

IV.6. Particularités digestifs chez les polygastriques « ruminants »

Les ruminants sont des mammifères ongulés qui régurgitent et mastiquent plusieurs fois leur nourriture après l'avoir avalée. Parmi les herbivores, ils sont les plus performants pour tirer profit de l'énergie fixée par les végétaux grâce à une communauté microbienne extrêmement abondante et diversifiées qu'ils hébergent dans leur rumen.

Outre leur façon particulière de ruminer, ce qui caractérise les ruminants, c'est une organisation très particulière de l'estomac, avec en particulier un développement très important des pré-estomacs, qui n'existent pas chez les autres mammifères, et qui se situent avant la caillette. Cette dernière a la même structure et les mêmes fonctions que l'estomac des autres espèces.

IV.6.1. Les pré-estomacs des ruminants

L'estomac des ruminants est composé de quatre poches : la panse, le bonnet, le feuillet et la caillette. Cet ensemble est très volumineux et occupe les 2/3 de la cavité abdominale.

IV.6.1.1. Le rumen (panse)

Ce réservoir très volumineux (90% du volume du pré-estomac) est logé dans la partie gauche de l'abdomen. Il est bilobé et possède deux orifices (figure 11): le cardia raccordé à l'œsophage et le col de la panse qui s'ouvre sur le réseau. Il offre un milieu idéal à la prolifération intense et variée des micro-organismes grâce aux conditions regroupées dans le bio-fermenteur naturel.

IV.6.1.2. Réseau (réticulum ou bonnet)

Le plus antérieur et le plus petit, doit son nom à sa muqueuse réticulée et parsemée de papilles absorbantes (figure 11). Le réseau possède une ouverture assez large sur le rumen. Les particules alimentaires qui franchissent l'orifice réticulo-omasal doivent avoir une taille moyenne inférieure ou égale à 1mm ; ils sont donc séquestrés tant qu'ils n'ont pas atteints cette taille minimale. Le réticulum assure la circulation des particules grâce à ses contractions ayant une fréquence de l'ordre d'une contraction par minute. Il assure également la motricité de l'ensemble des réservoirs gastriques et intervient dans la remontée du bol alimentaire lors de la rumination.

IV.6.1.3. Feuillet (*Omasum*)

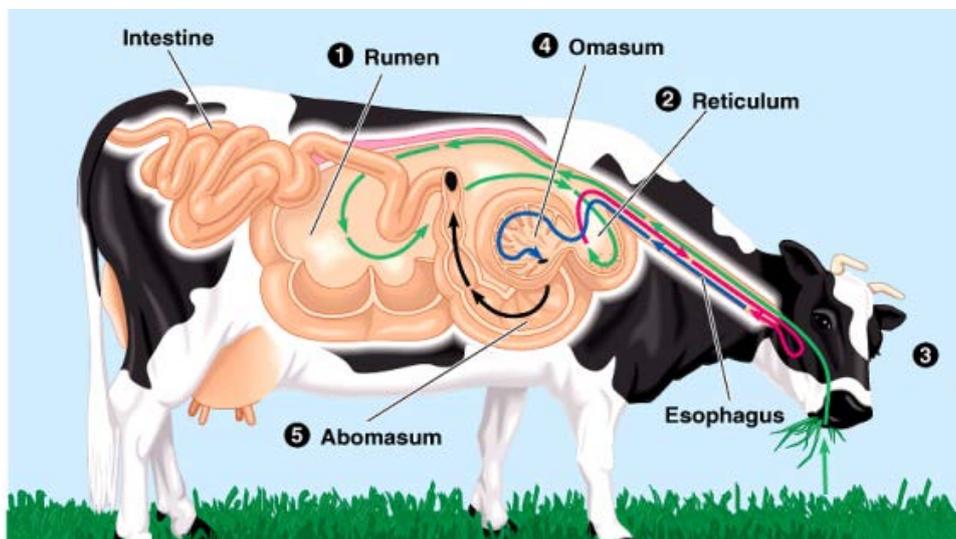
Organe ovoïde, presque entièrement occupé par des lames parallèles, de hauteurs inégales, disposées dans le sens du transit alimentaire (figure 11). Le feuillet communique en aval avec la caillette par un orifice large et dilatable. Il intervient dans la filtration et l'absorption importante de l'eau.

