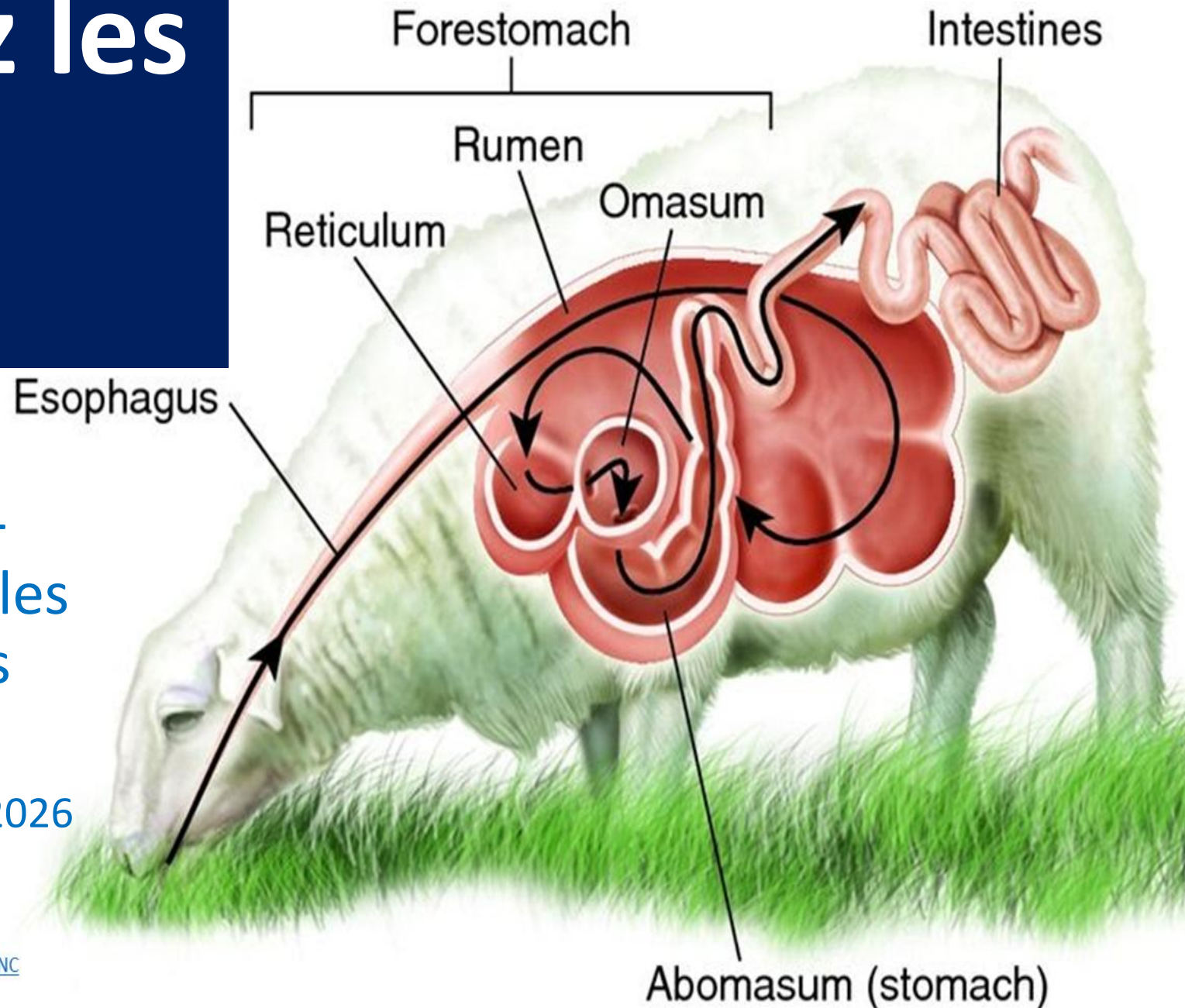


# Digestion chez les ruminants

Digestion dans le rumen – réseau, feuillet, caillette et les phénomènes fermentaires

Dahmani Ali, MCA, univ. Médéa.2025- 2026



# 1. Digestion dans le rumen – réseau (réticulum) et les phénomènes fermentaires.

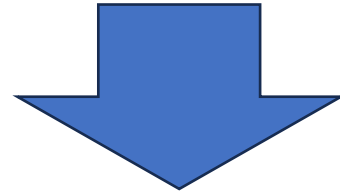
- - Le milieu ruminal
- - La dégradation des glucides et la formation des acides gras volatils
- - La dégradation des matières azotées
- - La dégradation des lipides
- - Bilan de la digestion dans le rumen - réseau (réticulum).

## • 2. Digestion après le rumen – réseau (réticulum).

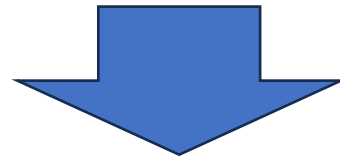
- - Dans le feuillet(omasum)
- - Dans la caillette (abomasum) et l'intestin
- - Dans le gros intestin.

# SCHÉMA DU PROCESSUS DIGESTIF CHEZ LE RUMINANT

- **1.LA BOUCHE** : Préhension, Mastication, Malaxage (salive), Ingestion-Absorption.
- Organes : la langue, les Dents et Glandes salivaires.

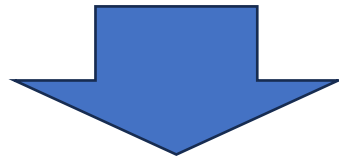


- **2. L'ŒSOPHAGE / CARDIA** : Transport de l'aliment vers Rumen par un mouvement de péristaltisme



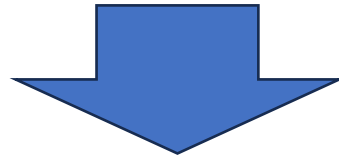
- **3. LE RUMEN (Panse) & LE RÉSEAU (Bonnet)(réticulum)**
- C'est ici que se produit la fermentation microbienne: Humidité 80%, (abreuvement ), Stagnation (24h à 48h), pH (6,2 à 6,8), Température (39,5°C). Anaérobiose ,





- 4. FEUILLET (Omasum)

Action : Essorage du chyme.: Absorption : Les parois absorbent l'eau et les acides aminés, les vitamines et les sels minéraux qui y sont dissout.



