

1. Utilisation et constitution des aliments

a/ Etude de constitution des aliments des ruminants :

Les ruminants représentés par l'importance des bovins, ovins et caprins, occupent une place prépondérante chez les animaux domestiques utilisés à des fins de production. Ils possèdent la particularité de transformer les végétaux non utilisables par le reste du règne animal en produits de grande valeur nutritionnelle pour l'être humain, telles que les protéines contenues dans la viande et le lait.

Les ruminants sont les seuls à pouvoir valoriser les constituants celluloseux des aliments d'origine végétale. Les ruminants domestiques tirent 90 à 95 % de leur nourriture de l'appareil végétatif aérien des plantes herbacées, des plantes vivrières après leur récolte et des arbustes.

Ces fourrages sont d'une extraordinaire diversité dans leur nature botanique et leurs caractéristiques morphologiques anatomiques et physico-chimiques qui, toutes, agissent sur leur ingestibilité, leur dégradation dans le rumen et leur digestibilité.

a.1- Les constituants glucidiques

a.1.1- Les glucides cytoplasmiques

Ce sont essentiellement des glucides hydrosolubles dont la digestibilité est totale. Le glucose, le fructose et le saccharose sont prédominants et représentent environ 3 à 8% de la M.S. Cependant, il existe aussi des fructosanes qui s'accumulent à la base des tiges des graminées. La teneur des plantes fourragères reste en général assez faible. La concentration maximum est atteinte un peu avant le début de l'épiaison chez les graminées et un peu avant le bourgeonnement chez les légumineuses.

L'amidon est absent généralement dans les fourrages sauf dans certaines légumineuses où des teneurs allant de 0.5 à 3 % de la MS ont été observées.

a.1.2- Les glucides pariétaux

Dans cette famille de glucides, il faut distinguer les polysides proprement dits et les constituants pariétaux qui leur sont associés.

a.1.2.1- Les polysides sont formés de trois groupes : la cellulose, les hemicelluloses et les substances pectiques

a.1.2.1.1 La cellulose : c'est un glucane formé de longues chaînes de molécules glucose aux environs de 1000 dans les plantes fourragères.

Dans les fourrages, elle représente de 40 à 45 % de l'ensemble des parois et par rapport à la M.S totale de la plante, la teneur varie de 15 à 40 % selon l'espèce et surtout selon l'âge de la plante. Cette proportion augmente avec l'âge de la plante et c'est ce qui explique en partie la diminution de la digestibilité lorsque la plante vieillit (Jarrige. 1981, ITEB- INRA 1984).

a.1.2.1.2- Les hémicelluloses : ils sont composés essentiellement de pentoses, xylose en particulier, de quelques hexoses et d'acides uroniques. Leur teneur varie de 12 à 25 % de la M.S des fourrages. Plus la plante vieillit, plus la teneur en hémicelluloses augmente. Leur digestibilité est un peu inférieure à celle de la cellulose en raison de leur imprégnation par la lignine (Jarrige, 1981).

a.1.2.1.3- Les substances pectiques : on les retrouve dans les lamelles moyennes des cellules. Elles ont une teneur avoisinant les 2 % de la M.S des graminées et ayant une digestibilité très élevée et proche de celle des glucides cytoplasmiques (ITEB- INRAP, 1984).

a.2- Les constituants non glucidiques: Le seul constituant intéressant est représenté par la lignine qui est une substance complexe formée de plusieurs alcools. Sa teneur varie de 2 % dans l'herbe jeune à 12 –13 % de la M.S dans la paille. La lignine est pratiquement indigestible, elle protège une partie des polysides membranaires, qu'elle incruste, de la dégradation microbienne. *De ce fait la lignine est le facteur principal limitant de la digestibilité des aliments.*

a.2.1- Les constituants azotés (ou matières azotées totales = protéines brutes)

On distingue :

a.2.1.1- Les matières azotées protidiques (MAP): Elles sont localisées dans les cellules chlorophylliennes et elles donnent par hydrolyse des acides aminés. Elles sont constituées de protéines, de peptides et des acides aminés libres.

