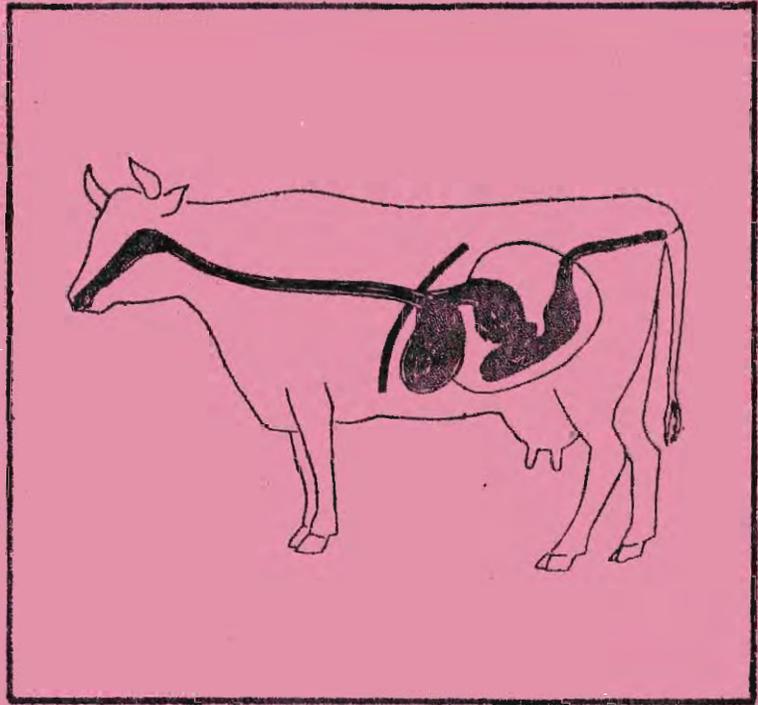


DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AGRICOLE
ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

ZOOTECHE

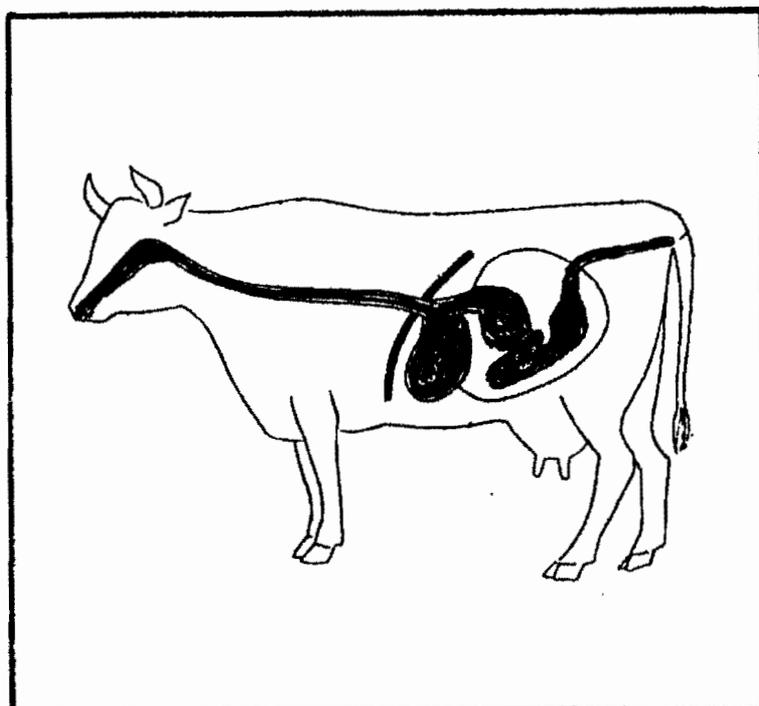


Tome IV – ALIMENTATION DU BETAIL

à l'usage des Centres d'Apprentissage Agricole
et des Centres Spécialisés

DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AGRICOLE
ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

ZOOTECHE



Tome IV – ALIMENTATION DU BETAIL

à l'usage des Centres d'Apprentissage Agricole
et des Centres Spécialisés

TABLE DES MATIERES

<u>N° de l'Unité</u>	<u>Thème traité</u>	<u>Page</u>
1	Généralités et définitions.....	1
2	Composition des aliments.....	13
3	La digestion des aliments.....	33
4	La digestibilité.....	47
5	Principes de base de l'alimentation.	56
6	La ration.....	71
7	Le rationnement.....	89
8	Les aliments du bétail.....	106
9	Fabrication et Conservation des aliments.....	139
10	Méthodes d'abreuvement.....	158

UNITE 1

GENERALITES ET DEFINITIONS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir les termes suivants : nutrition, nutriment, aliment, alimentation, alimentation rationnelle ;
- connaître le rôle de l'alimentation dans la production animale ;
- expliquer les répercussions de la production animale dans le domaine de l'alimentation humaine.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'est-ce que la nutrition ?
2. Qu'est-ce qu'un nutriment ?
3. Qu'est-ce qu'un aliment ?
4. Qu'appelle-t-on alimentation ?
5. Qu'entend-on par alimentation rationnelle ?
6. Quel est le rôle de l'alimentation dans la production animale ?
7. Quelles sont les répercussions de l'alimentation animale sur le problème alimentaire de l'homme ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'est-ce que la nutrition ?

La **nutrition** est l'ensemble des **échanges** qui s'établissent entre l'organisme et le milieu dans lequel il vit. Ces échanges qui visent à fournir l'**énergie** et les matériaux né-

nécessaires au maintien de structures tissulaires et au bon fonctionnement de l'organisme. Ils comprennent donc l'apport des éléments nutritifs à la cellule, leur utilisation et l'élimination des déchets.

2. Qu'est-ce qu'un nutriment ?

Un **nutriment** est une substance organique résultant de la digestion des aliments susceptible de passer dans le sang par absorption à travers la paroi du tube digestif et de contribuer à la couverture des dépenses de l'organisme.

Exemple : les glucides et les acides gras sont les principaux nutriments énergétiques ; tandis que les acides aminés constituent les nutriments azotés.

3. Qu'est-ce qu'un aliment ?

L'**aliment** est la substance ingérée par un animal en vue de contribuer à la couverture de leurs besoins nutritifs.

- Les aliments sont indispensables tant pour le maintien en vie de ces espèces que pour assurer leurs différentes productions (viande, oeufs, lait etc.).
- Les animaux d'élevage (ruminants, volailles...) ingèrent des aliments qui, mis à part l'eau, se présentent généralement sous une forme complexe (fourrages, graines etc.). Ces aliments sont dégradés, lors de la digestion, en éléments plus simples : les **nutriments**, qui sont utilisés pour constituer la matière vivante et compenser les dépenses des différentes cellules de l'organisme.

4. Qu'appelle-t-on alimentation ?

L'**alimentation** étudie les aliments consommés par les êtres vivants et les combiner de façon à constituer des **rations** et des **régimes** propres à couvrir les **besoins alimentaires** réels, c'est-à-dire à entretenir la vie dans ses différentes étapes et à assumer les productions.

5. Qu'entend-on par alimentation rationnelle ?

L'alimentation rationnelle a pour but de fournir aux animaux les aliments propres à assumer une production déterminée, dans les conditions de **rendement optimal**. (Ex : production de viande ou de lait)

6. Quel est le rôle de l'alimentation dans la production animale ?

La composition des aliments a une grande influence sur la qualité de la viande, du lait ou des oeufs produits ainsi que sur la santé des animaux.

Ainsi, les aliments peuvent être classés en fonction de leur utilisation en élevage, aux différents stades physiologiques de la vie des animaux et dans des conditions particulières.

Au cours de différents périodes de la vie des animaux, il est possible d'utiliser successivement les aliments d'allaitement, de sevrage, de croissance, d'engraissement et de ponte :

- a. **Les aliments d'allaitement** : sont des aliments secs, qui, après la dilution dans l'eau, donnent un **lait maternel** dans l'alimentation des jeunes ruminants. (Ex : poudre de lait écrémé)
- b. **Les aliments de sevrage** : sont des aliments secs, riches en **glucides digestibles**, et en **protéines**, destinés à assurer le passage de l'alimentation lactée à l'alimentation de l'adulte.
- c. **Les aliments de croissance** : sont caractérisés par un **équilibre énergie-azote** satisfaisant pour assurer une production maximale de **muscle**. Ils doivent, en outre, apporter suffisamment d'éléments minéraux pour permettre une bonne constitution du **squelette** de l'animal.

d. **Les aliments d'engraissement** : sont des aliments donnés à la fin de la période d'engraissement et qui paraissent la synthèse d'une quantité suffisante de **graisse**.

e. **Les aliments de ponte** (pour les volailles) : sont des éléments très énergétiques renfermant une bonne proportion de protéines et très riches en calcium. Ils sont destinés à assurer aux poules une production d'**oeufs** satisfaisante.

7. Quelles sont les répercussions de l'alimentation animale sur le problème alimentaire de l'homme ?

L'essentiel des viandes consommées dans le monde provient essentiellement des bovins, des ovins et des caprins. De même, le lait de vache est de très loin celui qui est le plus consommé par les hommes.

71. **Problème alimentaire humaine**

Depuis ces dernières décennies, le monde a connu une importante **expansion démographique** dont le rythme dépasse maintenant celui de l'accroissement de la production alimentaire, malgré tous les efforts déployés pour renverser cette tendance.

Les deux tiers de la population mondiale, soit plus de 2 milliards d'hommes, souffrent actuellement de **malnutrition**.

- Les moyens de lutte contre la faim ne doivent être recherchés que dans l'accroissement des productions nationales ou régionales par la création du **développement intégré**, c'est-à-dire par l'initiation massive des paysans aux techniques de production (animale et végétale) et au fonctionnement d'une économie de marché.

- Une amélioration sensible de la productivité permettra de gagner de vitesse la lutte entre l'augmentation de la production des substances et l'accroissement démographique.

72. Problème des protéines

L'organisme humain a besoin d'**énergie** pour assurer les différentes fonctions inhérentes à la vie, il faut donc fournir des aliments pour satisfaire non seulement les besoins en **calories** des individus mais aussi lui fournir un minimum de **protéines** pour couvrir les besoins normaux des tissus et des fonctions organiques et maintenir l'équilibre des individus.

- Le **manque de calories** a pour résultat la sous-alimentation, tandis qu'un régime déficient en protéines provoque de la malnutrition par déséquilibre alimentaire, facteur de maladies et de mortalité.

Ainsi la quantité d'aliments et la teneur en **protéines** des aliments consommés représentent l'un des sujets de grande préoccupation dans les PVD.

- En effet, l'alimentation des populations africaines de la zone intertropicale est restée longtemps déséquilibrée. A l'exception des nomades des régions subsaharienne et sahélienne qui consomment une quantité importante de laitages, elle est caractérisée par la **dominance très nette des denrées végétales** (céréales, tubercules et farineux divers) et par la **faiblesse** ou l'absence quasi totale des **apports d'origine animale**, où la ration en viande ne dépasse pas, en moyenne, quelques grammes de protéines animales.
- Or, les **protéines animales** contiennent généralement tous les acides aminés indispensables dans les proportions nettement plus favorables que la majorité des protéines d'origine végétale et correspondent mieux, ainsi, aux besoins de l'organisme humain.
- Les protéines des aliments ne sont pas toutes de la même qualité et il en faut une certaine variété pour que l'organisme puisse bien les utiliser.

- Les protéines de certains aliments complètent celles d'autres aliments : c'est ce qu'on appelle l'**effet de supplémentation des protéines**. Par exemple, les protéines des céréales et celles des légumineuses se complètent (mil et niébé, riz et haricots, maïs et soja). Les aliments suivants sont de bonnes sources de protéines :

- viande ou poisson séché (60 % de protéines)
- poisson frais (18 %)
- soja (34 %), arachide (27 %)
- oeufs (13 %).

C'est ainsi, les aliments d'origine animale (viande, volaille, oeufs, poisson etc.) peuvent être utilisés comme suppléments de protéines de la ration alimentaire à base de céréales. Les aliments riches en vitamines sont les suivants (Tableau I) :

Tableau I : Rôle des vitamines sur la santé de l'homme

Vitamines	Rôle	Sources	Troubles associés à la carence
Vitamine A	Vision, peau	Lait, foie, fruits, légumes	Cécité
Vitamine D	Formation des os	Lait, foie, rayons de soleil	Rachitisme
Vitamine B1 (Thiamine)	Energie dans l'organisme	Céréales de mouture artisanale, légumineuses, légumes, poissons	Béribéri
Vitamine B12	Energie dans l'organisme	Légumineuses, viande, poisson, lait	Plaies buccales
Vitamine B3 ou PP	Anti-pellagre	Viande, poisson, arachide	Pellagre
Acide folique	Formation du sang	Foie, légumes à feuilles vert foncé	Anémie
Vitamine C ac. ascorbique	Cicatrisation, sang	Fruits, légumes	Scorbut

73. Problème alimentaire des animaux

a. L'élevage et la consommation de céréales

Sur les 1,3 milliards de tonnes de céréales produits chaque année dans le monde, plus du tiers (35 %) est consommé par les **animaux**, 65 % sont consommés directement par les **hommes** (sous forme de pain, galettes, pâtes etc.).

- Cependant, dans les pays développés, ce sont les 2/3 des céréales qui sont engloutis par les animaux, alors que cette proportion est inférieure à 10 % dans les pays du Tiers-Monde.
- On estime qu'un habitant des pays développés consommait 416 kg de céréales par an, dont 322 kg sous forme de viandes ; tandis que les habitants du Tiers-Monde n'en utilisaient que 194 kg dont 174 directement, et 20 kg sous forme de viandes.

b. L'élevage et la production de tourteaux

Dans les pays industrialisés, si les céréales apportent une partie des protéines nécessaires aux animaux, le complément est surtout fourni par les tourteaux, dont près 90 % de tourteaux de soja et d'arachide sont importés de pays tropicaux.

c. L'élevage et la transformation des produits végétaux en produits animaux.

On exprime généralement sous forme de "**rendement en calories**" c'est-à-dire le rendement de la **transformation calories végétales en calories animales**. Il faut en moyenne 7 calories végétales pour produire une calorie animale.

Exemples : + il faut 5 calories végétales pour produire une calorie du **lait** ou de l'**oeuf**
+ 9 calories végétales pour produire une calorie de **viande**

On voit que ces rendements sont très faibles, il faut beaucoup plus de calories dépensées que de calories obtenues. (Note : la calorie est l'unité de mesure de quantité énergétique d'un corps).

74. Problème échange alimentaire Nord-Sud

Le soja, graine oléo-protéagineuse au remarquable équilibre en acides aminés, est devenu le fer de lance des élevages des pays développés. Importé généralement du pays du Tiers-Monde, Brésil principalement, il est associé aux céréales, riches en énergie, pour l'alimentation des volailles et des ruminants. Or ces ruminants peuvent en effet utiliser des protéines moins "nobles", comme celles des fourrages protéagineux.

De même, les pays sahéliens ont exporté vers les pays occidentaux 2 à 5 fois plus de protéines tirées de leur sol (arachide) qu'ils n'en recevaient dans les céréales et la poudre de lait qu'ils importaient. Au Sénégal par exemple, l'arachide, qui couvre 50 % des terres cultivées, oblige à supprimer la jachère, exposant les sols à l'appauvrissement, à l'érosion etc.

Par ailleurs, on voit s'installer dans certains pays sahéliens, des unités d'élevage industriel, élevages forts consommateurs de céréales et des tourteaux. La concurrence entre l'homme sous-alimenté et l'animal sélectionné aura désormais dans ces pays, au profit de la minorité urbaine qui seule pourra acheter une viande trop coûteuse pour la population rurale. De même, au Brésil, par exemple, l'extension de la culture du soja pour l'exportation, s'est faite au détriment des cultures vivrières, créant ainsi la pénurie et hausse des aliments de base de la population locale.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

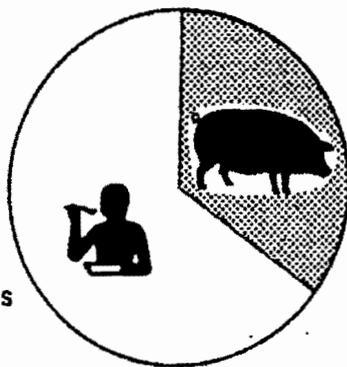
1. A l'aide de la documentation, discuter le rôle des aliments consommés quotidiennement sur la santé de l'homme, en particulier le rôle des aliments d'origine animale (viande, lait, oeufs etc.).
2. Visiter une unité d'embouche bovine ou de "feed-lot" et étudier le rôle des aliments dans la production de viande.
3. Visiter une ferme d'élevage péri-urbain et étudier le rôle des aliments dans la production de lait.
4. Travaux de recensements à la ferme scolaire et dans les villages avoisinants :
 - + recenser les différents types de production animale (élevage de bovins, boeufs de labour, vaches laitières, petits ruminants, aviculture, etc.) et leur importance.
 - + recenser les principaux types d'aliments destinés aux animaux domestiques et leurs modes d'utilisation.
5. Etudier le rôle des aliments sur la santé des animaux : comparer entre un animal bien nourri et un animal mal nourri (pendant la saison des pluies et à la fin de saison sèche par exemple).

V. BIBLIOGRAPHIE

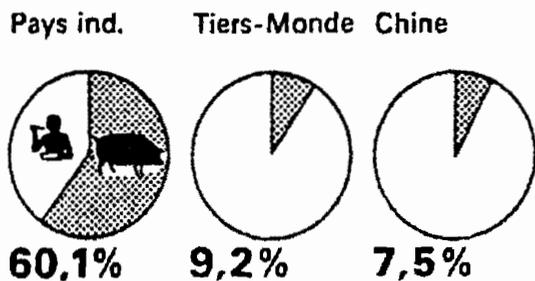
1. Ba, A. et Bocoum, K. - Bilan - Programme en élevage pour la République du Mali -
CILSS - OMBEVI - 1983.
2. Coulomb, J., Serres, H. et Tacher, G. - L'élevage en pays sahéliens -
Presses Universitaires de France, 1981.
3. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
4. Pagot, J. - L'élevage en pays tropicaux
Coll. Techniques Agricoles et Productions Tropicales
Ed. Maisonneuve et Larose, Paris 5e, 1985.
5. Soltner, D. - Alimentation des animaux domestiques
Collection Sciences et Techniques Agricoles,
Angers, 1983.

