

---

# Alimentation azotée des ruminants

---

Beckers Yves

Université de Liège  
Gembloux Agro-Bio Tech  
Elevage de précision et nutrition

---

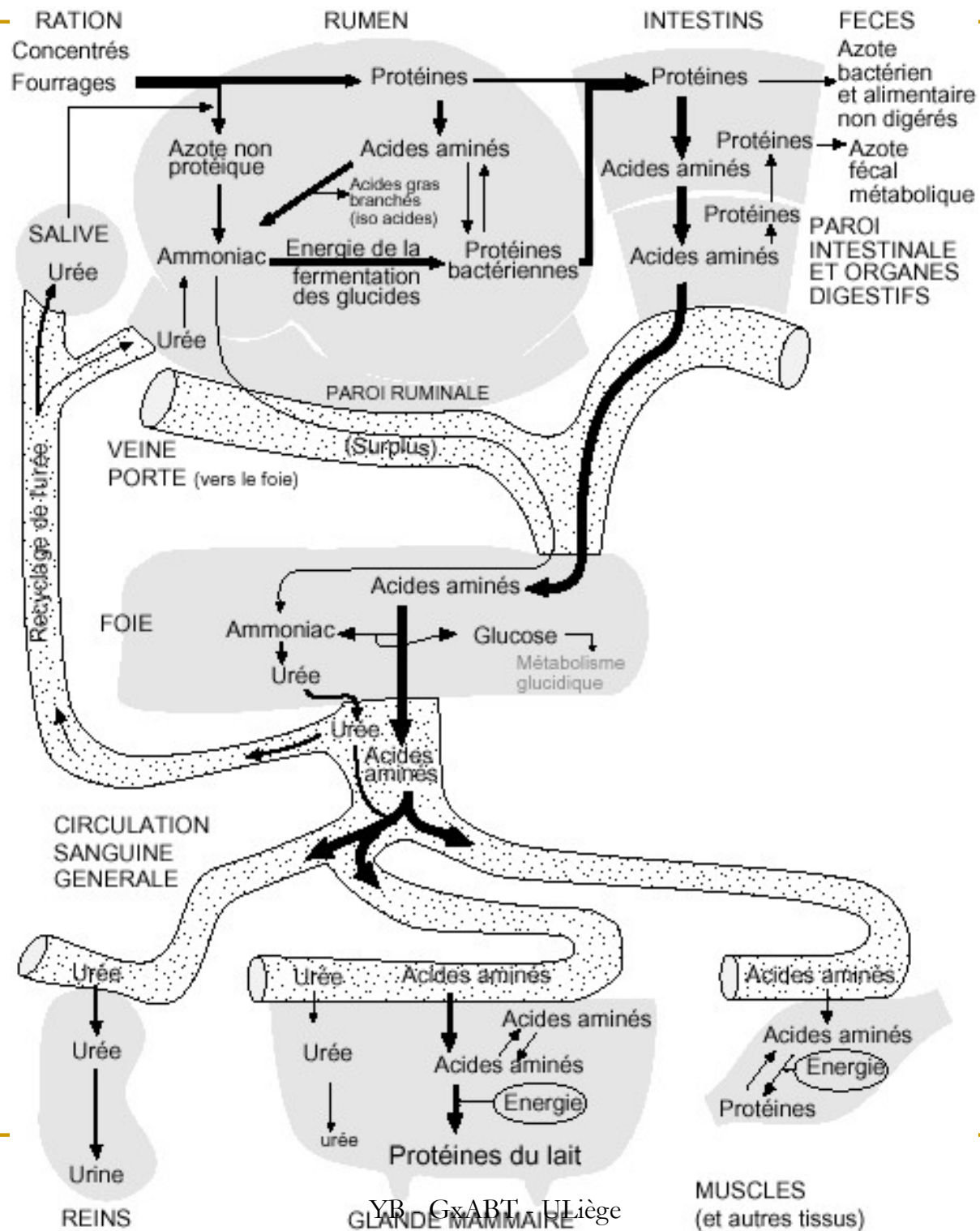
# Table des matières

- Etat de vos connaissances
- Les composés azotés
- Le ruminant et son rumen

---

# Etat des connaissances ...

- Définition des matières azotées totales?
- Pourquoi distribuer des MAT aux animaux ?
  - Monogastriques vs ruminants
- Devenir des matières azotées dans le tube digestif ?
- Devenir métabolique des produits de la digestion des matières azotées ?
- Comment arbitrer le choix des aliments selon la catégorie animale ?
- Efficience azotée ?



<http://www.babcock.cals.wisc.edu/?q=fr/node/123>

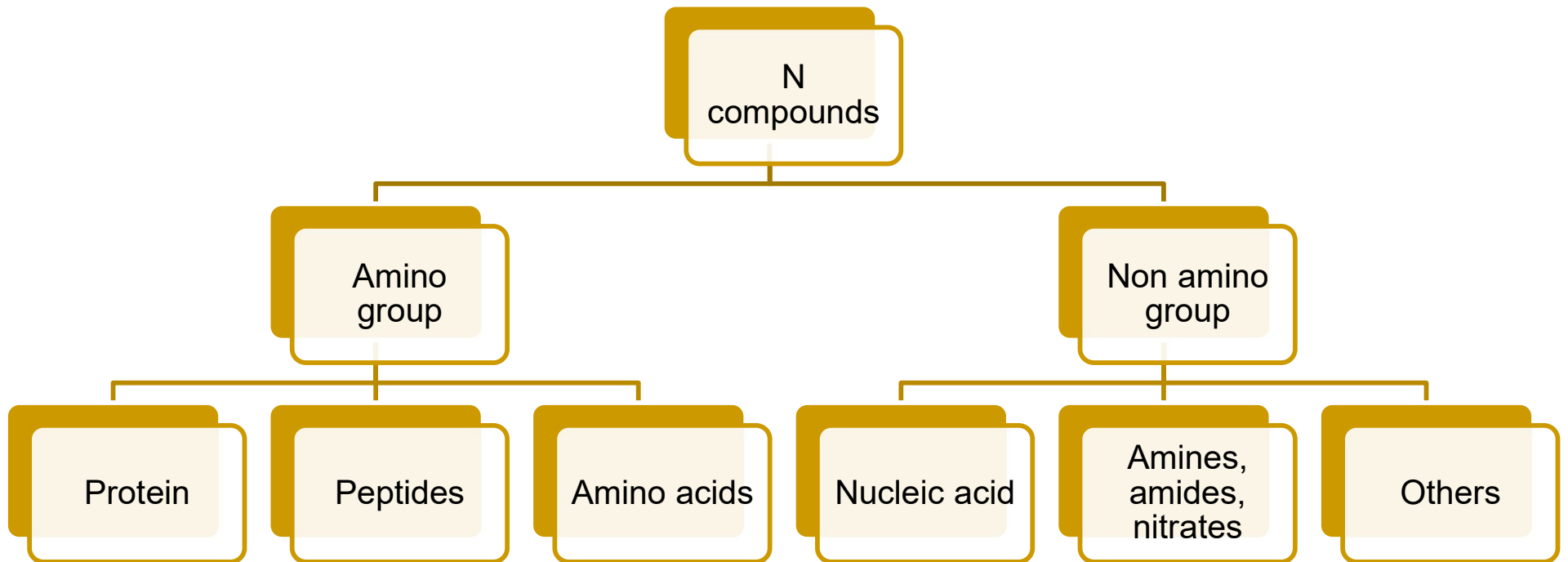
# Les composés azotés

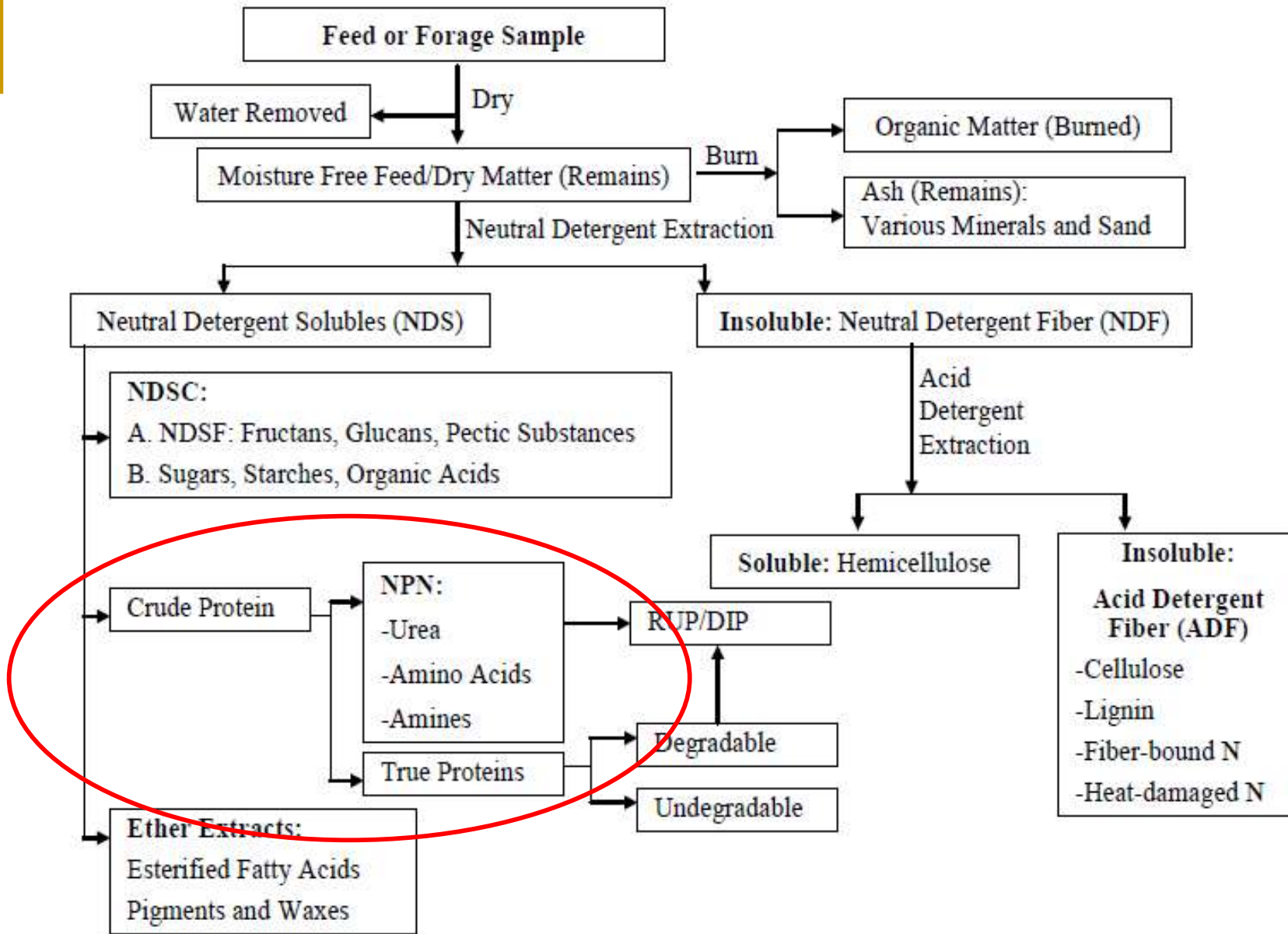
- L'azote est un élément commun dans l'univers
  - L'azote est l'élément le plus abondant dans l'atmosphère terrestre (*i.e.* 78 % de N<sub>2</sub> en volume)
- L'N est un constituant dans la matière vivante, où il peut former des milliers de molécules organiques
- La plupart des composés azotés organiques sont physiologiquement actifs
  - Ex. acides aminés, protéines, ADN et ARN, ...
- La paradoxe de l'N
  - Indispensable à la vie terrestre
  - Peu d'organismes vivants sont capables d'utiliser directement le N<sub>2</sub> de l'atmosphère mais doivent avoir accès à de l'N pour fonctionner ...

