

Chapitre 02 : Actions digestives des différentes espèces animales

Introduction

Substances complexes le plus souvent insoluble, les ALIMENTS ingérés ne peuvent, sous cette forme, être absorbés par le sang. Les actes de la digestion vont transformer ces substances en produits de composition plus simple, les NUTRIMENTS, qui seront absorbés par les muqueuses digestives. Cette simplification (dégradation) est réalisée par des processus qui se complètent :

- ✚ Mécaniques : broyage, ramollissement, brassage.
- ✚ Biologiques : fermentations microbiennes.
- ✚ Chimiques : action des diastases digestives

A. La dégradation mécanique des aliments

1. Chez les ruminants

a. Un broyage énergétique par 2 mastications :

- La première mastication est rapide : 70 à 90 mouvements par minute. Les aliments, peu divisés s'entassent dans la panse avec l'eau de boisson et la salive. La mastication est 2 fois plus rapides chez les petits ruminants (ovins et caprins) : 125 à 150 mouvements /min.
- La mastication mérycique (Rumination) : C'est l'acte par lequel les aliments sont ramenés du rumen dans la cavité buccale pour être soumis à une seconde mastication et une nouvelle insalivation avant de retourner dans la panse pour y fermenter. Sa durée est de 4 à 10 heures/j en 6 à 8 périodes de 40 à 50 min chacune.

I. Rôle de la rumination

Facilite beaucoup l'action des fermentation microbiennes et la digestion de tous les composés alimentaires, d'une part en brisant les membrane cellulaires, exposant ainsi leur contenu à l'action des diastases. D'autre part en provoquant une sécrétion intense de salive.

II. Déclenchement de la rumination

L'excitation servant de point de départ au réflexe de rumination est créé par des aliments grossiers au niveau de la gouttière œsophagienne et du réseau. La rugosité des aliments favorise donc le réflexe. Elle est soumise à certaines conditions :

Chapitre 02: Actions digestives des différentes espèces animales

- Le rumen doit être suffisamment rempli pour que la masse alimentaire soit au contact du cardia.
- La ration doit contenir des aliments grossiers agissent par leur rugosité sur les alvéoles du réseau.
- Les aliments doivent se trouver dans un milieu suffisamment liquide : une insalivation insuffisante inhibe la rumination.
- La rumination n'est possible que dans le repos, l'animal est couché pendant 80 à 90% du temps de rumination,
- Elle est inhibée par le mauvais état de santé. Mais certaines maladies chroniques comme la tuberculose ne s'entravent pas.

III. La durée totale de la mastication (ingestion + rumination)

Varie selon la teneur en fibres des aliments. Par Kg de MS le temps total de mastication est de:

- ❖ 5 à 10 min pour les aliments concentrés.
- ❖ 40 à 50 min pour un régime ensilage – concentré.
- ❖ 60 à 65 min pour un régime d'herbe feuillue
- ❖ 180 min pour un régime de paille de blé

b. Une insalivation abondante

La sécrétion salivaire des ruminants est très développée et continue : 100 à 200 litres/jour pour un gros bovin. La salive ne contient pas de ptyaline, diastase amylasique présente seulement chez l'homme. Elle contient de l'eau, du mucus, de l'urée, des bicarbonates et phosphates de sodium et de potassium, sels basiques servant à neutraliser les acides issus de fermentations microbiennes. C'est une solution tampon.

La salivation est variable selon la rugosité des aliments : la présence d'aliments grossiers dans le rumen excite la zone du cardia et provoque le réflexe de la salivation.

✚ La météorisation

Elle résulte de l'accumulation dans la panse de gaz qui ne peuvent s'évacuer. Elle est due souvent au manque de salivation à la suite de l'ingestion d'aliments très tendres. Le contenu du rumen est donc très visqueux, peu fluide, et les gaz de fermentation provoquent la formation de mousses qui obstruent le cardia : c'est « l'indigestion spumeuse ».

La distribution d'aliments grossiers favorise la salivation diminuant ainsi les risques de météorisation.

c. Un brassage prolongé

- ✓ Il est assuré par des contraction de la tunique musculaire du rumen qui qu'accélèrent pendant la mastication.
- ✓ Le réseau est parcouru par des contraction comparables à celles du rumen.
- ✓ Le feuillet se distend au cours des contractions du rumen.
- ✓ Les contractions de la caillette sont plus lentes et irrégulières.