- 5. CAILLETTE (Abomasum - Vrai estomac)

Action : Digestion enzymatique. Milieu : Très acide (Acide chlorhydrique + enzymes).



- 6. INTESTINS

- Action : Digestion finale et absorption des nutriments.

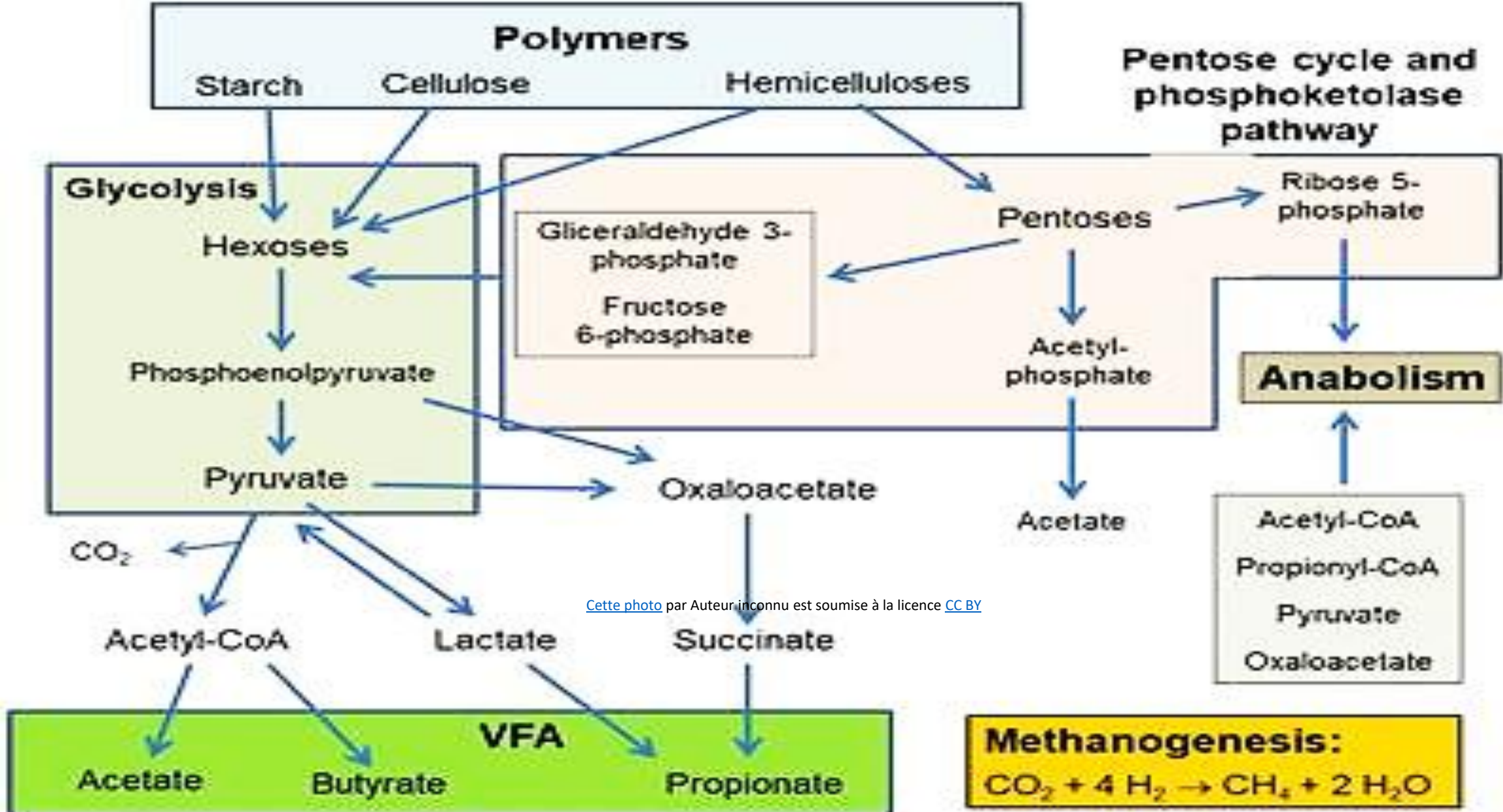
- \* Apports externes : \* Vésicule biliaire (Sels biliaires) + ( enzymes pancréatiques)

## 7. ÉVACUATION (Déchets non digérés a traves l'anus)

### Résumé des étapes clés :

- Fermentation : Dans le complexe Rumen/Réseau.
- Absorption hydrique : Dans le Feuillet par essorage.
- Digestion chimique : Dans la Caillette (équivalent de l'estomac humain).
- Digestion finale : Dans l'intestin grâce au foie (bile) et au pancréas.

# Dégradation des sucres



# 1. Digestion dans le rumen - réseau et les phénomènes fermentaires

- La digestion chez les ruminants est un processus unique caractérisé par un estomac divisé en quatre compartiments distincts qui permettent de dégrader efficacement les fibres végétales (cellulose).

Le processus de digestion se fait en 4 étapes:

1ère étape \_Rumen-

2ème étape \_Réseau

3ème étape \_Feuillet-

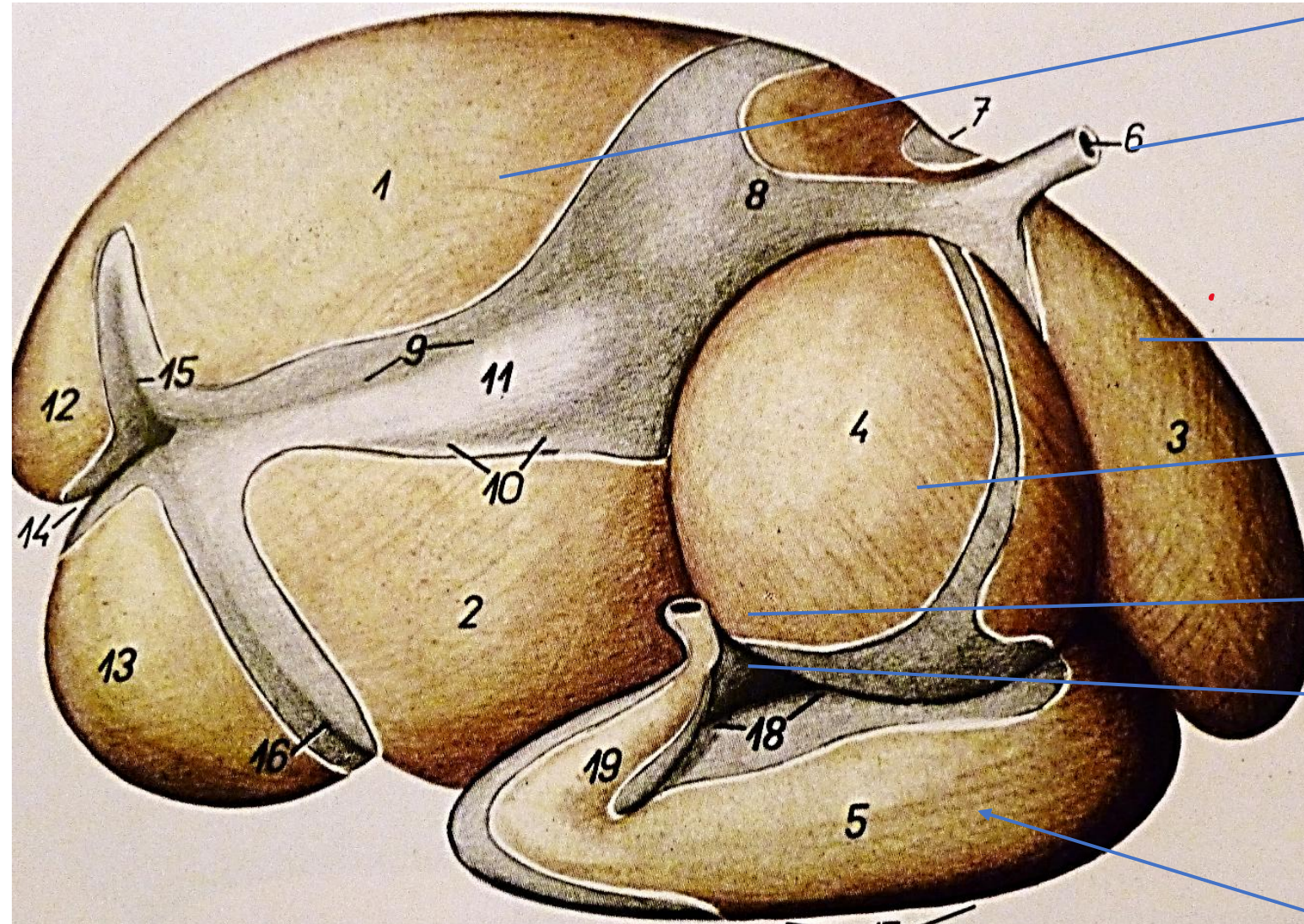
4ème étape \_caillette

Le système fonctionne comme une véritable usine de fermentation et de filtrage :

Le Rumen (ou Panse) : C'est le compartiment le plus volumineux.

L'herbe(foin, paille) avalée y subit une fermentation anaérobie grâce à des milliards bactéries, protozoaires qui transforment les glucides en acides gras volatils (AGV), principale source d'énergie de l'animal.

# ANATOMY OF THE BOVINE RUMEN (right side view)



• Dorsal lobe of the Rumen

Œsophagus (cardia)

Réseau (Réticulum)

feuillet (omasum)

Pylore (pylorus)

Sphincter pylorique

Abomasum

- Le Réticulum (réseau, Bonnet) : Il agit comme un filtre ou un tamis. Il sépare les particules fines des particules grossières.
- particules grossières sont renvoyées vers la bouche pour être remastiquées cette opération s'appelle : la **rumination**.
- L'Omasum (ou Feuillet) : Une fois les aliments finement broyés et de retour dans le rumen ils passent dans le feuillet qui assure un rôle d'essorage en absorbant l'eau et les minéraux de la bouillie alimentaire.



Feuillet (Omasum)

Caillette (Abomasum)

œsophage (cardia)

Réseau (Réticulum),

gouttière œsophagienne,

rumen,

piliers du rumen



- L'Abomasum (ou Caillette) :
- C'est le "vrai" estomac, comparable à celui des humains.

Des sucs gastriques acides (Hcl) et des enzymes digèrent les protéines, y compris les bactéries provenant du rumen, avant que les nutriments ne passent dans l'intestin grêle.

- **Points clés de la rumination**
- Durée de rumination : est de 6 à 8 heures par jour à ruminer.
- Salivation : La production de salive : (jusqu'à 180 litres par jour chez la vache) est essentielle pour maintenir le pH du rumen.
- Émissions de gaz: La fermentation produit des gaz, notamment du méthane (CH<sub>4</sub>), et du Co<sub>2</sub> que l'animal évacue par éructation.