a.2.1.2- Les matières azotées non protidiques (MANP): Elles sont localisées dans les vacuoles des cellules végétales, elles ne donnent pas à l'hydrolyse des acides aminés. Ce sont les amines, les amides (telle que l'urée,...), les formes azotées simples (NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺...), les bases azotées (formes cycliques constituants des acides nucléiques). Dans les fourrages verts, elles représentent 15 à 35 % des matières azotées totales, cette proportion est plus élevée dans les tiges que dans les feuilles. Les légumineuses sont plus riches que les graminées. Les matières azotées non protidiques des foins récoltées dans de bonnes conditions ont en général une proportion comprise entre 30 et 40 % des matières azotées totales (ITEB- INRAP, 1984).

a.2.2- Les constituants lipidiques. Ils sont localisés dans les chloroplastes Les lipides représentent une très faible fraction de la M.S des fourrages (2 à 5 %), ce qui explique le peu d'intérêt qu'il leur est accordé le plus souvent (Jarrige 1995a).

a.2.3- Les minéraux: La composition minérale d'un fourrage résulte de l'action de plusieurs facteurs comme le stade de végétation de la plante, sa famille botanique et les conditions de milieu et d'exploitation (comme les épandages ou les fertilisants).

b/ Anatomie comparée de l'appareil digestif

b.1 L'appareil digestif des ruminants

L'appareil digestif des ruminants est caractérisé par un estomac très différencié à plusieurs cavités comprenant quatre parties. Ce sont successivement le rumen (ou panse), le réseau (ou réticulum) et le feuillet (ou omasum). Ces trois premières représentent les pré-estomacs et sont placées avant l'estomac appelé la caillette. Les ruminants sont des herbivores qui peuvent digérer les parois des tissus végétaux non lignifiés dont la cellulose est le constituant principal.

1-Le rumen ou la panse

C'est le plus volumineux, il renferme de 70 à 75% du contenu du tube digestif et représente de 50 à 60 % de son volume. Son volume et celui du réseau sont d'environ 18 litres.

2- Le réseau (ou réticulum)

Sa muqueuse réticulée et parsemée de papilles absorbantes, joue un rôle central dans la circulation des particules. Les particules qui franchissent l'orifice réticulo-omasal doivent avoir une taille moyenne inférieure ou égale à 1 mm. De ce fait, les aliments solides sont donc séquestrés tant qu'ils n'ont pas atteints cette taille minimale.

3- Le feuillet (ou omasum) : Il est presque entièrement occupé par des lames parallèles, de hauteurs inégales, disposées dans le sens du transit alimentaire. D'un volume égal à 0,5 l, c'est un organe ovoïde chez le mouton à l'intérieur duquel on trouve de très nombreuses lames recouvertes d'un épithélium kératinisé possédant également des papilles. Il communique en aval avec la caillette par un orifice large et dilatable.

4- L'estomac ou la caillette

La caillette 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. Les fonctions digestives de la caillette des ruminants sont analogues à celles de l'estomac des mammifères mono-gastriques. Elle a un volume inférieur à 2 litres. L'ensemble de ces réservoirs ont une capacité de 12 à 20 litres chez le mouton.

5- L'intestin

Il est divisé en deux parties :

L'intestin grêle est très long. Il comprend le duodénum (0,6 à 1,2 m) avec son anse duodénale qui reçoit les sécrétions biliaires et pancréatiques et l'ensemble jéjunum-iléon (17,5 à 34,0 m). Sa structure est identique à celle de l'être humain. Les mécanismes de la digestion et de l'absorption dans l'intestin grêle sont les mêmes que chez les mono-gastriques.

Le gros intestin comprend le cæcum, le colon sigmoïde, le colon spiral, le colon flottant et le rectum. Le gros intestin ne secrète pas de sucs digestifs.

b.2 Rappel anatomique du tube digestif de la poule

1. La cavité buccale: ne comprend ni lèvres, ni dents, mais un bec corné qui permet la préhension et une certaine fragmentation des aliments. Les glandes salivaires, peu développées, secrètent de la ptyaline. Il n'y a ni voile du palais, ni épiglotte, si bien que la déglutition est un phénomène uniquement mécanique par redressement de la tête.

2. L'œsophage : contient un renflement dont l'épithélium est riche en glandes à mucus : le jabot. Cet organe peut stocker des aliments qui s'y humectent et s'y ramollissent, il fonctionne chez le poulet alimenté à volonté.

3. L'estomac : comprend deux parties:

Un estomac « chimique », le ventricule succenturié, dont la muqueuse est riche en glandes sécrétant à la fois l'acide chlorhydrique et le pepsinogène précurseur de la pepsine;

Un estomac « mécanique », le gésier, peu sécréteur, caractérisé par une couche superficielle très dure entourée de muscles puissants. Il y règne un pH très bas (2 à 3,5) et il peut contenir de petits graviers, nécessaires aux animaux consommant des grains intacts.