# Définition des composés azotés

- Grande diversité des molécules
  - Azote protidique
    - Basé sur l'acide aminé(AA) : molécules H, C, O et N avec fonctions acide et amine
      - Protéines : chaîne d'acides aminés liés par la liaison protidique
  - Azote non protidique
    - $\text{NH}_4$ , urée, bases puriques, ...
  - Azote protéique
    - Molécule contenant au minimum 50 AA liés (1 AA =  $\pm 110$  Daltons)
      - 1 Da = 1/12 de la masse d'un atome de carbone
  - Azote non protéique
    - Molécule contenant moins de 50 AA liés
    - Ex. peptides =  $\pm 10$  à 50 AA

# Nitrogen-containing compounds



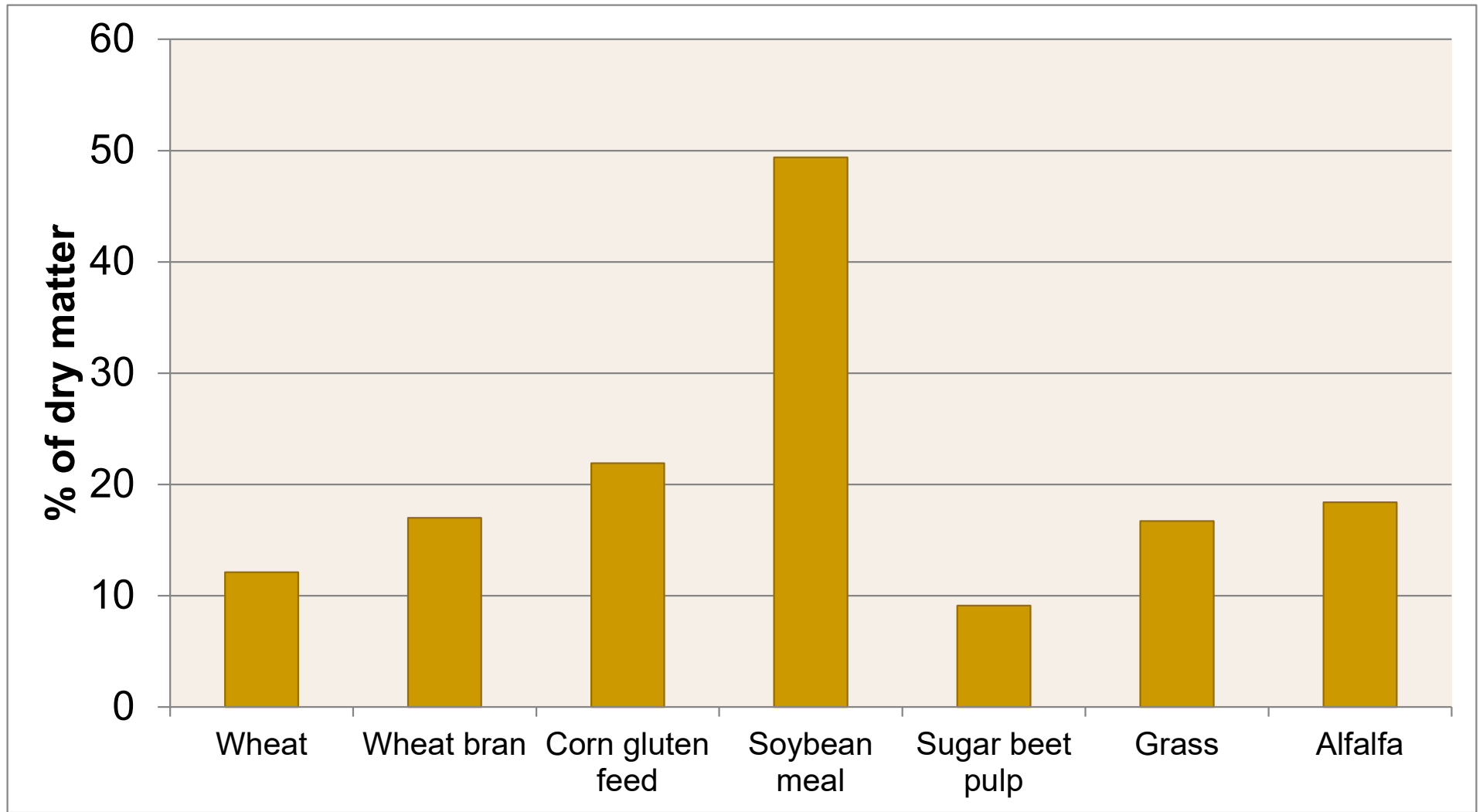


**Abbreviations:** *DIP = Degradable Intake Protein; NDSC = Neutral Detergent Soluble Carbohydrate; NDSF = Neutral Detergent Soluble Fiber; NPN = Non Protein Nitrogen; RUP = Rumen Undegradable Protein.*

