



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



CHAPITRE 4: La microflore du tube digestif

❖ *Dr. BABA ARBI S.*

Année universitaire: 2019-2020

4.2. La microflore digestive des ruminants



4.2.1. Définitions

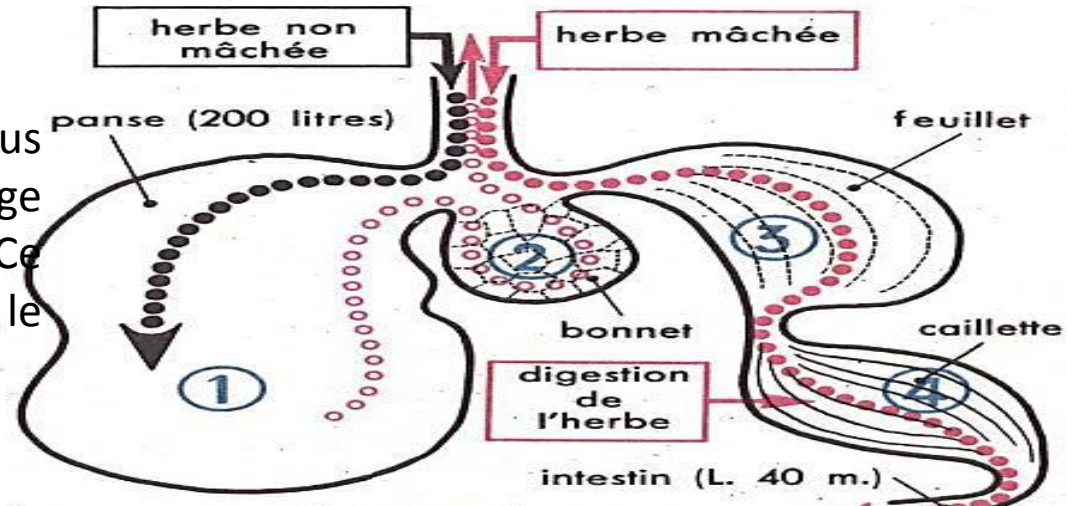
- Un mammifère herbivore qui rumine (les ruminants comportent le bétail, les bison, mouton, chèvre, antilope, cerf, chevrotain, girafe, chameau etc.).
- Les Ruminants ce sont des mammifères herbivores polygastriques dont la digestion prégastrique a totalement ou partiellement lieu en remastiquant les aliments après leurs ingestions. Ils sont aussi caractérisés par leurs membres qui ne possèdent que deux doigts.

La rumination est une fonction physiologique caractéristique des ruminants correspondant au retour des aliments du rumen vers la bouche pour y être mâchés et imprégnés de salive. Il existe cependant d'autres animaux, appelés ruminants (avec une minuscule), n'appartenant pas au sous-ordre des Ruminantia mais qui ruminent aussi, comme les Tylopoda (Tylopodes).

4.2.2. Anatomie de l'estomac des Ruminants

- Les Ruminants possèdent trois pré-estomacs : le réseau et le rumen, formant le réticulorumen, et le feuillet. Le « véritable » estomac, sécrétant des sucs gastriques, est la caillette. Cet ensemble est très volumineux : il représente environ les deux tiers de la cavité abdominale.

- Le réseau est le plus petit et le plus antérieur des pré-estomacs. L'œsophage est abouché dorsalement au réseau. Ce dernier est prolongé dorsalement par le rumen (ou panse).



- *Le rumen* est un vaste sac bilobé, allongé d'avant en arrière. La muqueuse du rumen est couverte de papilles (de 2 mm à 2 cm), ces papilles sont kératinisées mais l'épithélium est fin et très vascularisé. Les papilles ont pour principal rôle d'absorber les produits des fermentations microbiennes.

- *L'omasum* (ou feuillet) est le dernier pré-estomac. Il est placé entre le rumen et la caillette. Le feuillet est presque entièrement occupé par des lames parallèles, de hauteurs inégales, disposées dans le sens du transit alimentaire, et dont la muqueuse est de même nature que celle du rumen. Elle correspond à une surface d'absorption supplémentaire.

- *L'abomasum* (ou caillette) est comparable à l'estomac des monogastriques.

- Le reste du tube digestif est comparable à celui des monogastriques. On retrouve l'intestin grêle et le gros intestin.

- ❖ Le rumen est un fermenteur anaérobie où la digestion microbienne se déroule en continu. Les mouvements de ce réservoir brassent la masse alimentaire et facilitent son ensemencement bactérien. Ces mouvements participent également à la régurgitation physiologique du bol alimentaire qui va pouvoir être à nouveau mastiqué et insalivé : c'est la rumination. Ensuite, ils permettent la vidange vers l'omasum. Puis ils contribuent à l'élimination des gaz de fermentation : c'est l'éructation.