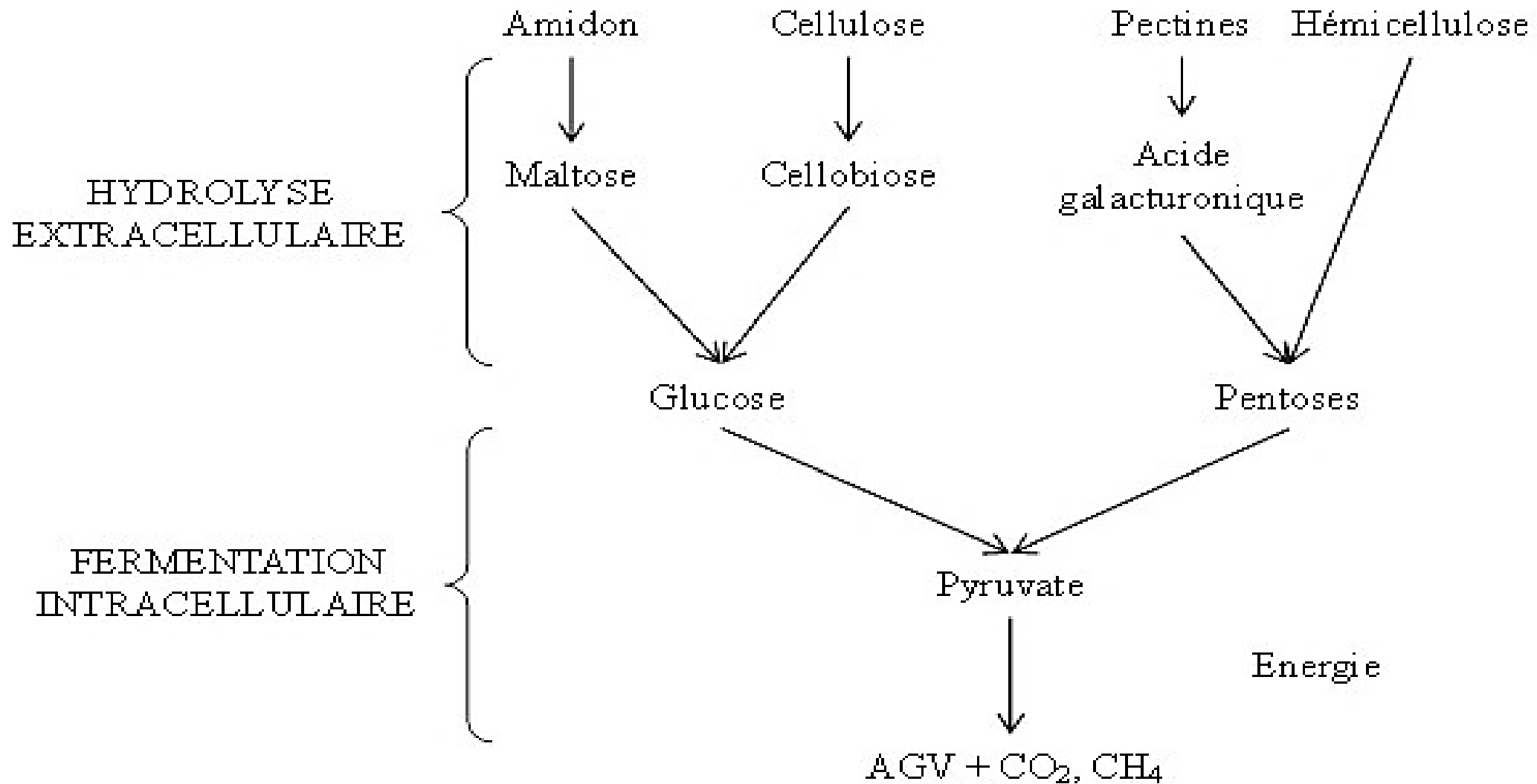
# Le milieu ruminal

- Processus de rumination
- La **rumination** est le processus de **régurgitation** et de **remastication** des aliments pour les **broyer finement**, ce qui est crucial pour une digestion efficace des fibres végétales. Les animaux passent de longues heures à ruminer et produisent de **grandes quantités de salive** pour maintenir le pH du rumen.

- Les ruminants ne produisent pas d'enzymes capables de décomposer la cellulose mais ils s'appuient sur un écosystème microbien complexe dans leur rumen :
- **Bactéries** plus nombreuses , jouent le rôle principal dans la dégradation de la cellulose. Les espèces clés incluent Fibrobacter succinogenes et Ruminococcus spp..
- **Protozoaires** : Ces organismes ingèrent également l'amidon, les bactéries et les particules de cellulose, aidant à réguler la vitesse de fermentation.
- **Champignons** : Strictement anaérobies, ils contribuent également à décomposer les fibres végétales.
- **Archées méthanogènes** : Ces micro-organismes produisent du méthane dans le rumen.
- Cet écosystème exige:
  - un environnement chaud,
  - humide et
  - anaérobie,
  - avec un Ph (6,2 - 6,7) idéal pour la fermentation.
- Ces microbes fournissent non seulement l'énergie principale (acides gras volatils) à l'animal, mais synthétisent également des protéines, des vitamines B et de la vitamine K.

# Processus de fermentation dans le rumen

- La dégradation des glucides et la formation des acides gras volatils (AGV) dans le rumen se fait par un processus de fermentation microbienne en anaérobiose intense.
- Les glucides ingérés (cellulose, amidon, sucres) sont décomposés par les milliards de micro-organismes présents dans le rumen (bactéries, protozoaires, champignons) :
- Fermentation en absence d'oxygène, produit des glucides, en libérant des sous-produits : l'**hydrogène (H<sub>2</sub>)**, le **dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**, et le **méthane (CH<sub>4</sub>)**.
- Production d'Acides Gras Volatils (AGV) : C'est le produit final majeur de cette fermentation. Les principaux AGV formés sont:
  - (l'**acétate**, le **propionate** et le **butyrate** )
- Ces AGV sont absorbés à travers la paroi du rumen et arrivent dans la circulation sanguine.



La fermentation des glucides par les bactéries ruminales

# Proportions d'Acides Gras Volatils (AGV)

- Les acides gras volatils (**acétate, propionate, butyrate**) sont les principaux produits terminaux de la fermentation des glucides dans le rumen.
- Leurs proportions varient en fonction du régime alimentaire de l'animal

# En conclusion: Détails du flux digestif

## BOUCHE

- **Mastication, (Rumination) & Salivation : broyage et malaxage des aliments avec la salive; Début de la dégradation mécanique et un peu enzymatique .**

## ŒSOPHAGE / CARDIA

- **Transport : Passage de l'aliment mastiqué (bol alimentaire) et malaxé vers les pré-estomacs.**

RUMEN & RÉSEAU **Brassage & Fermentation : Mélange avec l'eau d'abreuvement.**

## Conditions optimales :

- **Stagnation Durée : 24 à 48 heures.**
- **pH : 6,2 à 6,8.**
- **Température : 39,5 °C.**
- **Humidité 80%**
- **Anaérobiose stricte**