**Figure 1.** A schematic that describes the partitioning of organic and mineral components in a feed and forage sample.

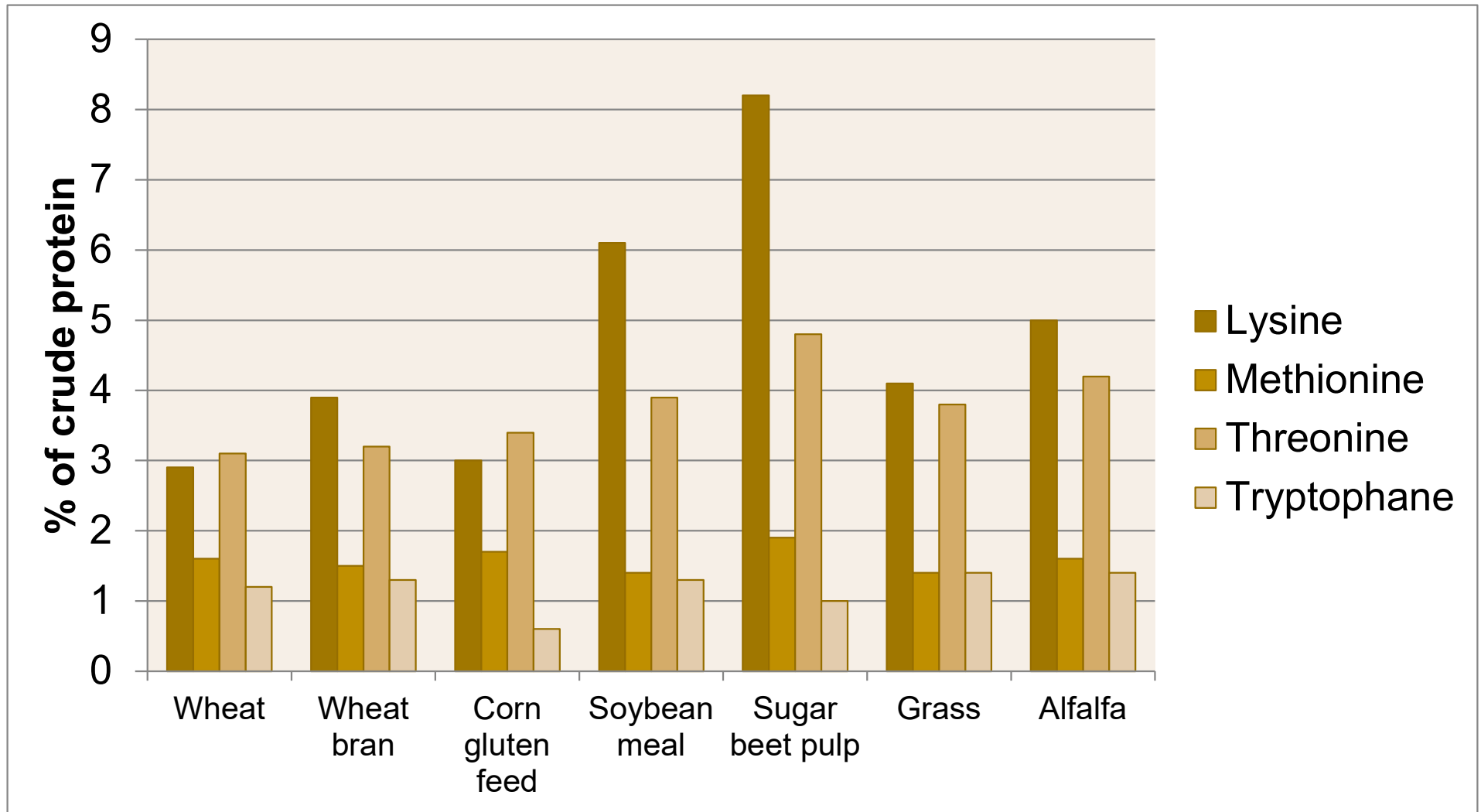


# Protein content in some feeds



Source : INRA, 2004

# Major amino acids in some feeds



Source : INRA, 2004

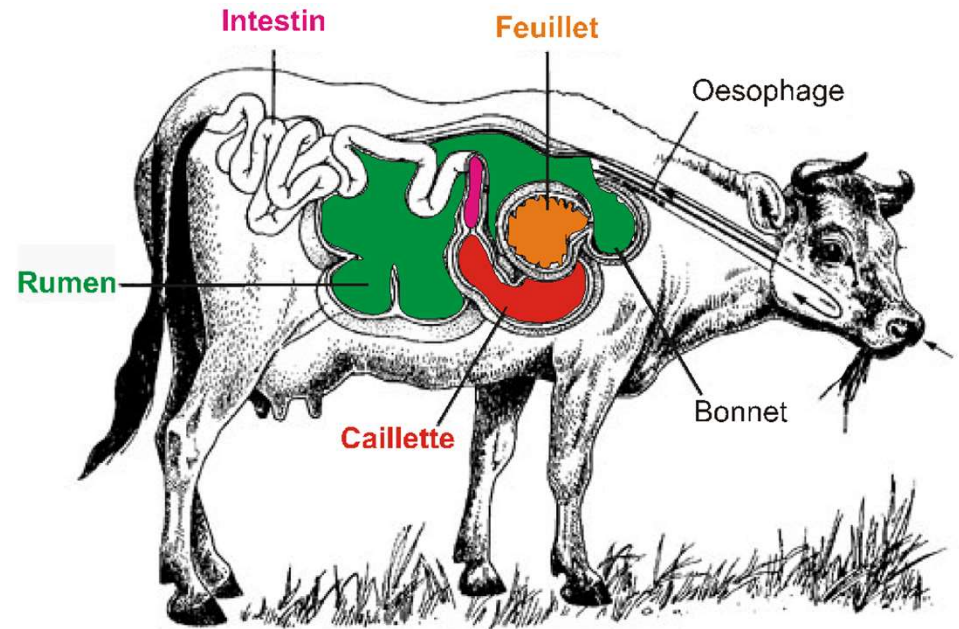
---

# Herbivore - ruminant

- Capable de valoriser les hydrates de carbone de structure à des fins énergétiques
- Capable de valoriser l'azote non protidique à des fins protéiques
- Deux caractéristiques majeures
  - Adaptation du tube digestif : le rumen
  - Ingestion - rumination

# Adaptation du tube digestif

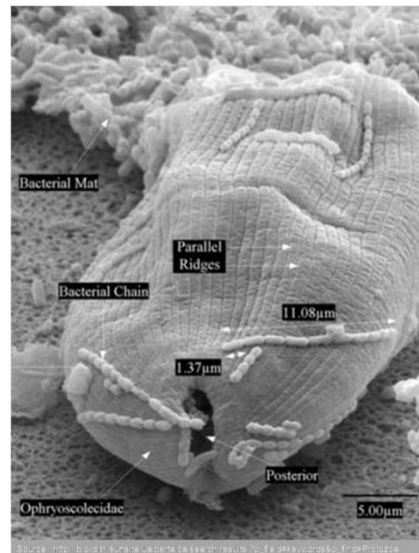
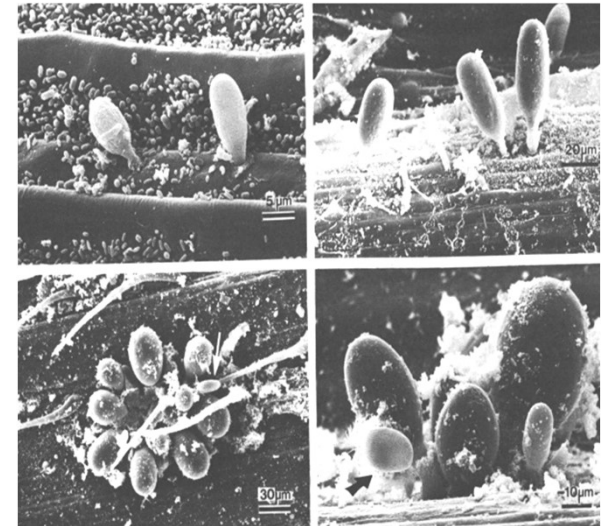
- 3 pré-estomacs et 1 estomac vrai
  - Un rumen volumineux
    - Séjour prolongé des aliments
    - Lieu d'intenses fermentations
  - Colonisation du rumen par des microorganismes
  - Motricité



<http://blog-agricole.plwm.fr/rumen-des-ruminants-fonctionnement-et-efficience-digestive/>

# Adaptation du tube digestif

- 3 pré-estomacs et 1 estomac vrai
  - Un rumen volumineux
  - Colonisation du rumen par des microorganismes
    - Bactéries ( $10^9/\text{ml}$ )
    - Protozoaires ( $10^5/\text{ml}$ )
    - Champignons



# Adaptation du tube digestif

- 3 pré-estomacs et 1 estomac vrai
  - Un rumen volumineux
  - Colonisation du rumen par des microorganismes
  - Motricité
    - 1 à 3 brassages - vidages/minute
    - Maximum 1 éructation/min durant la rumination

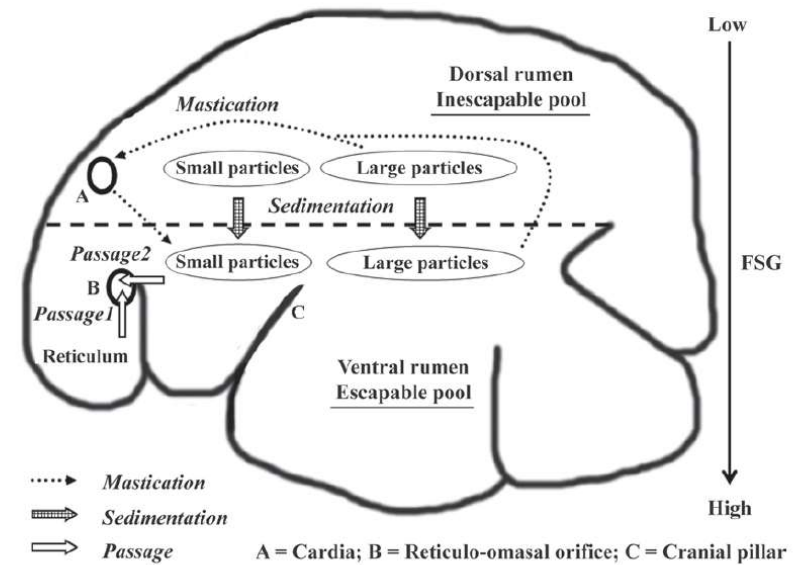


Figure 1. Spatial compartments and conceptual pools of feed particles in the reticulo-rumen. The dorsal rumen is defined as the inescapable pool and the ventral and cranial rumen and reticulum are defined as the escapable pool. Only particles that are in the reticulum can actually pass out of the rumen through the reticulo-omasal orifice (ROO). Functional specific gravity (FSG) of a particle determines its location. Three flows are presented in this diagram: 1) mastication during rumination and eating of large particle to small, 2) sedimentation of particles from the inescapable pool to the escapable pool, and 3) passage of particles out of the reticulum through the ROO. Particle selection for passage or retention occurs in passage 1 but not in passage 2. The basis for these assumptions is in the text.

Seo et al. J. Dairy Sci. 2009\_92\_3981-4000

# Ingestion - rumination

## ■ Ingestion

- ❑ 10 à 15 repas/jour dont 2 grands
- ❑ 5 à 9 heures/jour (pâturage >> stabulation)
- ❑ Arrêt du repas : encombrement physique du rumen

## ■ Rumination

- ❑ 12 à 18 périodes de 20 à 50 minutes
- ❑ 6 à 10 h/jour
- ❑ Durée ingestion ↓ si durée rumination ↑ (total max 10 à 17 h)
- ❑ 2 à 3 fois la MS ingérée
- ❑ Réduction de la taille des particules