2. Chez le cheval

✚ **La mastication** est plus complète que chez les ruminants, du fait l'absence de la rumination. Elle demanderait 40 min/kg de foin et représenterait 3000 coups de mâchoire en réduisent les particules à une taille inférieure à 1,6 mm, Par contre 10 min suffisent pour un kg de grain.

✚ **La sécrétion salivaire** est intermittente, au total, de 5 à 50 litres/jour selon les aliments qui sont plus ou moins aqueux.

✚ **Le brassage stomacal** est insignifiant, l'estomac se vide 2 à 3 fois au cours d'un repas. Par contre le brassage intestinal est prolongé (surtout dans le caecum).

3. Chez les volailles

✚ **Le ramollissement** intervient d'abord dans le jabot, dépourvu de glandes digestives, mais permettant l'humidification par l'eau de boisson, très peu par la salivation.

✚ **Le broyage**, n'intervient qu'après passage des aliments dans le ventricule succenturié et par malaxage dans le gésier en présence de graviers ingérés par l'oiseau.

B. La dégradation biologique des aliments

1. Une fonction digestive propre aux herbivores

L'originalité de la digestion chez les herbivores et particulièrement chez les ruminants, est la contribution que prennent à cette digestion une multitude de microorganisme vivant en symbiose. Chez les herbivores non ruminants (cheval, lapin) le rôle de l'estomac est tenu d'une manière moins efficace par le caecum et le colon, particulièrement développés.

2. Le milieu du rumen est stable

Cette stabilité physique et chimique est favorable à la vie des microorganismes. Le rumen leur offre les conditions idéales de développement :

- ✚ Température élevée : 39 à 40 °C,
- ✚ Milieu anaérobie : 60 à 70% de Co₂ et 25% de méthane CH₄.
- ✚ pH relativement constant : entre 6 à 7, les acides provenant de la digestion de la cellulose sont neutralisés par: les sels basiques de la salive et par l'ammoniac provenant de la dégradation microbienne des matières azotées.
- ✚ Une arrivée régulière de fourrage.
- ✚ Un brassage permanent.

Dans un tel milieu, la prolifération microbienne est intense.

3. Les microbes vivent en symbiose pour eux-mêmes, mais l'animal en tire profit.

3.1.L'animal héberge les microorganismes et favorise leurs trois actions :

- Les microorganismes sont des producteurs d'enzymes, ils hydrolysent les aliments.
- Des fermentations se produisent à partir des produits de l'hydrolyse. Elles aboutissent à 3 sortes de produits (énergie, gaz, AGV)
- Synthétisent des substances (leur propres substance, vitamine du groupe B....)

3.2.En échange l'animal tire parti de la présence des microbes :

- Il utilise les acides gras volatils.
- Il bénéficie de synthèse de vitamines B.
- Il digère la propre substance des microorganismes, constitué surtout de protéines « les protéines microbiennes ».

N,B: ces protéines microbiennes ont la grande supériorité d'être constituées de pratiquement tous les acides aminés indispensables à l'organisme.

- ❖ **L'éleveur ne doit jamais oublier qu'avant de nourrir l'animal, il nourrit la flore microbienne de celui-ci.**
- ❖ **Tout changement brusque d'alimentation, modifient les conditions de vie des microbes, perturbe leur multiplication et peut nuire à l'animal.**
- ❖ **En conséquence, les changements de régime doivent toujours être progressifs.**

4. Les phénomènes microbiens

Les phénomènes microbiens se déroulent principalement dans le réticulo-rumen et ultérieurement, mais à faible intensité, au niveau du gros intestin grâce à la présence d'une population microbienne hétérogène.

4.1.L'écosystème microbien

Cet écosystème est constitué essentiellement de populations : la microflore, les protozoaires et les champignons.

4.1.1. La microflore bactérienne

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 bactériennes sont présentes dans le rumen. Plus de 300 espèces bactériennes sont connues et sont généralement des anaérobies stricts.

Elles représentent la flore la plus performante pour digérer la cellulose des fourrages.