IV.6.1.4. La caillette (*Abomasum*)

C'est le seul réservoir sécrétoire de l'estomac des ruminants. Sa cavité est tapissée par une muqueuse glandulaire, analogue à celle des monogastriques toujours recouverte d'une couche de mucus (figure 11). C'est à ce niveau qu'a lieu la sécrétion de l'HCl et du pepsinogène. La caillette est l'organe dans lequel s'effectue la digestion des protéines ayant échappé à la fermentation ruminale ainsi que la majorité des lipides.

IV.6.1.5. L'intestin grêle : qui se subdivise en trois segments successifs : le duodénum avec son anse duodénale qui reçoit les sécrétions biliaires et pancréatiques, le jéjunum et l'iléon. L'intestin grêle constitue la portion la plus longue et la plus étroite du tractus digestif. C'est le principal organe de la digestion enzymatique et de l'absorption.

IV.6.1.6. Le gros intestin : qui se divise anatomiquement en trois zones : le cæcum, le colon et le rectum. Le gros intestin ne sécrète pas de sucs digestifs ; c'est le deuxième lieu de la fermentation microbienne après le réticulo-rumen.



Anatomie de l'appareil digestif bovin (Toutain, 2008)

IV.6.2. La digestion chez les ruminants

La digestion est réalisée grâce à des enzymes cellulolytiques que les micro-organismes du rumen, du réseau et du gros intestin peuvent sécréter. La présence de la dégradation microbienne dans les pré-estomacs avant la dégradation chimique par les sécrétions gastriques dans la caillette modifie fortement la digestion et l'utilisation des aliments par les ruminants par rapport aux monogastriques. A cet effet, la digestion met en jeu des phénomènes mécaniques, microbiens et chimiques

IV.6.2.1. Les phénomènes mécaniques : sont résumés en trois étapes majeurs

IV.6.2.1.1. Le broyage : par l'intervention de deux types de mastication :

- **La mastication ingestive** : cette mastication sert à la fragmentation des aliments mais de manière incomplète. Elle est réalisée grâce à des mouvements rapides des mâchoires (125 à 150 mouvements par minute chez les petits ruminants). Elle dure environ 8 heures par jour avec une mastication rapide au cours de laquelle les aliments s'entassent dans le rumen.

- **La mastication mérycique ou rumination** : c'est l'acte par lequel les aliments stockés dans le rumen et le réseau subissent une seconde mastication et une nouvelle insalivation. Elle est indispensable pour le bon déroulement des phénomènes biochimiques.

IV.6.2.2. La digestion microbienne

La population bactérienne du rumen est comprise entre 8×10^9 et 4×10^{10} /ml de contenu ruminal, elle constitue 50% de la biomasse microbienne et c'est la catégorie la plus complexe et la plus importante. Différentes espèces bactérienne sont présentes dans le rumen. Plus de 300 espèces bactériennes sont connues et sont généralement des anaérobies strictes non sporulées. Elles représentent la flore la plus performante pour digérer la cellulose des fourrages compte tenu de leur nombre dans le rumen. Les bactéries se fixent par leur glycocalyx aux fragments végétaux. L'attaque se fait par érosion des surfaces endommagées et la surface bactérienne s'enfonce alors dans la paroi végétale. En effet, sur les parois intactes, les différents polymères glucidiques ne peuvent pas se lier à la surface bactérienne en raison de leur faible concentration, de leur liaison avec d'autres composants ou de leur configuration stérique incompatible avec les polymères extrêmes de la surface bactérienne.