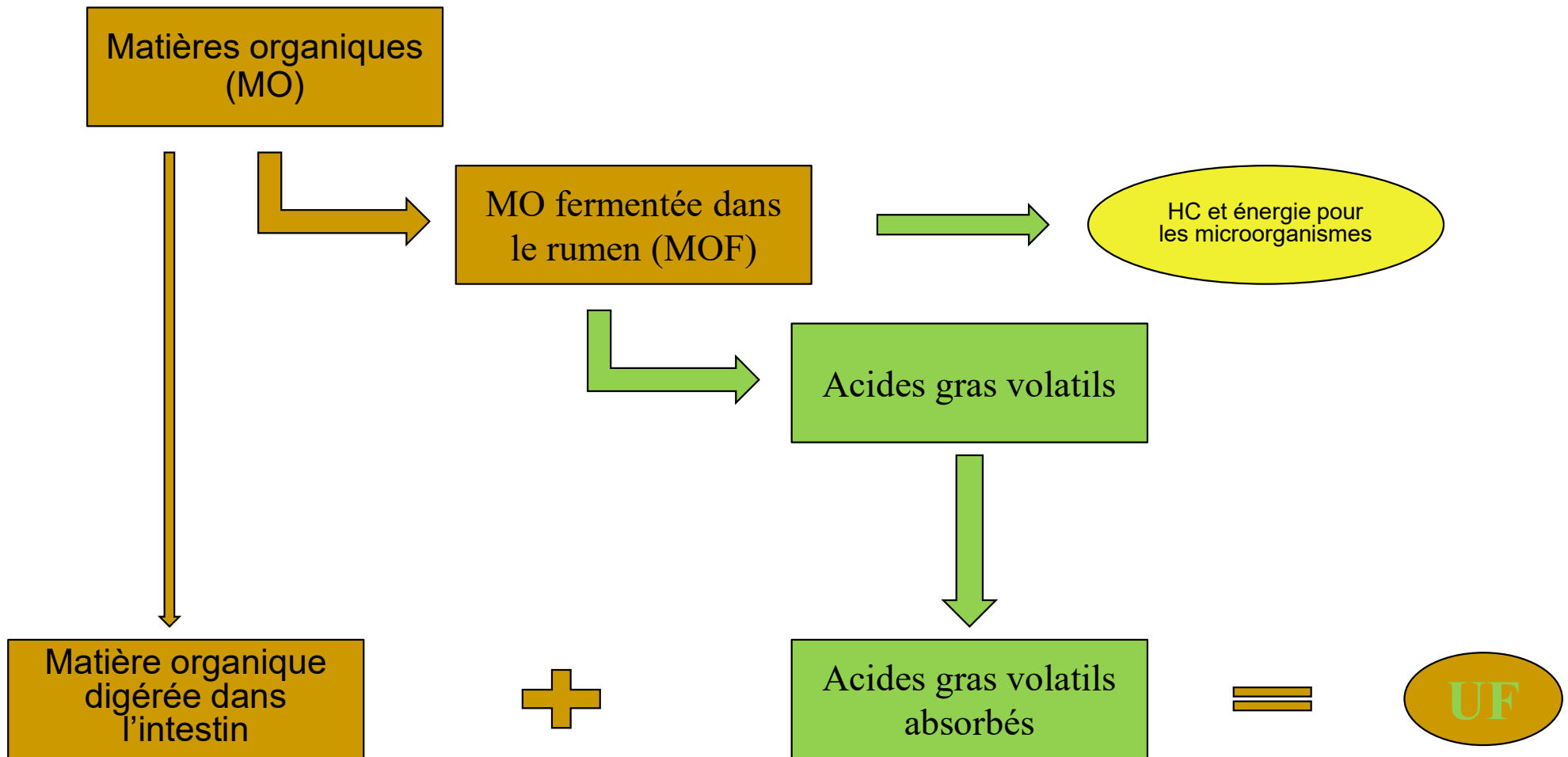
## ■ Mastication → 60 % du temps (50 000 coups/jour)

# Valeur protéique des aliments chez le ruminant

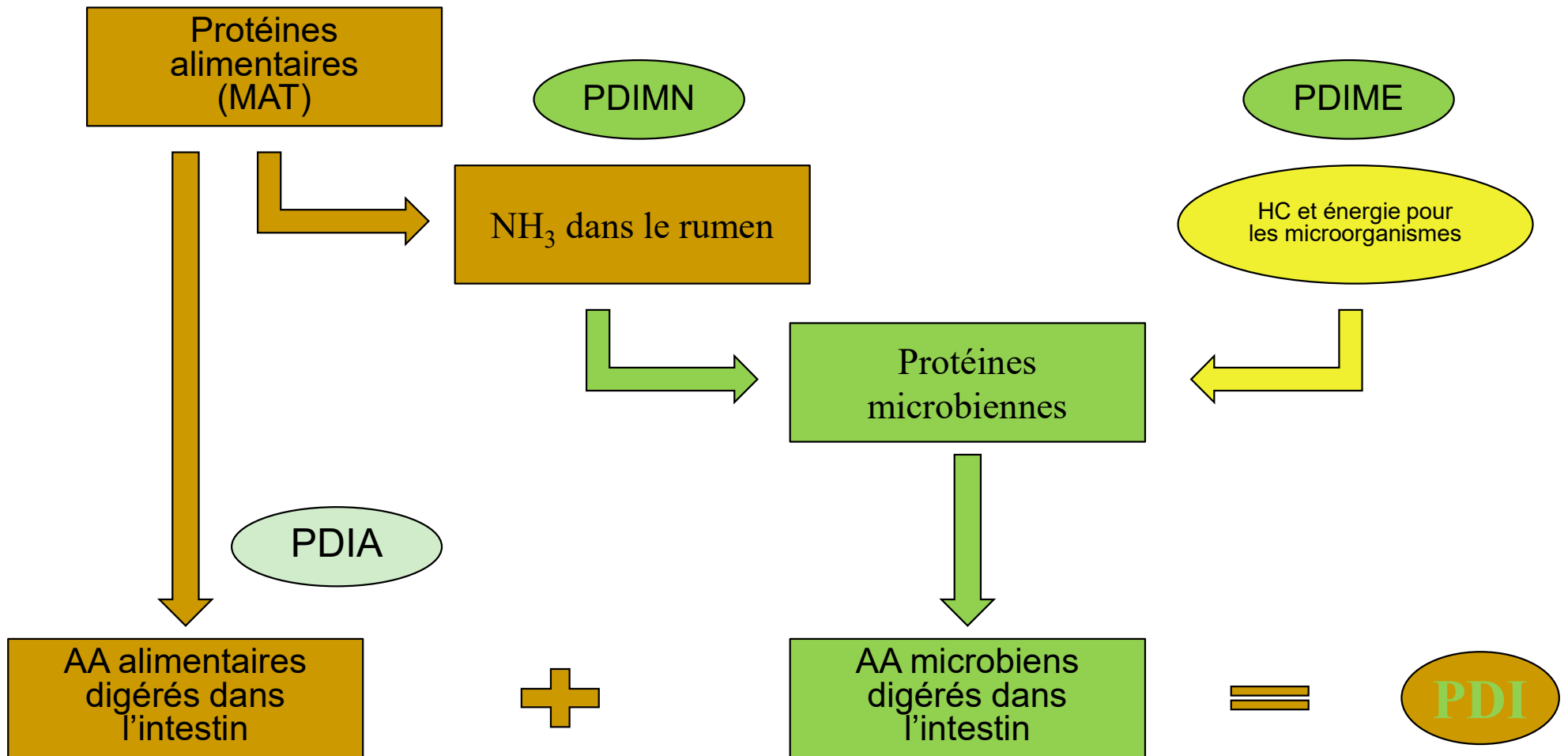
- Déterminer les apports pour chaque acide aminé dans le sang de l'animal
  - L'acide aminé est l'élément unitaire des protéines corporelles (muscle) et exportées (lait, œuf)
- Elle est fonction chez le ruminant
  - De la composition en acides aminés de l'aliment
  - De la digestion des composés azotés dans le rumen
  - De la synthèse des cellules microbiennes (*i.e.* protéines) dans le rumen
    - Aspects énergétiques et azotés !
  - De la digestion des acides aminés dans l'intestin grêle