Classification selon leur fonction

- **Bactéries cellulolytique :** C'est le groupe des bactéries le plus important. Les principales bactéries cellulolytique sont: *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Bactéroides succinogènes*. Ces souches ruminales sont capables d'hydrolyser complètement la cellulose.
- **Bactéries amylolytiques :** Les espèces représentatives de ce groupe sont : *Selenomonas ruminantium* et *Streptococcus bovis*. Ces souches ruminales sont capables d'hydrolyser l'amidon
- **Bactéries méthanogènes :** Ce sont essentiellement *Methanobactérium ruminantium* et *M. mobile*. Elles produisent du méthane.
- **Bactéries pectinolytiques**
- **Bactéries protéolytiques**

4.1.2. Protozoaires

Ce sont des eucaryotes unicellulaires, mobiles grâce à leurs cils et leurs flagelles, pour ces dernières on va distinguer :

- **Protozoaires ciliés :** Ce sont les protozoaires les plus importants par leur nombre et leur influence sur la digestion. Leur concentration est de 10^5 à 10^8 cellules/ml et de taille de 50 à 300 μ m. Les protozoaires ciliés comprennent deux groupes :

Chapitre 02: Actions digestives des différentes espèces animales

- ✓ Les holotriches : ils fermentent les sucres solubles, les fructosanes ainsi que les grains d'amidon de petite taille
- ✓ Les entodiniomorphes : ils participent également dans la dégradation de la cellulose, l'hémicellulose, et les substances pectiques.
- **Protozoaires flagellés** : Leur concentration est plus faible, 10^3 à 10^4 cellule/ml. Bien que les protozoaires produisent des enzymes qui participent directement à la digestion, leur présence n'est pas indispensable à la vie des ruminants.

Le rôle de protozoaires

- La fonction cellulolytique a été observée chez plusieurs espèces de protozoaire cilié.
- Les activités hémicellulolytiques et pectinolytiques sont observées chez une dizaine d'espèce
- 10% de l'activité protéolytique et 30 à 40% de la fonction lipolytique sont assurées par les protozoaires ciliés.

4.1.3. Les champignons

Les champignons du rumen sont anaérobies stricts, ils représentent 8% de la biomasse microbienne total du rumen. *Neocallismatix frontalis*, *Piromonas communis*, sont les principales espèces connues. Tous les champignons sont presque des cellulolytiques et leurs cellulases sont les plus actives.

C. La dégradation chimique des aliments

Les aliments sont soumis à toute la série de diastases sécrétées par les glandes digestives et pour les ruminants, par les microorganismes du rumen. Deux milieux de pH différents vont donner lieu à différentes dégradations chimiques : Le milieu gastrique et Le milieu intestinal

1. La digestion gastrique s'effectue en milieu acide

Les glandes gastriques secrètent :

- La pepsine, diastase dégradant les protéines en polypeptides.
- Chez le veau, la présure, chargée de coaguler la caséine du lait et la catheptase, chargée de liquéfier ce coagulum avant son attaque par la pepsine.

2. La digestion intestinale s'effectue en milieu acide est plus complète

Deux séries de diastases agissent sur le chyme stomacal, contenu intestinal pénétrant dans l'intestin et s'y trouvant neutralisé par la bile, fortement basique :

Chapitre 02: Actions digestives des différentes espèces animales

a) Les diastases du suc pancréatique :

- Une amylase et une maltase, hydrolysant l'amidon en maltose et le maltose en glucose.
- Une lipase, hydrolysant les lipides.
- La trypsine, hydrolysant les polypeptides en acides aminés.

b) Les diastases du suc intestinal :

- Une saccharase et une lactase, hydrolysant le saccharose et le lactose en glucose et galactose,
- Une amylase et un maltose.
- Une lipase, hydrolysant les lipides.
- L'érepsine, hydrolysant les polypeptides en acides aminés.

Particularités chez le veau.....

- L'intestin du veau nouveau-né ne commence à sécréter des sucs digestifs que 24 à 65h après sa naissance.
- Dans les premiers heurs donc certaines protéines peuvent être absorbées sans digestion intestinales. C'est le cas des globulines immunisantes contenus dans le colostrum.
- La digestion de l'amidon par l'intestin ne s'installe, chez le veau qu'aux environs de 5 semaines; pour cette raison l'incorporation de farine au lait est à proscrire avant cette âge