## FEUILLET (Omasum)

- **Essorage du chyme : Absorption du jus et Récupération des acides aminés, vitamines et sels minéraux à travers les parois.**

## CAILLETTE (Abomasum)

- **Digestion enzymatique : Milieu riche en Acide Chlorhydrique. Destruction des germes de la microflore du rumen, puis une Digestion chimique et enzymatique comparable à l'estomac humain. A travers le sphincter pylorique, le chyme alimentaire est poussé au niveau de la portion du duodénum,**

## INTESTINS

- **A ce niveau là , se déversent les enzymes de la vésicule biliaire (foie) et du pancréas. Donc on assiste à une Finalisation de digestion**
- **Résultat : Absorption finale des nutriments restants et de l'eau en plus de la récupération de l'acide chloridrique par le sang de l'animal ,**
- **Gros intestin et colon : finalisation de la digestion par fermentation microbienne pour arriver au bout de cette digestion**

Type de régime	acétate	Propionate	Butyrate
Régime riche en fibres (fourrages, herbe)	Élevé (60-70%)	Moyen (15-20%)	Moyen (10 -15
Régime riche en céréales (amidon)	Moyen (env. 40-50%)	Élevé (env. 30-40%) )	Moyen (env. 10-15%)

Acétate et Butyrate : Leur production tend à favoriser la production du méthane dans le rumen.

L'acétate est la principale source de carbone pour la synthèse des graisses corporelles et du lait chez les ruminants.

Propionate : Sa formation constitue une voie alternative d'utilisation de l'hydrogène, ce qui réduit indirectement la production de méthane. Il est un précurseur important du glucose

# Rôle du pH ruminal

- Le pH du rumen est un facteur critique qui influence directement l'efficacité de la digestion microbienne :
- Le pH idéal : Un pH ruminal optimal se situe généralement entre **6,2 et 6,8** pour favoriser les bactéries qui digèrent efficacement les fibres (cellulose).

## Acidose ruminale

Si le pH descend :

- en dessous de 5,5 = acidose subclinique,
- en dessous de 5,0 = acidose aiguë, généralement mortelle pour l'animal avec perturbation de la microflore ruminale

Dans l'acidose subclinique (chronique) les bactéries qui digèrent les fibres sont inhibées, tandis que d'autres bactéries productrices d'acide lactique prolifèrent, créant un cercle vicieux. Cela peut nuire à la santé de l'animal et à sa production de lait

# Dégradation des matières azoté

- La dégradation des matières azotées, comme les protéines, se fait par protéolyse (enzymes) en acides aminés, puis
- par désamination libérant de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ),
- qui est transformé en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).
- Dans la nature, des micro-organismes (bactéries, champignons) minéralisent cet azote en ammoniac,
- puis le cycle de l'azote continue par nitrification (ammoniac  $\rightarrow$  nitrites  $\rightarrow$  nitrates) ou dénitrification (nitrates  $\rightarrow$  azote gazeux),
- Ce processus est essentiel pour les plantes et l'environnement.

# Dégradation des protéines (chez les animaux)

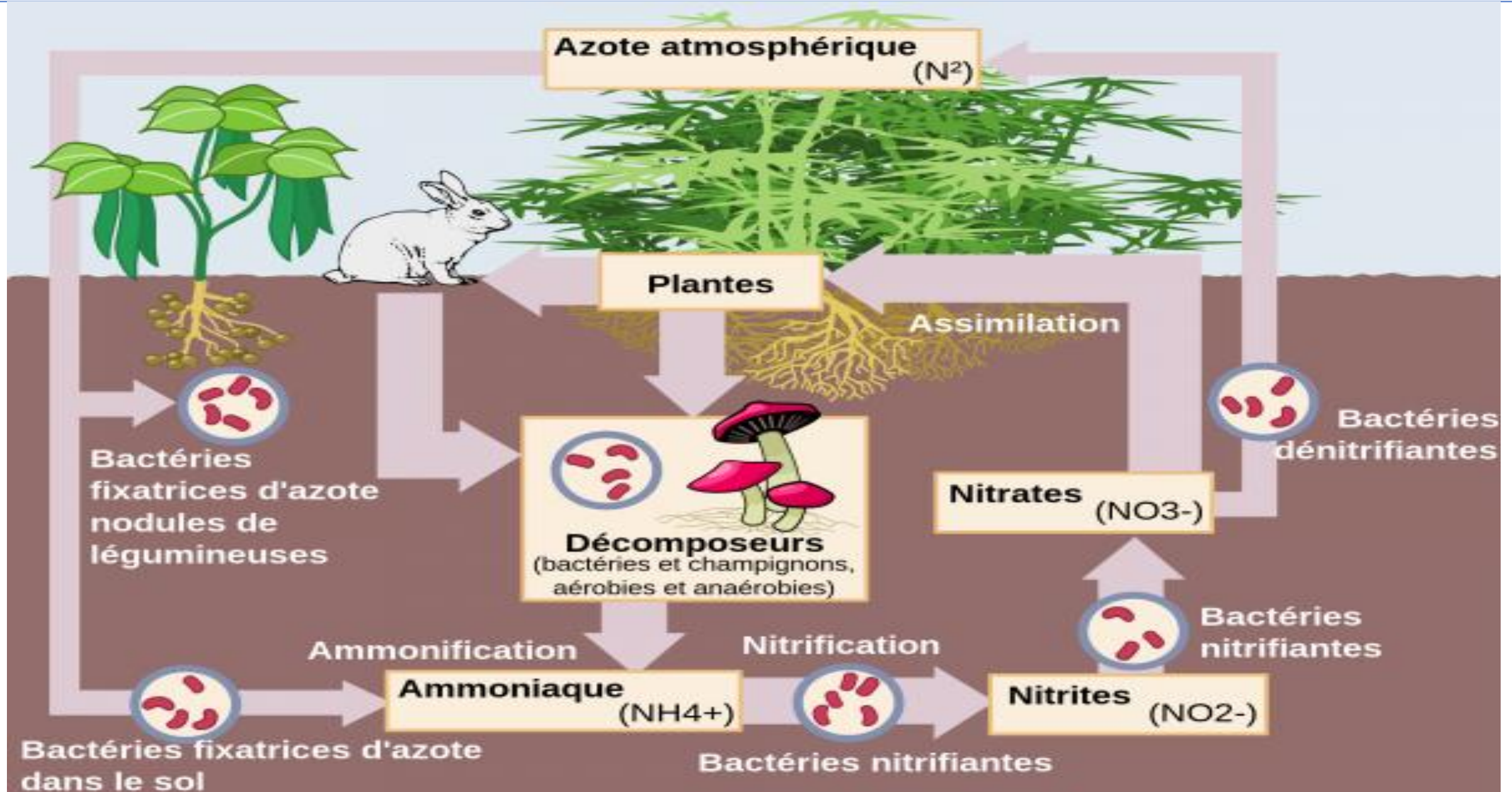
- Protéolyse : Les protéines sont découpées par des enzymes (protéases) en peptides puis en acides aminés.
- Désamination : Le groupe amine ( $\text{NH}_2$ ) des acides aminés est séparé du squelette carboné, formant de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ).
- Toxicité de l'ammoniac : Chez les animaux (mammifères), l'ammoniac, toxique, est converti en urée (cycle de l'urée) pour être excrété en urine via les reins.