4. L'intestin grêle : est un tube d'environ 1,2 m de longueur dont la paroi est bien équipée en glandes sécrétrices, il reçoit à son début les sécrétions du pancréas et du foie.

5. Le gros intestin : est peu développé et se réduit pratiquement à deux caecums où ont lieu des fermentations bactériennes.

Après un court rectum, on trouve le cloaque, carrefour des voies génitales, urinaires et intestinales. La longueur totale du tube digestif est d'environ 2 m chez le poulet adulte.

b. 3 Rappel anatomique du tube digestif du lapin

Chez un lapin adulte, le tube digestif a une longueur totale d'environ 5m.

L'estomac: l'estomac est de petite taille

L'intestin grêle: l'organisation de l'intestin grêle est assez classique. C'est le lieu principal de la digestion enzymatique et c'est un lieu d'absorption importants des nutriments.

Le gros intestin: le gros intestin est proportionnellement de grande dimension. C'est un lieu d'activité microbienne importante : dans le caecum et le colon.

2. Actions digestives des différentes espèces animales

a/Chez les ruminants

1 - Bouche (ruminantion et production de salive)

- Réduction de la dimension des particules, ce qui facilite l'attaque de la fibre pendant la fermentation microbienne.
- Production de 160 à 180 litres de salive lorsque la vache mastique entre 6 et 8 heures par jour, mais moins de 30 litres si la ruminantion n'est pas stimulée (trop de concentré dans la ration ou mouture trop fine du fourrage).
- Production de *tampons dans la salive (bicarbonates et phosphates)* qui neutralisent les acides produits par la fermentation microbienne et ainsi favorisent la digestion des fibres et la croissance microbienne grâce au maintien d'une acidité neutre dans le rumen.

2 - Réticulo-rumen (fermentation)

- Rétention de longues particules fibreuses qui stimulent la ruminantion et la salivation.
- Activité microbienne intense qui conduit à la production d'acides gras volatils (AGV) qui sont des produits terminaux de la fermentation des sucres et à la production d'une masse microbienne riche en protéine.

Absorption des AGV à travers la paroi du rumen.

Les AGV sont utilisés comme source d'énergie dans les cellules du corps ainsi que pour la synthèse du lactose, des protéines et de la matière grasse trouvés dans le lait.

3 - Omasum (recyclage de certains nutriments)

Absorption de l'eau, du sodium, du phosphore et des AGV.

Production et expulsion par éructation de plus de 1000 litres de gaz par jour.

4 - Abomasum (digestion acide)

Sécrétion de l'acide chlorhydrique et de nombreuses enzymes digestives.

Digestion de protéines qui ont échappés à la fermentation ruminale et de la majorité des lipides.

Digestion des protéines bactériennes produites dans le rumen (0.5 à 2.5 kg par jour).

5 - Petit intestin (digestion et absorption)

Sécrétion d'enzymes digestives par la paroi de l'intestin, le foie et le pancréas.

Digestion enzymatique des hydrates de carbone, des protéines et des lipides.

Absorption de l'eau, de minéraux et des produits de la digestion intestinale (glucose, acides aminés et acides gras).

6 - Caecum (fermentation) et le gros intestin (formation des fèces)

Fermentation, par une population bactérienne, des produits de la digestion intestinale non absorbés.

Absorption de l'eau et formation des matières fécales.

b/ Chez la poule

Les enzymes digestives des volailles sont similaires à celles des mammifères, en l'absence de lactase.

Le transit des aliments est relativement rapide, il dure en moyenne vingt-quatre heures.

Dans la bouche

Les aliments sont peu fragmentés et grossièrement insalivés; l'action de la ptyaline sur l'amidon y débute et se poursuit dans le jabot.

Le jabot

Assure le stockage et le ramollissement des aliments grâce au mucus qui y sécrété; plus au moins rempli, il participe au transit alimentaire en jouant le rôle de pompe aspirante et refoulante.

Le ventricule succenturié (ou proventricule)

Sécrète en abondance l'acide chlorhydrique, mais le pH qui règne n'est pas très bas (3 à 4,5), si bien que la transformation de pepsinogène en pepsine n'est pas complète et que la protéolyse ne fait qu'y débiter.