Les effets des dégradations mécaniques, biologiques et chimiques des aliments

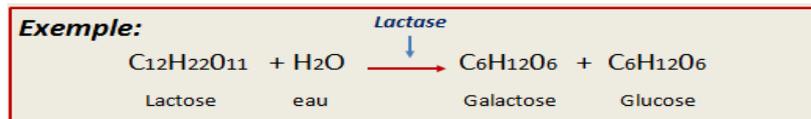
A. Digestion de la matière organique

1. Digestion des glucides

1.1. La digestion des sucres solubles

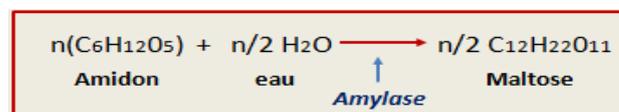
a. **Chez les ruminants** : Ces glucides solubles (*glucose, fructose, saccharose...*) diffusent très vite dans le liquide du rumen et sont utilisés rapidement et en totalité par les microbes auxquels ils apportent de l'énergie rapidement disponible. Il disparaît donc très vite du contenu du rumen.

b. **Chez les autres animaux** : Seuls les sucres en C6, qu'il soit libre dans les aliments ou qu'ils proviennent de sucres en C12, sont assimilables au niveau de l'intestin grêle. Les sucres en C12 (*saccharose, maltose, lactose...*) sont facilement hydrolysés.



1.2. La digestion de l'amidon

a. **Chez les non ruminants** : L'amidon représente 40 à 75% des céréales. La salive des animaux d'élevage ne contient pas de ptyaline. La digestion de l'amidon se fait donc pour les non ruminants dans l'intestin sous l'effet des sucs pancréatique et intestinal. L'amidon est transformé en maltose et le maltose en glucose.



b. **Chez les ruminants**, la digestion de l'amidon se fait surtout dans le rumen. Les amylases microbiennes l'hydrolysent en glucose. Ce dernier aura 2 destinations :

1. Les fermentations, avec formation d'AGV, d'énergie disponibles pour les microbes (ATP) et de chaleur.
2. L'absorption de ce qui reste de glucose dans l'intestin.

1.3. La digestion de cellulose

Aucune diastase digestive n'est capable d'hydrolyser la cellulose. Par contre les cellulases secrétées par les bactéries cellulolytiques attaquent ces glucides pariétaux, les réduisant en glucose et pentose. Ces sucres simples sont alors l'objet de fermentations, qui aboutissent à:

- Production d'énergie (ATP).
- Production de gaz (CH₄ et CO₂)
- Production d'acides gras volatiles (AGV).

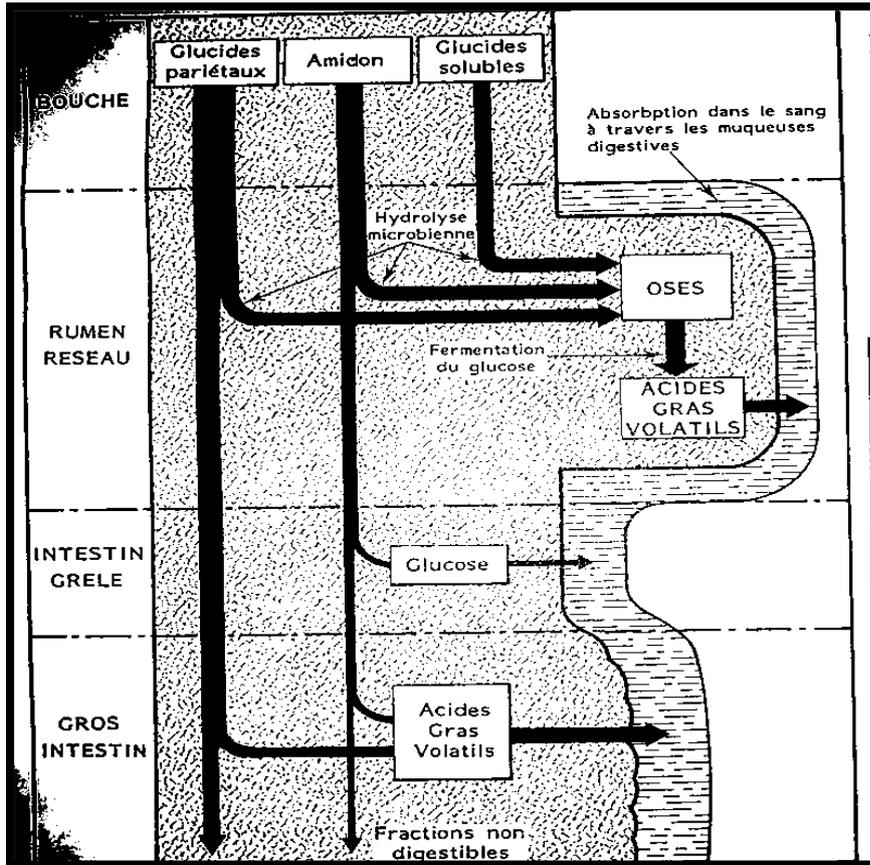


Figure n°01 : la digestion des glucides et l'absorption des produits obtenus.