## 2. Dégradation des matières azotées dans l'environnement (micro-organismes)

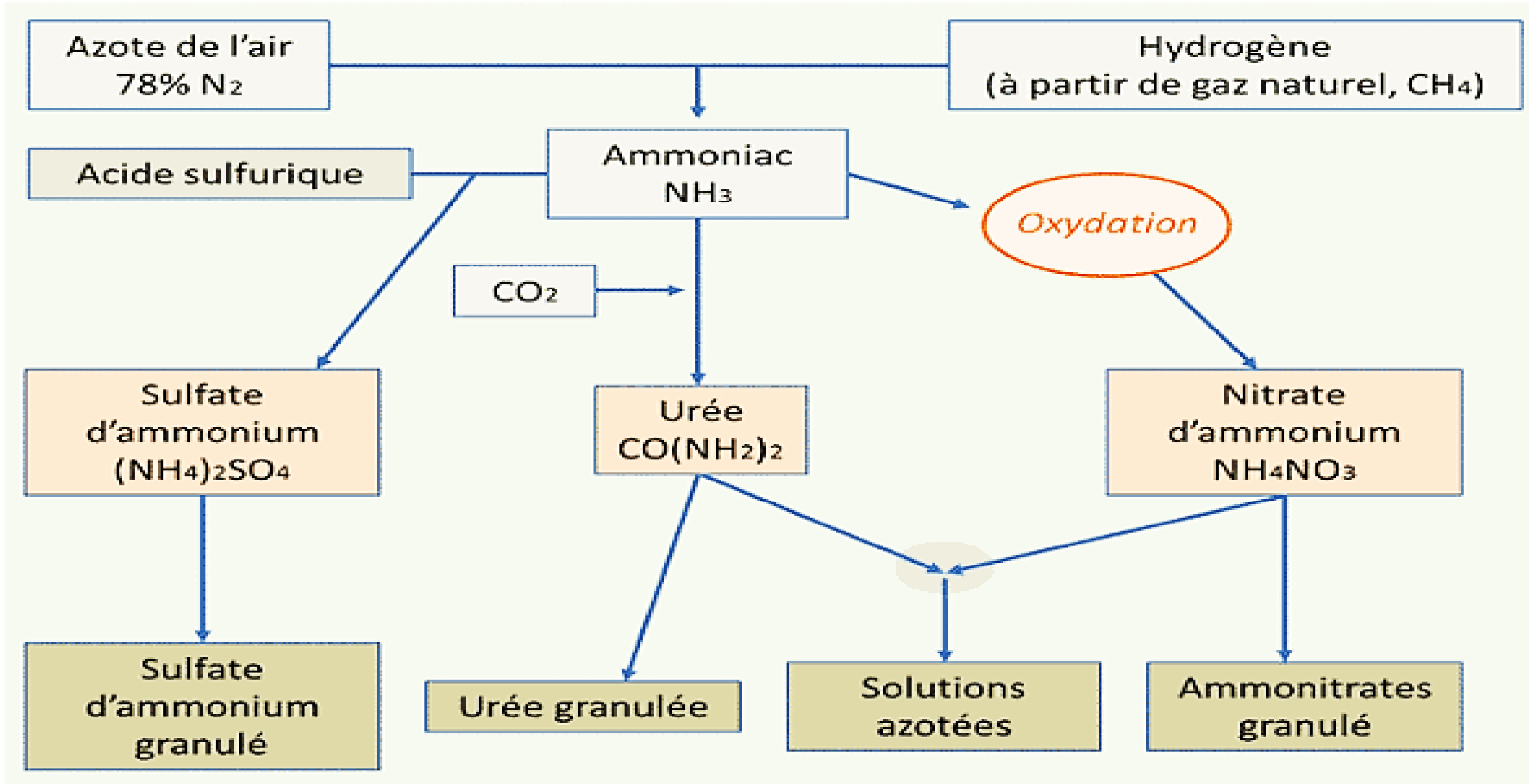
- Minéralisation : Micro-organismes décomposent la matière organique azotée, transformant l'azote organique en ammoniac ou ammonium.
- Nitrification : Des bactéries oxydent l'ammoniac en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), puis en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).
- Dénitrification : D'autres bactéries réduisent les nitrates en azote gazeux ( $\text{N}_2$ ) libéré dans l'atmosphère, fermant le cycle.

## 2.2. Dégradation de l'azote dans le sol et le compost

- Le compostage dégrade les matières azotées fraîches, et les micro-organismes du sol continuent ce processus.
- L'azote minéralisé (ammoniac/nitrate) devient disponible pour les plantes.



# La dégradation des matières azotées



# 3. La dégradation des lipides

- La dégradation des lipides, ou lipolyse, est le processus métabolique par lequel les graisses (principalement les triglycérides) sont décomposées en acides gras et en glycérol pour produire de l'énergie.