LA CONSOMMATION DES CEREALES DANS LE MONDE PAR L'HOMME ET PAR LES ANIMAUX

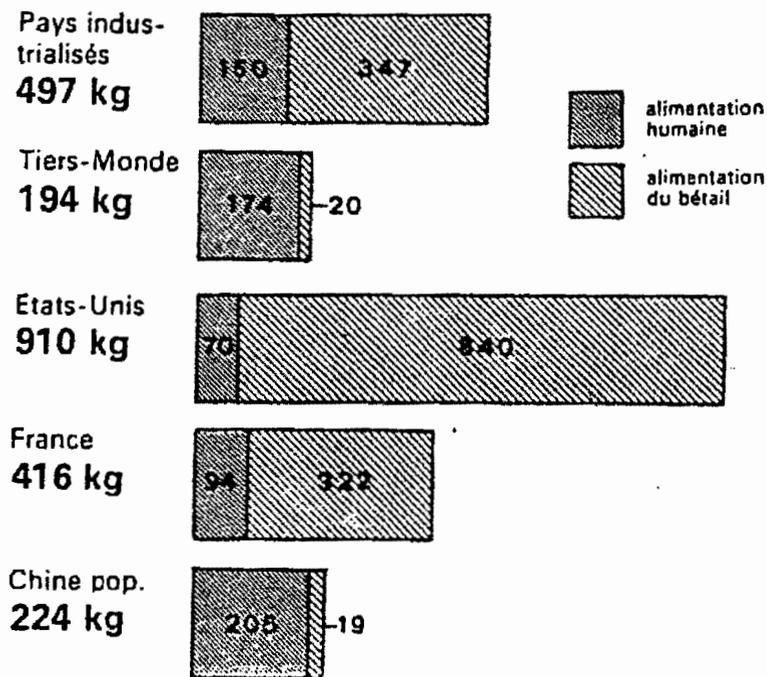
Consommation de céréales dans le monde



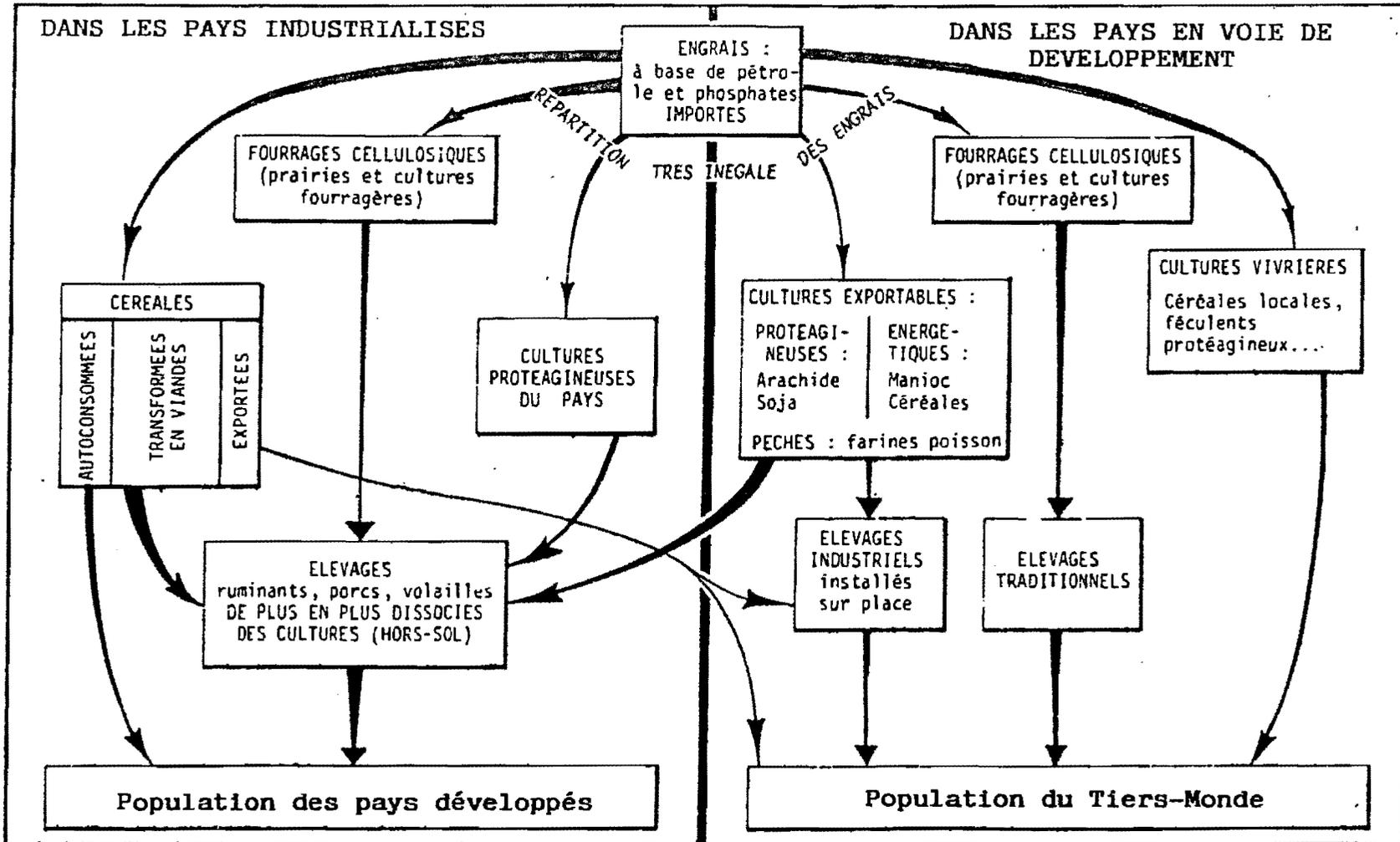
Total 1207 millions de tonnes
dont 422 millions de tonnes = 35 %
 pour l'alimentation animale



Consommation par tête



SITUATION ACTUELLE : ELEVAGE ET ECHANGES NORD-SUD



UNITE 2

COMPOSITION DES ALIMENTS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- connaître les principaux constituants chimiques d'un aliment ;
- définir le rôle de chacun de ces éléments dans l'organisme animal.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Quels sont les éléments chimiques qui se trouvent dans les aliments ?
2. Comment ces éléments chimiques sont-ils associés au sein des aliments ?
3. Quel est le rôle de l'eau dans les aliments ?
4. Quels sont le rôle et l'importance des matières minérales dans les aliments ? et dans l'organisme animal ?
5. Quel est le rôle de chacun de ces minéraux ?
6. Quels sont le rôle et l'importance des composés organiques dans les aliments ? et dans l'organisme animal ?
7. Quels sont les rôles des vitamines dans les aliments et dans l'organisme animal ?

III. DISCUSSIONS

1. Quels sont les éléments chimiques qui se trouvent dans les aliments ?

Les aliments sont constitués :

- de 4 éléments de base : le **Carbone (C)**, l'**Oxygène (O)**, l'**Hydrogène (H)** et l'**Azote (N)**
- de 7 éléments en proportion moyenne : le **Phosphore (P)**, le **Soufre (S)**, le **Chlore (Cl)**, le **Calcium (Ca)**, le **Sodium (Na)**, le **Magnésium (Mg)** et le **Potassium (K)**
- d'un grand nombre d'oligo-éléments : le **Fer (Fe)**, le **Cuivre (Cu)**, le **Cobalt (Co)**, le **Manganèse (Mn)**, l'**Iode (I)**, le **Fluor (F)** etc.

2. Comment ces éléments chimiques sont-ils associés au sein des aliments ?

Ces différents éléments chimiques sont associés au sein des aliments en **combinaison** plus ou moins complexes : minérales, organiques, ou organo-minérales que l'on appelle les **principes alimentaires** ou les **nutriments** capables d'être utilisés par l'animal. Après la digestion, les aliments sont transformés en nutriments qui sont absorbés au niveau de l'intestin.

Les principales combinaisons sont :

- * **Combinaisons minérales** : - **eau**
 - **sels minéraux**
- * **Combinaisons organiques** : - **glucides** (sucre, amidon, cellulose)
 - **lipides** (matières grasses)
 - **protides** (matières azotées évoluées)
 - **vitamines** (substances organiques complexes).

3. Quel est le rôle de l'eau dans les aliments ?

Le rôle de l'eau, dans toutes les manifestations de la vie, est **fondamental**. Elle est le principal constituant de tous les êtres vivants, animaux et végétaux.

Exemple : L'organisme des mammifères contient environ 60 % d'eau, tandis que les végétaux verts telle que l'herbe fraîche en contient 80 %.

31. L'eau dans les aliments

Les aliments contiennent des proportions d'eau variables suivants :

- la nature de l'aliment (fourrages, céréales, concentrés etc.)
- l'espèce végétale, le stade végétatif et l'âge de la plante
- l'organe de la plante (feuille, tige ou fruit)
- la saison.

Exemples :

- Nature de l'aliment : + les racines et tubercules frais (manioc, igname) contiennent beaucoup d'eau, 60 % environ
 - + les graines de céréales et de légumineuses, et certains sous-produits agro-industriels (tourteaux, sons, farines basses etc.) ont des teneurs plus faibles, de 7 à 15 %.
- Variation saisonnière : les plantes fourragères peuvent contenir jusqu'à 90 % d'eau à l'état jeune et en saison des pluies, mais la teneur peut descendre aux environs de 5 % (pailles).
- âge de la plante : . jeune plante de 10 jours : 86 % d'eau
 - . plante âgée de 27 jours : 10 % d'eau.

Ceci oblige à tenir compte de la nature des aliments solides quand on veut déterminer la quantité d'eau de boisson à fournir quotidiennement au bétail : **plus les aliments seront secs et plus il faudra lui fournir d'eau.** (Notons que les bovins ont besoin de 40 litres/jour/tête ; les petits ruminants 5 l/j/tête ; les volailles 0,5 l/j/tête).

32. Rôle de l'eau dans l'organisme animal

Les principales fonctions de l'eau dans l'organisme animal sont les suivantes :

- solvant de sels minéraux, nutriments et d'autres substances métaboliques, et elle assure leur transport dans l'organisme
- élimination des déchets de l'organisme sous forme d'urine
- participe à la régulation thermique de l'organisme (équilibre entre la chaleur de formation fournie par les aliments et celle des excrétions)
- composant de toutes les sécrétions externes (sueur par exemple)
- lubrifiant dans les articulations
- constituant de la plupart des organes animaux (Exemples : sang 80 % d'eau ; muscle : 75 % ; os : 23 %).

4. Quels sont le rôle et l'importance des matières minérales dans les aliments ? et dans l'organisme animal ?

41. Dans les aliments

Les minéraux se trouvent dans les aliments, soit sous forme de **sels libres** (combinaison d'anions et de cations), soit d'atomes au sein de **combinaisons organiques** (comme le cobalt dans la vitamine B12).

Selon leur importance quantitative dans les aliments, on sépare les minéraux en 2 grands groupes :

- les **éléments majeurs** (ou macro-éléments), qui comprennent : calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg), potassium (K), chlore (Cl), soufre (S), silice (Si)
- les **éléments mineurs** (ou micro-éléments ou oligo-éléments) dont les plus importants sont : fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), manganèse (Mn), cobalt (Co), iode (I) et sélénium (Se).

42. Rôle dans l'organisme

Les éléments minéraux cités précédemment sont tous **indispensables à la vie** des animaux :

- ce sont des constituants essentiels de tous les **tissus et liquides** de l'organisme

Exemples : + le squelette est formé de 25 % de matières minérales (sous forme de phosphate tricalcique)

+ le sang contient de 20 à 85 mg de phosphore, de 75 à 160 mg de calcium par litre

- ils participent au **fonctionnement** et à la **régulation** de l'organisme

Exemple : cas des éléments minéraux qui entrent dans la composition des hormones (les stéroïdes élaborés au niveau des gonades et des glandes surrénales).

5. Quel est le rôle de chacun de ces minéraux ?

51. Le **calcium** et le **phosphore** (Ca et P) sont les principaux constituants du squelette. Leur carence entraîne des troubles graves, connus chez les jeunes animaux sous le nom de **rachitisme** : croissance retardée, déformation du squelette, mauvaise résistance aux maladies.

- les céréales sont particulièrement pauvres en Ca et moyennement riches en P (les sous-produits comme le son et les farines basses contiennent 1 % de P)

- les tourteaux : 0,6 à 1,2 % de P
- les racines et tubercules sont déficients en Ca et en P
- les sous-produits d'origine animale sont bien pourvus de ces 2 éléments (farines de viande, farines d'os etc.).

52. Le chlore et le sodium (Cl et Na)

Ces 2 éléments sont presque toujours associés sous forme de **"sel"** ou **chlorure de sodium** (NaCl).

- le sel est un constituant du sang (6 g NaCl/l) et des tissus et liquides de l'organisme
- il intervient dans la formation du suc gastrique
- l'absence du NaCl dans la ration entraîne de graves répercussions sur la santé et la productivité des animaux : mauvaise croissance, manque d'énergie des sujets, baisse de fécondité
- la perte de l'organisme en NaCl se font par l'urine, la sueur, le lait. Toute perte d'eau de l'organisme s'accompagne d'une perte de sel
- le sel marin et le sel gemme, contenant des oligo-éléments et de l'iode. Leur distribution aux animaux se fait en mélange avec des aliments ou sous forme de blocs ou **"pierre à lécher"**.
- le sel stimule aussi l'appétit et favorise l'engraissement.

53. Le Potassium (K)

- le potassium représente environ 0,25 % du poids corporel de l'animal
- il se trouve principalement dans le liquide intercellulaire et dans les globules rouges.
- les fourrages sont riches en K, environ 10 g/kg de matière sèche (M.S)
- les céréales ont des teneurs moyennes : 4 à 7 g/kg de M.S
- les tourteaux sont relativement riches en K : 10 à 25 g/kg de M.S.

54. Le Magnésium (Mg)

- le magnésium entre pour 0,5 % dans la composition corporelle dont 60 à 70 % sont concentrés dans les **tissus osseux**
- les aliments du bétail contiennent généralement 1 g de Mg/kg de M.S
- les légumineuses sont plus riches en K que les graminées
- l'herbe des pâturages naturels contient 1,5 à 3 g/kg de M.S
- les sous-produits : . les issues de céréales, les tourteaux, les farines animales contiennent des quantités appréciables de Mg (4 à 7 g/kg de M.S).

55. Le soufre (S)

- le soufre est un élément important car il représente 0,2 % du poids du corps
- il se trouve sous forme minérale (sulfate) et sous forme de composés organiques (acides aminés soufrés, certaines vitamines etc.). Ces composés se rencontrent dans tous les tissus et les sécrétions
- les fourrages et les graines de céréales sont relativement pauvres en S (0,5 à 1,8 g/kg de M.S)
- les fourrages de légumineuses sont plus riches (3 à 4 g).

56. La silice (SiO₂)

- la silice n'intervient pas dans la physiologie animale
- mais elle entre souvent en quantité appréciable (5 à 8 %) dans la composition des fourrages de graminées et constitue, en tant que telle, un facteur défavorable à la **digestibilité** des aliments
- le balle de riz peut contenir près de 20 % de silice, a donc une valeur alimentaire négative.

57. Les oligo-éléments

Ce sont des éléments minéraux qui existent à l'état de traces dans les organismes vivants ; ils représentent environ 1,5 g/kg de poids corporel.

- les oligo-éléments proprement dits (Cu, Co, Mn, Zn, I, Mo, Se) ont un **rôle physiologique** dans les structures et le fonctionnement de **biocatalyseurs** enzymatiques
- certains entrent dans la composition de vitamines (Co et vitamine B12) ou de composants cellulaires (Fe et hémoglobine)
- les carences en oligo-éléments sont rarement mortelles, mais elles peuvent réduire des aptitudes fonctionnelles de l'organisme et une forte diminution des productions animales.
- * Le **Fer (Fe)** : joue un rôle important dans la synthèse de l'**hémoglobine**
 - tous les aliments, sauf le lait, ont une teneur de l'ordre de 4 à 5 mg de Fe/kg de M.S
 - les céréales sont largement pourvus en Fer (30 à 60 mg/kg de M.S)
 - les graines de légumineuses sont assez riches (100 mg/kg de M.S)
 - les fourrages sont très riches, 200 à 500 mg/kg de M.S.
- * Le **Cuivre (Cu)** est combiné à une **protéine** et se répartit dans les tissus, surtout dans les muscles (50 %), le foie, les reins, le coeur, la moelle osseuse etc.
 - le cuivre intervient aussi dans la pigmentation et la production de la laine et des poils, dans le fonctionnement du système nerveux et du coeur
 - les légumineuses sont plus riches en Cu que les graminées

- le lait, les racines et les tubercules sont pauvres en Cu (1 mg/kg de M.S), les graines et les céréales ont 2 à 3 mg/kg de M.S
 - les sous-produits animaux ont des teneurs élevées ; farines de foie peuvent en contenir de 200 à 500 mg/kg de M.S.
- * **Le Cobalt (Co)** : est présent principalement dans le foie, le pancréas, la rate et les reins.
- il fait partie de la vitamine B12
 - les pâturages et la plupart des aliments présentent une teneur de Co entre 0,1 et 0,3 mg/kg de M.S (les fourrages et légumineuses sont plus riches que les graminées).
- * **Le Manganèse (Mn)** : se trouve en faible quantité dans l'organisme (0,5 mg/kg) ; il est présent surtout dans le foie (3 à 4 mg/kg de produit frais), le rein, les os (processus d'ossification).
- Les fourrages sont généralement pourvus en Mn (50 à 150 mg/kg de M.S) et la plupart des graines (15 à 50 mg)
 - le lait est généralement pauvre (0,02 mg/l), mais le colostrum (premier lait) en contient davantage.
- * **Le Zinc (Zn)** : est présent dans l'organisme à un taux voisin de 20 mg/kg. Il est principalement concentré dans le foie, le pancréas et l'épiderme ; le sang en contient 6 mg/l.
- les fourrages ont des teneurs moyennes (10 à 35 mg/kg de M.S), le maïs est souvent carencé
 - les issues de blé (germes et sons) sont les plus riches (80 à 150 mg/kg) puis les racines et tubercules
 - les farines animales ainsi que les graines de céréales et de légumineuses ont des teneurs variables (20 à 80 mg/kg)
 - le lait est moyennement riche (4 mg/l).

- * **L'Iode (I)** : s'accumule principalement dans la glande thyroïde, il intervient dans la formation du système nerveux et du squelette, dans le métabolisme des glucides et protides, dans le processus de reproduction et de lactation.
 - la carence en iode se manifeste par du **goitre** (hypertrophie de la glande)
 - les fourrages ont une teneur de 0,3 à 0,5 mg/kg de M.S
 - les farines de poissons de mer sont les plus riches (1 à 3 mg/kg de M.S).
- * **Le Sélénium (Se)** : est lié à la vitamine E, dont l'insuffisance de celle-ci provoque la **myopathie** (atrophie musculaire grave).
 - les végétaux contiennent toujours du sélénium (quelques mg/kg) ; les légumineuses, les crucifères et les composés sont les plus riches (1 g/kg).

6. Quels sont le rôle et l'importance des composés organiques dans les aliments ? et dans l'organisme animal ?

Les composés organiques sont formés de 4 éléments principaux : la **Carbone (C)**, l'**Hydrogène (H)**, l'**Oxygène (O)** et l'**Azote (N)**.

On les classe généralement en 3 grands groupes :

- les glucides
- les lipides
- les protides.

61. Les glucides

Les glucides forment un groupe de substances ternaires car elles sont composées de 3 éléments : C, H, O dont leur formule générale est $C_n H_{2n} O_n$.

On distingue 2 classes :

- * **les oses** : sont des sucres simples, dont le **glucose** et le **fructose** sont les hexoses les plus importants dans la matière vivante.

Exemples : + le glucose se trouve dans les fruits, le miel et dans les liquides des organismes animaux (sang)
+ la fructose se rencontre dans les feuilles vertes, les fruits, le miel.

* **les holosides** : sont constitués de plusieurs molécules de sucres simples. On y distingue les principaux composés :

- le **saccharose** : c'est le sucre de canne et présent dans la plupart des végétaux
- le **lactose** : se trouve dans le lait des mammifères
- l'**amidon** : est très répandu et constitue la principale réserve glucidique chez les végétaux.

Exemples : teneur de l'amidon (ou féculés) dans les graines de céréales : 70 % ; racines et tubercules : 30 %. Il a donc une importance capitale dans l'alimentation de l'homme et des animaux.

- la **cellulose** : constitue la substance de soutien essentielle des parois des cellules végétales. Elle représente la part la plus importante des **apports alimentaires glucidiques des ruminants**. La cellulose est dégradée par les micro-organismes du rumen avec formation de gaz (gaz carbonique et méthane) et d'acides gras volatils (acide acétique, butyrique) qui sont ensuite utilisés pour la **synthèse des glucides et des lipides**.

C'est un phénomène important car il permet de tirer parti du végétal le plus abondant : l'herbe de pâturages, le remplissage de l'appareil digestif des ruminants.