✚ La digestion des glucides par les ruminants : Avec des régimes habituels, au pH 6,5, la proportion des acides gras volatiles d'environ:

- 70% acide acétique (C₂)
- 15 à 20% d'acide propionique (C₃)
- 10 à 15% d'acide butyrique (C₄).

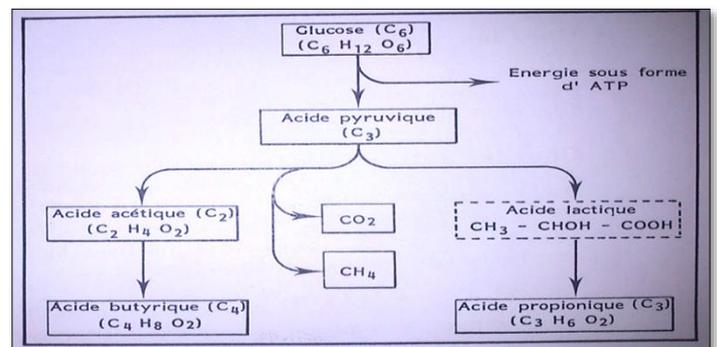


Figure n°02 : La fermentation du glucose dans le rumen, et la synthèse des acides gras volatiles.

Les fermentations sont très variables :

Les proportions d'acides gras volatils sont très variables. Ces proportions dépendent de la vitesse de fermentation et du pH, lui-même fonction de la composition de la ration.

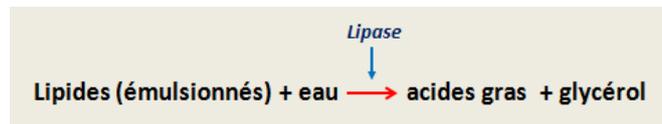
1. Quand les fourrages constituent l'essentiel de la ration, le taux d'acide acétique est d'autant plus élevé que la digestibilité est plus faible. Les taux d'acides propioniques et butyrique diminuent.

2. Quand la ration est riche en aliments concentrés, L'apport élevé d'amidon rapidement fermenté abaisse le pH, qui devient pathologique si l'acide lactique s'accumule (acidose). Cet abaissement du pH fait diminuer le taux d'acide acétique au profit des acides propionique et butyrique qui peuvent baisser à leur tour si le pH devient trop faible.

3. Avec les rations riches en glucides solubles, Comme le saccharose des betteraves fourragères, c'est l'acide butyrique qui est favorisé, alors que diminue l'acide acétique. Cette orientation butyrique favorise la synthèse des matières grasses du lait, qui au contraire est réduite par l'orientation propionique des rations à base d'amidon.

2. La digestion des lipides

- *Chez les non ruminants*, les lipides sont émulsionnés par la bile et hydrolysés en glycérol et acides gras par le suc pancréatique et le suc intestinal :



- *Chez les ruminants*, Les lipides en général, faiblement présents dans la ration, sont surtout constitués d'acides gras en C18 non saturés,

- Linoléique dans les fourrages,
- Linoléiques dans les graines.

Les microbes du rumen en incorporent une partie dans leurs lipides et les transforment aussi en acide stéarique (C18 saturé), qui sera digéré dans l'intestin.

3. La digestion des matières azotées

- *Chez les volailles* : Sans fermentations microbiennes intestinales importantes, seules les matières azotées protéiques sont utilisées. Les protéines sont décomposées

- En polypeptides par le suc gastrique
- Et en acides aminés par les sucs intestinal et pancréatique



• **Chez les ruminants :** Le rumen (cuve de fermentation) est un lieu de dégradation des matières azotées, et de synthèses microbiennes :

- Un lieu de dégradation : la protéolyse microbienne.
- Un lieu de synthèse : la protéosynthèse microbienne.