# les étapes du processus de lipolyse

- **1. La Lipolyse (Cytoplasme)**

Sous l'action des enzymes ( lipases), les triglycérides stockés dans le tissu adipeux sont hydrolysés.

- 1 molécule de glycérol et 3 molécules d'acides gras.
- Devenir du glycérol : Il rejoint la glycolyse pour être transformé en énergie ou servir à la synthèse de glucose.
  - 1. L'Activation et le Transport
- Les acides gras libérés entrent dans les cellules (mitochondries). Pour traverser la membrane mitochondriale, ils doivent être activés en Acyl-CoA et transportés via la navette de la carnitine.

- **3. La Bêta-oxydation (Mitochondrie)**
- C'est l'étape centrale de la dégradation. L'acide gras subit une série de cycles de quatre réactions chimiques qui "coupent" la chaîne de carbone deux par deux.
- Résultat : Chaque cycle produit : de l'Acétyl-CoA, du FADH<sub>2</sub> et du NADH.
- L'Acétyl-CoA entre ensuite dans le cycle de Krebs pour générer une grande quantité d'ATP (énergie).

- **4. La Cétogenèse (en cas de jeûne):**

- Si le corps manque de glucose (jeûne prolongé ou régime très pauvre en glucides), l'excès d'Acétyl-CoA est transformé par le foie en corps cétoniques. Ces derniers servent de carburant alternatif, notamment pour le cerveau. (attention à la cétose la vache)

- **NADH** (Nicotinamide Adénine Dinucléotide réduit) : C'est la forme réduite de la coenzyme NAD<sup>+</sup>.
- Il transfère ses électrons à un complexe spécifique de la chaîne respiratoire, ce qui permet la production d'environ trois molécules d'ATP (la monnaie énergétique de la cellule) par molécule de NADH. Il est dérivé de la vitamine B3 (niacine).
- **FADH<sub>2</sub>** (Flavine Adénine Dinucléotide réduit) : C'est la forme réduite de la coenzyme FAD.
- Il transfère ses électrons à un point légèrement différent de la chaîne respiratoire (au complexe II), à un niveau d'énergie légèrement inférieur à celui du NADH.
- Il permet la production d'environ deux molécules d'ATP par molécule de FADH<sub>2</sub>.
- Il est dérivé de la vitamine B2 (riboflavine).

# Processus mécaniques

- Brassage et stockage : Le rumen (panse) sert de réservoir (jusqu'à 200 litres chez la vache) où les aliments sont mélangés à la salive.
- Ruminantion : Les particules grossières sont renvoyées vers la bouche pour être remastiquées, augmentant la surface d'attaque pour les microbes.
- Tri sélectif (Réseau) : Le réseau (bonnet) agit comme un filtre, retenant les grosses particules pour un nouveau cycle de ruminantion et laissant passer la « bouillie » fine vers le feuillet.

## 2. Fermentation des nutriments (Action microbienne)

- Glucides (Énergie) : La cellulose, l'amidon et les sucres sont dégradés en Acides Gras Volatils (AGV) : acétate, propionate et butyrate. Ces AGV sont absorbés à travers la paroi du rumen et fournissent jusqu'à 70-80 % de l'énergie de l'animal.
- Protéines : Les microbes dégradent les protéines alimentaires en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et acides aminés pour synthétiser leurs propres protéines microbiennes. Ces microbes sont ensuite digérés dans la caillette, fournissant à l'animal ses principaux apports azotés.
- Vitamines : Synthèse par le microbiote des vitamines B et K.

# Bilan gazeux et déchets

- Méthanogenèse : Des archées utilisent le dihydrogène ( $H_2$ ) et le  $CO_2$  produits par les fermentations pour fabriquer du méthane ( $CH_4$ ).
- Éructation : Le méthane et le gaz carbonique sont expulsés par éructations régulières pour éviter les ballonnements.

# Synthèse des produits finaux

- **Glucides,**
- **Acides Gras Volatils (AGV),**
- **Gaz : (CO<sub>2</sub> , CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> )**
- **Azote Protéines microbiennes, Ammoniac ()**
- **Lipides : Acides gras libres, Biohydrogénation**
- **Vitamines : Synthèse de Vitamines B et K**

## 2. Digestion dans la caillette et l'intestin grêle

- Chez les ruminants ), la caillette assure une digestion enzymatique, tandis que l'intestin grêle finalise la digestion enzymatique et absorbe les nutriments (glucose, acides aminés, acides gras), continuant le travail du rumen où les fibres sont fermentées.
- L'intestin grêle, très long (40-45m chez le bovin), reçoit les sécrétions pancréatiques et biliaires pour décomposer graisses, glucides et protéines, permettant une absorption maximale.

# 1. Digestion dans la Caillette (Abomasum)

- La caillette est le seul compartiment de l'estomac des ruminants muni de glandes sécrétrices.
- Elle sécrète de l'acide chlorhydrique qui abaisse le pH (milieu acide), ce qui détruit aussi les bactéries provenant du rumen.
- Elle produit de la pepsine, une enzyme qui fragmente les protéines (alimentaires et microbiennes) en peptides et acides aminés.
- Chez le veau, la caillette sécrète de la présure (caséine) qui coagule le lait, facilitant sa digestion.

## 2. digestion dans l'Intestin Grêle

- Le chyme acide sortant de la caillette entre dans l'intestin grêle, qui est le site principal de l'absorption des nutriments.
- Neutralisation et enzymes : Le contenu est mélangé aux sécrétions du pancréas, du foie (bile) au niveau du duodénum, et de l'intestin lui-même. Ces sécrétions font remonter le pH (entre 7 et 8), permettant aux enzymes intestinales de fonctionner de manière optimale.
- Dégradation finale : Les lipides, les glucides restants et les protéines sont réduits en nutriments élémentaires.
- Absorption : La paroi interne, couverte de villosités, offre une surface immense pour le passage des nutriments (acides aminés, acides gras, glucose, vitamines) vers le sang et la lymphe.

