

## TD n° 4: DETERMINATION DE LA VALEUR AZOTEE DES ALIMENTS

### I. LES SYSTEMES D'EVALUATION DE L'AZOTE ALIMENTAIRE

#### 1. les unités classiques de mesure des matières azotées :

##### 1.1. Les matières azotées totales (le système MAT) :

Comme pour l'énergie, des unités de mesure des matières azotées (MA) s'imposent pour pouvoir chiffrer les besoins de animaux et la valeur des aliments. Sachant que les matières azotées totales comprennent : les matières protéiques (protéines, polypeptides...) et les matières azotées non protéiques (amides, urée, sels ammoniacaux...), l'unité d'expression des matières azotées est :

- *Le gramme* (après analyse alimentaire).
- *Le pourcentage* (par rapport à la matière sèche).

Les matières azotées totales sont obtenues en multipliant la teneur en azote organique de l'aliment, (déterminé par la méthode de Kjeldahl) par le coefficient 6,25 (100/16). De cette manière, on admet que toute les matières azotées ainsi dosées contiennent 16% d'azote :

$$\text{MAT} = \text{N Total} \times 6,25$$

##### \* *Défaillances du système MAT :*

Chez les ruminants, le système MAT basé sur l'expression des apports et des besoins en matières azotées totales est nettement insuffisant car il ne prend pas compte de la digestibilité ni des remaniements subis par les matières azotées dans le rumen. Pour cette raison, on a adopté un autre système celui, des matières azotées digestibles (MAD).

##### 1.2. Les matières azotées digestibles (MAD) ou le système MAD :

La teneur en matières azotées digestibles (MAD) d'un aliment est obtenue en tenant compte des pertes apparentes de matières azotées dans les fèces :

$$\text{MAD} = \text{MAT ingérées} - \text{MAT fécales}$$

$$\text{CUD MA} = \frac{\text{MAT ingérées} - \text{MAT fécales}}{\text{MAT ingérées}}$$

$$\text{MAD} = \text{MAT} \times \text{CUD MA}$$

##### \* *Avantages du système MAD :*

Le système des MAD n'est satisfait que dans le cas de rations présentant un bon équilibre entre les matières azotées fermentescibles et l'énergie fermentescible.

**\* Défaillances ou insuffisances ou du système MAD :**

-Lorsque les rations sont riches en azote fermentescible (azote soluble) et trop pauvres en énergie, le système MAD ne tient pas compte de la quantité d'ammoniac éliminée par les urines. Dans ce cas, les synthèses microbiennes sont insuffisantes pour transformer tout cet azote en acides aminés.

- Le système MAD ne tient pas compte de l'apport d'énergie de la ration ; l'ajout de l'amidon à un régime de base ne modifie pas sa teneur en MAD, mais au contraire, augmente considérablement la synthèse d'acides aminés disponibles dans l'intestin. D'où l'intérêt du bon équilibre énergie/azote.

A cet effet, l'INRA (institut national en recherche agronomique de France) a créé de nouvelles normes azotées tenant mieux compte de la quantité d'énergie disponible dans l'aliment ou dans la ration.

**1.3. Les protéines digestibles intestinales (le système PDI de l'INRA) :**

Avant de développer ce système PDI, il est important de faire un récapitulatif sur le métabolisme azoté chez les ruminants. Sachant que dans le rumen, les matières azotées ingérées par l'animal participent à 2 réactions de dégradation et de synthèse :

**\* Une dégradation plus ou moins intense et rapide par la population microbienne :** dont le produit terminal est l'ammoniac. Cette dégradation touche les protéines solubles contenant les matières azotées non protéiques (MANP) et la fraction soluble des matières azotées protéiques (MAP). Les résultats de cette protéolyse sont :

- le  $\text{NH}_3$  (en quantité parfois très importante),
- les protéines non dégradées épargnées par cette protéolyse (en quantités parfois faibles).

Ces deux produits vont se retrouver intacts au niveau de l'intestin grêle et constituent les *protéines digestibles intestinales d'origine alimentaire (PDIA)*.

**\* Une réaction de synthèse microbienne:** au cours de laquelle le  $\text{NH}_3$  est utilisé par la microflore pour sa prolifération et la synthèse de ses propres protéines (protéines microbiennes) lorsque celle-ci dispose de suffisamment d'énergie (glucides fermentescibles). En cas d'excès relatif de  $\text{NH}_3$ , celui-ci s'accumule dans le rumen puis dans le sang. Lorsque le taux d'ammoniac du sang devient excessif, des troubles hépatiques et des accidents de toxicité peuvent apparaître.