1. Un lieu de dégradation : la protéolyse microbienne :

La quasi-totalité des matières azotées non protéiques (*amides, amines, bases azotées*) et une partie des matières azotées protéiques (*les acides aminés libres, les peptides et polypeptides*) sont dégradés rapidement en ammoniac NH₃ par les enzymes de la microflore.

Les protéines peuvent aussi subir cette protéolyse, mais pas toutes.

2. Un lieu de synthèse : la protéosynthèse microbienne :

A partir des éléments carbonés (C, H, O) provenant des glucides et de la dégradation des matières azotées et l'ammoniac (NH₃), Les microorganismes synthétisent leurs propres protéines.

L'ammoniac en excès est absorbé à travers les parois de tout le tube digestif (rumen et intestin), avec 2 destinations :

- Une partie, recyclée dans la salive, retournera au tube digestif
- Une autre partie est transformée en urée par le foie puis éliminée par les reins dans l'urine.

A la sortie du rumen-réseau-feuillet, le contenu de la panse trouve les mêmes enzymes gastriques et intestinales que celles des monogastriques.

- Pepsine gastrique
- Trypsine pancréatique
- Érepsine intestinale

Ces enzymes transforment en polypeptides puis en acides aminées l'ensemble protéique constitué :

- Des protéines alimentaires non décomposées par la microflore du rumen
- Des protéines microbiennes.