Les protozoaires sont des eucaryotes unicellulaires, mobiles grâce à leurs cils et leurs flagelles. Parmi les ciliés on distingue, les *holotriches qui* fermentent les sucres solubles, les fructosanes ainsi que les grains d'amidon de petite taille et ils stockent l'excédent sous forme d'amylopectine, et les *entodiniomorphes qui* participent également dans la dégradation de la cellulose, l'hémicellulose, et les substances pectiques. Les flagelés se trouvent en concentration plus faible, 10^3 à 10^4 cellule/ml. Ce sont des organismes pouvant ingérer des bactéries.

La stratégie d'attaque de tissus végétaux par les protozoaires est différente de celle des autres microorganismes du rumen. Les protozoaires ciliés entodiniomorphes possèdent l'essentiel des enzymes impliquées dans la cellulolyse. Ils ingèrent les fibres, les mettant ainsi en contact étroit avec les enzymes dans le sac digestif, puis ils les digèrent dans leurs vacuoles digestives.

Les champignons du rumen sont anaérobies stricts et se fixent sur les particules végétales et les crampons appelés rhizoïdes. Ils représentent 8% de la biomasse microbienne total du rumen. Tous les champignons sont presque des cellulolytiques et leurs cellulases sont les plus

actives. Ils peuvent utiliser plusieurs variétés de glucide autant que source d'énergie, comme la cellulose, le cellobiose et le maltose. Certaines souches peuvent même utiliser l'amidon.

IV.6.2.3. Les phénomènes chimiques

Les principaux phénomènes chimiques sont dus à des sécrétions digestives. Ces sécrétions contiennent d'une part des enzymes intestinales (pepsine, amylase pancréatique, lipase, trypsine, protéase, nucléase,...), d'autre part des substances non enzymatiques: acide chlorhydrique de la caillette, la bile et le mucus produit en différents segments du tube digestif (caillette, intestin).

L'intérêt de ces phénomènes (mécaniques, microbiens et chimiques) est la dégradation et la transformation des aliments aux nutriments simples facilement utilisable par l'hôte et les microorganismes.

IV.6.3. Digestion dans le rumen-réseau

IV.6.3.1. Digestion des glucides

Grâce à un extraordinaire équipement enzymatique, la population microbienne (cellulase, hémicellulase, des pectinases, des amylases...) du rumen-réseau hydrolyse tous les glucides en oses (hexoses ou pentoses).

Les glucides solubles sont hydrolysés de manière très rapide et en totalité (amidon des céréales est dégradé à 90 - 95% dans le rumen par une amylase bactérienne). Les glucides pariétaux (cellulose, hémicelluloses et pectines) sont dégradés en oses. Les sucres libérés par hydrolyse vont être absorbés et ensuite fermentés en anaérobiose et les produits terminaux de cette fermentation sont,

-Les acides gras volatils (AGV): essentiellement l'acide acétique, l'acide propionique et l'acide butyrique, dont les proportions dépendent de la nature des glucides alimentaires.

-Le gaz carbonique et le méthane.

Les acides gras volatils, issus de la fermentation ruminale, sont absorbés dans le sang surtout à travers la paroi du rumen. Ils constituent la principale source d'énergie pour l'animal hôte puisqu'ils fournissent de 70 à 80% de l'énergie totale absorbée chez le ruminant. Par opposition, le monogastrique tire son énergie essentiellement du glucose et des lipides alimentaires absorbés au niveau de l'intestin grêle.