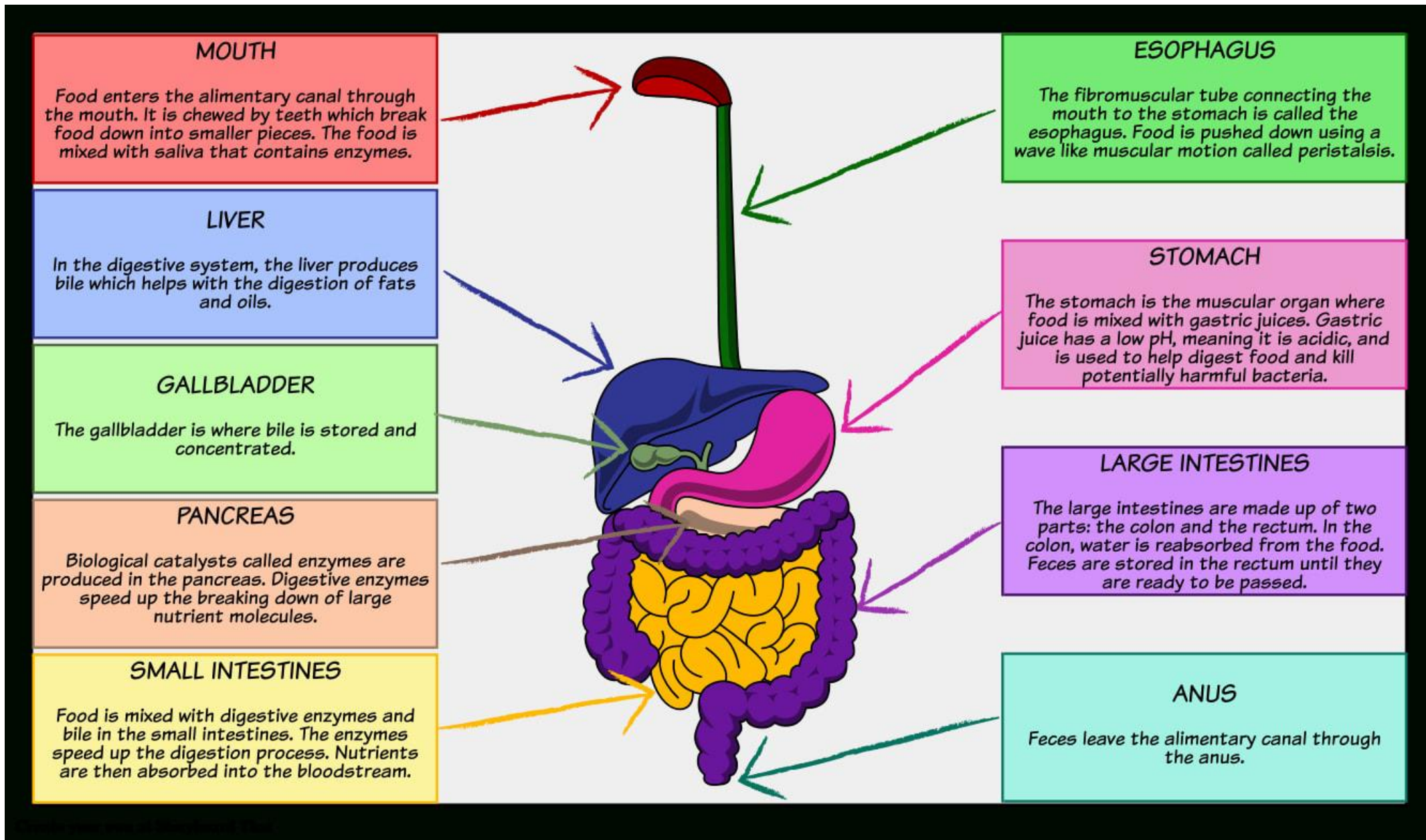
# Récapitulatif: Digestion après le rumen - réseau.

- Après le passage dans le réseau (réticulum) et le rumen, la digestion chez les ruminants se poursuit dans :
- **L'omasum (feuillet)** : Il agit comme une pompe filtrante. Sa fonction principale est de réabsorber l'eau, le magnésium et les acides gras volatils restants afin de concentrer le contenu alimentaire avant son entrée dans la "vraie" estomac [1, 2].
- **L'abomasum (caillette)** : (équivalent de l'estomac des monogastriques). Il sécrète des sucs gastriques (acide chlorhydrique et enzymes) qui dégradent les protéines, y compris les protéines microbiennes (bactéries et protozoaires du rumen).
- **L'intestin grêle** : C'est le site majeur de la digestion enzymatique et de l'absorption des nutriments (acides aminés, sucres et graisses). Les sécrétions du pancréas et de la bile y facilitent la décomposition finale [2, 4].
- **Le gros intestin (caecum et côlon)** : Une fermentation secondaire y a lieu pour décomposer les fibres restantes, suivie d'une absorption finale d'eau et de minéraux

# La digestion chez les monogastrique

- La digestion chez les monogastriques (humains, porcs, chiens, chevaux) se caractérise par un estomac à une seule poche. Le processus transforme les aliments en nutriments absorbables via quatre étapes principales :
- 1. La phase buccale
- La digestion commence dans la bouche par la mastication (action mécanique) et l'insalivation. L'enzyme amylase salivaire initie la décomposition des amidons.
- 2. La phase stomacale (Estomac)
- Les aliments deviennent le "chyme" sous l'action :
- Chimique : L'acide chlorhydrique et la pepsine dégradent les protéines.
- Mécanique : Les contractions musculaires brassent le contenu.

- 3. La phase intestinale (Intestin grêle)
- C'est le site principal de la digestion et de l'absorption :
- Digestion : Le pancréas et le foie déversent des enzymes et de la bile pour transformer les graisses, glucides et protéines en molécules simples (acides aminés, acides gras, glucose).
- Absorption : Les nutriments traversent la paroi intestinale pour rejoindre le sang.
- 4. La phase terminale (Gros intestin)
- L'eau est réabsorbée et la microflore fermente les résidus non digérés avant l'excrétion des matières fécales.
- Cas particulier : Les monogastriques herbivores (comme le cheval) possèdent un caecum très développé où des microbes fermentent les fibres végétales, contrairement à l'homme ou au porc. .



Je vous remercie