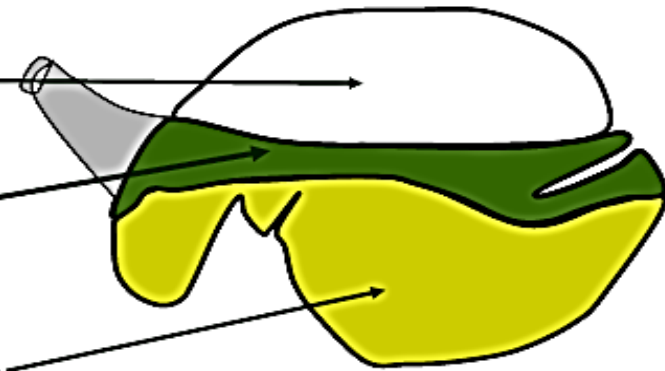
4.2. 3. Les conditions physicochimiques dans le rumen

Le rumen a un volume moyen d'environ 150 L, dont 90 L de digestat chez les bovins. Ce contenu n'est pas réparti de façon homogène dans le rumen : en partie ventrale on trouve une phase liquide, en partie intermédiaire une phase solide et en partie dorsale une phase gazeuse.

- La phase liquide a pour origine l'abreuvement (50 à 100 L par jour), la salivation (80 à 200 L par jour) et l'eau contenue dans les aliments. L'eau est le constituant principal du contenu ruminal (85 %), et se trouve principalement dans la phase liquide contenant de fines particules en suspension (particules alimentaires ou bactéries) et des molécules en solution (sels minéraux, petites molécules organiques). Cette phase liquide permet l'imbibition des aliments. L'eau est essentielle aux réactions réalisées par les enzymes microbiennes.

■ Stratification du contenu

- Partie dorsale : **gaz**
 - Partie centrale : **langue de fourrage (14-18% MS)**
 - Partie ventrale : **fluides (6-9%MS)**, fourrages saturés en fluide, petites particules
- La portion liquidienne a la même composition entre le réseau et le rumen



Représentation schématique du contenu du réticulo-rumen

- La phase solide se concentre dans un amas fibreux en partie dorsale du rumen et a pour origine l'ingestion d'aliments.
- Quant à la phase gazeuse elle comprend majoritairement les gaz issus des fermentations microbiennes. Ces gaz sont éliminés par éructation.
- ✓ Le pH ruminal est normalement compris entre 5,5 et 7. Ce pH est la résultante d'un équilibre entre des acides faibles et des bases faibles, issus des fermentations microbiennes et des substances tampons apportées par la salive (bicarbonates et phosphates) (5).
- ✓ La température du rumen est comprise entre 39 et 41 °C, soit environ 1 °C au-dessus de la température corporelle. Elle augmente en fonction de l'intensité des fermentations ruminales et est donc maximale dans les heures suivant le repas.
- ❖ Le rumen abrite donc des conditions physicochimiques très particulières permettant le développement d'un microbiote anaérobie très actif.

⚡ **Le rumen et son écosystème microbien: le bon fonctionnement du rumen nécessite des conditions particulières : une température de 39 °C, un pH voisin de 6 et une anaérobiose stricte.**

4.2.4. Le microbiote du rumen

Les digestions ruminales sont réalisées par des Bactéries, des protozoaires, des Archées et des Champignons. Ces microorganismes dégradent les glucides en acides gras volatils, transforment une partie des protéines ingérées, et hydrolysent les triglycérides et autres esters, puis assurent l'hydrogénation de la majorité des acides gras insaturés.

Selon la nature du glucide fermenté, on différencie deux types de bactéries. Les bactéries amylolytiques, dont le substrat privilégié est l'amidon, synthétisent essentiellement du propionate et préfèrent les pH inférieurs à 6. Les bactéries fibrolytiques s'attaquent quant à elles surtout aux glucides pariétaux pour donner majoritairement de l'acétate et du butyrate, et affectionnent les pH supérieurs à 6.

a- Bactéries :

- Les bactéries du rumen représentent 10^{10} organismes/ml de liquide ruminal et plusieurs centaines d'espèces ont été caractérisées à ce jour. En volume, elles représentent jusqu'à 50 % de la biomasse microbienne totale. Les bactéries sont une source importante de protéines microbiennes, qui fournissent au ruminant 75 à 80 % des protéines métabolisables. Les bactéries sont également importantes pour la production d'enzymes qui digèrent les fibres (cellulose, hémicellulose), l'amidon et les sucres.
- Les bactéries correspondent à environ la moitié de la biomasse microbienne du rumen. Les trois quarts de ces Bactéries sont fixés sur des particules alimentaires.