Le gésier

Présente un pH bas (2 à 3,5), c'est donc là que se produit véritablement la protéolyse sous l'action de la pepsine. En outre, la présence de petits cailloux dans cette poche permet à l'oiseau d'y broyer les grains.

Si l'alimentation est à base de grains intacts, il importe de mettre des petits cailloux à disposition des animaux. Si les volailles sont nourries avec des farines, l'activité mécanique du gésier est très réduite.

L'intestin grêle

Est le lieu préférentiel de la digestion chimique sous l'action des enzymes intestinales et pancréatiques et de la bile.

Le caecum

Le caecum est le siège de fermentation bactérienne, sans doute d'importance secondaire, qui permettent une utilisation partielles des glucides pariétaux des enveloppes des grains.

Il s'y produit aussi une synthèse de vitamines B qui pourraient profiter à l'oiseau. Comme chez les autres espèces, il y a à ce niveau une absorption importante d'eau et de sels minéraux.

c/ Chez le lapin

La principale originalité chez le lapin réside dans le fonctionnement du colon proximal, aussi distinguerons-nous la digestion de la bouche au caecum, d'une part, et après le caecum, d'autre part.

De la bouche au caecum

Les particules alimentaires arrivent rapidement dans l'estomac après mastication et insalivation; elles y séjournent trois à six heures et y subissent peu de transformations sous l'action protéolytique de la pepsine.

Dans l'intestin grêle

Au cours d'un séjour d'environ une heure et demie, sous l'action des enzymes intestinales et pancréatiques et de la bile, les éléments aisément dégradables sont digérés et absorbés à ce niveau.

Les particules non dégradées entrent dans le caecum où elles séjournent obligatoirement deux à douze heures; elles y subissent l'attaque des bactéries.

Après le caecum

La paroi du colon sécrète un mucus qui enrobe progressivement les pelotes de contenus caecal que les contractions de la paroi ont permis de former.

Ces pelotes, protégées par le mucus, se trouvent réunies en grappes de cinq à dix. Éliminées en général en cours de la matinée, ce sont les crottes molles ou caecotrophes que le lapin ingère en les prélevant directement à l'anus.

La caecotrophie

Les caecotrophes sont fabriqués la nuit dans le caecum et contiennent tous les éléments non assimilés dans le tube digestif, notamment protéines, acides gras et vitamines.

3. Alimentation énergétique

L'apport énergétique tient la première place d'importance dans la ration, parce que :

- Il constitue le principal élément conditionnant l'ingestion des rations.
- Il permet, comme pour les autres éléments nutritifs, d'adapter les apports alimentaires aux besoins nécessaires pour l'entretien des animaux et la synthèse de leurs différentes productions.
- Il influence sur l'utilisation des autres catégories de nutriments.

a. Importance

L'énergie chimique des aliments est la seule forme d'énergie utilisable par les animaux domestiques pour leurs entretiens et leurs productions. La combustion, en présence d'oxygène de la matière organique contenue dans les nutriments permet la libération d'énergie, susceptible de couvrir les différents besoins de l'animal : renouvellement des tissus, régulation thermique, dépenses musculaires de travail et élaboration des produits.

b. Besoins alimentaires

Les activités de l'organisme animal sont à l'origine de dépenses à partir desquelles on peut définir les besoins d'un animal, d'une part en énergie, d'autre part en matériaux : glucose, acides aminés, éléments minéraux ; ces dépenses correspondent à l'entretien de l'animal (métabolisme de base, thermorégulation, activité physique) et éventuellement à la réalisation de production : croissance, engraissement, gestation, lactation, ponte, travail.

c. Effets de carence ou excès nutritionnels :

Chaque fois que l'apport alimentaire est insuffisant, il y a une diminution du niveau de production et apparition des troubles chez les animaux. L'inanition conduit plus ou moins rapidement à la mort des individus. Un apport suffisant d'énergie est donc la première condition d'une alimentation rationnelle.

Un excès n'est toutefois souhaitable car, outre son coût élevé, l'élimination de l'énergie non utilisée entraîne une fatigue de l'organisme et peut perturber le métabolisme de l'animale.

Les étapes de l'utilisation de l'énergie des aliments :

- L'utilisation des aliments par les animaux s'accompagne de nombreuses transformations dans l'appareil digestif puis dans les tissus. Les composants organiques sont dégradés progressivement et chaque étape entraîne des pertes organiques et calorifiques ; elles sont très variables selon les aliments et les animaux.