IV.6.3.2. Digestion des matières azotées

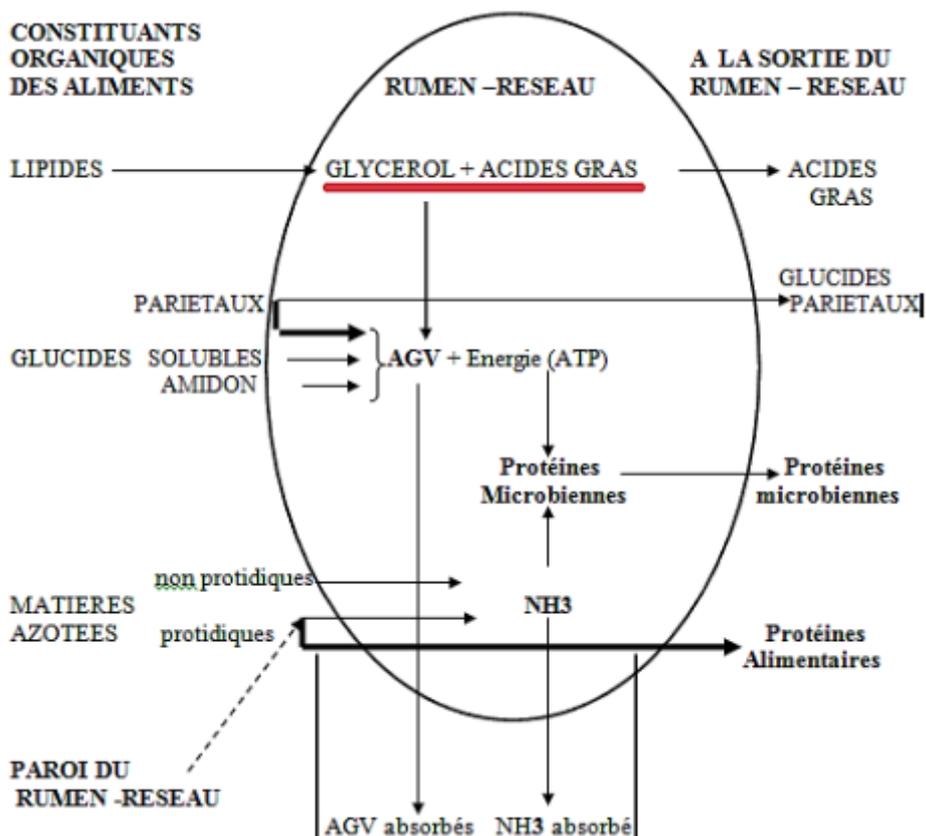
Les matières azotées alimentaires dans le rumen sont d'abord hydrolysées en peptides, puis acides aminés, ensuite sont désaminés en ammoniac « NH_3 », qui est le produit terminal de la protéolyse microbienne. La résistance à la dégradation ruminale varie fortement en fonction

de la nature de l'aliment. En général, les protéines des fourrages sont plus dégradées (60 à 80%) que celles des concentrés (20 à 60%). L'ammoniac formé est soit utilisé par la population microbienne, ou, passe vers le foie où il est convertit en urée. L'absorption de l'ammoniac est conditionnée par sa concentration dans le rumen (50 à 80 mg/ 100 ml de jus de rumen), et par le pH du rumen (pH élevé, absorption rapide).

Au niveau intestinal, en moyenne, 60% des acides aminés absorbés dans l'intestin grêle proviennent des bactéries ruminales, et les 40% qui restent sont les protéines alimentaires qui ont échappé à la dégradation ruminale. En général, plus de 80% des protéines qui arrivent dans l'intestin sont digérées; le reste passe dans les matières fécales.

IV.6.3.3. Digestion des lipides

La majorité des lipides alimentaires ne sont pas digérés, mais ils sont hydrolysés complètement et quasi totalement par des lipases extracellulaires secrétés par des souches bactériennes lipolytiques (comme *Anaerovibrio lipolytica*). Cette hydrolyse permet la libération de glycérol et des acides gras. Le glycérol fermenté rapidement en AGV principalement le propionate et le butyrate. Pour les acides gras, une partie est utilisée par les bactéries pour la synthèse des phospholipides de la membrane bactérienne. En plus, les bactéries hydrogénéisent les acides gras pour former des acides gras saturés. L'autre partie des acides gras semble être catabolisée et/ou absorbée à travers la paroi ruminale.



Dégradation des constituants organiques alimentaires dans le rumen-réseau (Gadoud et al., 1992).