Il faut savoir qu'il existe deux facteurs limitant de la prolifération microbienne: *l'énergie fermentescible* et *l'azote fermentescible* (éventuellement le soufre, le cobalt et la vitamine B<sub>12</sub>). Ce

qui implique deux résultats pratiques importants à déduire:

- Si les matières azotées fermentescibles d'une ration permettent la libération d'une quantité suffisante d'ammoniac, on peut améliorer l'efficacité azotée (la synthèse microbienne) de cette ration par **un apport d'énergie fermentescible sous forme d'amidon**.
- Si l'énergie fermentescible d'une ration est excédentaire, on peut améliorer la valeur azotée de cette ration par **addition de matières azotées fermentescibles**.

**\* Bilan de l'azote :**

- Dans le rumen-réseau:

Les matières azotées alimentaires non dégradées ou insolubles,

Les matières azotées microbiennes fabriquées lors de la protéosynthèse,

Un peu d' $\text{NH}_3$  non utilisé et non absorbé (2 à 5% de l'azote total)

Un peu de matières azotées endogènes (sécrétions enzymatiques).

- Dans l'intestin grêle:

Toutes les protéines (d'origine microbiennes ou alimentaires), sont dégradées en acides aminés sous l'action des enzymes protéolytiques des sucs digestifs intestinaux.

### 1.3.1. Principe du système PDI

Les apports alimentaires et les besoins azotés des ruminants sont également exprimés en gramme de protéines réellement digestibles dans l'intestin grêle, (PDI) qui sont la somme de deux fractions :

- les protéines alimentaires digestibles dans l'intestin grêle (PDIA)
- les protéines microbiennes digestibles dans l'intestin grêle (PDIM).

Chaque aliment est ainsi caractérisé par:

- une valeur de PDIA
- deux valeurs de PDIM
  - **PDIME:** valeur de PDIM permise par la teneur en énergie fermentescible dans le rumen, teneur proportionnelle au taux de *la matière organique digestible* (MOD) (dans ce cas, le facteur limitant est l'énergie).
  - **PDIMN :** valeur de PDIM permise par le teneur en matières azotées fermentescibles dans le rumen (dans ce cas, le facteur limitant est l'azote).

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

## II. Conditions pratiques d'utilisation azotée

### ✓ l'égalité entre PDIE et PDIN

En pratique, il convient de rechercher l'égalité entre PDIE et PDIN qui est le garant de la meilleure valorisation des glucides fermentescibles aussi bien que l'azote dégradable.

Autrement dit, on vérifie la liaison étroite entre les rations énergétiques et azotées dans le rumen, nécessitant des apports : suffisants, égalisés, synchrones, de façon prolongée et sous des formes correspondants aux besoins de la microflore (glucides fermentescibles et protéines dégradables).

### ✓ Un excès de glucides dégradables :

Milieu ruminal	Milieu intérieur	Symptômes
Ph = 5,5 - 6,2 (Atonie ruminale)	Acidose	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ anorexie.</li> <li>✓ Disfonctionnement hépatique</li> <li>Baisse de l'immunité,</li> <li>Métrites (infertilité, avortement)</li> <li>Mammites.</li> <li>Fourbure, boiterie, abcès.</li> <li>✓ Bouses de vache molles</li> </ul>
Vache laitière	Diminution du rapport acétate C2/ propionate C3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baisse de la production laitière</li> <li>Par diminution du taux butyreux</li> <li>✓ Tendance vers l'engraissement</li> </ul> <p style="text-align: right;">➤ <b>Acidose digestive chronique</b></p>

### ✓ Un excès d'azote dégradable :

Milieu ruminal	Milieu intérieur	Symptômes
Ph > 7 (Atonie ruminale)	Alcalose	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ diminution du Mg</li> <li>➤ <b>Syndrome de la vache rampante</b></li> <li>➤ <b>Tétanie</b></li> <li>✓ Baisse de l'immunité (métrites, mammites)</li> <li>✓ Bouses de vache molles: odeur putride</li> </ul>
Augmentation NH <sub>3</sub>	Augmentation NH <sub>3</sub> sanguin Diminution de la progestérone	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mortalité embryonnaire</li> <li>✓ Avortement</li> </ul> <p style="text-align: right;">➤ <b>Alcalose digestive chronique</b></p>