Etape 1 : L'énergie digestible (ED)

L'énergie brute (EB) est la quantité d'énergie contenue dans les aliments est appelée énergie brute.

L'énergie digestible est obtenue par différence entre l'énergie brute et l'énergie contenue dans les matières fécales (EF)

$$ED=EB-EF$$

La digestibilité de l'énergie (dE) est le rapport entre l'énergie digestible et l'énergie brute, elle permet de calculer la partie de l'énergie contenue dans l'aliment (EB) qui passe dans le sang de l'animal, qui est absorbée (ED).

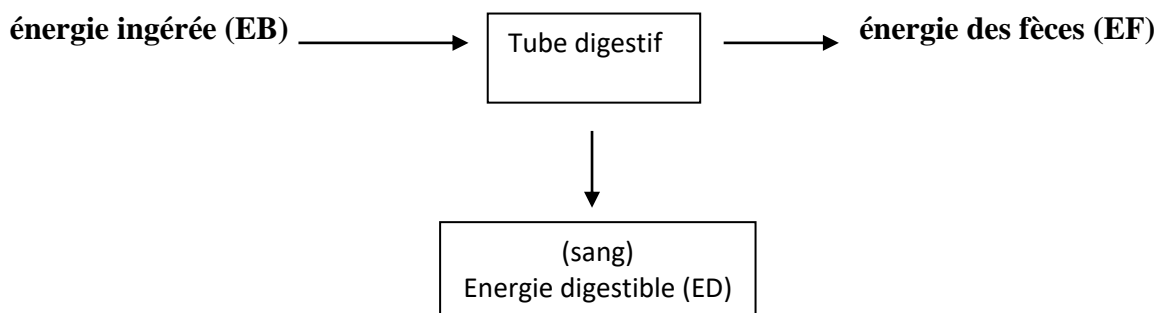


Figure 1 : Devenir de l'énergie ingérée

Etape 2 :L'énergie métabolisable (EM)

L'énergie métabolisable est égale à l'énergie digestible diminuée de l'énergie contenue dans les gaz combustibles, surtout le méthane, issus des fermentations digestives (EG) et de l'énergie contenue dans les urines (EU) :

$$EM= ED -EG-EU ;$$

$$EM=EB-(EF+EG+EU)$$

L'énergie métabolisable correspond à la quantité d'énergie alimentaire utilisable par les tissus de l'organisme.

Elle sert à faire face aux dépenses énergétiques liées à l'entretien et à la production.

$$EM \text{ totale (ou EMT)}=EM \text{ entretien}+EM \text{ production}$$

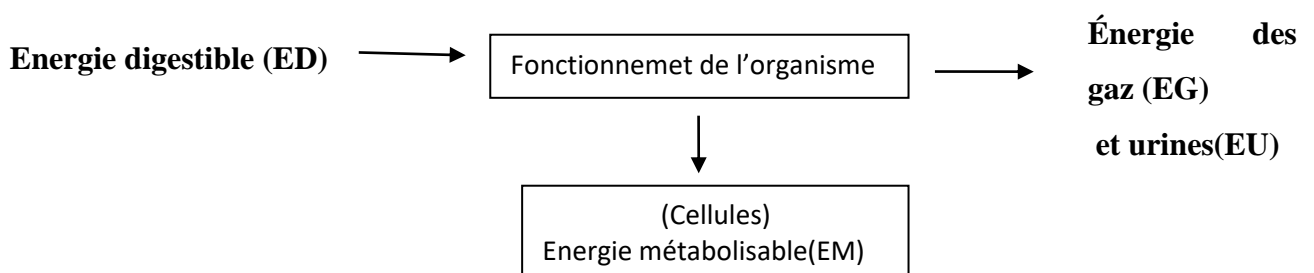


Figure 2 : Energie digestible et énergie métabolisable

Etape 3 :L'énergie nette (EN)

Une partie seulement de l'énergie métabolisable contribue à couvrir les dépenses d'entretien et de production : c'est l'énergie nette. L'autre partie est dissipée sous forme de chaleur, c'est l'extra-chaleur :

$$\mathbf{EN = EM - \text{extra chaleur} \text{ ou } EN = k \times EM}$$

k est le rendement globale de la transformation de l'énergie métabolisable en énergie nette :

On obtient l'énergie nette à partir de l'énergie brute des aliments en tenant compte de l'ensemble des pertes énergétiques facilement mesurables (fèces, urines et gaz) et des pertes calorifiques d'extra chaleur :

$$\mathbf{EN = EB - (EF + EU + EG) - \text{extra chaleur}}$$

Les pertes d'extra chaleur sont très variables selon la fonction physiologique réalisée par l'animal et la composition des aliments.