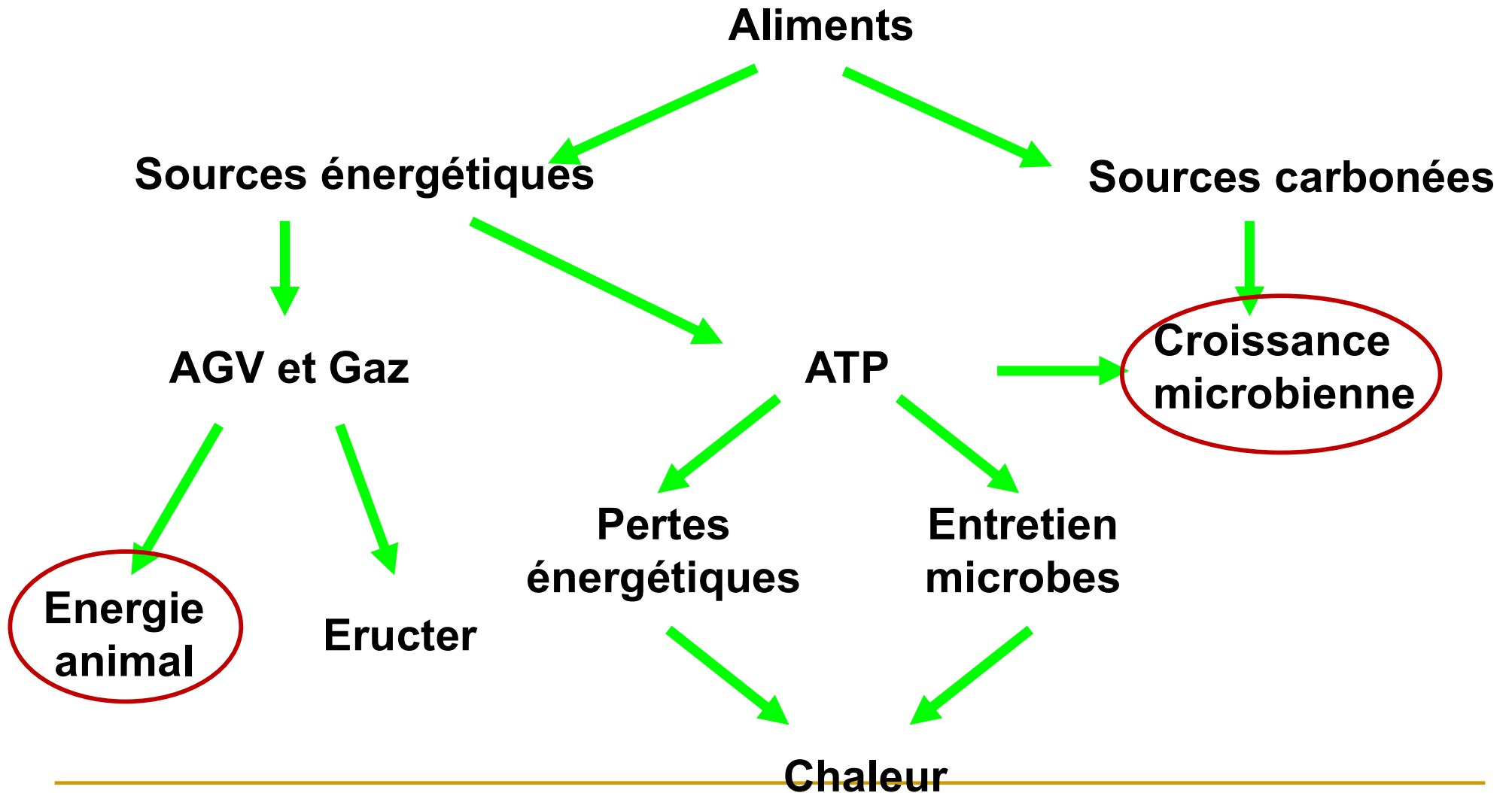
# Particularités du ruminant : énergie



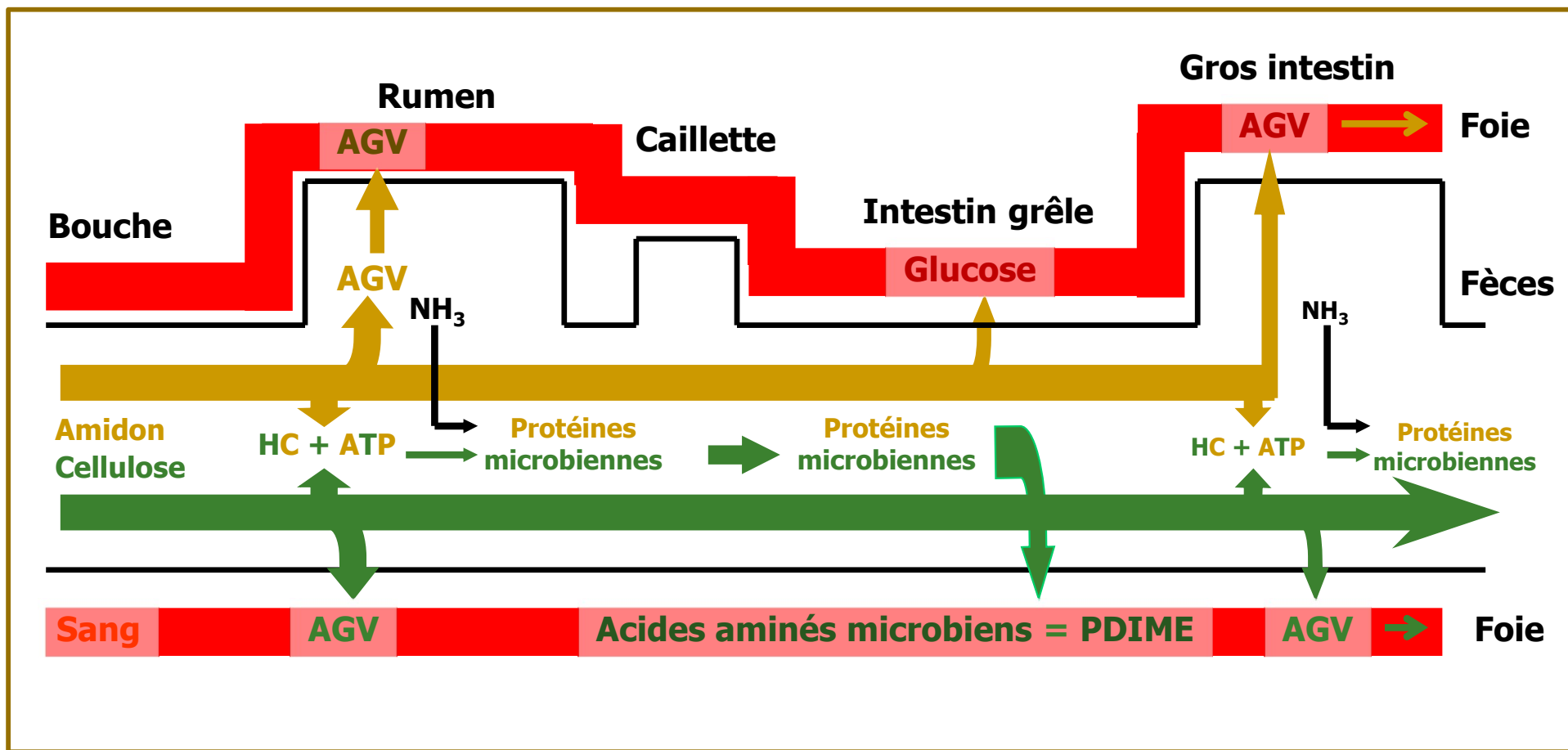
# Particularités du ruminant : azote



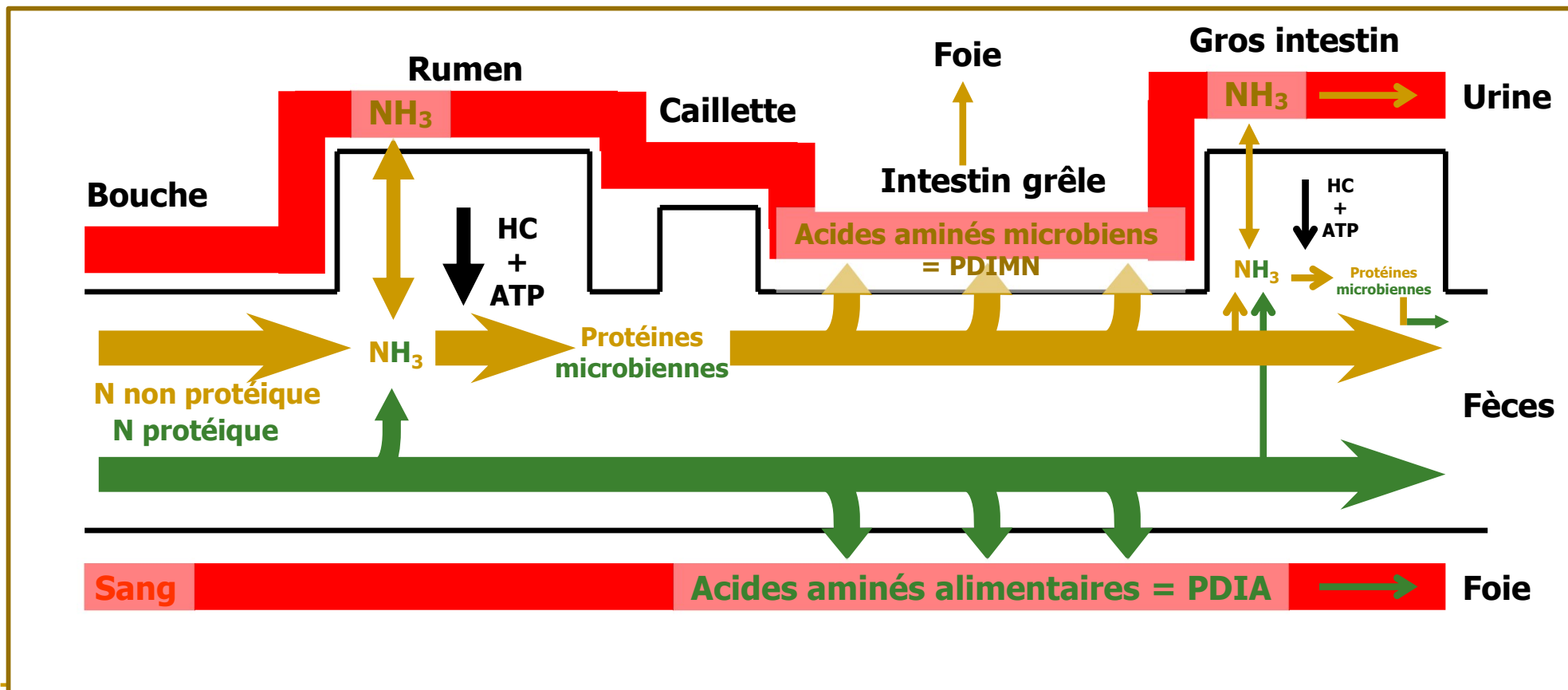
# Principe de la fermentation dans le rumen

