lors de l'exploration du réseau, le praticien se rend compte de l'étendue des lésions et peut ainsi envisager sûrement l'avenir de l'animal.

En revanche, si la rumiotomie est simple en tant qu'intervention chirurgicale, elle n'en est pas une méthode de traitement longue, par ses préparatifs, ses soins postopératoires, et onéreuse. Les échecs ne sont pas négligeables, de l'ordre de 20% (70). L'état de gestation n'est pas une contre-indication, mais on observe tout de même environ 5% d'avortement consécutivement à l'intervention (70).

Le choix du traitement fait intervenir nettement des considérations économiques. La rumiotomie est certainement le traitement de choix (52). Mais, dans la plupart des cas elle se révèle non nécessaire, le CE retournant spontanément dans le réseau (10). Une meilleure politique,

non agressive, consiste à appliquer un traitement conservateur pendant 3 jours et si une nette amélioration n'est pas observée dans ce délai, il faut pratiquer une rumenotomie. C'est là qu'intervient l'intérêt de la sonde magnétique « comète » qui offre une alternative compétitive de plus avant la chirurgie.

I/Traitement chirurgical : la ruminotomie (ou gastrotomie)

Les CE et les accidents qu'ils provoquent dans l'espèce bovine sont des problèmes aussi vieux que l'élevage. Dans l'antiquité, la gastrotomie déjà déjà pratiquée, mais c'est Fluzard qui, en 1808, le premier la pratiqua pour extraire un corps métallique du réseau d'une vache (21).

La ruminotomie fut pendant longtemps le seul traitement des RPT par CE. Elle a connu un très bon succès avant l'avènement des antibiotiques. Actuellement, elle est encore fréquemment utilisée, bien qu'il soit possible d'employer d'autres méthodes thérapeutiques.

1. Principe

C'est une opération chirurgicale majeure qui permet l'exploration des cavités gastriques et l'extraction manuelle des CE implantés par une ouverture pratiquée dans le rumen après réalisation d'une laparotomie exploratrice.

Après de nombreux essais et de nombreuses techniques décrites, elle a été vraiment codifiée en 1938 par le vétérinaire Luxembourgeois Notsen (52). Sa première intention fut d'intervenir en décubitus latéral de pouvoir explorer à vue le réseau et les lésions péritonéales. Mais, devant la difficulté opératoire, il abandonna cette méthode trop compliquée pour mettre au point la technique actuelle, qui consiste en une laparotomie dans le creux du flanc gauche sur animal debout.

Toutes les méthodes utilisées aujourd'hui ne sont que des améliorations plus ou moins heureuses de cette technique.

2. Modalités préopératoires

La décision opératoire prise, un délai supérieur à 24 heures ne doit pas être dépassé. Le moindre retard peut se montrer fâcheux par suite des migrations du corps vulnérant (76).

Ce délai sera mis à profit par le propriétaire pour préparer le sujet à subir l'intervention et régler les difficultés matérielles, de telle sorte que tout soit prêt au moment de l'opération. Ce report est aussi mis à profit pour faire baisser la température grâce à une antibiothérapie intensive.

Une diète hydrique est imposée si l'animal a conservé un peu d'appétit. Cette diète évite la surcharge des réservoirs gastriques et tend à les immobiliser. L'exploration du réseau est ainsi facilitée et la migration du corps vulnérant arrêtée. Le mieux est d'opérer dans un endroit isolé, propre, bien éclairé et recouvert d'une abondante litière neuve (76). La contention sera

assurée de façon traditionnelle en évitant le couchage du bovin lors d'utilisation d'acepromazine ou de xylazine.

3. Technique opératoire

Avant toute ruminotomie, une laparotomie exploratrice, exécutée comme décrite précédemment, est réalisée par le flanc gauche de l'animal. En prenant soin de ne pas les détruire, on évaluera l'existence ou non d'adhérences fibreuses dans la région du réseau.

- Le premier temps spécifique de la ruminotomie correspond donc à laparotomie exploratrice ; a savoir : rasage, désinfection cutanée locale, anesthésie locale par infiltration selon le protocole de Berthelon (8), incision de la peau et des muscles, en ponctions et déridage du péritoine.
- Le deuxième temps correspond à l'extériorisation du rumen. Il est saisi à l'aide de pinces de Muzeux et tire progressivement entre les lèvres de la plaie pariétale. Il est préconisé de réaliser l'isolement du rumen par un stand simple à gros points entre la serveuse viscérale et le péritoine (66). Il est plus simple en pratique courante de le réaliser entre le rumen et la peau. Cette technique donne, au prix d'une légère augmentation de la durée de l'intervention, une grande sécurité en protégeant le malade contre l'infection accidentelle du péritoine par la flore mixte du rumen.
- Le troisième temps est l'étape septique de l'intervention, à savoir l'incision du rumen et l'exploration du réseau. Le rumen est incisé aux ciseaux droits après une petite ponction au bistouri. Le praticien revêt un gant identique à ceux utilisés pour pratiquer les délivrances manuelles, et entreprend alors l'exploration du réseau afin d'en extraire les CE éventuellement présents. Afin d'éviter de retirer le bras du rumen à chaque découverte d'un CE, le vétérinaire se sert d'une pomme de terre pour les rassembler *des* épingles sur une pelote.