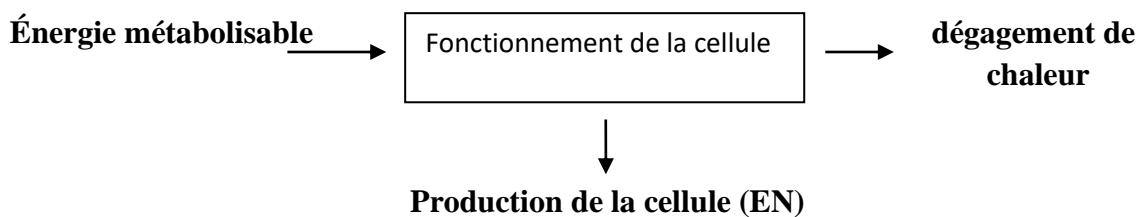


Figure 2 : Energie métabolisable et énergie nette

4. Alimentation azotée

Outre l'énergie, l'apport en quantité suffisante de toute substance utilisée par l'organisme pour sa synthèse est nécessaire pour alimenter correctement les animaux.

-l'azote se retrouve principalement dans les protéines dont les rôles de structure et fonctionnels sont bien connus.

-les protéines animales se caractérisent par une grande richesse en acides aminés essentiels (exemple : 8 à 10 % de lysine contre seulement 3- 4% dans les protéines végétales)

a.Importance

L'utilisation digestive des matières azotées alimentaires varie avec les espèces animales

-Alimentation azotée des monogastriques

Le monogastrique ne peut pratiquement pas utiliser l'azote non protéidique. Son besoin azoté est essentiellement un besoin en acide aminé, il faut dans ce cas tenir uniquement compte de l'apport azoté protéidique.

De plus, il est nécessaire de lui fournir une quantité suffisante de chacun des AA indispensables, si l'un de ces AA manque, la synthèse des protéines est arrêtée au niveau de l'organisme animal.

Les protéines alimentaires ingérées doivent pouvoir fournir une quantité suffisante d'acides aminés répartis selon un profil bien déterminé (protéine idéale). Lorsqu'il y a carence en un acide aminé, les protéosynthèses corporelle sont diminuées, les performances altérées et les carcasses deviennent plus grasses. Il est donc nécessaire de formuler des régimes contenant -une teneur suffisante en protéines brutes (12-25%) de la matière sèche ingérée selon l'espèce animale) et le type de production.

- une teneur suffisante, dans cette protéine, des principaux acides aminés essentiels (lysine, méthionine, cystine, thréonine, tryptophane). Pour être encore plus précis dans l'apport, on formule actuellement les régimes en considérant, d'une part, l'équilibre « acides aminés énergie » et, d'autre part, les teneurs en acides aminés absorbés dans l'intestin grêle (par la mesure de leur digestibilité entre l'ingéré et l'extrémité de l'iléum).

- L'alimentation azotée des ruminants :

La panse est le siège d'une hydrolyse des protéines alimentaires par les enzymes des microbes et d'une protéosynthèse microbienne intense. Ces protéines qui couvrent environ les 2/3 des besoins de l'animal sont particulièrement riches en acides aminés essentiels. Par contre, une partie de l'azote alimentaire dégradé en NH_3 peut être en cas d'excès, perdu par la voie urinaire.

Donc les protéines digérées dans l'intestin grêle ont une double origine : alimentaire et microbienne.

Les protéines digestibles d'origine alimentaire (PDIA) correspondent à la fraction digestible des protéines alimentaire parvenant dans l'intestin sans avoir été dégradé par les microbes du rumen : ce sont les matières azotées non fermentescibles.

Les protéines digestibles d'origine microbienne (PDIM) sont synthétisées dans le rumen par les bactéries et les protozoaires sous formes de matière azotée microbienne (MAA) à partir d'azote fermentescible : ammoniac (NH_3) et des chaînes carbonées résultant de la fermentation dans le rumen de la matière organique.