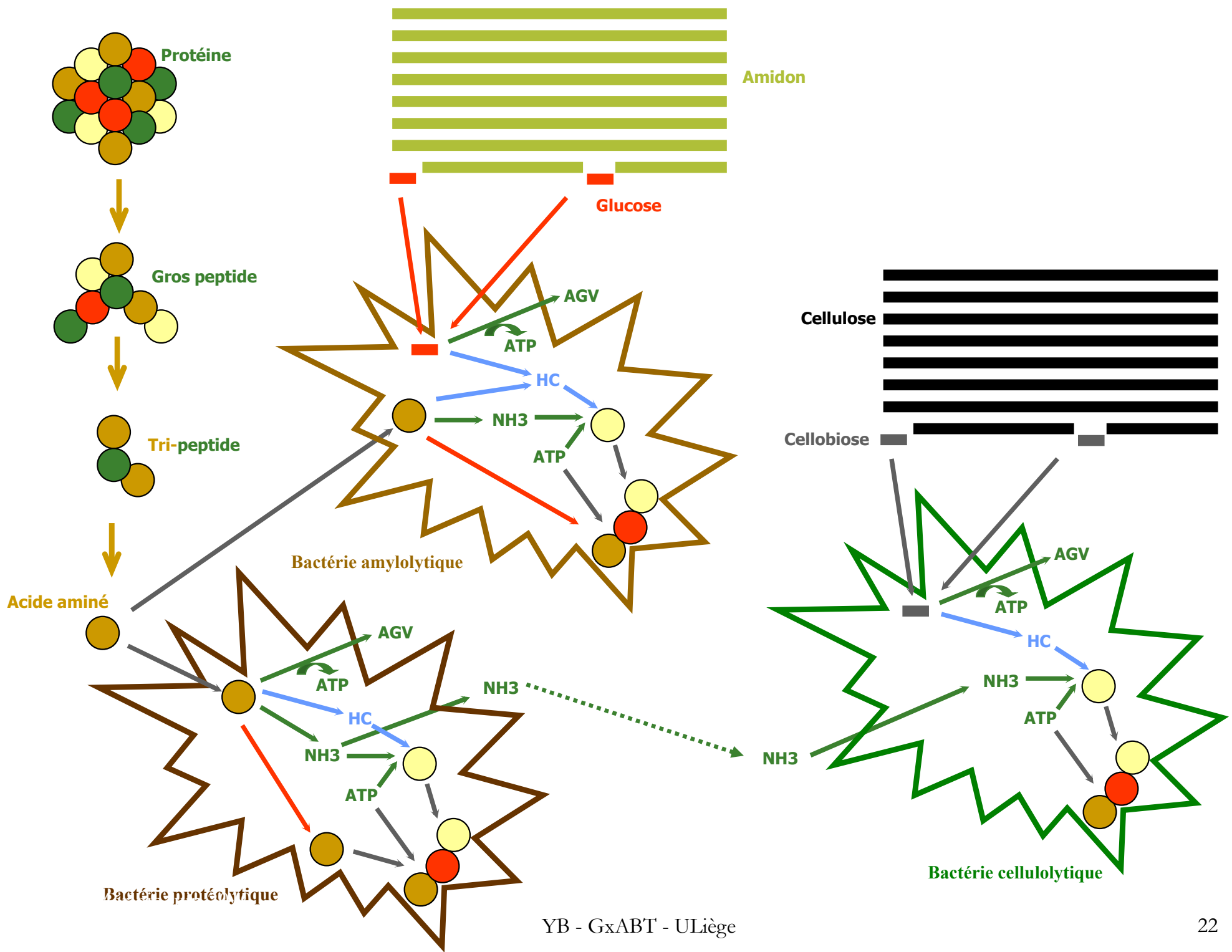


# Principes de la digestion des hydrates de carbone



# Principes de la digestion de matières azotées

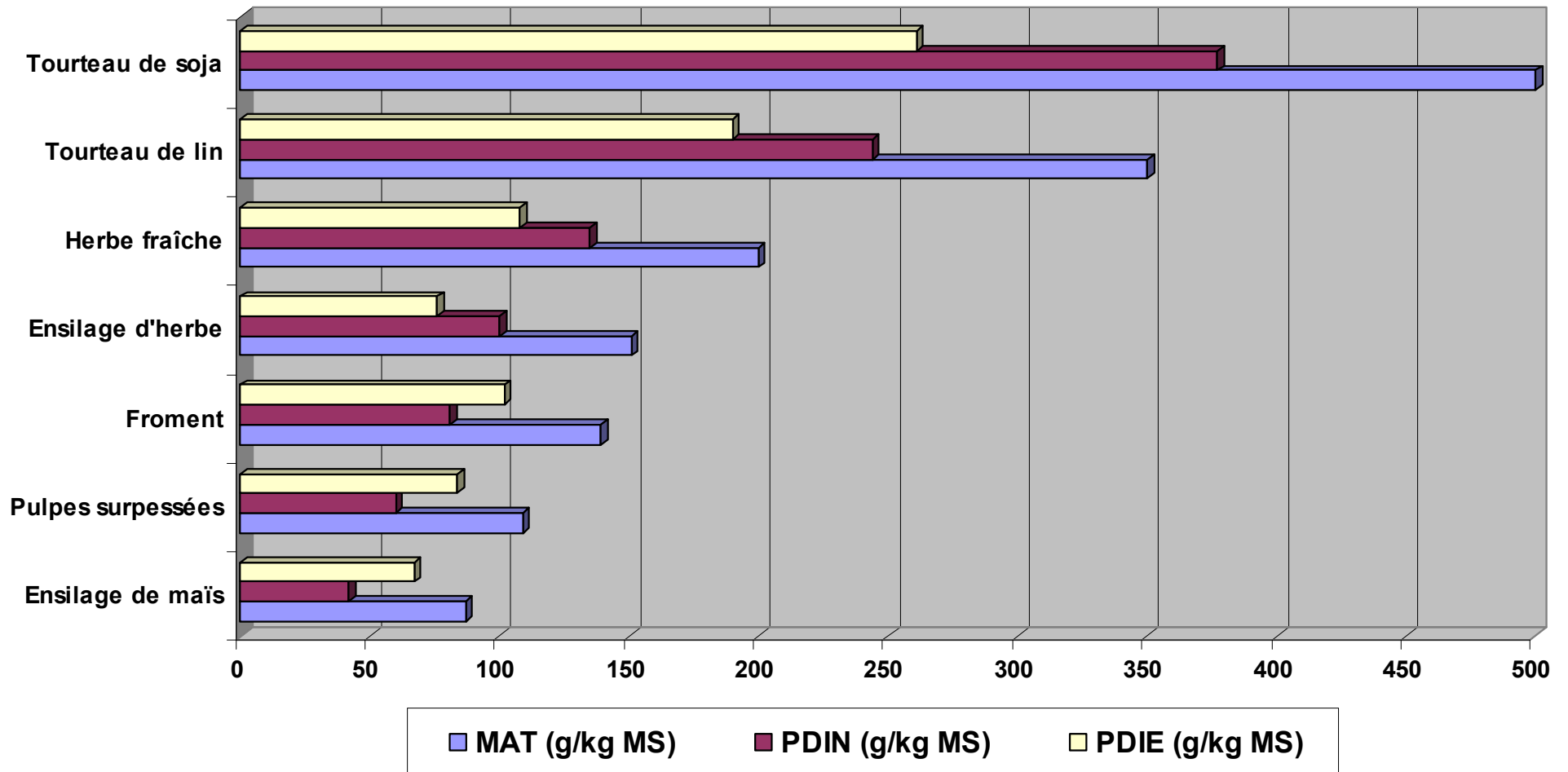




# Systeme des PDI

- Deux valeurs PDI pour chaque aliment
  - $PDIN = PDIA + PDIMN$
  - $PDIE = PDIA + PDIME$
- Valeur PDI d'une ration
  - Somme des valeurs PDI des aliments au prorata de leur taux d'introduction
  - Toujours utiliser la plus petite valeur en pratique
    - PDIN : azoté limitant pour le fonctionnement du rumen
    - PDIE : énergie limitante pour les fonctionnement du rumen

# Valeur PDI – teneur en protéines





# Recommandations alimentaires de la vache laitière

	UFL	PDI
Entretien	$0,041 \times P^{0,75}$	$3,25 \times P^{0,75}$
Stabulation libre	+ 10 %	-
Pâturage	+ 20 %	-
Lactation	$0,44 + \{0,0055 \times (TB - 40)\} + \{0,0033 \times (TP - 31)\}$	$1,56 \times \text{kg lait} \times TP$
Gestation	$0,00072 \times PV_{\text{nais}} \times e^{(0,116 \times \text{SemGes})}$	$0,07 \times PV_{\text{nais}} \times e^{(0,111 \times \text{SemGes})}$

TB = taux en matières grasses en g/kg  
TP = taux en matières protéiques en g/kg  
 $PV_{\text{nais}}$  = poids du veau à la naissance  
SemGes = semaines de gestation

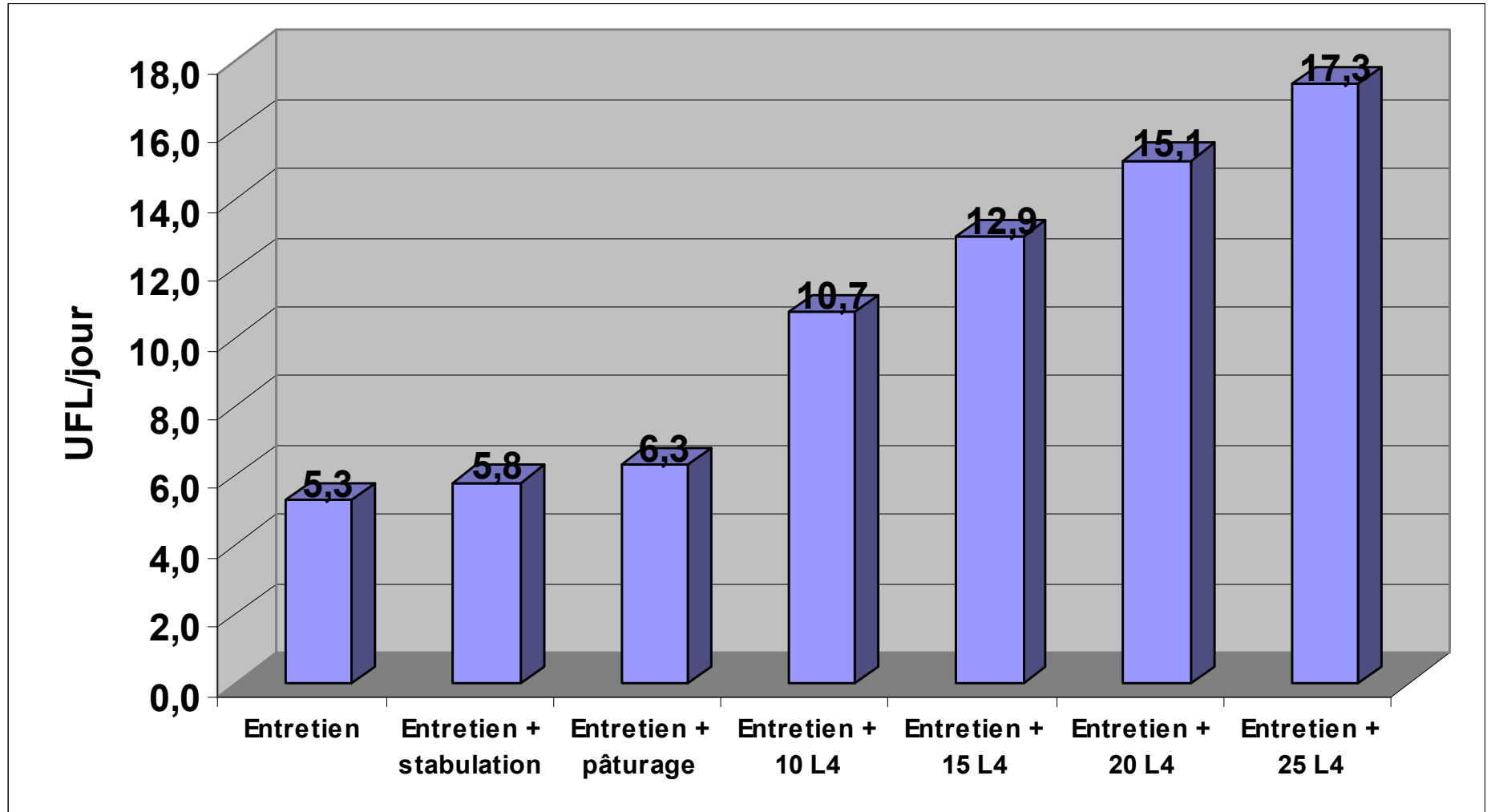
# Besoins énergétiques

- **Entretien de la vache : UFL**
  - Entretien = poids de la vache
    - Vache 650 kg : 5,3 UFL/jour
- **Lait : UFL**
  - Lactose = volume de lait
  - Matières utiles = matière grasse + matière protéique dans le lait
  - Lait produit → lait standardisé à 40 g TB (L4)
    - Un kg de L4 = 0,44 UFL