- Elles sont constamment éliminées par prédation des protozoaires ruminiaux ou évacués vers le feuillet et le reste du tube digestif. Néanmoins, ces pertes sont compensées par une croissance régulière de la population bactérienne.

- Les bactéries du rumen sont généralement classées selon leur capacité à dégrader certains substrats et à les utiliser pour leur survie. En particulier elles sont souvent distinguées en fonction de leur activité glucidolytique : fibrolytique (cellulolytique et hémicellulolytique) et amylolytique.

- **Les bactéries fibrolytiques:** adhèrent aux particules fibreuses et synthétisent des enzymes actives sur les glucides pariétaux (cellulose, hémicelluloses et pectines). Cette population se développe mieux avec un pH supérieur ou égal à 6,5.

❖ Cellulolytiques

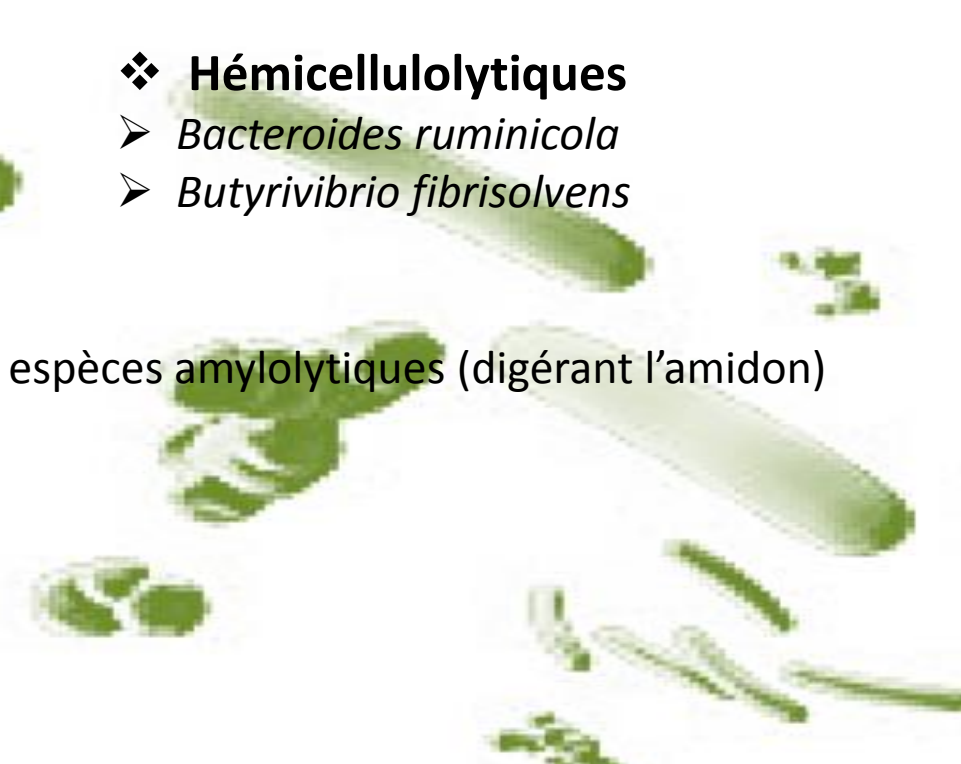
- *Bacteroides succinogenes*
- *Ruminococcus albus*
- *Ruminococcus flavefaciens*
- *Butyrivibrio fibrisolvens*

❖ Hémicellulolytiques

- *Bacteroides rumenicola*
- *Butyrivibrio fibrisolvens*

- **Les bactéries amylolytiques:** Les principales espèces amylolytiques (digérant l'amidon) préfèrent des pH inférieurs à 6, ce sont :

- *Streptococcus bovis*
- *Ruminobacter amylophilus*
- *Succinomonas amylolytica*
- *Selenomonas ruminantium*
- *Prevotella ruminicola*.