- la **lignine** : n'est pas un glucide, mais, étant donné qu'elle accompagne généralement la cellulose, elle contribue à former la paroi des cellules végétales surtout chez les plantes âgées. Les pailles sont généralement riches en lignine. Elle est très résistante aux dégradations chimiques et est presque totalement indigestible, même pour les herbivores. la présence de lignine dans les fourrages diminue leur digestibilité et leur valeur alimentaire.

Rôle des glucides chez les animaux

- + les glucides sont des aliments **énergétiques**, car par transformation chimique dans l'organisme avec dégagement de **chaleur**, qui sert à maintenir la température du corps et fournit l'énergie nécessaire à leur fonctionnement (multiplication, croissance, travail musculaire)
- + les glucides interviennent dans la formation des **graisses**. Ce phénomène est à la base des techniques d'engraissement des animaux (Ex : engraissement des volailles avec les céréales) et d'élaboration des matières grasses du lactose et du lait.

62. Les lipides

Ce sont des constituants des tissus végétaux et animaux où l'on appelle communément **huiles** et **graisses**.

- les lipides existent en abondance dans certains produits végétaux : graines d'arachide, noix de karité etc. Dans les fourrages : l'herbe fraîche contient 1 %, les foin secs renferment 2 à 3 % de lipides.

Les principaux aliments riches en lipides sont des graines et fruits oléagineux, et des tourteaux qui en sont tirés (arachide, coton, soja, palmier, coprah etc.), les sous-produits de rizerie (son et farines de cônes) et de meunerie, les graisses animales (lait, foies de poissons).

- les lipides jouent un **rôle énergétique** : leur combustion dans l'organisme fournit de la **chaleur**
- quand ils sont en excès, ils déposent sous forme de **graisse**, particulièrement abondante autour des reins et sous la peau (formation des graisses de réserve).

63. Les matières azotées

a. Les protides

Les matières azotées (CHON) sont aussi appelées **protides**, qui comprennent plusieurs classes de composés organiques : les **acides aminés**, les **peptides** et les **protéines**.

- ils sont abondants surtout dans les produits d'origine animale : viande, chair de poissons, blanc d'oeuf, fromage. Mais ils existent aussi dans les végétaux : les tourteaux d'arachide, de palmiste, de coprah en contiennent beaucoup, ainsi que l'herbe jeune, et les graines de maïs, de blé.

- les **protéines** sont des protides constitués par une vingtaine d'acides aminés, ce sont des molécules plus ou moins complexes, telles que la thréonine, la valine, la leucine, l'isoleucine, la méthionine, l'arginine, la lysine, la phénylanine, l'histidine et le tryptophane.

- tous ces acides aminés sont nécessaire à l'organisme animal pour construire ses propres protéines :

Exemple : chez les ruminants (adultes), les acides aminés sont synthétisés dans le rumen par les micro-organisme qui peuvent, pour cela, utiliser de l'azote non protéique (urée, amines).

- le rôle essentiel des protides est la **construction** et l'**entretien des tissus** de l'organisme des animaux. Ils sont indispensables à la formation, à la croissance, à l'entretien des animaux, ainsi qu'à leurs productions de lait, d'oeufs, de laine et de viandes.

Tous ces rôles montrent l'importance que revêtent les matières azotées dans l'alimentation des animaux domestiques, dont le principal rôle est de produire des protéines destinées à l'homme.

- un **déficit** en azote, selon la gravité de la ration se traduit par une chute de production, troubles graves de la croissance (amaigrissement pendant la saison sèche par exemple).

b. Les matières azotées non protidiques

La plupart des aliments végétaux contiennent, en plus des protides, des matières azotées non protidiques qui représentent sous **formes moins évoluées** que les protides. Citons par exemple les amides, tels que la glutamine, l'asparagine, l'**urée**.

Les animaux ne peuvent pas utiliser ces matières azotées non protidiques. Par contre, les microbes de la panse peuvent partiellement transformer des matières azotées en protéine microbiennes que l'herbivore peut alors digérer et utiliser.

7. Quels sont les rôles des vitamines dans les aliments et dans l'organisme animale ?

Rôle : les **vitamines** sont des composés organiques **indispensables** à la vie animale, dans toutes ces manifestations : croissance, entretien, reproduction, maintien de la santé, et que l'on trouve généralement **en très petites quantités** dans les aliments.

Les vitamines sont les produits très complexes, elles se rattachent à l'un des trois groupes de glucides, lipides ou protides.

L'absence ou l'insuffisance d'une vitamine dans la ration s'appelle **carence**. La carence en vitamine provoque des troubles caractéristiques, parfois mortels, appelés **avitaminoses**.

Il en existe d'une vingtaine de vitamines. Les plus importantes à connaître pour l'élevage sont des vitamines A, B, D, et E.

* **La vitamine A** : joue un rôle important dans la croissance des jeunes, la reproduction, la vision et la résistance aux affections microbiennes.

- les végétaux verts et le foin vert en contiennent suffisamment sous forme de carotènes (300 à 600 mg/kg de M.S) pour couvrir les besoins des animaux.

- les produits d'origine animale sont souvent bien pourvus en vitamine A (huile des foies de poisson par exemple).

* **La vitamine B** (groupant B1, B2, B3, B12) joue un rôle important dans l'utilisation des glucides par l'organisme. Les animaux sont capables de les fabriquer à partir d'éléments fournis par les aliments. Les aliments riches en vitamines B sont : l'herbe jeune, les tourteaux, les sons de céréales, les farines de poisson.

- * **La vitamine D** : assure, de concert avec les sels minéraux, à la bonne formation du squelette.
 - la carence en vitamine D se traduit, chez les jeunes animaux, par du **rachitisme**.
 - les végétaux contiennent des vitamines D sous forme de provitamines (ergostérol). Ce sont principalement les fourrages séchés au soleil (foins, pailles) qui les contiennent le plus.
- * **La vitamine E** : elle prévient certains désordres musculaires et nerveux des jeunes et favorise l'action d'autres vitamines (A notamment) ainsi que celle d'hormones et d'enzymes. Il y en a naturellement dans les fourrages verts, les issues et les germes de céréales.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Quelques expériences simples mettant en évidence de l'eau, des matières minérales et des substances organiques dans les aliments d'origine végétale :
 - a. **Présence de l'eau** :
 - + comparer la teneur en eau contenue dans les différentes espèces végétales, stade végétatif, âge de la plante, organe de la plante
 - + collecter des échantillons frais de tiges de graminées et de céréales, plantes d'arachide et de niébé, graines de céréales et de légumineuses, tubercules de manioc, de patates douces, jeunes plants (10 jours) et plants âgés (2 à 3 mois)
 - + **Expérience** : chauffer quelques fragments d'organe végétal dans un tube à essai bien sec. Observer l'importance du dégagement de gouttelettes d'eau provenant de la condensation de la vapeur d'eau émise par le végétal, déposées sur le paroi supérieur du tube. Commenter ces observations.

b. Présence de matières organiques

- Réactifs : + acide sulfurique concentré
+ solution iodo-ioduré (1 g iode + 2 g iodure de potassium dans 100 ml d'eau distillée).
- **Présence de l'amidon** : mettre quelques gouttes de la solution iodo-ioduré sur un fragment de tubercule manioc, patate douce) et sur quelques graines de niébé ou sorgho (légèrement écrasées au préalable) : ceux-ci sont colorés en bleu noir ou violacé par la présence de l'amidon.
- **Présence de la cellulose** : dans un verre de montre, placer un morceau de tige ou de coton humecté de solution iodo-iodurée et ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré : il se produit une coloration bleu-violacée indiquant la présence de la cellulose.
- **Présence de lipides** : si on frotte une graine d'arachide sur un papier buvard, on verra apparaître une trace translucide qui ne disparaît pas à la chaleur : c'est la présence des lipides (corps gras).
- **Présence de carbone** : chauffons sur une plaque de fer un morceau de bois ou de tige sec, il noirçit et se transforme en charbon de bois, dont le constituant essentiel est le carbone.

c. Présence des matières minérales : continuons à calciner le charbon de bois obtenu précédemment, la combustion du charbon de bois laisse un résidu qui apparaît sous forme d'une poudre blanchâtre : ce sont les cendres formées de substances minérales.

2. Etudier le rôle des matières minérales et des vitamines sur la santé animale : rechercher parmi les animaux de la ferme scolaire ou dans les environs, les jeune animaux victimes de rachitisme (carence en Ca et P) et d'avitaminoses (carence en vitamine).

V. BIBLIOGRAPHIE

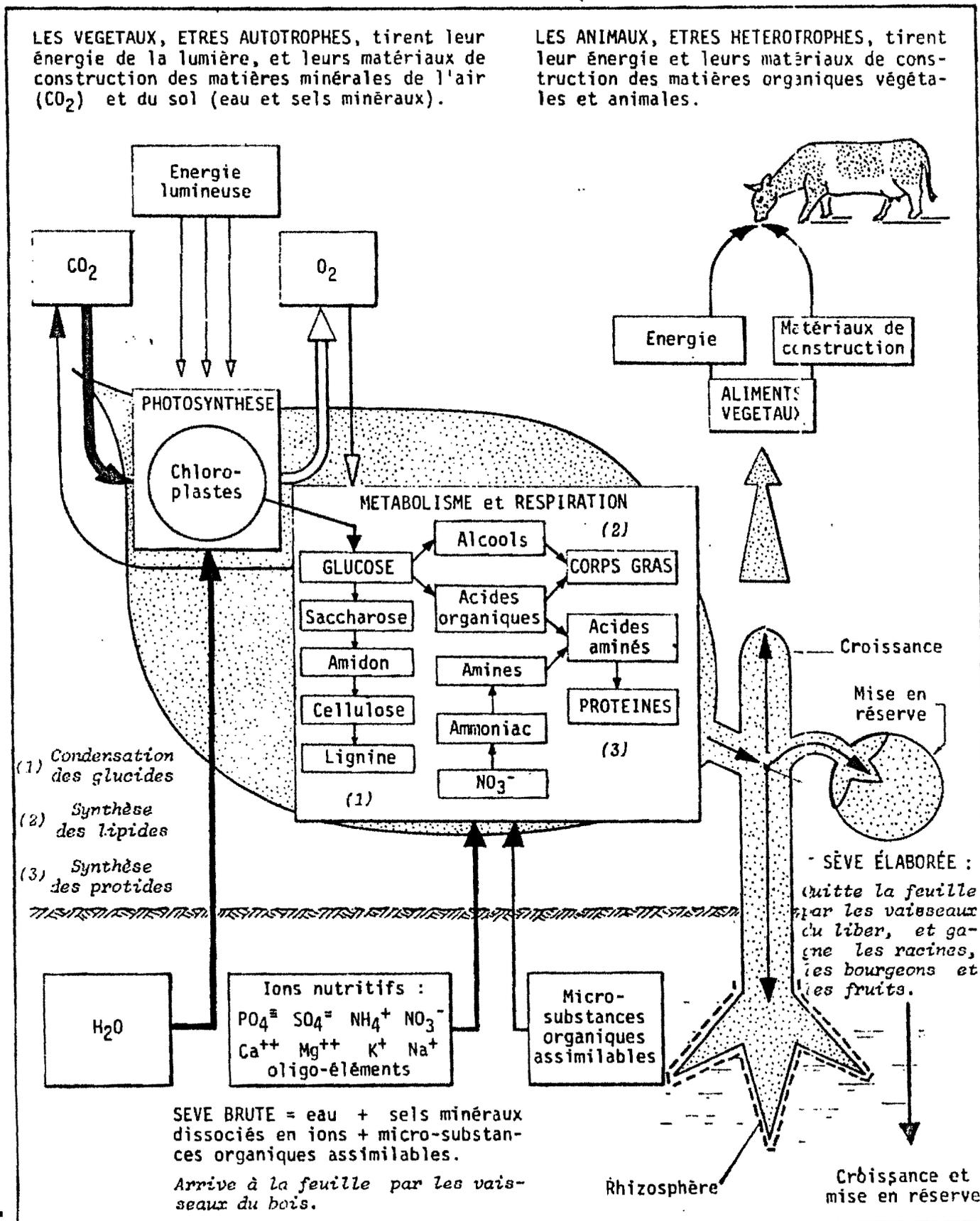
1. ABAFOUR, J. - Manuel d'alimentation du bétail - Tome 1 -
Notions générales et tables d'alimentation.
Tome 2 - Rationnement et Alimentation spéciale -
Ed. Dunod, Paris 1969.
2. Gauthier, J. - Notions d'agriculture -
Ed. Gauthier, Périgueux, 1983.
3. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture -
Le syndicat agricole - Lille, 1979.
4. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
5. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques
en tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
6. Soltner, D - Alimentation des animaux domestiques -
Coll. "Sciences et techniques agricoles" -
Angers 1983.

L'ELABORATION DE L'ALIMENT :

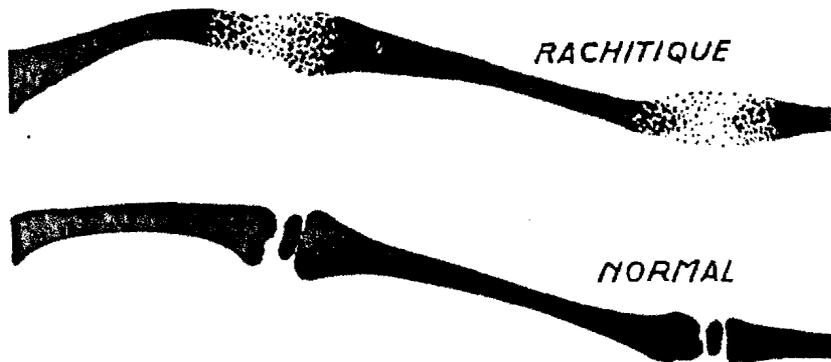
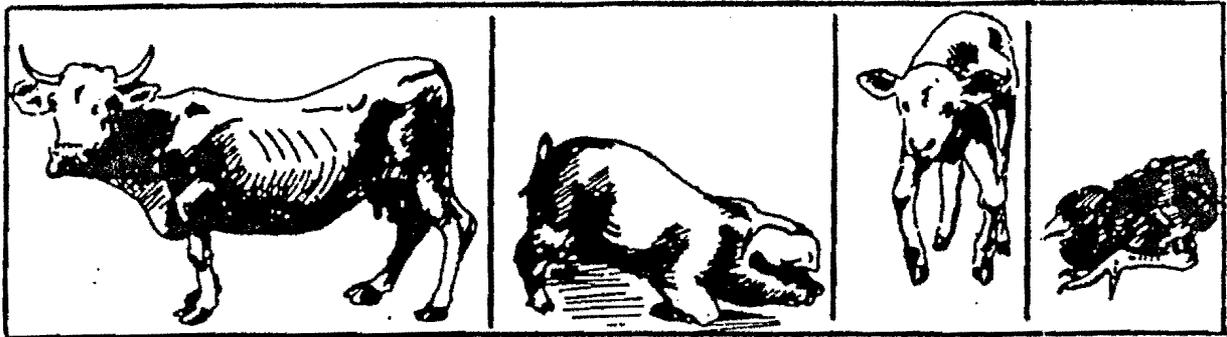
LA SYNTHÈSE PAR LA PLANTE DES GLUCIDES, LIPIDES, ET PROTIDES

LES VÉGÉTAUX, ÊTRES AUTOTROPHES, tirent leur énergie de la lumière, et leurs matériaux de construction des matières minérales de l'air (CO₂) et du sol (eau et sels minéraux).

LES ANIMAUX, ÊTRES HÉTÉROTROPHES, tirent leur énergie et leurs matériaux de construction des matières organiques végétales et animales.



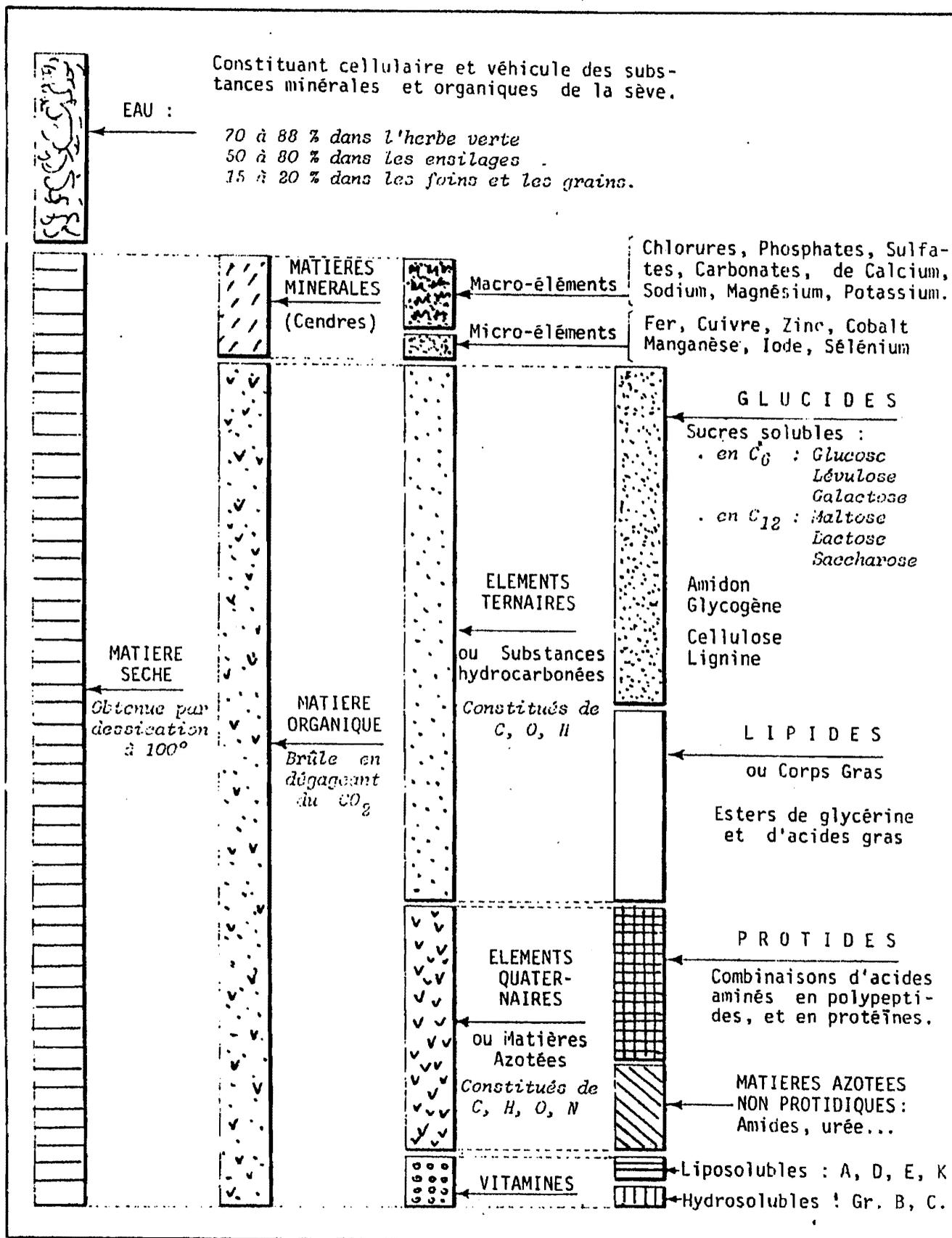
EFFETS DE CARENCES MINERALES



RADIOGRAPHIE D'UNE PATTE DE VOLAILLE :

Chez l'animal rachitique, la minéralisation du squelette ne s'est pas produite

LA COMPOSITION DES ALIMENTS



UNITE 3

LA DIGESTION DES ALIMENTS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir les termes suivants : digestion, rumination ;
- connaître les principales étapes de la digestion ;
- décrire le fonctionnement de chacune de ces étapes ;
- expliquer les processus d'absorption des éléments nutritifs dans l'organisme animal.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'appelle-t-on "digestion" ?
2. Quelles sont les particularités de la digestion chez les ruminants ?
3. Comment se passe la digestion des aliments chez les ruminants ?
4. Quel est le rôle des micro-organismes vivant dans le système digestif de l'animal ?
5. Quels sont les facteurs qui conditionnent la rumination ?
6. Comment l'animal utilise-t-il des produits de la digestion des aliments ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'appelle-t-on "digestion" ?