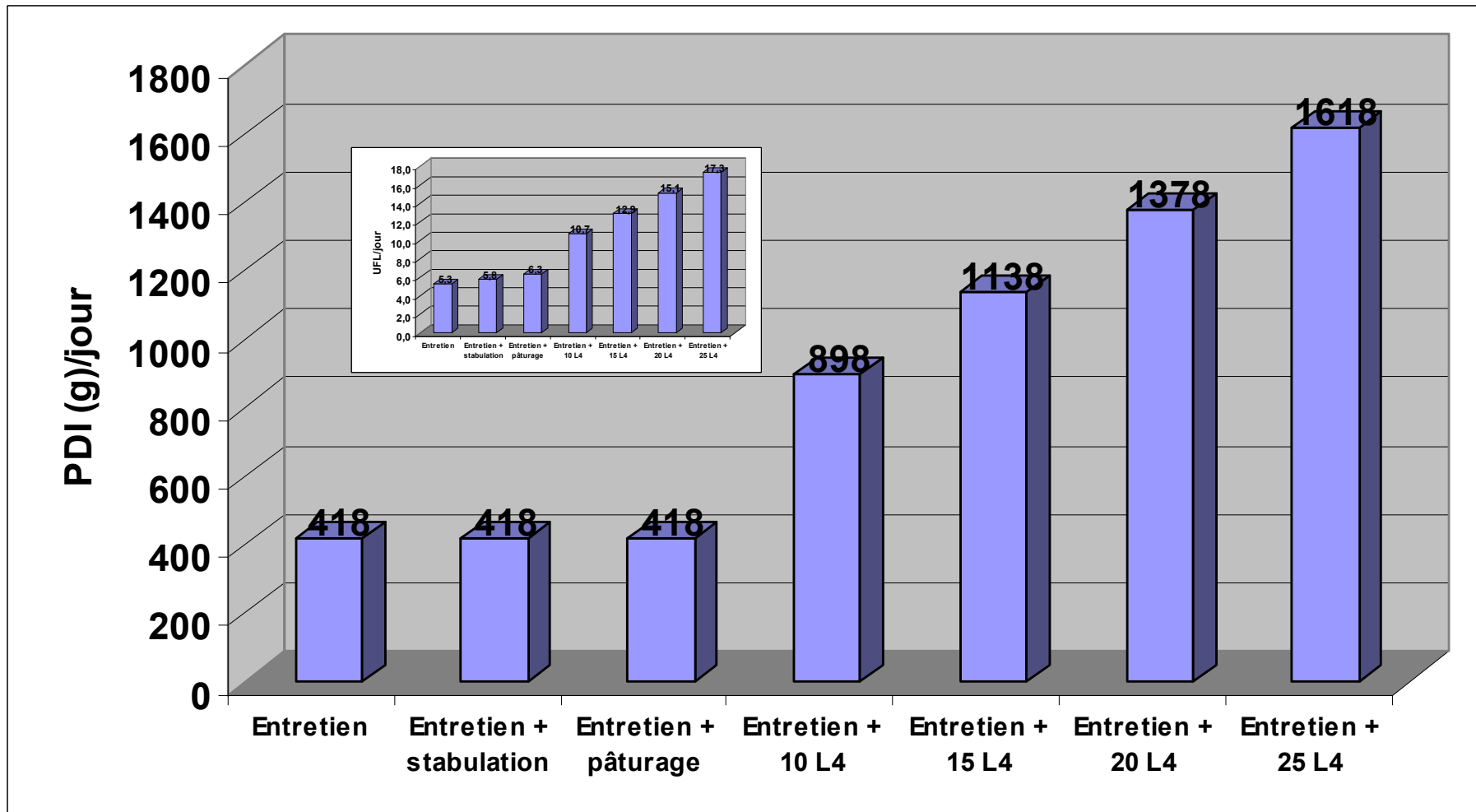
# Besoins protéiques

- Entretien de la vache
  - Entretien = poids de la vache
    - Vache 650 kg = 418 g PDI/jour
- Matière protéique dans le lait
  - Lait produit → lait standardisé (L4)
    - Un kg de lait à 31 g TP = 48 g PDI

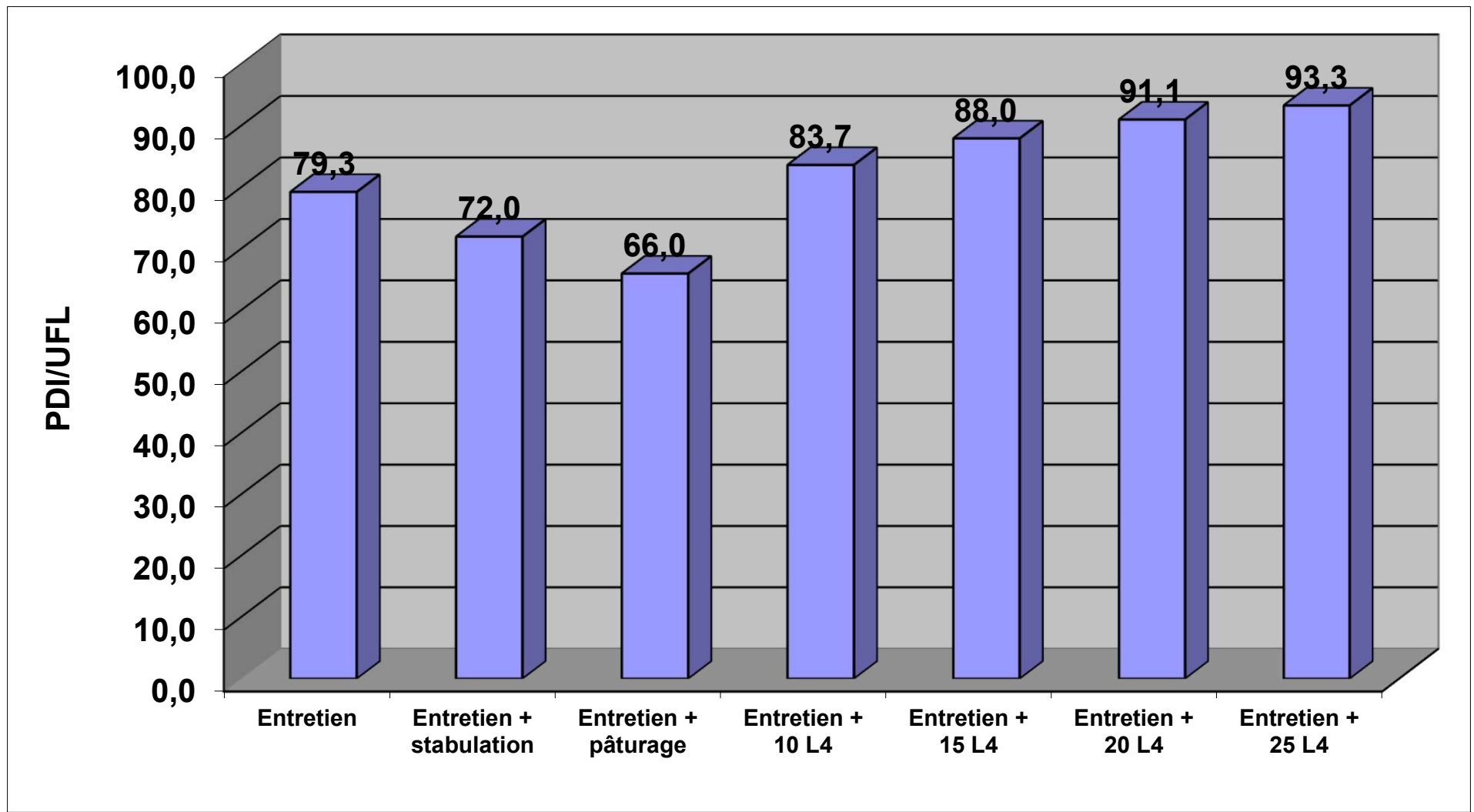
# Vaches laitières : UFL par jour



# Vaches laitières : PDI (g) par jour



# Vaches laitières : PDI/UFL



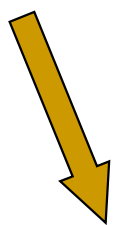
# Besoins du rumen

- Différence (PDIN – PDIE) des rations
- Pas de norme au sens stricte
  - Dif PDI > 0 implique urée lait et urine → voire alcalose ?
  - Dif PDI < 0 implique déficit d'ingestion ? ...
- Théorie Dif PDI ration = 0
  - Valeur positive chez la vache laitière
  - Valeur cible de l'ordre de 0 g/jour chez la vache allaitante et le taurillon en croissance
  - Valeur positive pour les jeunes ruminants