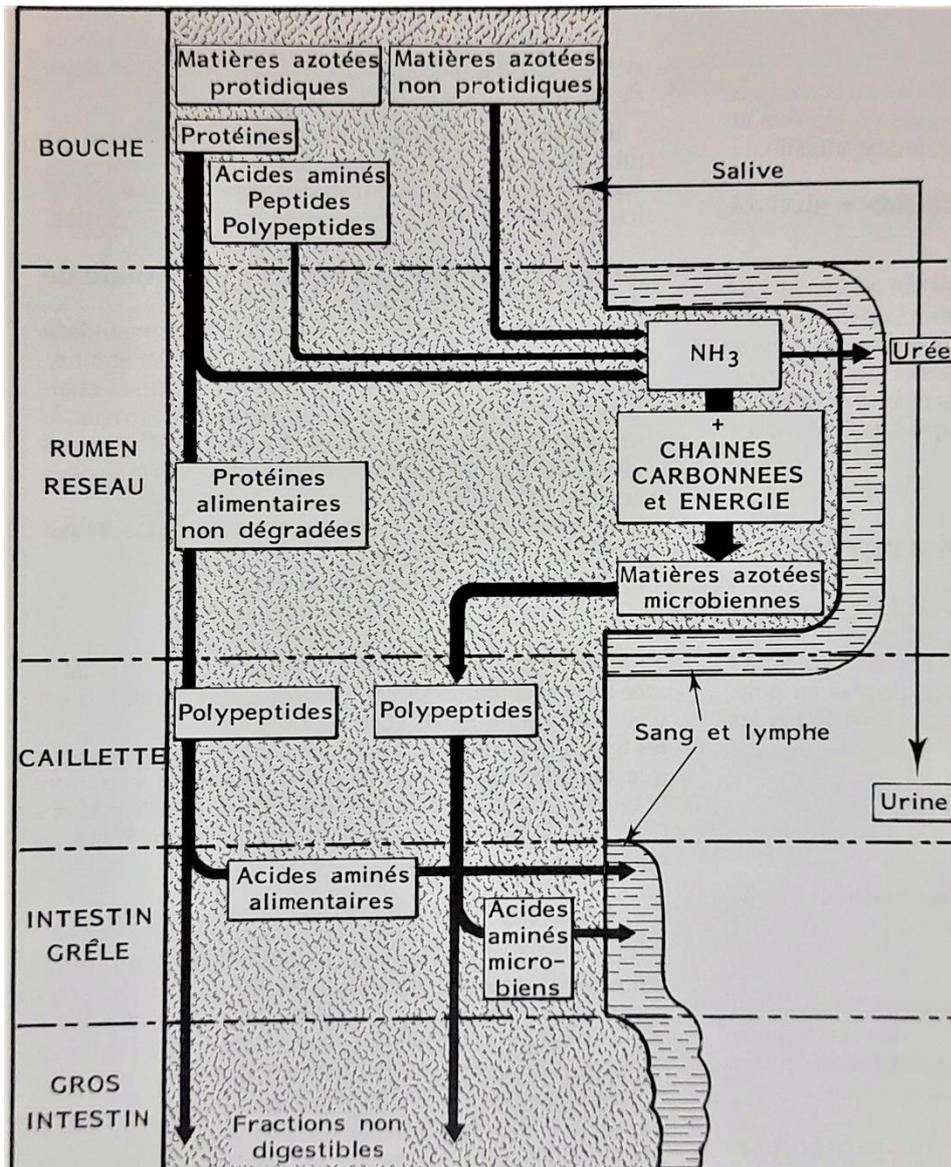


Figure n° 03 : la digestion des matières azotées et l'absorption des produits obtenus

- *Chez les chevaux*

Le mécanisme "protéolyse microbienne-protéosynthèse" se passe en aval des sucs digestifs (au niveau intestinal). Il y a bien dans l'intestin des synthèses de protéines microbiennes, mais ces protéines sont peu utilisées par le cheval.

C'est pour cette raison les équidés exigent davantage que les bovins des protéines alimentaires de bonne valeur biologique (c'est à dire contenant des acides aminés indispensables), surtout en périodes de protéosynthèses intenses comme la lactation et la croissance.

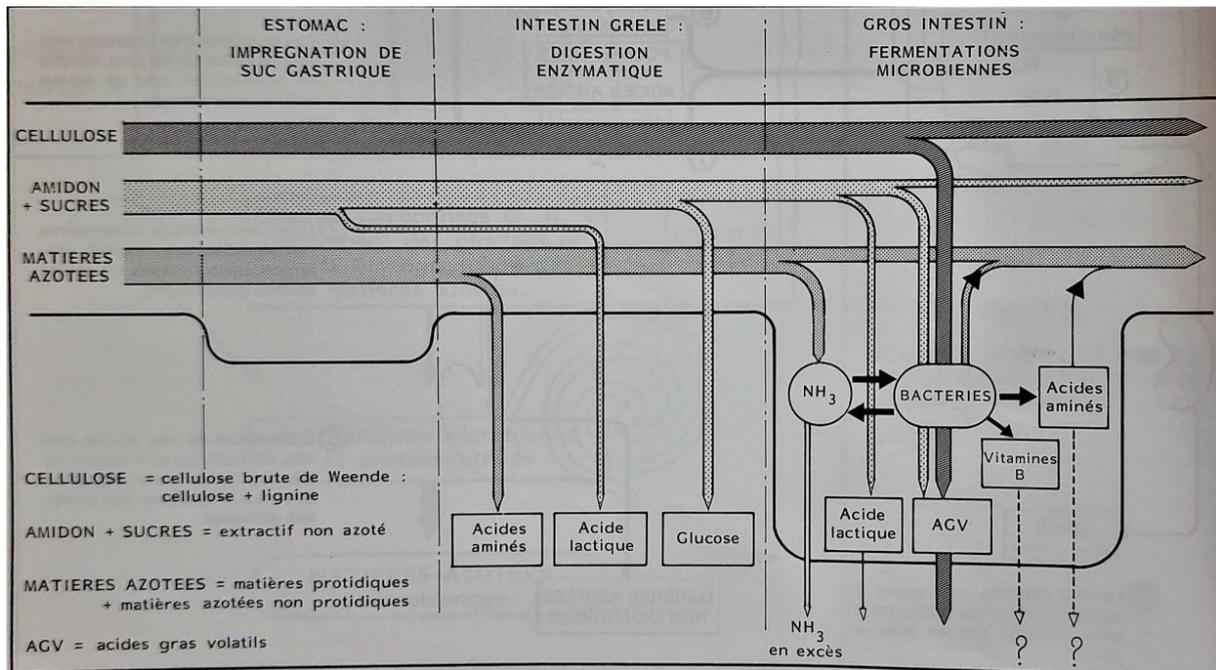


Figure n° 04 : la digestion et l'absorption chez le cheval

- **Chez les lapins**

- Comme chez les équidés, une synthèse de protéines microbiennes a lieu dans leur intestin, lieu d'attaque de la cellulose.
- Un curieux mécanisme permet au lapin récupérer ces protéines microbiennes et les vitamines B : "la caecotrophie".
- Les "caecotrophes" ou "crottes molles" ne sont pas des excréments mais des boulettes formées dans le caecum, rejetées à certaines heures par l'anus du lapin, qui va les ingérer par la suite.
- Le second passage dans le tube digestif permet la digestion des protéines microbiennes et l'assimilation des vitamines B.