La **digestion** est un ensemble de phénomènes mécaniques, physiques et chimiques qui **transforme les aliments** ingérés en **nutriments** absorbables au niveau des muqueuses du tube digestif, puis finalement absorbés par le sang. Cette transformation est réalisée par des processus suivants :

- mécaniques : broyage, ramollissement, brassage
- biologiques : fermentation microbienne
- chimiques : action des diastases ou enzymes digestives

2. Quelles sont les particularités de la digestion chez les ruminants ?

- Les **bovidés** (boeuf, vache, mouton, chèvre) sont des **ruminants** c'est-à-dire qu'ils mâchent une première fois leur nourriture, l'emmagasinent dans la panse et la font remonter ensuite pour lui faire subir une nouvelle mastication : c'est la **rumination**.
- Ils ont un **estomac** composé de 4 poches : la **panse** (ou rumen), le **bonnet** (ou réseau), le **feuillet** et la **caillette**.

Seule la caillette sécrète des diastases, les 3 autres réservoirs gastriques jouent un rôle mécanique et sont le siège de fermentations microbiennes (surtout le rumen).

3. Comment se passe la digestion des aliments chez les ruminants ?

Les actes de la digestion sont composés de plusieurs étapes :

- . les actes préparatoires (préhension, mastication)
- . la digestion gastrique et intestinale.

31. Les actes préparatoires ou transformation mécanique :

a. La préhension : c'est avec la langue que les bovins se saisissent de l'herbe. Ils la pincement entre les incisives inférieures et le bourrelet de la mâchoire supérieure et l'arrachent ensuite en relevant la tête.

b. La mastication

Il y a 2 types de mastication :

- + Une première **mastication rapide** qui suit la préhension des aliments ; la vitesse varie de 30 à 95 Mouvements par minute. Les aliments sont imbibés de salive et déglutis lorsque le bol alimentaire atteint une taille suffisante.

- + Une deuxième **mastication mérycique** ou la **rumination** c'est l'acte par lequel les aliments sont ramenés du rumen dans les cavités buccales pour être soumis à une seconde mastication et à une seconde insalivation avant de retourner dans la panse pour y fermenter.

La mastication mérycique est plus régulière, environ 55 mouvements par minute, c'est une mastication prolongée qui assure un broyage prononcé des aliments, de façon à permettre une action efficace des micro-organismes du rumen sur les divers constituants des végétaux.

c. La salivation

Au cours des 2 types de mastication, les aliments sont imprégnés de salive sécrétée en abondance (en moyenne 50 à 55 l/j pour un bovin). La salive est acqueuse, alcaline (contenant des sels basiques de phosphates et de bicarbonates) qui sert à la neutralisation des acides résultant de la digestion microbienne de la cellulose.

- La salivation est variable suivant la rugosité des aliments : elle est plus intense avec les aliments grossiers qu'avec les aliments tendres (jeunes fourrages par exemple).
- Le manque de salivation à la suite de l'ingestion d'aliments tendres provoque la **météorisation** (accumulation de gaz dans la panse). (Voir Tome V - Hygiène animale)

32. La digestion proprement dite

321. La digestion gastrique

- a. La digestion dans le rumen : elle s'effectue en plusieurs étapes.

- **La 1ère phase** : les aliments plus ou moins broyés et imbibés de salive sont **déglutis** et sont amenés, **dans le rumen** et le **réseau** où ils s'accumulent. Les mouvements de contractions périodiques des réservoirs gastriques assurent un **brassage** continu des aliments et favorisent leur imbibition par la liqueur du rumen. Les aliments grossiers qui ont subi une première mastication sommaire pénètrent dans la

partie liquide du contenu ruminal, pour être ensuite régurgités et subir une nouvelle mastication.

- **La 2e phase** : est constituée par un phénomène réflexe et cyclique particulier aux ruminants, appelé "**rumination**" : la partie solide des aliments régurgités est retenue dans la cavité buccale et à nouveau mastiquée pendant un petit moment, puis déglutis, et une nouvelle régurgitation se produit quelques instants plus tard. Les aliments peuvent ainsi subir **plusieurs aller-retour de l'estomac à la bouche** jusqu'à ce qu'ils soient assez finement divisés pour être incorporés à la masse. Tous les aliments séjournent dans le rumen et le réseau pendant un temps variant de 30 à 70 heures.

b. La digestion dans le feuillet et la caillette

Par suite des mouvements de contraction et décontraction du rumen et du réseau, les aliments fluides passent alternativement d'un réservoir à l'autre.

Dans le **feuillet**, les aliments subissent une dernière trituration entre les lames de cet organe, puis passent dans la **caillette**, véritable estomac digestif des ruminants, où ils sont soumis à l'action des sucs digestifs. Le **suc gastrique** assure les transformations suivantes :

- les protéines alimentaire et microbienne en polypeptides
- lipides en acides gras et alcools (faibles quantités)
- solubilisation des sels minéraux.

322. La digestion intestinale

Après un séjour de quelques heures dans les deux derniers réservoirs gastriques, les aliments passent dans l'intestin où l'action des sucs digestifs se poursuit. Les **sécrétions** en cause sont : la sécrétion pancréatique, la sécrétion biliaire, le suc intestinal.

+ l'action du **suc pancréatique** sur les transformations suivantes :

- . amidon → maltose → glucose
- . polypeptide → dipeptide → acides aminés
- . lipides → acides gras

+ l'action de la **bile** : elle assure l'émulsion des graisses.

+ l'action du **suc intestinal** sur les transformations suivantes :

- . peptides → acides aminés
- . glucides → hexoses

(tels que maltose → glucose ; sacharose → glucose + fructose ; lactose → glucose + galactose).

- C'est dans l'**intestin** que commence la véritable **assimilation des nutriments**. Les produits résultant de la digestion intestinale sont absorbés à travers la muqueuse de l'organe et gagnent la circulation générale (sauf les acides gras volatiles sont absorbés en grande partie par le rumen).
- Les résidus et éléments indigestibles continuent à transiter dans l'intestin et sont rejetés à l'extérieur sous forme de **fèces**.
- La durée totale du transit, du feuillet au rectum est généralement comprise entre 20 et 30 heures.

4. Quel est le rôle des micro-organismes vivant dans le système digestif de l'animal ?

Les microbes et l'animal vivent en **symbiose**, c'est-à-dire en association avec bénéfices réciproques.

a. L'animal héberge les micro-organismes, auxquels il fournit un milieu favorable à leur développement et des aliments :

- + des aliments énergétiques : une certaine quantité de sucres solubles et d'amidon active leur multiplication ; puis ils s'attaquent à la **cellulose**.

- + des aliments plastiques : des matières azotées (Ex : protéines soufrés) et des sels minéraux (Ex : phosphore, calcium) et des oligo-éléments (Ex : cobalt pour la synthèse de la vitamine B12).

b. L'animal tire profit de la présence des microbes

- + il utilise les acides gras volatils (transformés par les microbes) qui absorbés par le sang, y tiendront le même rôle que celui du glucose
- + grâce aux micro-organismes, l'animal peut donc tirer son énergie d'un glucide qu'il eût été incapable de digérer seul : la cellulose
- + il bénéficie de la synthèse des vitamines du groupe B par les microbes
- + il digère la propre substance des microbes et protozoaires, constituée de **glucides** (amidon bactérien), et les **protéines microbiennes** qui sont constituées pratiquement de tous les **acides aminés** indispensables à l'organisme. Grâce à cette flore microbienne, le problème de la **qualité** des protéines se trouve ainsi en partie résolu chez les herbivores.

5. Quels sont les facteurs qui conditionnent la rumination ?

La rumination est soumise à certaines conditions :

- le **rumen** doit être **suffisamment rempli** pour que la masse alimentaire soit au contact du cardia (terminaison de l'oesophage)
- la ration doit contenir des **aliments grossiers** agissant par leur rugosité sur les alvéoles du réseau
- les aliments doivent se trouver dans un milieu suffisamment **liquide** (le manque d'insalivation, c'est-à-dire imprégnation des aliments par la salive, inhibe la rumination)
- la rumination n'est possible que dans le **repos** (l'animal est généralement couché pendant la rumination)

- elle est inhibée par le mauvais santé de l'animal
- l'absence total ou partielle de la rumination lorsque la ration est composée de concentrés ou de fourrages broyés.

Cas particulier :

Pendant la saison sèche, dans le Sahel, on observe parfois une absence de rumination qui peut avoir plusieurs causes :

- + les animaux ont souvent effectué de longues marches ne disposant pas de périodes de repos suffisantes
- + la rareté du pâturage ne permet pas un remplissage correct du rumen
- + l'insuffisance d'abreuvement ne permet pas une salivation suffisante, la quantité de liquide ruminal diminue et les fourrages grossiers peu digestibles encombrant le rumen en une masse trop compact.

6. Comment l'animal utilise-t-il des produits de la digestion des aliments ?

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 (glucose, fructose, galactose etc.)
- des acides gras et du glycérol
- des acides aminés.

*** des produits non digérés, qui constituent des excréments.**

61. L'absorption

L'absorption des nutriments, c'est-à-dire leur passage dans le sang s'établit à travers de plusieurs muqueuses :

- la muqueuse de l'intestin grêle absorbe tous les nutriments (glucose, acides gras, acides aminés, minéraux, vitamines)
- la muqueuse du feuillet absorbe beaucoup d'eau et des sels minéraux

- la muqueuse du gros intestin absorbe surtout de l'eau et de sels minéraux, et aussi des acides gras volatils (acide acétique par exemple).

62. L'utilisation métabolisme des nutriments

Transportés par le sang de l'intestin au foie (régulateur de la composition), les nutriments vont participer à une multitude de réactions chimiques nécessaires à la vie et qui constitue la **métabolisme**.

a. La métabolisme est l'ensemble des transformations de matières au niveau des cellules et les échanges d'énergie qui les accompagnent. Il comporte 2 séries de réactions inverses :

- * **L'anabolisme** consiste en la synthèse de nouvelle matière vivante ou de substance de réserve ; il exige d'importantes quantités d'énergie.
- * **Le catabolisme** consiste en des dégradations de substances avec libération de l'énergie et production de déchet (eau, gaz carbonique, urée...).

b. Les ruminants tirent leur énergie des acides gras volatils.

Les acides gras volatils issus de la dégradation microbienne de la cellulose constituent la principale source d'énergie des ruminants (près de 65 à 75 % de l'énergie des ruminants (près de 65 à 75 % de l'énergie disponible pour l'organisme).

Ces acides gras volatils, amenés au foie par le sang de la veine, y sont transformés en glycogène et en glucose qui seront par la suite :

- soit oxydés par les celluloses avec production d'énergie, notamment dans des **muscles**
- soit utilisés par la synthèse des **acides gras** constitutifs des **graisses** et de la matière grasse du **lait**.
- soit utilisés pour la synthèse des **glucides** du **lait**.

- c. Les nutriments "plastiques" servent à façonner l'organisme. Ce sont des acides aminés servant à la synthèse des protéines, de l'eau et des sels minéraux entrant dans la constitution des liquides cellulaires, des sécrétions de l'organisme, et du squelette.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

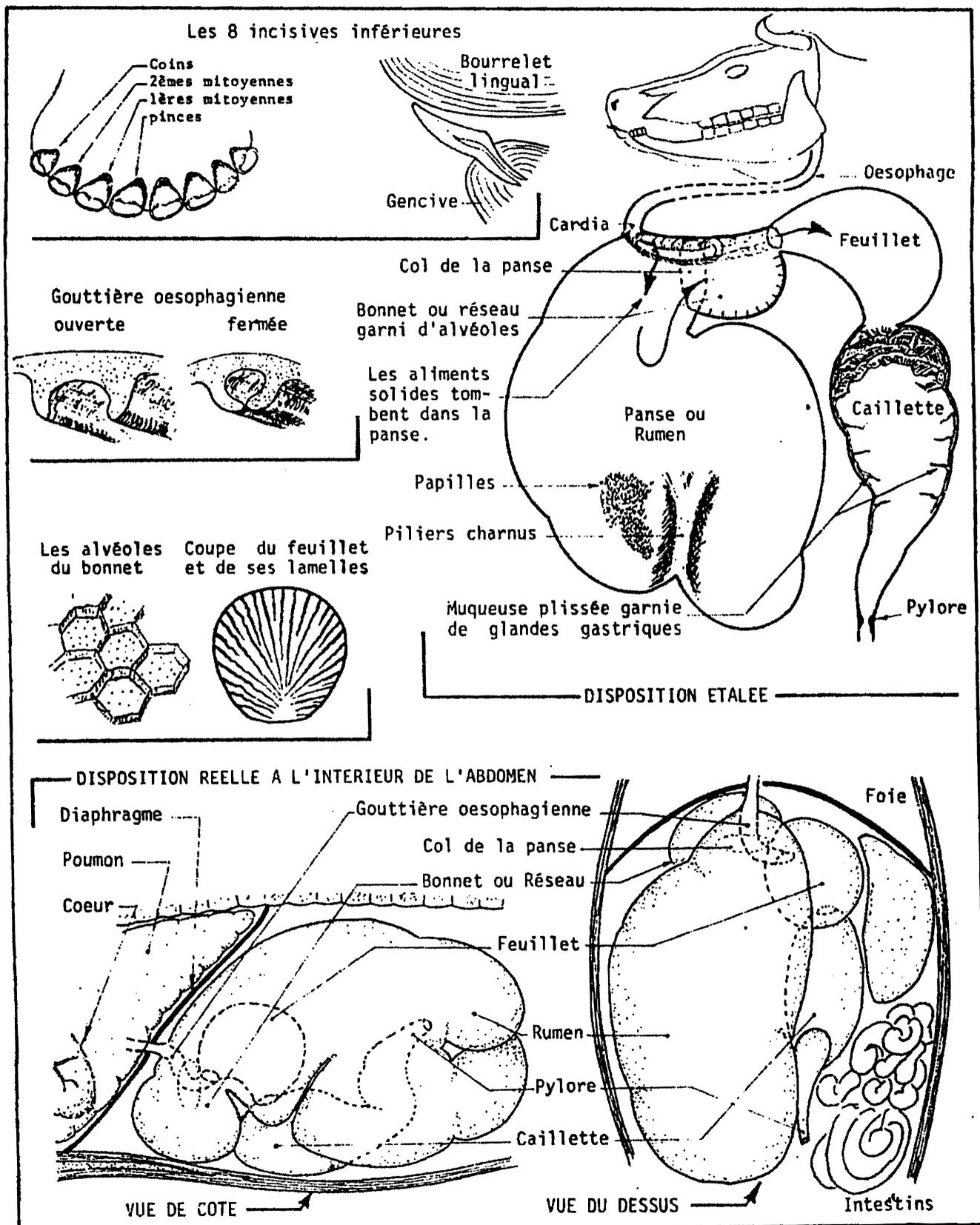
1. A l'occasion de l'abattage d'un bovin :
 - * étudier les différents organes du système digestif, l'estomac notamment.
 - * observer l'état de trituration des aliments contenus dans ces organes.
2. Observer le phénomène de mastication chez les bovins et les petits ruminants : chronométrer le nombre de mouvements de la mâchoire en une minute ; comparer les résultats observés : sur l'animal debout, l'animal couché, l'animal après un lourd travail (labour par exemple) ou après de longues marches, l'animal à jeûn, l'animal assoiffé etc.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. Gauthier, J. - Notions d'agriculture -
Ed. Gauthier, J. - Périgueux, 1983.
2. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture
Le syndicat agricole - Lille, 1979.
3. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
4. IEMVT - Manuel vétérinaire des agents techniques de
l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Franc. 1979.
5. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en
milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.