# Principes généraux de l'alimentation du ruminant

**Ensilage de maïs**

**T. soja**

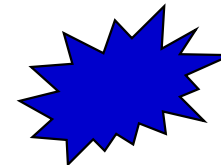


**X % Ensilage maïs  
Y % de T. soja**



**Objectifs de production  
Energie : UFL ou UFV  
Azote : PDI**

**Pilotage du rumen**

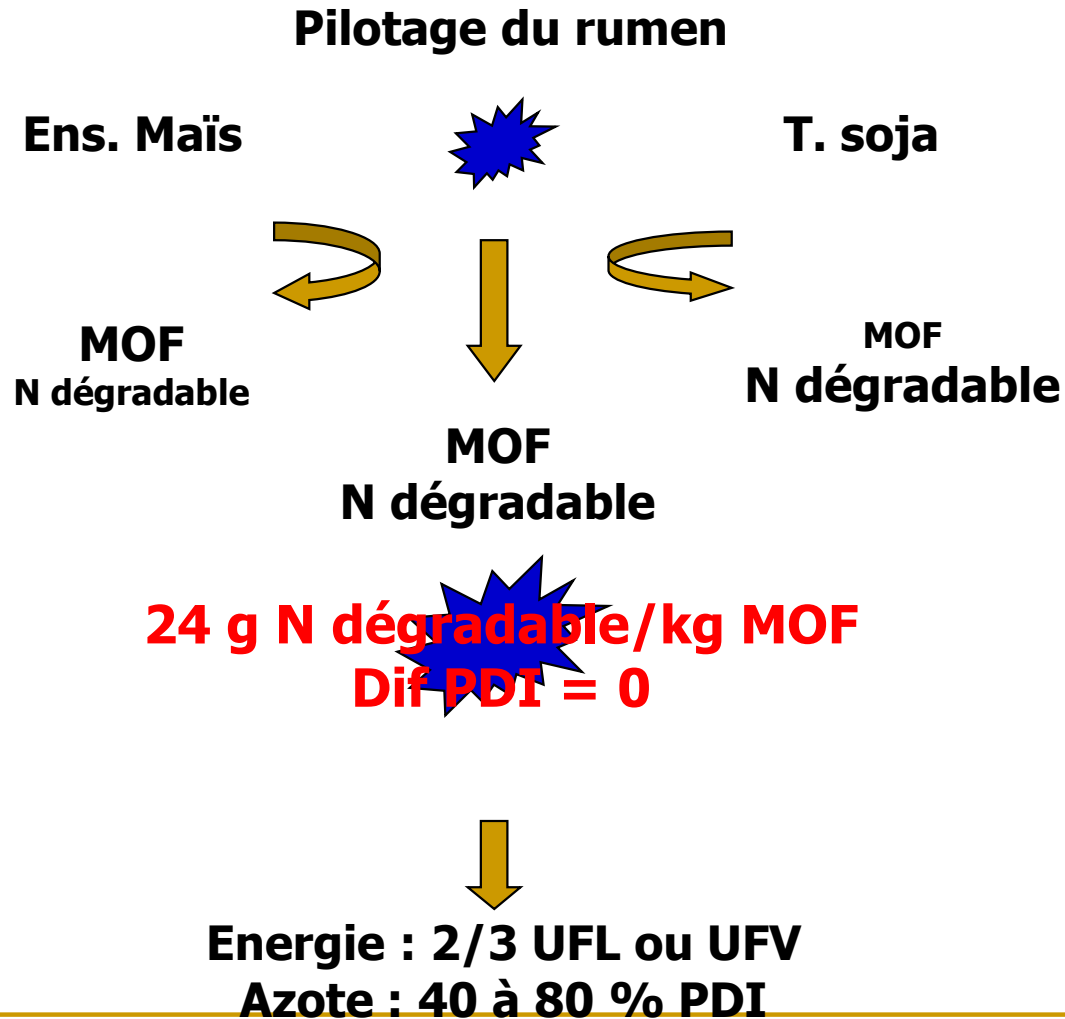


**Energie : 2/3 UFL ou UFV  
Azote : 40 à 80 % PDI**

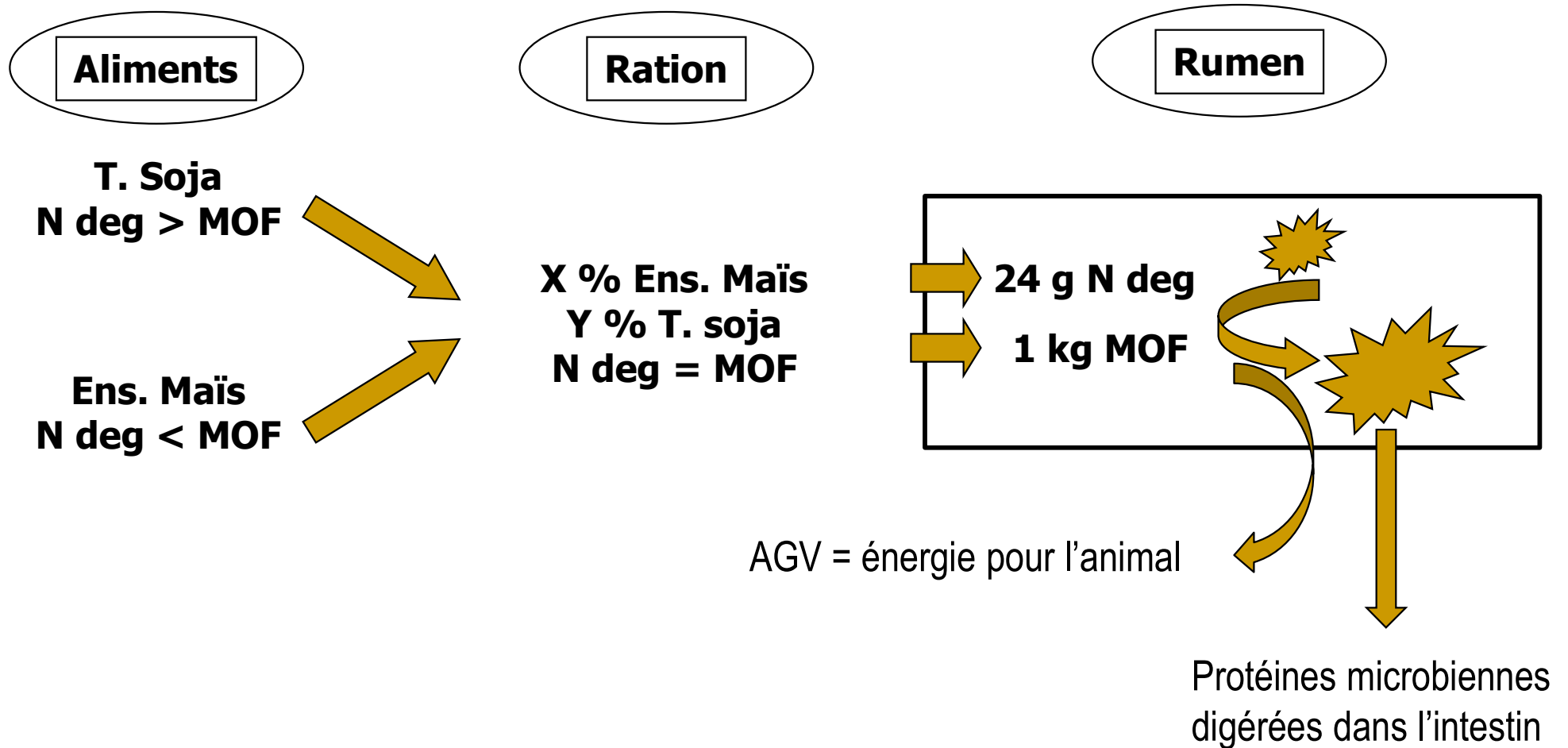




# Pilotage du rumen

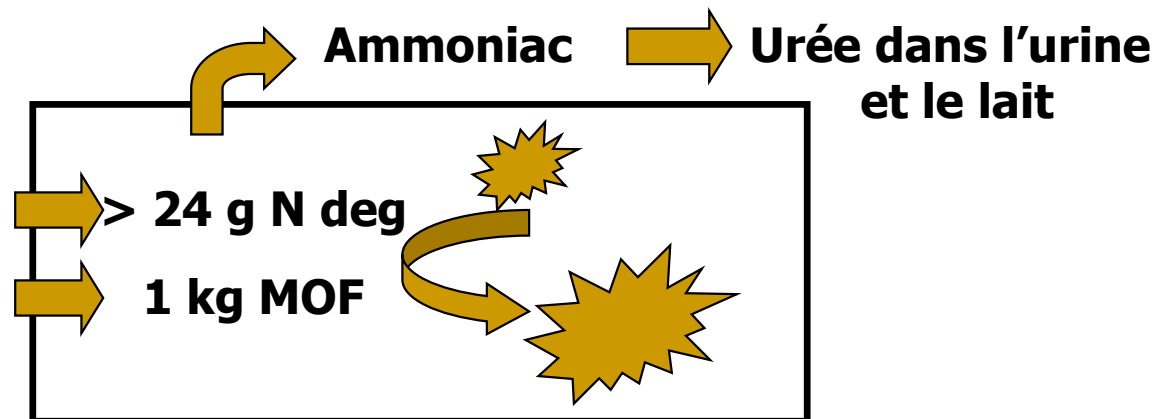


# Pilotage du rumen : synchronisme

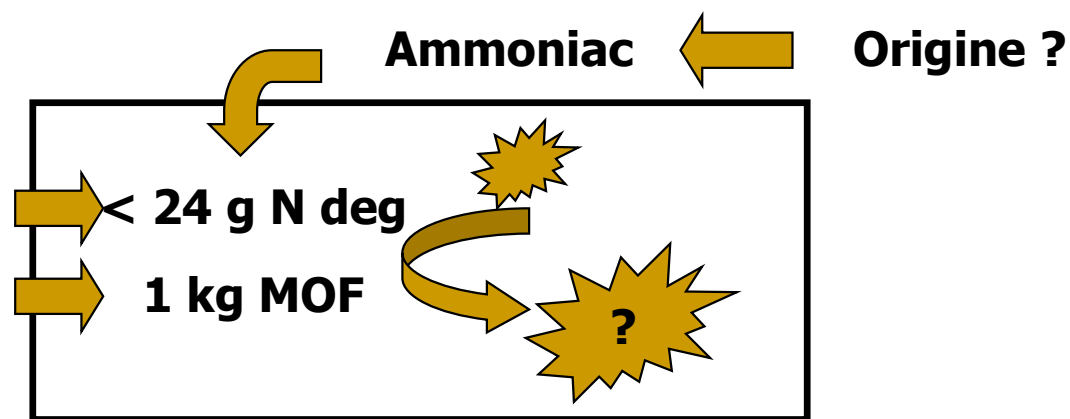


# Régimes à valeurs Dif PDI différentes de 0

Régime à N deg > MOF  
Dif PDI > 0



Régime à N deg < MOF  
Dif PDI < 0



## Ruminant vrai

- Excès de PDI/besoins
- Recyclage intra-animal (poids animal)