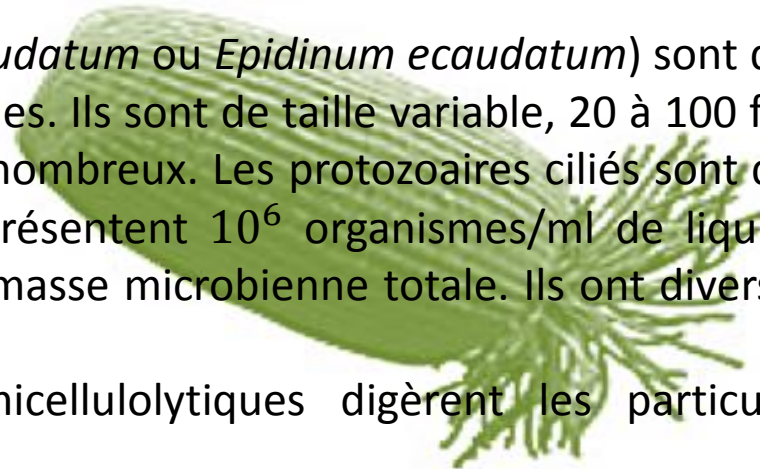


- ✓ La protéolyse chez les ruminants est assurée en grande partie par les bactéries amylolytiques (et certaines bactéries fibrolytiques) qui exercent cette fonction.
- ✓ Les lipides sont soumis à deux types de réactions qui s'enchaînent : la lipolyse des esters d'acides gras suivie par la biohydrogénation des acides gras insaturés.
 - La lipolyse est principalement réalisée par *Anaerovibrio lipolytica*, et certains représentants du genre *Butyrivibrio*.
 - La biohydrogénation ruminale est complexe : elle se divise en plusieurs étapes successives d'isomérisations et de réductions et elle nécessite l'intervention de plusieurs enzymes synthétisées par des espèces différentes. Les Bactéries impliquées dans ce phénomène ne sont pas encore très bien connues si ce n'est celles appartenant au genre *Butyrivibrio*.
- **Autres espèces bactériennes sont aussi observées:** bactéries lactiques (ex: Propionobactéries).

b- Protozoaires

Les protozoaires ruminiaux (comme *Endotinium caudatum* ou *Epidinium ecaudatum*) sont des organismes eucaryotes unicellulaires microscopiques. Ils sont de taille variable, 20 à 100 fois plus grands que les bactéries mais 10^4 fois moins nombreux. Les protozoaires ciliés sont des organismes plus grands que les bactéries et représentent 10^6 organismes/ml de liquide ruminal, bien qu'ils pèsent jusqu'à 50 % de la biomasse microbienne totale. Ils ont diverses activités :

- Les protozoaires cellulolytiques et hémicellulolytiques digèrent les particules végétales.



- Différents protozoaires ont un rôle positif dans la dégradation de l'amidon (mais moins rapide que celui des bactéries).
- D'autres protozoaires peuvent consommer l'acide lactique, limitant ainsi les risques d'acidose. Certains types de protozoaires sont capables d'éliminer l'oxygène de telle sorte qu'ils ont un effet stabilisant sur l'anaérobiose.
- ❖ Cependant, la plupart d'entre eux dégradent les protéines très efficacement et libèrent de l'ammoniac. Ainsi, ils utilisent une partie des protéines qui représentent près de 25 % des protéines microbiennes disponibles pour l'animal. Les protozoaires ciliés produisent de grande quantité d'hydrogène, qui est un substrat pour les méthanogènes. Les espèces ciliées sont des prédateurs pour d'autres micro-organismes du rumen. En effet, une seule cellule protozoaire peut avaler jusqu'à plusieurs milliers de bactéries en une heure, de sorte qu'ils jouent un rôle très important dans la stabilité de la population microbienne du rumen.

c- Champignons :

- Les champignons du rumen représentent entre 8 et 10 % de la biomasse microbienne et sont strictement anaérobies. Ils appartiennent principalement aux genres *Neocallimastix*, *Piromyces* et *Caecomyces*.
- Ils jouent un rôle essentiel dans la digestion des fibres grâce à la production de rhizoïdes filamenteux qui envahissent les tissus végétaux et grâce à leurs activités enzymatiques fibrolytiques. Cette action physique sur la paroi des cellules végétales permet de faciliter la digestion de certains végétaux et aide à libérer des polysaccharides liés à la lignine permettant d'augmenter la concentration d'énergie digestible pour le microbiote du rumen.



d- Les Archées

- Au sein du microbiote ruminal, figurent également des Archées méthanogènes qui utilisent le dihydrogène produit par le métabolisme bactérien en conditions anaérobies pour réduire le dioxyde de carbone en méthane. Cette réaction est nécessaire car la présence en excès de dihydrogène inhiberait les fermentations et donc le fonctionnement du rumen.
- On observe les souches productrices de méthane (ex: *Methanobacterium formicicum*, *Methanobrevibacter ruminantium*).
- Dans le gros intestin ce sont principalement les bactéries acétogènes qui remplissent cette fonction.
- Les Archées ne participent pas directement à la digestion ruminale. Elles forment une population peu abondante et peu diversifiée et encore peu connue.