APPAREILS DIGESTIFS

LE TUBE DIGESTIF DES RUMINANTS



ROLES, STOCKAGE, ÉLIMINATION DES PRODUITS DE LA DIGESTION

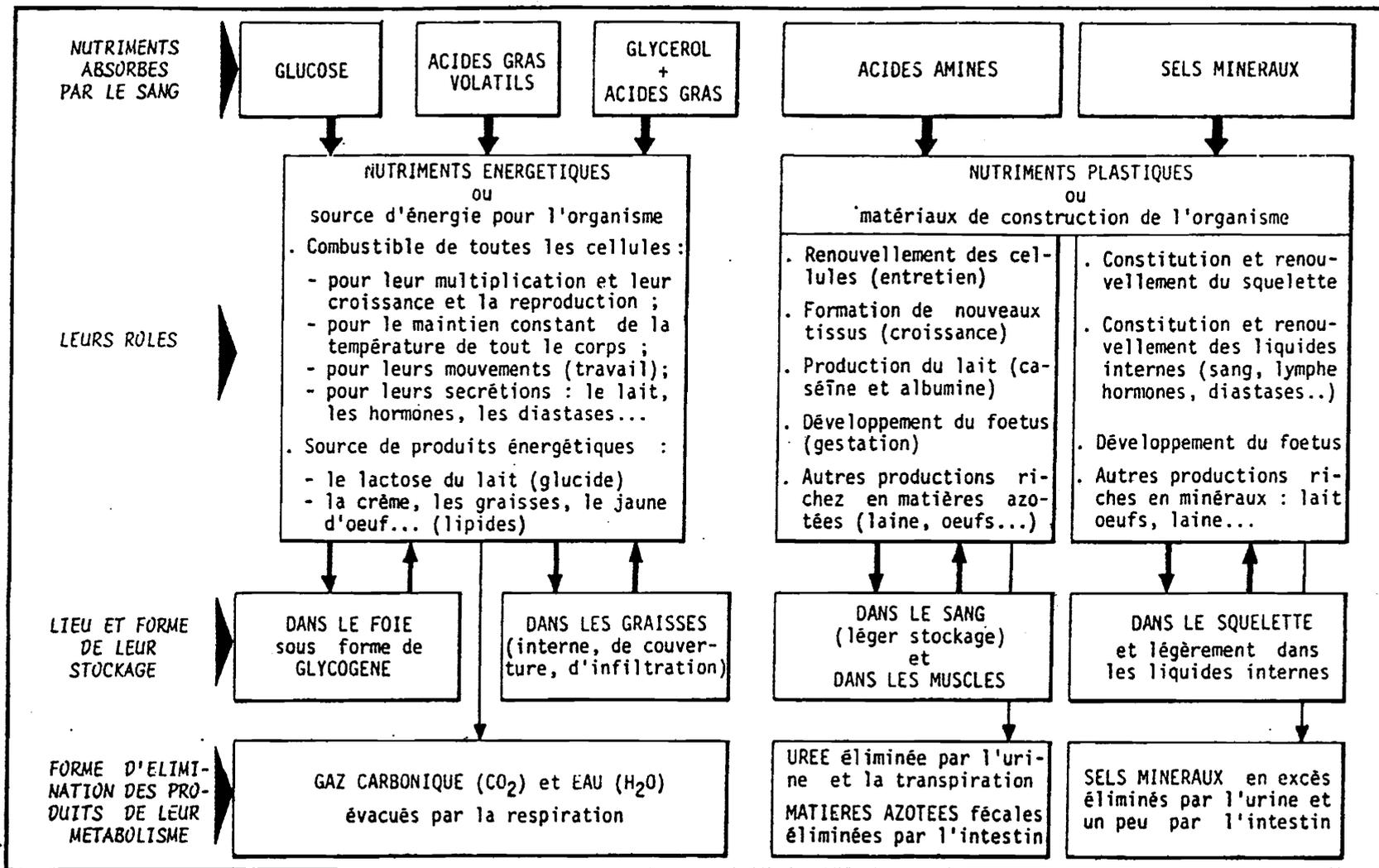
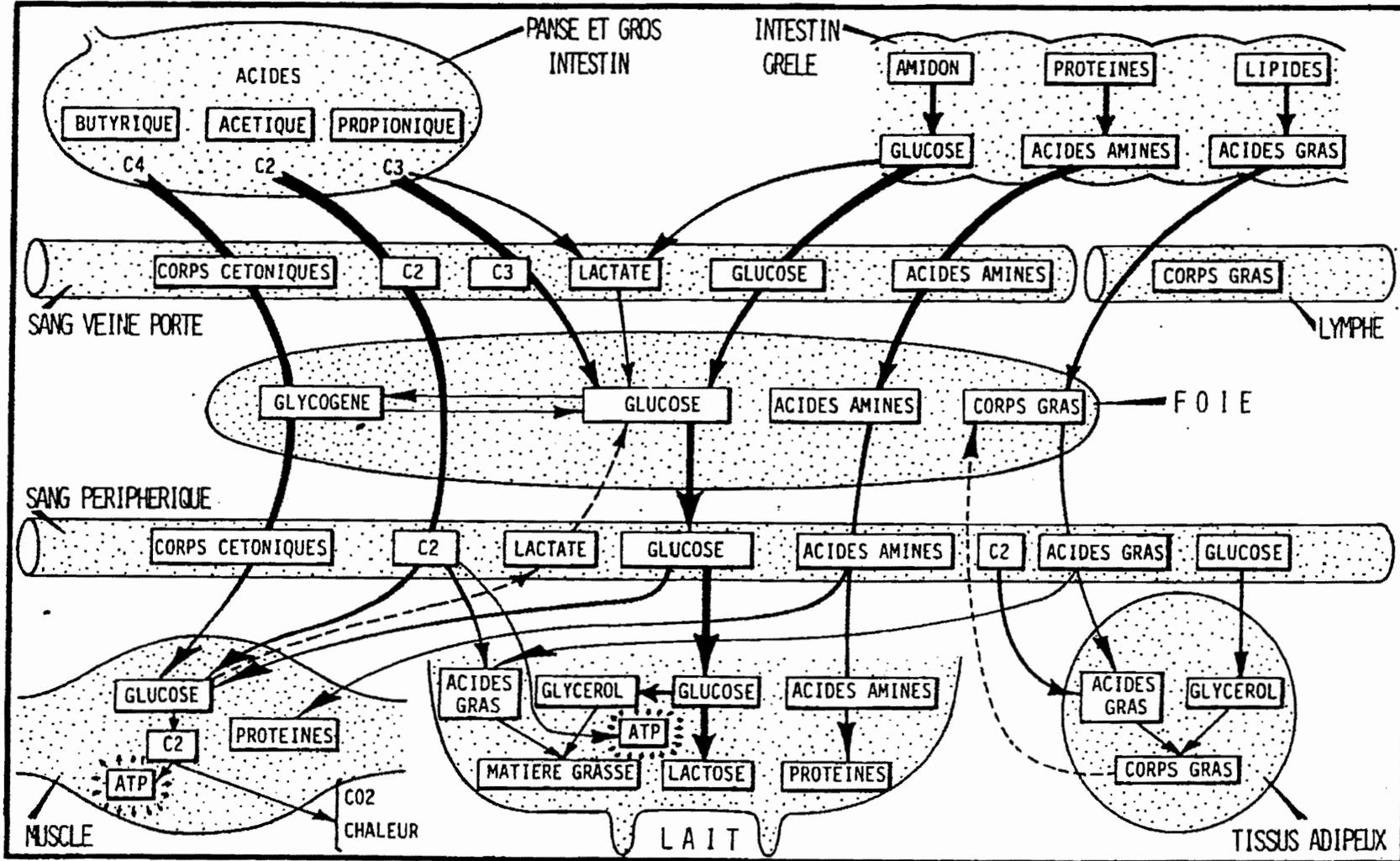
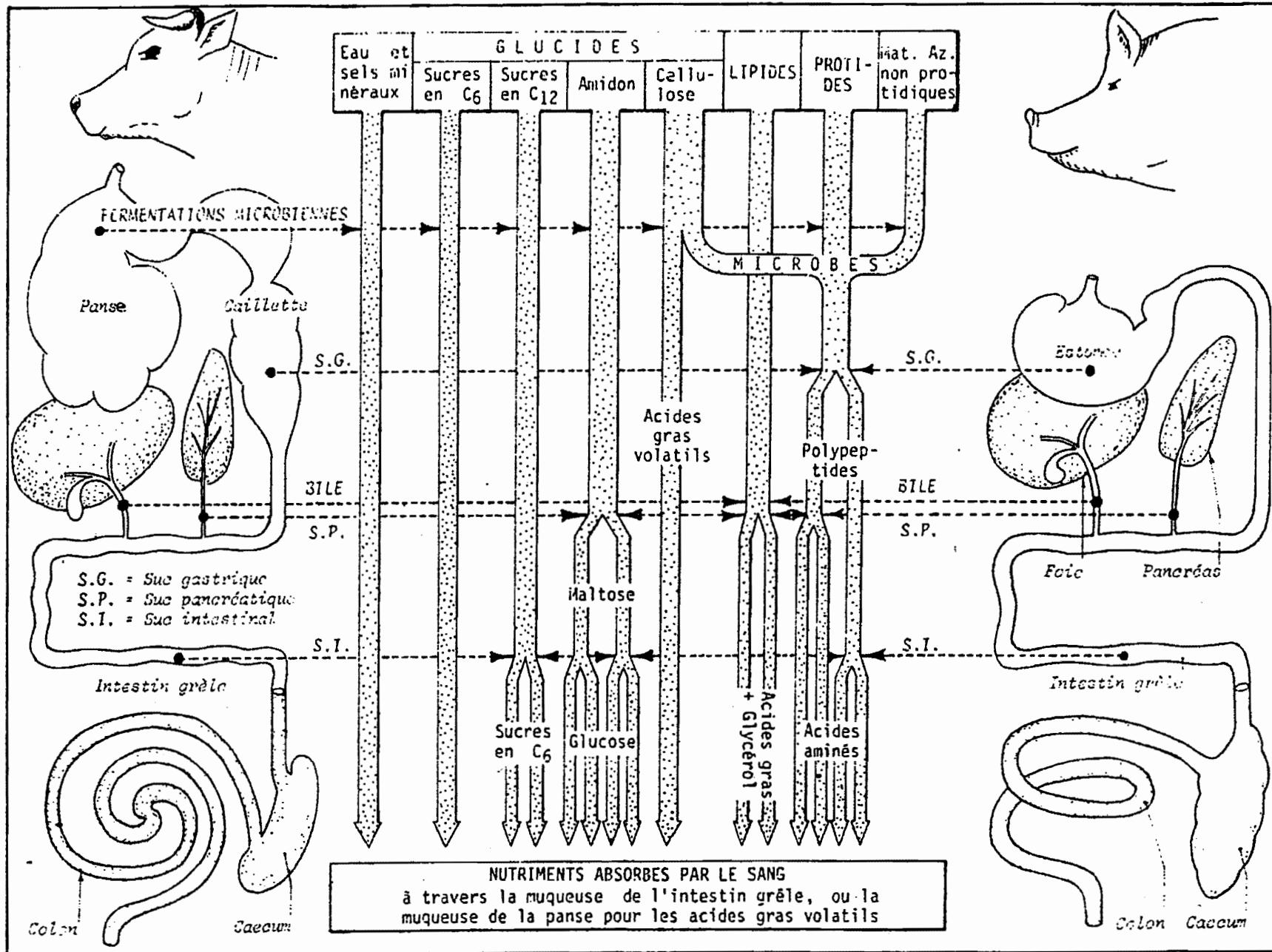


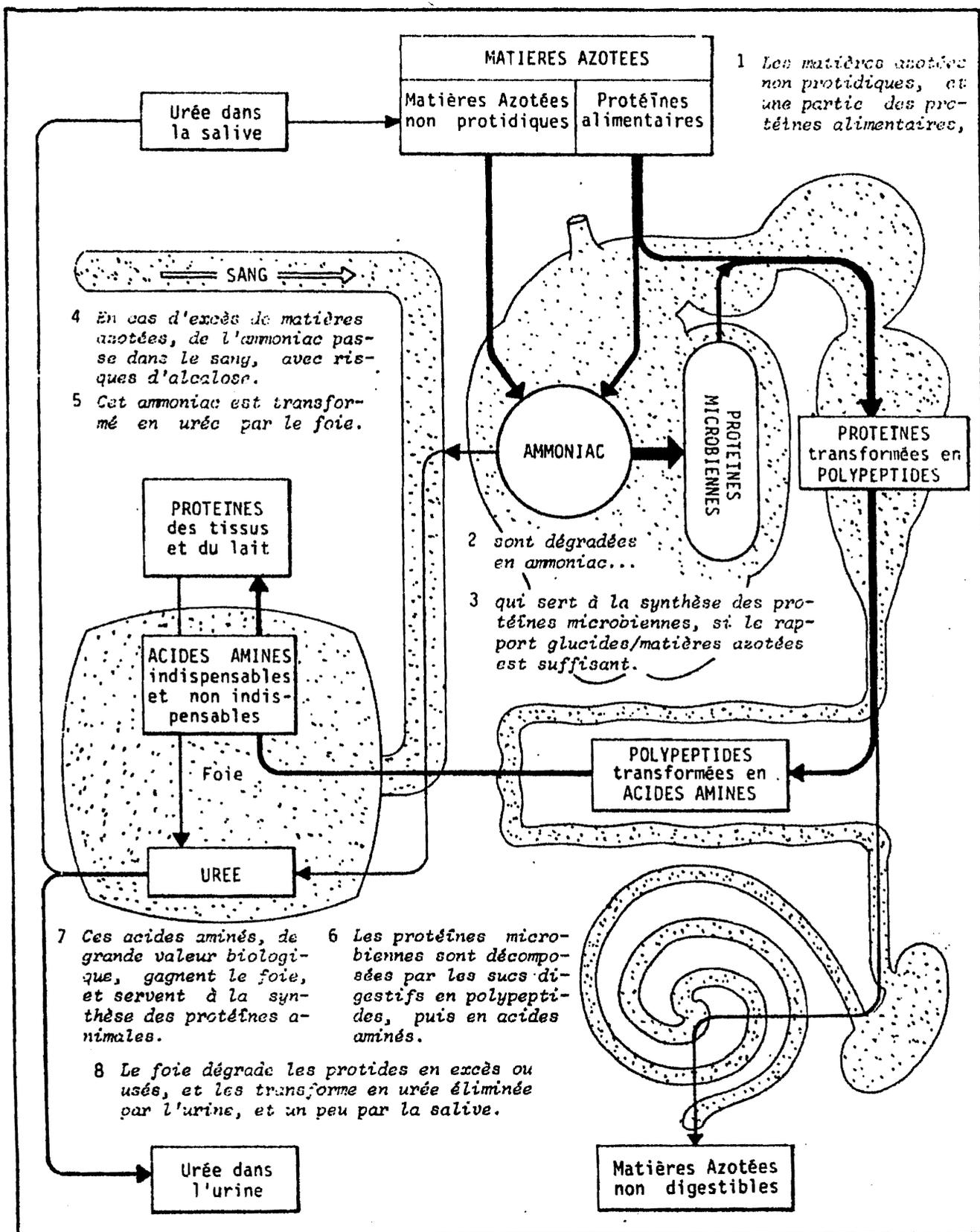
SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU MÉTABOLISME DES PRODUITS DE LA DIGESTION



LA DIGESTION, CHEZ LES RUMINANTS ET CHEZ UN MONOGASTRIQUE



LA DIGESTION ET L'UTILISATION DES MATIERES AZOTEES PAR LES RUMINANTS



UNITE 4

LA DIGESTIBILITE

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir ce qu'est la digestibilité d'un aliment ;
- énumérer les différentes formes de digestibilité ;
- expliquer comment on détermine cette digestibilité ;
- décrire les facteurs qui influencent la digestibilité de l'aliment.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'est-ce que la digestibilité ?
2. Comment mesure-t-on la digestibilité d'un aliment ?
3. Par quels moyens peut-on déterminer quantitativement de la digestibilité d'un aliment ?
4. Quels sont les facteurs qui influencent la digestibilité d'un aliment ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'est-ce que la digestibilité ?

La **digestibilité** est l'aptitude d'un aliment à être dégradé dans le tube digestif c'est-à-dire le degré d'utilisation des aliments.

Par convention, la fraction des aliments ingérés qui ne se trouve pas dans les fèces est appelée **fraction digestible**.

La détermination de ce C.U.D réel est difficile, et seule le C.U.D apparente est utilisé dans la pratique.

3. Par quels moyens peut-on déterminer quantitativement de la digestibilité d'un aliment ?

Il existe plusieurs méthodes de détermination de la digestibilité :

- méthodes "in vivo" (sur l'animal vivant)
- méthodes "in vitro" (au laboratoire)
- méthodes mathématiques (tables de digestibilité).

a. Méthode "in vivo"

Sur un animal vivant, maintenu en **cage de digestibilité**, c'est-à-dire en milieu isolé, et nourri de l'aliment à tester, on mesure les quantités ingérées et les quantités excrétées et séparées des urines. L'analyse chimique de l'aliment et des excréments permet de déterminer la digestibilité de la matière organique et de chaque constituant. On obtient seulement le **C.U.D apparent**.

b. Méthode "in vitro"

La méthode consiste à mesurer la digestibilité des fourrages verts par fermentation d'un échantillon dans un tube de verre en présence de jus du rumen.

c. Méthode mathématique

Elle fait appel à des tables de digestibilité (telles que celles de Kelluen, Morrison, Woodman etc.). Ces tables donnent la composition d'un certain nombre d'aliments et les coefficients de digestibilité des différents nutriments pour une espèce animale donnée (Ex : Tables dites "hollandaises").

La méthode consiste, lorsque l'on connaît la composition analytique dans l'aliment à étudier, à rechercher dans ces tables un élément de référence, de composition et d'origine aussi proches que possible de cet aliment en supposant que la digestibilité est identique. Il suffit alors d'appliquer aux nutriments de l'aliment les coefficients de digestibilité trouvés.

4. Quels sont les facteurs qui influencent la digestibilité d'un aliment ?

La digestibilité d'un aliment varie en fonction de plusieurs facteurs :

- facteurs internes, c'est-à-dire l'animal utilisateur (espèce, race, âge, individualité, état de santé)
- facteurs externes, c'est-à-dire l'aliment lui-même.

41. Facteurs internes : l'animal

- a. **L'espèce** : l'utilisation digestive des aliments varie avec l'espèce animale (besoins métaboliques, caractéristiques du tube digestif et ses flores). C'est ainsi que les ruminants seuls capables de digérer la cellulose grâce à la flore microbienne du rumen, digèrent mieux tous les constituants alimentaires. D'où la nécessité de tables de rationnement différentes pour les ruminants et pour les autres animaux (tel que le porc).
- b. **L'âge de l'animal** : le veau non sevré ne peut, faute de flore microbienne et de digestion ruminale, digérer la cellulose. Après le sevrage, il peut en tirer profit mais moins bien qu'un bovin adulte.

Par ailleurs, la capacité digestive des animaux âgés devient plus faible à cause des altérations de la dentition ou du tube digestif.

- c. **La production animale** : qui, en accélérant le transit digestif, rend moins efficace l'action digestive. Pour la production laitière par exemple, les vaches doivent donc recevoir une alimentation plus concentrée, donc plus digestible.
- d. **L'état de santé animale** : les troubles du système digestif (Ex : entérites, infestations parasitaires) diminuent considérablement l'utilisation digestive des aliments.

42. Facteurs externes : l'aliment

L'alimentation est le facteur qui a la plus nette influence sur la digestibilité. Elle intervient notamment par les caractéristiques de la ration et par la nature des aliments.

a. La nature de l'aliment

C'est la nature et la composition chimique des aliments qui influencent le plus nettement la digestibilité, par l'action variable de la flore du rumen sur les dégradations et les synthèses des aliments.

- Dans les **fourrages**, c'est la **cellulose brute** qui joue le rôle prépondérante dans la digestibilité. Cette cellulose pure est presque totalement digérée par les herbivores. Une certaine proportion de cellulose est nécessaire, chez les ruminants, mais à partir d'une certaine concentration, la ration est d'autant moins digérée qu'elle en renferme d'avantage.
- La digestibilité des **matières azotées** subit également l'influence de la **lignine** qui se trouve dans les parois cellulaires et qui empêche l'utilisation de l'azote par la flore microbienne de système digestif animal.
- Un excès de **protides**, peut avoir aussi des effets nocifs : il perturbe l'équilibre de la flore en provoquant des phénomènes d'indigestion (production de l'ammoniaque et de l'alcalose = alcalinité excessive du sang) et en diminuant la digestibilité de la cellulose et de l'azote.

b. Le volume de la ration

Le système digestif ne fonctionne bien que s'il est suffisamment rempli. La ration doit présenter un **certain volume**, en rapport avec celui du tube digestif. le remplissage de l'estomac, chez les ruminants, est ainsi assuré par l'apport d'aliments grossiers qui constituent le **lest**.

+ si le volume de la ration est trop grand, l'estomac est distendu, le brassage des aliments est difficile, et la digestibilité diminue.

+ s'il est au contraire trop réduit (ration trop concentrée et manquant de matières sèches), la digestibilité diminue également car la rumination est rendue difficile et le brassage faible.

c. Structure et état physique de la ration

Ces facteurs influencent la digestibilité de l'aliment par l'action de la flore microbienne et les sucs digestifs.

C'est ainsi qu'un foin présenté en longues fibres est mieux digéré que s'il est broyé.

Le **broyage** des fourrages diminue sa digestibilité, elle semble due :

- au passage accéléré du fourrage au travers des lamelles du feuillet
- diminution de la production de l'acide acétique dont l'activité cellulolytique de la flore microbienne est très réduite
- mais l'agglomération de ce foin broyé, sous forme de granulés augmente sensiblement son efficacité alimentaire.

Dans le cas des céréales, un **concassage** permet une meilleure action des agents digestifs.

La digestibilité du **sorgho** est valorisée par le broyage : l'amidon de cette céréale est mieux digéré ainsi que la qualité des matières azotées se trouve également améliorée, car l'efficacité de la synthèse des protéines dans le rumen est liée directement à la digestion de l'amidon par la flore (formation des glucides).

d. La composition de la ration

Les aliments farineux associés aux fourrages celluloseux diminuent la digestibilité de ces derniers ; car les bactéries s'attaquent de préférence à l'amidon et délaissent la cellulose. Le même effet est obtenu avec l'adjonction de quantités importantes de mélasse.