- Le système PDI : pour permettre de tenir compte de ces deux phénomènes, il a été créé un système d'unités d'alimentation adapté. Il s'agit des PDI (Protéines Digestibles dans l'Intestin). Les valeurs des aliments et des besoins nutritifs sont exprimés en g de PDI quantifiant le flux entrant d'AA au niveau duodénal. Le calcul des valeurs PDI des aliments s'effectue par l'addition des PDIA qui correspondent à la fraction protéique non dégradée

dans la panse d'origine alimentaire et des PDIM issue de la protéosynthèse microbienne qui peut elle-même être limitée par l'azote (PDIMN) ou l'énergie (PDIME) apportés par la ration.

b .Effets de carence ou excès nutritionnels

La carence en protéine, ou en certains acides aminés essentiels, altère les performances des animaux, la qualité de leurs produits (exemple : teneur en protéine du lait) et leur état de santé. Par contre l'excès entraîne un accroissement des flux de rejets azotés urinaires qui peuvent être polluants si le chargement animal des surfaces est trop important, entraîne une dépense énergétique supplémentaire pour éliminer l'excès, comme elle peut provoquer des troubles graves : chute de production laitière chez la vache, trouble digestifs en particulier chez les jeunes. L'excès peut aussi entraîner l'apparition de cas de stérilité chez les reproducteurs.

5. Alimentation minérale et vitaminique

1. LES MINÉRAUX

Les éléments minéraux intervenant dans la constitution d'un organisme sont très grand nombre .Ils sont classés selon leurs importances comme suit :

- Les macro-éléments, ou les éléments majeurs : calcium, le phosphore, le chlore, le sodium, le potassium, le magnésium et le soufre
- Les oligo- éléments : le fer, le cuivre, le zinc le manganèse, le cobalt, l'iode, le fluor, le sélénium et le molybdène.

a.Importance

Les éléments minéraux sont des constituants normaux de protoplasme et de différents tissus de l'organisme ; certains comme le squelette, sont riches en éléments minéraux. Par ailleurs, ces éléments interviennent dans le fonctionnement de l'organisme.

-Rôles fonctionnels : Les éléments minéraux jouent un rôle direct dans le fonctionnement de l'organisme.Ils contribuent de façon importante à un certain équilibre du milieu intérieur, en particulier au niveau du sang : pression osmotique réglant les échanges de liquide ou équilibre acide-base du sang.

-Rôle plastique : issu de l'importance de l'os pour les productions animales et la reproduction, et qui est considéré comme réserve utilisées dans les périodes les plus critiques.

b .Effets de carence nutritionnels

Les éléments traces sont des effecteurs de l'organismes, certains se trouve le plus souvent en quantité insuffisante dans les aliments d'autres en excès.Alors que les problèmes sont relatifs aux carences, ces derniers se manifestent comme suit :

-Sur le squelette : par le ralentissement de croissance et de déformations.

-Sur le fonctionnement de l'organisme : par les troubles de métabolisme dus à des déséquilibres du milieu intérieur (macro éléments) ou à des insuffisances de divers enzymes (oligo-éléments) ce qui fait l'apparition de plusieurs maladies : acidose, œdème, tétanie.

-Sur la production : affecte la production de lait, de la viande, des œufs, de point de vue qualitatif et quantitatif.

2. LES VITAMINES

Sont des substances organiques, facilement destructibles, indispensables en doses très faibles dans l'organisme. Ils appartiennent aux glucides (vit C), aux lipides (vit D) et aux protéines (vit groupe B), les vitamines sont sensibles à la chaleur, la lumière et l'oxydation.

Les vitamines sont classées en :

-Vitamines liposolubles (solubles dans les graisses) : vitamines A ou vitamine de croissance, la D ou la vitamine anti rachitique, la vitamine E ou vitamine de fertilité ou K l'antihémorragique

-Vitamines hydrosoluble (soluble dans l'eau) : vitamine C, les vitamines du groupe B

Effets de carence nutritionnels

L'absence totale d'une vitamine (avitaminose) entraîne la mort du sujet.

L'absence partielle (hypovitaminose) conduit à un mauvais état de santé de l'animal et la chute de son niveau de production.

En dehors des principales conditions d'une bonne alimentation qui viennent d'être étudié, il existe encore un certain nombre de facteurs dont il ne faut pas négliger l'importance car ils peuvent influencer sur l'efficacité du régime ce sont essentiellement : les additifs alimentaires, l'apport d'eau, l'apport de lest et absence de toxicité des rations.