Le quatrième temps correspond à la suture du rumen. Il est classique de fermer le rumen par un surjet perforant de Schmieden réalisé au catgut chrome décimale S à 10, puis d'enfourer cette suture après aseptisation (66). Berthelon (8) a recommandé la fermeture par des points simples en complétant par un surjet d'enfouissement non perforant de type Cushing ou un surjet de Reverdin.

- Le cinquième et dernier temps correspond à la suture des parois abdominales et cutanée comme décrite pour la fermeture des laparotomies exploratrices.

Notons que lors de l'inspection des alvéoles du réseau, on en profite pour rechercher au

travers de la paroi, la présence d'abcès péri-reticulaires ou hépatiques. S'il est bien adhérent à la paroi du réseau ou du rumen, il est drainé grâce à une incision de la paroi au point d'attachement le plus fort. Si l'abcès n'est pas fortement adhérent au réseau ou au rumen, il est indiqué de le drainer vers l'extérieur, ce qui nécessite une seconde intervention (25,44). Une autre technique consiste à drainer ces abcès péri-reticulaires par ponction échoguidée (14).

Le traitement chirurgical a donc l'avantage d'assurer à la fois un traitement satisfaisant et un diagnostic final.

II/ INTERVENTION CHIRURGICALE.

L'intervention chirurgicale réalisée, principalement dans un but diagnostique, est une laparotomie exploratrice haute rétro costale à gauche, sous anesthésie locale.

1. PREPARATION DE L'INTERVENTION.

a) Préparation de l'animal.

L'animal est attaché dans un travail par un licol et une pince mouchette, la queue est attachée au postérieur droit.

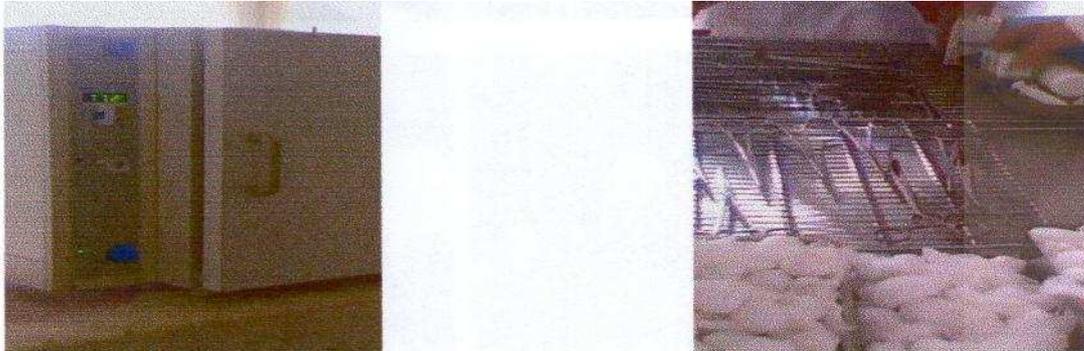
Le flanc gauche de l'animal est préparé de manière chirurgicale: rasage, nettoyage et désinfection soignée d'une zone dont les limites sont une ligne tracée par les extrémités des apophyses épineuses lombaires, une ligne horizontale passant une dizaine de centimètres au-dessus du grasset, une ligne verticale démarquant le plus caudalement du creux du flanc.

La future ligne d'incision cutanée est anesthésiée par infiltration sous-cutanée de 50 ml de Xylocaine. Suite à anesthésie sous-cutanée, de la BETADINE solution 10% est appliquée sur la zone préparée.



b) Preparation du materiel et de praticien.

Le materiel, prealablement sterilisee, est prepare: bistouri, ciseaux, pinces a hemostase, pinces intestinales et pinces a griffes, clamps, aiguilles, fils resorbables et irresorbables.

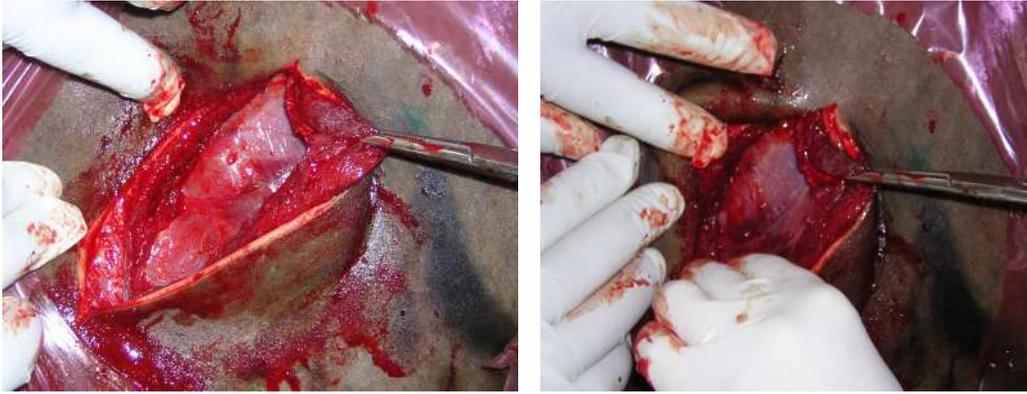


2) TECHNIQUE OPERATOERE.