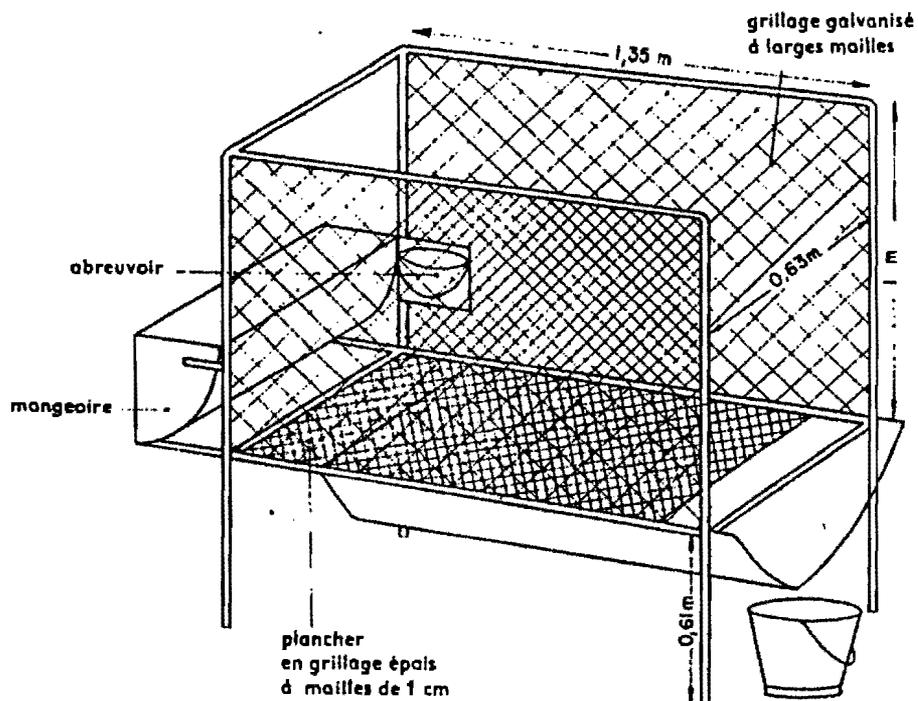
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Selon les possibilités, visiter une station de Recherches zootechniques (Sotuba, Niono, IPR de Katibougou) et observer les expériences de la digestibilité des aliments (cage de digestibilité, méthode de fistule du rumen etc).
2. Etudier la différence entre la matière ingérée et la matière fécale (matière indigestible) :
 - + récupérer un échantillon d'aliments contenu dans l'estomac du bovin (on peut l'obtenir lors d'un abattage ou à l'abattoir) et un échantillon de fèces.
 - + observer le degré de trituration et de transformation des aliments : aliments de départ, aliments dans l'estomac, aliments résiduels dans les fèces.
3. Collectionner les échantillons de paille de céréales et de graminées aux stades de jeunes plants et plants âgés ; comparer leur dureté (présence de la cellulose et de la lignine selon le stade végétatif).

V. BIBLIOGRAPHIE

1. Gauthier, J. - Notions d'agriculture - Périgueux, 1983.
2. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture - Le syndicat agricole - Lille, 1979.

3. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
4. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en
milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
5. IEMVT - Manuel vétérinaire des agents techniques de
l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Française, 1979.
6. Soltner, D. - Alimentation des animaux domestiques -
Collection Sciences et Techniques Agricoles,
Angers, 1983.

CAGE DE DIGESTIBILITEPrincipe :

- Sur un animal vivant, maintenu en cage de digestibilité et nourri de l'aliment à tester
- On mesure les quantités ingérées et les quantités excrétées, et séparées des urines.
- Par l'analyse de l'aliment et des excréments, on obtient le coefficient C.O.D Apparent.

UNITE 5

PRINCIPES DE BASE DE L'ALIMENTATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- décrire les besoins énergétiques de l'animal ;
- définir les différentes formes d'énergie fournie par les aliments et leurs importances ;
- connaître la signification de l'unité fourragère et son usage ;
- savoir utiliser les différentes tables de valeur alimentaire des aliments animaux ;
- faire la substitution équitable d'un aliment par un autre (à l'aide des tables de valeur des aliments).

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Pourquoi l'animal a-t-il besoin d'énergie pour assurer le fonctionnement de son organisme ?
2. Quels sont les apports énergétiques des aliments ?
3. Comment mesure-t-on pratiquement l'énergie apportée par un aliment ?
4. Comment mesure-t-on la valeur azotée d'un aliment ?

III. DISCUSSIONS

1. Pourquoi l'animal a-t-il besoin d'énergie pour assurer le fonctionnement de son organisme ?

Tout organisme vivant du fait même du fonctionnement des organes nécessaires à la vie, **dépense de l'énergie** (travail mécanique de ses organes tels que cœur, poumons etc.) et

subit des **pertes de matériaux** au cours de son activité physiologique (sous forme d'urine et d'excrément notamment).

Il faut donc **apporter** de l'**énergie** et des **matériaux nutritifs aux organismes pour compenser les pertes et les dépenses**.

Les dépenses énergétiques peuvent être classées en trois catégories :

a. des dépenses nécessaires pour les **activités internes** :

Un animal au repos complet et à jeun, soumis à une température en équilibre avec le milieu extérieur, dépense pourtant de l'énergie qui correspond à l'activité cellulaire et au mouvement de ses organes internes. C'est l'**énergie du métabolisme de base** ou du **métabolisme d'entretien**.

b. des dépenses effectuées au cours de la **nutrition** (travail de mastication, rumination, assimilation des nutriments...) pour la régulation thermique et pour le travail musculaire impro-ductif (mouvements de lever et coucher). Ce sont les dépenses d'entretien.

c. des dépenses nécessaires aux **productions** c'est-à-dire la croissance, l'engraissement, la gestation, la lactation, travail etc. C'est ainsi qu'une vache en lactation transformera l'énergie alimentaire en énergie contenue dans les constituants du lait.

2. Quels sont les apports énergétiques des aliments ?

Une bonne alimentation doit apporter à l'organisme suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins, c'est-à-dire les dépenses d'entretien et de production.

Si l'apport est insuffisant, l'animal puise dans ses réserves, il maigrit et ses productions diminuent ; s'il est excédentaire, l'animal s'engraisse.

La capacité des aliments à couvrir les besoins énergétiques des organismes peut être évaluée aux divers niveaux de leur utilisation métabolique :

- énergie brute
- énergie digestible
- énergie métabolisable
- énergie nette.

Rappelons que l'unité de mesure de ces énergies est la **calorie (Cal)** : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g d'eau (Multiple : kilo calorie ou 1 kcal = 1000 calories).

*** Qu'appelle-t-on "énergie brute" ?**

L'**énergie brute (E.B)** ou chaleur de **combustion** est la quantité totale d'énergie calorique obtenue en faisant brûler complètement dans une bombe calorimétrique (appareil de mesure de calorie).

Exemple : la combustion de :

- . 1 g de glucides fournit 4,1 kcal
- . 1 g de lipides fournit 9,3 kcal
- . 1 g de protides fournit 5,65 kcal.

*** Qu'appelle-t-on "énergie digestible" ?**

L'**énergie digestible (E.D)** est l'énergie des **nutriments digérés**. Une première perte après l'ingestion d'un aliment est due à une digestion incomplète ; l'énergie perdue se retrouve dans les **matières fécales (E.F)**. Il s'agit en fait de l'énergie digestible apparente :

$$E.D = E.B - E.F$$

Cette énergie digestible est donc fonction de la digestibilité et varie, pour un même aliment, d'une espèce animale à une autre.

* **Qu'appelle-t-on "énergie métabolisable " ?**

L'**énergie métabolisable (E.M)** est l'énergie utilisable par les différentes fonctions physiologiques. Il y a une deuxième perte énergétique qu'est due à l'énergie contenue dans l'urine (**énergie urinaire ou E.U**) provenant de l'utilisation incomplète des protéines digérées :

$$E.M = E.B - (E.F + E.U)$$

Chez les ruminants, il y a aussi une perte d'énergie sous forme de gaz de **méthane (E.G)** aux fermentations des glucides dans le rumen, on a donc :

$$E.M = E.B - (E.F + E.U + E.G)$$

* **Qu'appelle-t-on "énergie nette " ?**

La consommation des aliments et les processus de digestion et l'utilisation des aliments s'accompagnent d'une perte d'énergie dissipée sous forme de chaleur, appelée **extra-chaleur ou énergie de transformation (E.T)**.

L'**énergie nette (E.N)** d'un aliment correspond donc à l'énergie métabolisable diminuée de cette extra-chaleur :

$$E.N = E.M - E.T$$

C'est la seule forme d'énergie qui peut contribuer à couvrir les besoins énergétiques d'entretien et de production.

3. Comment mesure-t-on pratiquement l'énergie apportée par un aliment ?

Au lieu de prendre la calorie comme unité de mesure d'énergie (trop compliquée en pratique), on a adopté une unité plus parlante en référant à un aliment courant, l'**orge** (une céréale voisine de blé cultivée pour l'alimentation animale).

C'est l'**Unité Fourragère (UF)** : qui est la **quantité d'énergie nette apportée par 1 kg d'orge de référence.**

Par définition, 1 kg d'orge apporte une unité fourragère. Une U.F correspond environ à 2 000 calories.

- La **valeur fourragère** est égale au nombre d'U.F trouvé dans 1 kg d'aliment.

$$\text{Valeur fourragère} = \frac{\text{E.N de 1 kg d'aliment}}{\text{E.N de 1 kg de l'orge de référence}} \quad (\text{en U.F})$$

- L'**équivalent fourrager** est la quantité d'aliment par laquelle on peut remplacer 1 kg d'orge de référence sans faire varier la valeur énergétique.

$$\text{Equivalent fourrager} = \frac{\text{E.N de 1 kg de l'orge de référence}}{\text{E.N de 1 kg d'aliment}}$$

Exemple 1 :

- Une bonne herbe de prairie a une valeur fourragère de 0,15 ce-la signifie que 1 kg de cette herbe apporte 0,15 U.F. Il faut donc environ 6,7 kg de cette herbe pour fournir une U.F c'est-à-dire nourrir autant d'un kg d'orge.

- Calculs : 1 kg d'herbe \longrightarrow 0,15 U.F
 $x \longrightarrow 1 \quad \text{U.F}$

$$\text{donc } x = \frac{1}{0,15} = 6,66 \text{ soit } 6,7 \text{ kg.}$$

L'équivalent fourrager de cette herbe est de 6,7 kg.

Exemple 2 : Tourteau d'arachide expeller a une valeur fourragère de 1,18. Son équivalent fourrager sera égal à 1/1,18 c'est-à-dire il faut seulement 0,84 kg de tourteau d'arachide pour avoir 1 U.F.

Exemple 3 : Substitution des aliments.

A l'aide des tables de valeur alimentaire (Tome IV - Annexe), on trouve ci-après les sous-produits agricoles ou agro-industriels qui fournissent environ 1 U.F :

1 kg	son de maïs	=	1,02 U.F	
1 kg	graines de coton	=	1,04 U.F	
1,5 kg	fanes d'arachide	=	0,64 U.F	} = 1,06 U.F
et 1 kg	paille de riz	=	0,42 U.F	
1 kg	mélasse de canne	=	1,04 U.F	
0,8 kg	son de mil	=	0,69 U.F	} = 0,99 U.F
et 0,3 kg	de cossettes de manioc	=	0,30 U.F	

4. Comment mesure-t-on la valeur azotée d'un aliment ?

Rappelons que les matières azotées (protéines, amides, amines etc.) permettent de satisfaire aux besoins d'entretien dus à l'usure de l'organisme et jouent un rôle essentiel pour la production de la viande, du lait, des oeufs ; elles assurent le développement du foetus etc.

Exemples : - 1 kg de viande de boeuf contient 200 g de matières azotées (M.A)

- 1 l de lait : 30 g de M.A

- 1 oeuf de poule : 8 g de M.A.

*** Comment la mesure-t-on ?**

La valeur azotée d'un aliment est utilisée pour le calcul des rations pour les ruminants et autres animaux domestiques.

Unité de mesure :

La teneur en **matières azotées digestibles (M.A.D)** d'un aliment correspond à la quantité de matières azotées qui apparamment disparaît dans le tube digestif ; c'est-à-dire à la différence entre les matières azotées ingérées et celles que l'on retrouve dans les fèces.

La valeur de M.A.D d'un aliment dépend de sa teneur en **matières azotées totales (M.A.T)**, de la digestibilité de ces matières azotées, et de la valeur biologique de la partie digestible.

$M.A.T = \text{teneur azotée de l'aliment} \times 6,25 = \% N \text{ total} \times 6,25$

Le coefficient 6,25 (= 100/16) est le facteur de conversion de l'azote en protéines qui contiennent en moyenne 16 % d'azote.

$M.A.D = M.A.T \times \text{coefficient d'utilisation digestible (C.U.D)}$
de la matière organique.

Le coefficient C.U.D dépend de la teneur en cellulose de l'aliment. Il existe des tables donnant les différentes valeurs de C.U.D (Coefficient de digestibilité : voir Tables V et VI de l'Annexe).

Exemple : . Pour une ration à base de farines de céréales et de tourteaux, il est de 80 % environ pour une teneur moyenne en cellulose de 8 %.

. Une recommandation de 16 % de M.A.T dans une ration correspond à $16/100 \times 80/100 = 12$ % de M.A.D environ.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Faire des exercices simples pour une meilleure compréhension de la notion "unité fourragère" et une meilleure utilisation des tables de valeur alimentaire des aliments.
2. Calculs de la valeur énergétique des différents aliments utilisés à la ferme scolaire : herbe, paille, fanes, racines, son etc.
3. Exercices de calculs pour la substitution des aliments : aliment simple, aliment composé.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. ABAFOUR, J. - Manuel d'alimentation du bétail -
Tome 1 - Notions générales et tables
d'alimentation -
Tome 2 - Rationnement et Alimentation spéciale
Ed. Dunod, Paris, 1969.
2. Gauthier, J. - Notions d'agriculture -
1983 - Périgueux.
3. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'Agriculture
Le syndicat agricole, Lille, 1979.

4. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
5. IEMVT - Manuel vétérinaire des agents techniques de
l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Française, 1979.
6. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques
en milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.

ANNEXE 1

AUTRES METHODES DE MESURE DE L'ENERGIE DES ALIMENTS

1) NOUVEAU SYSTEME U.F.L et U.F.V

Des études plus précises dans le domaine de la valeur énergétique des aliments pour ruminants et des besoins des animaux ont conduit à définir d'une manière très précise deux valeurs énergétiques du même aliment :

- l'une pour la **production du lait** : c'est l'**Unité Fourragère "Lait" (U.F.L)** qui correspond à la valeur énergétique nette pour la lactation d'un kg d'orge de préférence.
- l'autre pour la **production de la viande** : c'est l'**Unité Fourragère "Viande" (U.F.V)** qui correspond à la valeur énergétique d'un kg d'orge de référence pour l'entretien et la production de viande.

2) SYSTEME DES T.D.N

Le système T.D.N (Total Digestible Nutriments = éléments digestibles totaux) est surtout utilisé dans les pays anglophones. Le T.D.N représente la somme des principes digestibles, les matières grasses étant affectées du coefficient 2,25 (facteur de correction calorique).

Ces valeurs sont exprimées en g/kg d'aliment. Il suffit de connaître les besoins des animaux ou T.D.N et les quantités de principes digestifs dans les aliments dont on dispose pour établir une ration (à l'aide des tables spéciales).

- #### **3) SYSTEME DES EQUIVALENTS-AMIDON (E.A)** : est basé sur le calcul de l'énergie nette d'engraissement, c'est la valeur de transformation d'un kilogramme d'amidon en graisse (Table de Kellner).

ANNEXE II

CALCUL DE LA VALEUR FOURRAGERE D'UN ALIMENT COMPOSE

1) RAPPELS THEORIQUES

- On utilise fréquemment des tables qui permettent de calculer la valeur fourragère des aliments composés à partir de leurs teneurs en cellulose brute et en cendres. Ces tables ont été établies en transposant en U.F les équivalents - amidon donné par les **Tables Hollandaises**. (Voir Annexes, Tables V et VI)
- La valeur énergétique nette (en U.F) des aliments composés est calculée en faisant appel à des tables qui donnent :
 - + **coefficient de digestibilité "d"** de la matière organique en fonction de la teneur de l'aliment en cellulose brute exprimée en % de la **matière sèche (M.S)** (Table V).
 - + **coefficient "c"** (table VI) en fonction du coefficient de digestibilité d de la matière organique et du taux de **matière grasse** (exprimée en % de M.S).

En multipliant la valeur de la **matière organique digestible (M.O.D)** (en % de la MS) par le coefficient $c/100$, on obtient la valeur fourragère "V.F) en U.F/kg d'aliment :

$$V.F = \frac{M.O.D \times c}{100} = U.F/kg$$

- + Matière organique M.O = M.S - cendres
- + Matière organique digestible M.O.D = M.O x d
- + Matière azotée digestible M.A.D = M.A x d.

2. EXEMPLE DE CALCULS

Calcul de la valeur énergétique d'un aliment concentré pour boeuf à l'embouche, composé de maïs, sorgho, sons de blé, de maïs et de sorgho, tourteaux d'arachide et minéraux.