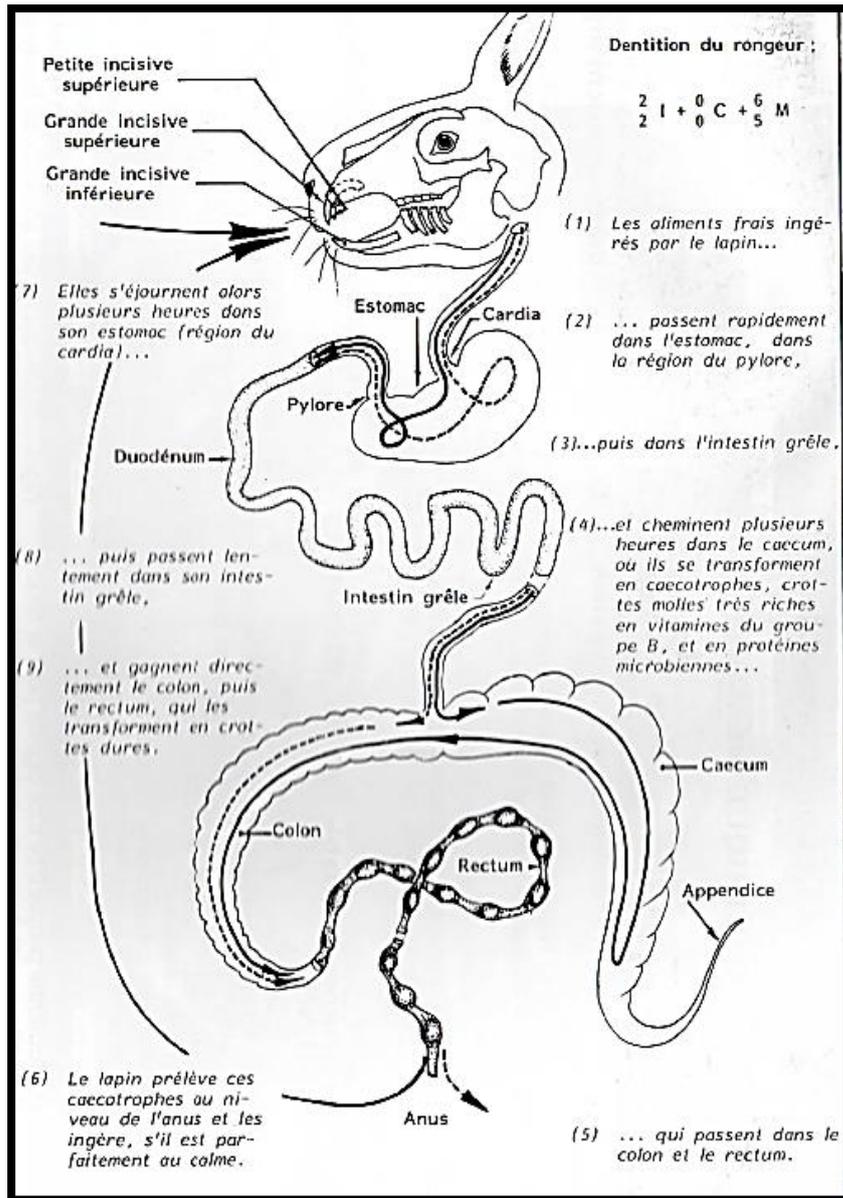


Figure n° 05 : Le mécanisme de la caecotrophie chez le lapin

B. Absorption des produits de la digestion

A la fin de la digestion, le contenu digestif se réduit aux substances suivantes, provenant des aliments et des corps microbiens :

- **Des nutriments :** De l'eau, des vitamines, des sels minéraux, Des sucres simples (en C6), glucose, galactose... Acides gras, volatils ou à nombre de C élevé, et du glycérol. Des acides aminés
- **Les excréments,** les produits non digérés.

2. *Chez les chevaux*

- **La muqueuse du gros intestin, absorbe les AGV** provenant de la fermentation intestinale de la cellulose.
- On suppose aussi qu'elle absorbe **une partie des acides aminés et des vitamines B** provenant de la dégradation d'une partie des bactéries issues de cette fermentation.