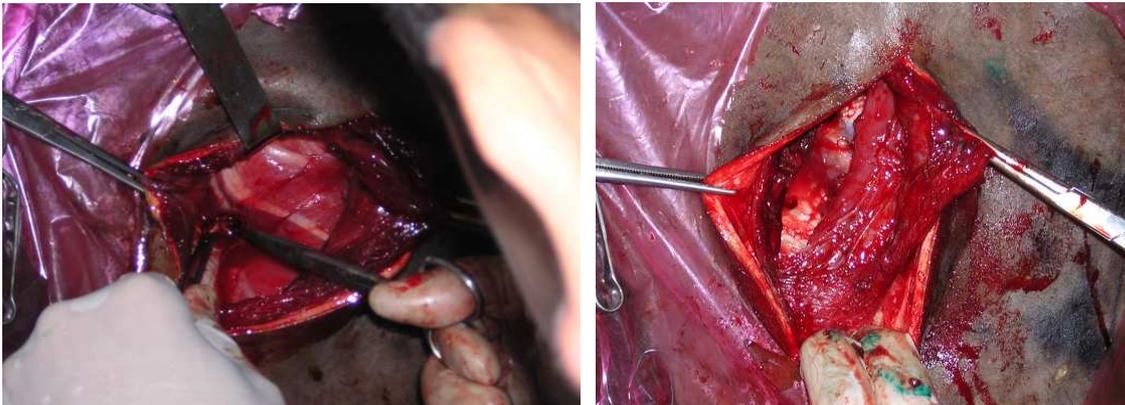
La technique utilisee laparotomie exploratrice haute retro-costale a gauche animal debout.

Site operatoire et ligne d'incision





L'incision cutanée commence cranio-dorsalement, en direction caudo-ventrale, sur environ 20 cm, parallèlement à la dernière côte, environ 3 travers de doigt caudalement à celle-ci. Les autres muscles (oblique externe, oblique interne, transverse) et le péritoine sont incisés dans la même direction. Ayant ainsi accès à la cavité abdominale, on procède alors à l'exploration de celle-ci. Cette exploration doit être systématique. En fin d'exploration, la plaie est refermée par des sutures musculaires en deux plans (péritoine avec muscle transverse, oblique interne et oblique externe), et une suture cutanée (surjet à points passés) recouverte d'Aluspray.



3) SUITES ET SOINS POST-OPERATOIRES

Les suites normales d'une telle intervention sont l'injection intramusculaire d'antibiotiques, le controle de la plaie et le suivi de l'etat generale de l'animal.



CONCLUSION :

- ✓ On pratique la ruminotomie pour obtenir la cure radicale de la reticulite traumatique, dans la surcharge ou l'obstruction du rumen ainsi que dans la toxémie engendrée par l'ingestion des membranes fœtales ou d'une autre substance toxique.
- ✓ En cas de reticulite ou reticulo-peritonite traumatique le seul traitement causal certain c'est l'extraction manuelle par laparo-ruminotomie du ou des corps étrangers métalliques ou non (esquille osseuse, fragment de bois, corder plastiques...) situés dans le réseau ou dans sa paroi.
- ✓ Les cas graves de météorisation spumeuse qui ne s'amendent pas avec les traitements médicaux peuvent être résolus par la ruminotomie d'urgence ; mais celle-ci doit être évitée autant qu'il est possible parce que la distension du rumen peut en amener la perforation accidentelle au cours de l'opération et entraîner la souillure du péritoine.
- ✓ Dans tous les cas chroniques, l'opération ne doit être entreprise que sur le désir explicite du propriétaire et en tenant compte de tous les facteurs économiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- **Livres :**

📖 1-JAQUES SEVESTRE. Edition du point veterinaire maison ALFORT 1979

Elements de la chirurgie animale "chirurgie abdominale" TOME 2

📖 2-D.C.BLOOD J.A.HENDERSON,2eme edition vigot freres editeurs 1976.

📖 3-W.J.GIBBONS E.J.CATCOTT J.F.SmithCors,Edition vigot freres 1974,

Medecine et chirurgie des bovins

📖 4-VOUCEF EL MEDDAH physiologie de la digestion Mai 1994.

📖 5-GUSTAV ROSENBERGER,Gerrit Dirkes,Hansdieter.Grunder Eberhard

Grunert

📖 Dierich.Krause Mathaeus.Stober,Edition,1977.

- **INTERNET :**

🌐 [http:// www.planete-vet.com](http://www.planete-vet.com)

🌐 <http://vwww.medevet.com>

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: ?????????????????? ?????????????? ??? ?????

STACK:

/???? ??????????????????????Ø???
/Dest
[0 0 0]
/Border
[943 3137 2087 3237]
/Rect
-mark-