Soit la composition d'un aliment en g/100 g (%) :

- matière sèche (M.S)	:	90,20
- cendres ou matière minérale (M.M)	:	8,38
- cellulose brute (c)	:	6,33
- matière grasse (M.G)	:	3,88
- matières azotées (M.A)	:	16,54

On a donc :

$$+ \text{M.O} = \text{M.S} - \text{M.M} = 90,20 - 8,38 = 81,82 \text{ g/100 g}$$

$$+ \text{Cellulose en \% de M.S} = \frac{6,33 \times 100}{90,2} = 7,02 \% \text{ de M.S}$$

+ Coefficient de digestibilité "d" = 82 % (en rapportant le % de cellulose = 7.02 % sur la table V, on trouve
d = 82 % ou 0,82)

$$+ \text{Matière organique digestible M.O.D} = \text{M.O} \times d = 81,82 \times 0,82 = 67,09 \text{ g/100 g}$$

$$+ \text{Matière azotée digestible M.A.D} = \text{M.A} \times d = 16,54 \times 0,82 = 13,56 \text{ g/100 g M.S}$$

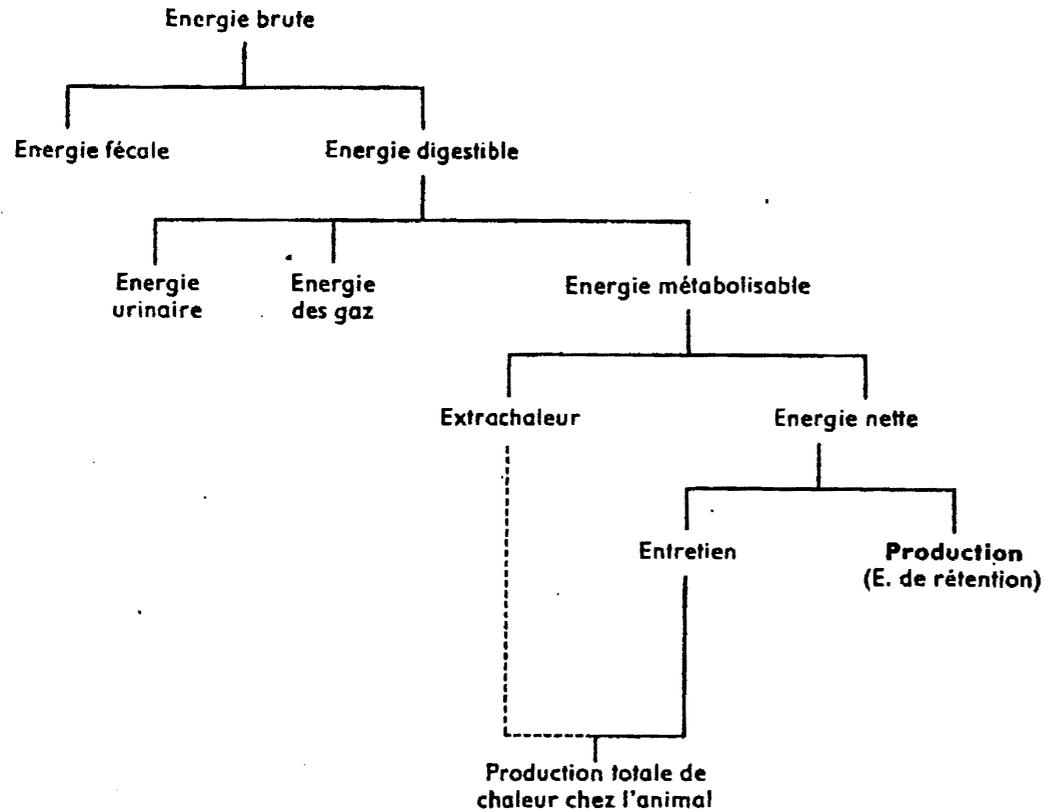
$$+ \text{Matière grasse en \% de M.S} = \frac{3,88 \times 100}{90,2} = 4,3 \%$$

+ Coefficient "c" : en rapportant le % de M.G (4,3 %) et le coefficient d = 82 % sur la table VI, on obtient par le recoupement de ces valeurs, les coefficients compris entre 1,39 et 1,41 pour coefficient de digestibilité "d" ; donc valeur moyenne de c = 1,40 U.F.

$$+ \text{La valeur fourragère V.F} = \frac{67,09 \times 1,40}{100} = 0,94 \text{ U.F/kg.}$$

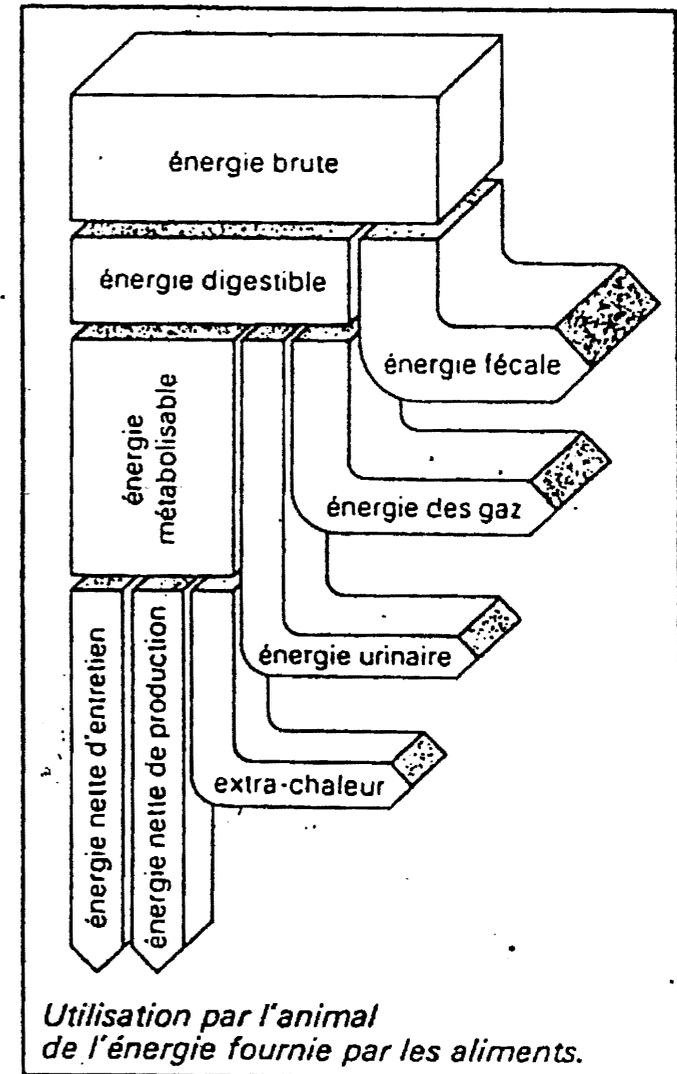
REPARTITION DE L'ENERGIE D'UN ALIMENT

(après son ingestion par l'animal)

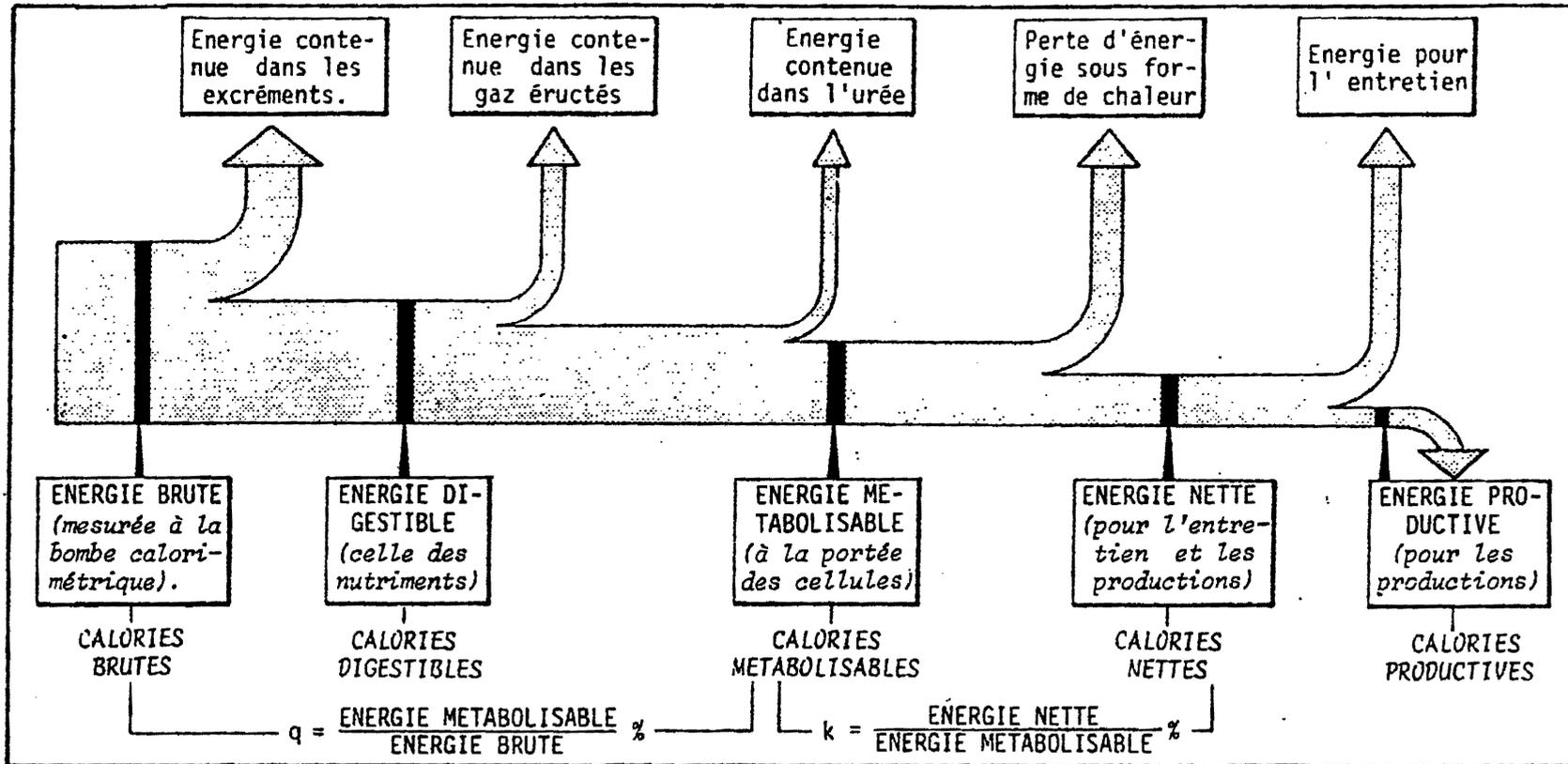


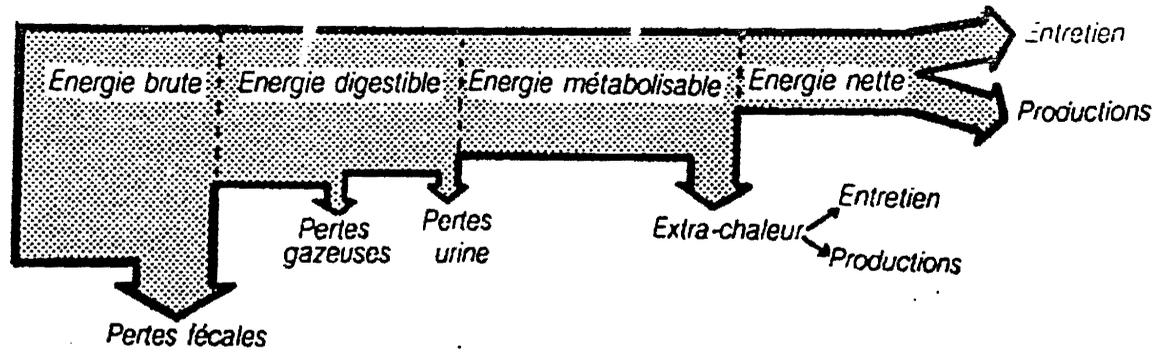
UTILISATION PAR L'ANIMAL DE

L'ENERGIE FOURNIE PAR LES ALIMENTS

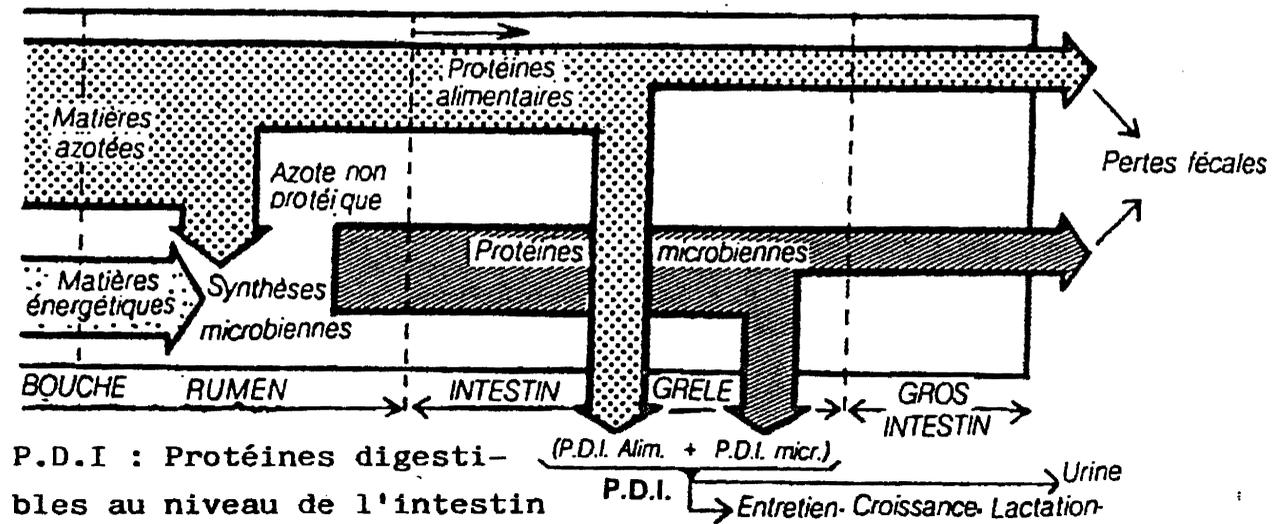


LES EXPRESSIONS DE L'ENERGIE DE LA RATION



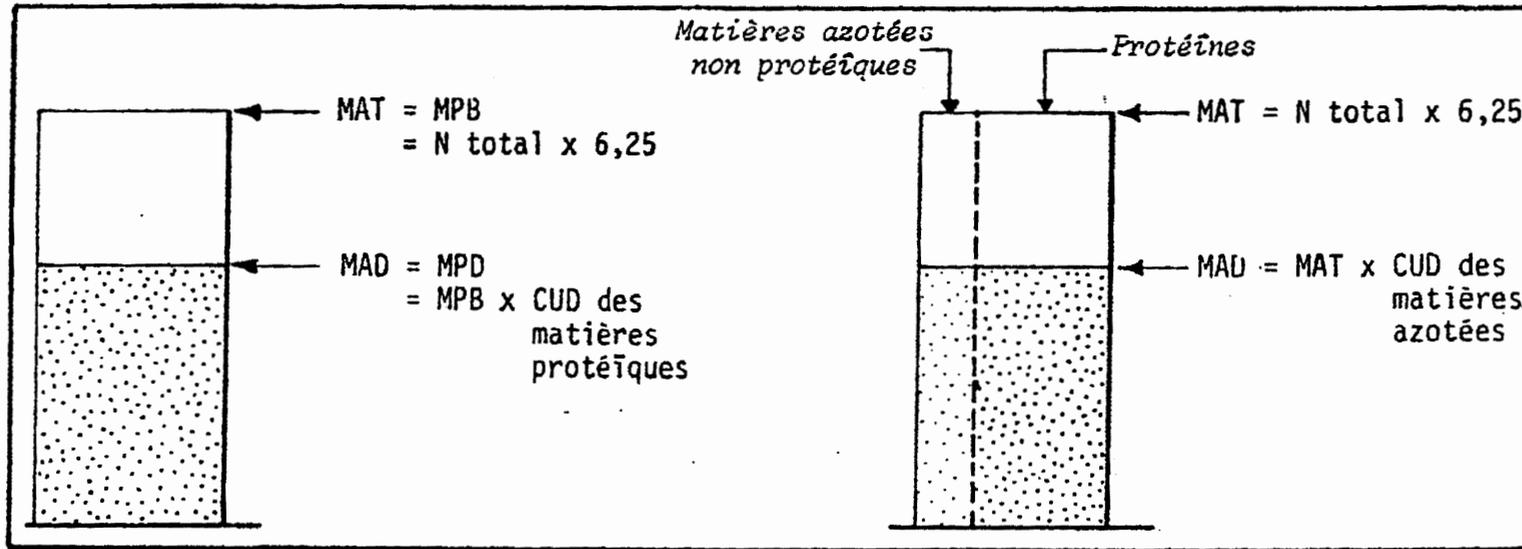


UTILISATION DES MATIERES ENERGETIQUES



UTILISATION DES MATIERES AZOTEES CHEZ LES RUMINANTS

LES UNITES CLASSIQUES DE MESURE DES MATIERES AZOTEES



CAS DES ALIMENTS CONCENTRÉS :
Presque tout l'azote de l'aliment
est sous forme protéique.

CAS DES FOURRAGES GROSSIERS :
Une partie de l'azote de l'aliment
est sous forme non protéique.

UNITE 6

LA RATION

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir les termes suivants : ration, besoins alimentaires, coefficient d'encombrement, ingestion volontaire ;
- expliquer les différentes causes qui déterminent les dépenses énergétiques et en nutriments chez les animaux ;
- connaître les normes de besoins alimentaires des animaux domestiques et les valeurs des nutriments contenus dans les aliments.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'appelle-t-on "ration" ?
2. Quels sont les besoins alimentaires d'un animal domestique ?
3. Pour qu'une ration soit bien composée, quelles sont ses qualités et ses exigences ?
4. Quels sont les dépenses et besoins énergétiques chez les ruminants ?
5. Quels sont les dépenses et besoins azotés chez les ruminants ?
6. Quels sont les besoins minéraux chez les ruminants ?
7. Quels sont les besoins vitaminiques chez les ruminants ?
8. Quels sont les besoins d'eau chez les ruminants ?
9. Pourquoi les ruminants doivent-ils consommer une grande quantité d'aliments pendant leurs repas ?
10. Que faut-il entendre par "ingestion volontaire" ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'appelle-t-on par ration ?

La **ration** est la quantité d'aliments que l'animal reçoit chaque jour pour satisfaire ses besoins.

2. Quels sont les besoins alimentaires d'un animal domestique ?

Un animal peut être comparé à une machine pour le fonctionnement de ses organes, pour la production de chaleur, pour toutes les activités dont il est le siège, l'animal a besoin d'énergie.

Pour réparer l'usure de ses tissus, comparer les produits éliminés par l'urine, la sueur etc., il a besoin en outre de matériaux : protides, matières minérales, eau...

La formation de tissus nouveaux (croissance), les diverses productions : travail, lait, oeufs, etc., conduisent également à des besoins d'énergie et de matières.

Pour établir une ration, il est donc nécessaire de connaître : les besoins des animaux, la composition des aliments.

On a distingué ainsi deux types de besoins :

- **besoins d'entretien** : ce sont ceux de l'animal au repos qui se maintient dans l'état où il se trouve, sans augmentation ni diminution de poids.
- **besoins de production** : pour la croissance et les productions proprement dites. Exemple : productions de viande, du lait, des oeufs etc., une femelle en gestation, un jeune en période de croissance.

Les besoins sont donc représentés par la quantité minimale de principes nutritifs indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, c'est-à-dire propres à compenser les diverses dépenses de cet organisme.

3. Pour qu'une ration soit bien composée, quelles sont ses qualités et ses exigences ?

La ration journalière doit couvrir les besoins journaliers de l'animal, elle doit :

- fournir de l'énergie à l'organisme
- apporter des matières azotées
- contenir des matières minérales
- procurer des vitamines à l'organisme
- présenter ces substances sous un volume suffisant, c'est-à-dire un "encombrement" correct (voir question 9)
- permettre l'abreuvement nécessaire avec une eau d'une certaine qualité
- démunir de substances toxiques
- être économique (au point de vue de production).

4. Quels sont les dépenses et besoins énergétiques chez les ruminants ?

4.1. Dépenses et besoins d'entretien

Les dépenses d'entretien correspondent à l'énergie perdue du fait même du fonctionnement de l'organisme et de l'activité normale de l'animal (régulation thermique, assimilation et excrétion des nutriments, activité musculaire, déplacements de l'animal etc.). Elles se traduisent par une production de chaleur.

Les besoins d'entretien sont donc représentés par l'énergie nécessaire pour assurer le **fonctionnement de l'organisme**.

Exemples :

- Pour un animal de 250 kg, la dépense énergétique de déplacement sera entre 0,4 U.F et 1,30 U.F.
- Les besoins d'entretien d'une vache de 250 kg est de 2,3 U.F par jour : cet apport la maintiendra en vie, mais sans lui permettre de prendre du poids, d'assurer une bonne gestation ou de fournir du lait. Pour tous les autres besoins, il faut lui fournir un supplément énergétique qu'on évalue aussi en unités fourragères (voir tableau).

42. Dépenses et besoins de croissance

La croissance consiste en une augmentation du **volume**, de la **taille**, et du **poids** des animaux par la formation de nouveaux tissus. Les animaux en croissance ont donc des besoins d'entretien qui sont en fonction de leur poids, auxquels s'ajoutent des besoins de production correspondant à l'énergie des tissus nouvellement formés (nouveaux tissus, os, muscles).

La ration de croissance varie avec l'âge : chez le boeuf, par exemple, elle varie de 1,5 U.F à la naissance à 3,2 U.F entre 2 et 3 ans.

43. Dépenses et besoins d'engraissement

On appelle généralement engraissement, la période de finition par laquelle les animaux sont préparés pour l'abattage.

Dans les pays tropicaux, il s'agit plutôt de récupérer des animaux amaigris par les rigueurs climatiques, en leur favorisant une croissance compensatrice par formation des protéines musculaires. Dans un stade ultérieur, il sera nécessaire d'enrichir des carcasses en graisse, mais sans excès. Toutes ces **formations de muscle et de graisse** nécessitent une grande quantité d'énergie.

Les besoins d'engraissement correspondent donc à l'augmentation de poids due à l'accumulation de graisse et au développement des muscles.

Chez les bovins, par exemple, ces besoins nécessitent de 3 à 4,5 U.F par kg de gain.

44. Dépenses et besoins de gestation

Au cours de la gestation, les femelles synthétisent des tissus nouveaux sous la forme du **foetus**, de ses enveloppes et du contenu de celles-ci.

C'est pendant la seconde moitié de la gestation que la croissance foetale devient notable et exige un apport énergétique supplémentaire qui augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la parturition.

Chez une vache gestante, les besoins énergétiques sont :

- 0,10 U.F./jour/100 kg de poids vif pendant le 7^e mois de gestation
- 0,20 U.F./jour/100 kg " " " " " 8^e mois de gestation
- 0,75 U.F./jour/100 kg " " " " " 9^e mois de gestation

Exemple : Une vache de 250 kg exige 0,25 U.F./jour pendant le 7^e mois de gestation.

45. Dépenses et besoins de la lactation

Les dépenses énergétique de la production de lait sont très importantes. Elles sont fonction de la quantité sécrétée et de la composition du lait (matières grasses, matières azotées et lactose).

En règle générale, les besoins énergétiques des vaches et chèvres laitières sont de l'ordre de 0,4 U.F./kg de lait à 4 % de matière grasse (M.G) ; ceux des brebis de 0,6 U.F./kg de lait à 8 % de M.G.

46. Dépenses et besoins de production de travail

La consommation d'oxygène d'un animal au travail augmente de façon considérable en fonction de la nature du travail (léger ou dur), de la durée et de la vitesse d'exécution.

- Chez les bovins, les besoins de production de travail sont de l'ordre de :

- . travail léger : besoin d'entretien x 1,5
- . travail moyen : besoin d'entretien x 2
- . travail fort : besoin d'entretien x 2,5

Exemple : un boeuf de trait de 250 kg, pour les travaux de labour (travail fort) il faut lui fournir : $2,3 \text{ U.F} \times 2,5 = 5,75 \text{ UF}$.

47. Dépenses et besoins de la production de laine

La croissance de la laine est lente (environ 10 g/j) et la production exige donc peu d'énergie. On estime que si les besoins d'entretien sont couverts, il n'est pas nécessaire de fournir un supplément énergétique.

5. Quels sont les dépenses et besoins azotés chez les ruminants ?

L'organisme vivant rejette de façon continue des déchets provenant de l'usure des constituants cellulaires ou tissulaires : chute des poils, usure des onglons, sucs digestifs etc. Ces substances sont souvent éliminées par les voies urinaires et intestinales. Ces rejets provoquent des pertes, notamment azotées (protéines, urée etc.), qui créent des besoins correspondants qu'il s'agit de satisfaire pour maintenir l'équilibre de l'organisme.

Par ailleurs, d'autres besoins qui correspondent à la croissance et aux productions (lait, viande, gestation etc.).

51. Dépenses et besoins d'entretien

Les normes de rationnement en besoin azoté d'entretien pour les ruminants donnent des valeurs variant de 0,5 à 0,6 g de matières azotées digestibles par kg de poids vif.

a. Croissance

On exprime en pratique les besoins azotés des animaux en grammes de matières azotées digestibles par unité fourragère (g de MAD/U.F) ou en grammes de M.A.D par kilo de poids vif (g de MAD/kg de P.V).

On estime qu'il faut :

135 g de M.A.D/U.F	pour les animaux de 100 kg de poids vifs
125 g " "	" " " " 200 kg " " "
110 g " "	" " " " 300 kg " " "
90 g " "	" " " " 400 kg " " "

b. Embouche

Au cours de l'embouche, il est nécessaire de maintenir un certain niveau d'azote pour éviter les dépôts excessifs de graisse (besoins de 80 g de MAD/UF). D'une manière générale, les besoins azotés varient selon le poids des animaux et la vitesse des gains de poids :

Poids vif	Entretien	Gains de 500 g/j
200 kg	65 g M.A.D/U.F	115 g de M.A.D/U.F
300 kg	69 g " "	110 g " " "
400 kg	75 g " "	92 g " " "

c. Gestation

La gestation augmente les besoins azotés d'entretien de 17 % en moyenne, et de 40 % pendant le dernier quart ; c'est-à-dire environ 100 g de MAD/UF pendant les 3 derniers mois.

d. Lactation

La production de lait constitue une source de dépenses azotées importantes pour les femelles. Les besoins azotés varient selon la composition du lait, l'espèce et la quantité de lait produite. Il faut par exemple 60 g de MAD/kg de lait à 4 % de matières grasses.

e. Laine

Chez les moutons à laine, la pousse de celle-ci constitue une dépense azotée non négligeable (1,5 g d'azote pour 100 kg de P.V). Une ration contient de 0,6 à 0,7 g de MAD/kg de PV suffit à assurer une production correcte.

f. Travail

Des dépenses azotées, au cours du travail, sont faibles. Mais il est recommandé d'apporter un léger supplément de matières azotées, aux animaux qui effectuent de gros travaux : 0,8 g de MAD/kg de PV.

6. Quels sont les besoins minéraux chez les ruminants ?

Les substances minérales sont représentées pour une part non négligeable dans la composition du corps des animaux (2 à 6 %) ; certains tissus en renfermaient des quantités importantes : 92 % dans les tissus osseux par exemple.

La constitution, le renouvellement des différents tissus, ainsi que la vie des cellules, et le fonctionnement des organes (excrétions des minéraux par voies urinaire et fécale) nécessitent donc des apports de minéraux (sous forme de pierre à lécher par exemple).

a. Phosphore et calcium

L'importance des besoins en Ca et P varie avec l'âge de l'animal et avec la nature de ses productions. Ainsi les jeunes en ont besoin important pour leur **croissance**. La **production laitière** exige des apports minéraux importants pour la quantité de lait produit. La gestation impose également des besoins élevés pendant le dernier tiers de la portée.

Tableau II : Besoins en Ca et P chez les bovins.

Production	Poids vif	Calcium	Phosphore
* Entretien	200 kg	1,8 g/kg de MS	1.2 g/kg de MS
* Entretien + 250 g de par jour	200 kg	3.1 g/kg de MS	2.1 g/kg de MS
* Lait		3 g/kg de lait	1,6 g/kg de lait
* Gestation	250-500 kg	2.9 à 3,5 g/kg de M.S	1.8 à 2.2 kg de M.S

Les carences en Ca et P entraînent des troubles graves, comme chez les jeunes animaux sous le nom de **rachitisme** : croissance retardée, déformations du squelette, mauvaise résistance aux maladies.

b. Magnésium

Le magnésium s'élimine principalement par la voie fécale et par le lait. Il rentre également dans la composition du tissu osseux. Les besoins sont donc élevés et doivent être compensés par des apports alimentaires.

Exemple : besoins en Mg chez les bovins

Entretien : 2 g de Mg/kg de M.S

Lait : 1 g de Mg/kg de lait.

c. Chlorure de sodium et potassium

Le chlore, le sodium et le potassium sont les éléments minéraux les plus importants après le calcium et le phosphore. Des pertes se font par le rein et la transpiration et des exportations par les productions (le lait contient 3,4 g de Na ; 3,5 g de Cl et 1,5 de K par litre).

Exemple : besoins en NaCl chez les bovins

Entretien : 5 g/100 kg de P.V (ou 2 g/kg de M.S)

Croissance : 2 g en supplément/kg de gain de poids

Lait : 2 g/kg de lait

Notons qu'un excès de Na et de K risque d'entraîner une décalcification des os et une intoxication aux doses de 1 000 à 2 000 g/j ou plus de 1 % de sel dans l'eau de boisson (eau salée).

d. Les oligo-éléments

- * **Le soufre** : la laine contient une forte teneur d'acides aminés soufrés, dose conseillée est de 10 % de sulfate de Mg dans un condiment minéral.
- * **Le fer** : joue un rôle important dans la formation et la régénération de l'hémoglobine. Les fourrages contiennent une quantité suffisante de fer.
- * **Le cuivre** : se fixe surtout dans le foie et la principale voie d'élimination est la bile. Une ration doit apporter au minimum de 4 à 6 mg de Cu/kg de M.S. Les pâturages tropicaux sont pauvres en cuivre.

- * **Le cobalt** : dose minimum de 0,07 à 0,08 mg de Co/kg de M.S pour les ruminants. Les fourrages sont riches en Co mais les céréales en sont pauvres.
- * **Le manganèse** : le besoin minimal est de l'ordre de 50 mg de Mn/kg de M.S. La plupart des fourrages tropicaux en apportent davantage.
- * **Le zinc** : dose minimum est de 50 mg de Zn/kg de M.S. Les fourrages sont souvent déficients en cet élément (20 à 35 mg/kg de M.S).
- * **L'iode** : dose recommandée varie entre 0,1 et 0,2 mg/kg de M.S.
- * **Le sélénium** : le taux conseillé dans la ration est de 0,1 mg/kg de M.S.

Cependant le sélénium est toxique et ingéré à fortes doses, il détermine des troubles graves (intoxication chronique par consommation régulière des fourrages riches en sélénium).

Tableau III : Besoins en oligo-éléments minéraux chez les bovins (en mg/kg de M.S)

Oligo-éléments	Croissance	Entretien	Vache laitière
Fer	50	40	80 à 150
Cuivre	10	10	10
Cobalt	0,1	0,1	0,1
Manganèse	50	40	50
Zinc	100	50	100
Soufre	0,2	0,2 à 0,3	0,3
Iode	0,1	0,1	0,8
Sélénium	0,1	0,1	0,2

7. Quels sont les besoins vitaminiques chez les ruminants ?

Rappelons que les vitamines sont indispensables à l'organisme et qui agissent à très faible dose. La couverture des besoins ne nécessite donc que des quantités toujours faibles, en comparaison des autres principes nutritifs.

Les vitamines intervenant en tant que catalyseurs dans les métabolismes, il existe une certaine dépense qui crée un besoin d'entretien. D'autre part, une partie de ces vitamines est excrétée avec les productions (viande et lait) et doit être compensée par des apports alimentaires (besoins de production).

*** Vitamine A**

Chez les ruminants, les trois catégories d'animaux : animaux en croissance, femelles gestantes ou en lactation doivent recevoir une alimentation contenant suffisamment de carotènes ou de vitamines A pour couvrir leurs besoins (sous forme de supplémentation des rations ou par injection).

Besoins en vitamine A :

- Entretien et croissance : 20 000 à 22 000 U.I/jour/
100 kg PV
soit 8 000 à 9 000 U.I/kg
de M.S
- Gestation (3 derniers mois) : 13 000 U.I/jour/100 kg de
de P.V
- Lactation : 30 000 à 35 000 U.I/jour/
100 kg PV

(Notons que U.I signifie **unité internationale**, unité de mesure des besoins en vitamines).

* Vitamine D

La vitamine D est appelée "vitamine antirachitique". Elle est indispensable aux jeunes et aux animaux en croissance ainsi que les femelles laitières qui perdent, par le lait, des quantités importantes de Ca et P, doivent recouvrer les apports supplémentaires de cette vitamine.

Besoins en vitamine D :

- Entretien et croissance : 250 à 400 U.I/jour/100 kg de P.V.
- Gestation et lactation : 800 à 1000 U.I/jour/100 kg de P.V.

* Vitamine E

Chez les jeunes ruminants, la carence en vitamine E se manifeste par des troubles musculaires et nerveux. Elle est indispensable chez les vaches laitières. Car le lait constitue une voie d'excrétion non négligeable.

Besoins en vitamine E :

- Entretien et croissance : 60 à 90 U.I/jour/100 kg de P.V
- Gestation et lactation : 80 à 100 U.I/jour/100 kg de P.V

Notons que l'on peut trouver dans le commerce des **composés minéraux vitaminisés** contenant tous les éléments nécessaires à la supplémentation de l'aliment composé à fabriquer.

8. Quels sont les besoins en eau chez les ruminants ?

Le rôle de l'eau, dans toutes les manifestations de la vie, est **fondamental** et les fonctions qu'elle remplit sont multiples et variées (solvant des sels minéraux, transport des nutriments, régulation thermique etc.).

Les pertes de l'eau chez l'animal sont continues, sous forme de vapeur (par le poumon), soit liquide par différentes voies (rénale, cutanée, fécale, sécrétoire). Ces pertes doivent être compensées par des apports d'eau correspondants.

L'organisme ne peut se passer d'eau et l'absence d'abreuvement entraîne des troubles plus graves que le manque de nourriture.

La privation partielle mais durable pendant la saison sèche en régions arides, le Sahel par exemple, a des conséquences, graves chez l'animal : arrêt total de la rumination, de l'inappétence, de l'anorexie, de l'amaigrissement. Dans les régions tropicales sèches, un abreuvement régulier est formellement à conseiller.

Exemple 1 : besoins en eau chez les ruminants

- bovins adultes : 2,1 à 5,5 l/kg de M.S
- vaches en lactation : 1,6 à 6,2 l/kg de M.S

Exemple 2 : En élevage extensif sahélien et en saison sèche

- 30 à 40 l/jour pour les zébus
- 50 l/j si la température atteint 45-50°C et le degré hygrométrique de l'air est très bas.

9. Pourquoi les ruminants doivent-ils consommer une grande quantité d'aliments pendant leurs repas ?

Rappelons les ruminants devaient consommer une certaine quantité d'aliment, occupant un certain volume pour que le **tube digestif soit suffisamment rempli** et que la rumination se déroule dans de bonnes conditions (un boeuf peut absorber le 1/10 de son poids d'herbe en 24 heures ; exemple un boeuf de 300 kg peut aborder 30 kg d'herbes).

Cette quantité s'exprime en kg de matière sèche et est appelée "**encombrement de la ration**". Elle est généralement rapportée à une unité de poids de l'animal (poids vif).

Exemple : 2,5 kg de M.S/100 kg de P.V.

L'encombrement varie donc avec :

- le poids de l'animal
- l'appétit de l'individu
- son état physiologique, son âge
- la digestibilité de l'aliment et sa teneur en matière sèche.

L'animal doit également recevoir un minimum d'énergie pour compenser ses dépenses. Mais la quantité de matière sèche qu'il peut absorber étant limitée, il importe que la ration contienne suffisamment d'énergie par kg de M.S pour satisfaire ses besoins.

Pour définir pratiquement cet encombrement de la ration, on utilise le rapport suivant :

Le **Coefficient d'Encombrement (C.E)** est le nombre de kg de matière sèche (M.S) d'un aliment nécessaire pour apporter une unité fourragère (U.F).

$$C.E = M.S/U.F$$

Pour éviter l'insuffisance ou l'excès de volume d'une ration correcte en énergie, on utilise ce coefficient d'encombrement basé sur l'expérimentation en fonction du type de l'animal (jeune, adulte, trait etc.) et de son état physiologique (laitière, engraissement etc.).

Tableau IV : Coefficient d'encombrement chez les ruminants

Bovins	: - jeune (moins de 9 mois).....	CE = 1,4
	- jeune en croissance (> 9 mois).....	= 1,6
	- adulte à l'entretien.....	= 2,0 à 2,3
	- vache laitière (de 10 kg de lait)....	= 1,8 à 2,1
	- boeuf de travail.....	= 1,5 à 2,0
	- boeuf d'engraissement.....	= 1,4 à 1,5
Ovins	: - jeune en croissance.....	CE = 1,4 à 1,5
	- adulte à l'entretien.....	= 1,8
	- brebis allaitantes.....	= 1,6
Caprins	: - chèvres en lactation (après 3 mois)	CE = 1,2 à 1,4

Exemple de calcul du C.E :

Pour un boeuf adulte, la ration d'entretien contient 20 kg de M.S pour une valeur de 10 U.F, la valeur du C.E sera $20/10 = 2$ c'est-à-dire la ration est équilibrée (voir valeur CE du tableau ci-dessus).

Dans la préparation de la ration :

- on augmente le volume de la ration, et on diminue la proportion de matières azotées (MAD) qu'elle contient au moyen d'aliments grossiers, riches en cellulose, tels que foin, paille etc.
- on diminue son volume, et on augmente la proportion d'aliments azotés au moyen d'aliments concentrés, tels que les tourteaux.

10. Que faut-il entendre par "ingestion volontaire" ?

L'ingestion volontaire est la quantité d'aliments que les animaux peuvent consommer.

L'ingestion volontaire d'aliments s'exprime généralement en quantité de matière sèche (kg de M.S) qu'un animal peut consommer par jour et par unité de poids. Cette quantité est exprimée en :

kg de M.S/100 kg de P.V/jour

a. Le comportement alimentaire dépend de deux facteurs de variation de l'appétit et de l'ingestion volontaire :

- Lorsqu'un animal éprouve le besoin de manger, on dit qu'il a **faim**. S'il consomme volontiers un aliment, on dit également qu'il manifeste de l'**appétit**.

Cette réaction est appelée **appétence** ou **appétibilité** pour un aliment appétible.

- Un animal est en état de **satiété** ou de rassasiement lorsqu'il ne veut ou ne peut plus manger.

b. La capacité d'ingestion dépend de plusieurs facteurs :

- L'**espèce** : les bovins consomment davantage que les ovins alors que les caprins ont une capacité d'ingestion la plus élevée.
- Le **poids** et l'**âge** : chez les bovins, la capacité d'ingestion pour un même aliment (kg M.S/100 kg P.V) diminue avec l'âge et avec le poids vif de l'animal.
- Le niveau de **production** : les animaux à forte production ont de gros besoins énergétiques. Par exemple, chez les vaches en lactation qui consomment davantage que les vaches sèches. De même, les vaches en début de gestation consomment également davantage.
- L'**état de santé** : l'appétit diminue généralement chez les animaux qui présentent des troubles organiques ou des infections.
- L'**aliment** : la composition des aliments et l'âge des plantes qui influe sur la composition et la qualité des fourrages, sont donc des facteurs prépondérants du niveau d'ingestion (teneurs en glucides et en azote notamment).

D'autres facteurs sont également susceptible de modifier l'appétence des aliments et des fourrages (broyage des aliments, conservation sous forme de foin ou d'ensilage, rancissements des aliments, goût et odeur de certaines substances etc.).

- Le **climat** : les animaux pâturent peu pendant les heures chaudes par exemple.
- L'**abreuvement** : la consommation de matière sèche dépend de la disponibilité en eau. Si on réduit l'eau d'abreuvement d'un animal, la consommation volontaire de M.S est réduite également. Il faut environ 2 à 4 kg d'eau/kg de M.S ingérée.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

- Faire des exercices simples pour mieux assimiler les différentes notions de base de l'alimentation animale : unité fourragère (U.F) ; matières azotées digestibles (MAD) ; poids vifs (P.V) ; matière sèche (M.S), g/kg de M.S ; g de MAD/U.F ; g de MAD/100 kg de P.V, coefficient d'encombrement (C.E).

V. BIBLIOGRAPHIE

1. ABAFOUR, J. - Manuel d'alimentation du bétail -
Tome 1 - Notions générales et tables
d'alimentation
Tome 2 - Rationnement et alimentation spéciale
Ed. Dunod, Paris 1969.
2. Gauthier, J. - Notions d'agriculture - 1983 - Périgueux.
3. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture
Le syndicat agricole Lille, 1979.
4. Goudé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
5. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques
en milieu tropical
Min. de la Coop. Française, 1979.
6. IEMVT - Manuel vétérinaire des agents techniques de
l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
7. Mémento de l'agronome -
Ministère de la Coopération Française, 1984.
8. Soltner, D. - Alimentation des animaux domestiques
Coll. "Sciences et techniques agricoles" -
Angers - 1983.

**LA RATION :
COUVERTURE DES BESOINS JOURNALIERS, ET MODE DE DISTRIBUTION DES ALIMENTS**

LE RATIONNEMENT D'UN TROUPEAU HOMOGENE

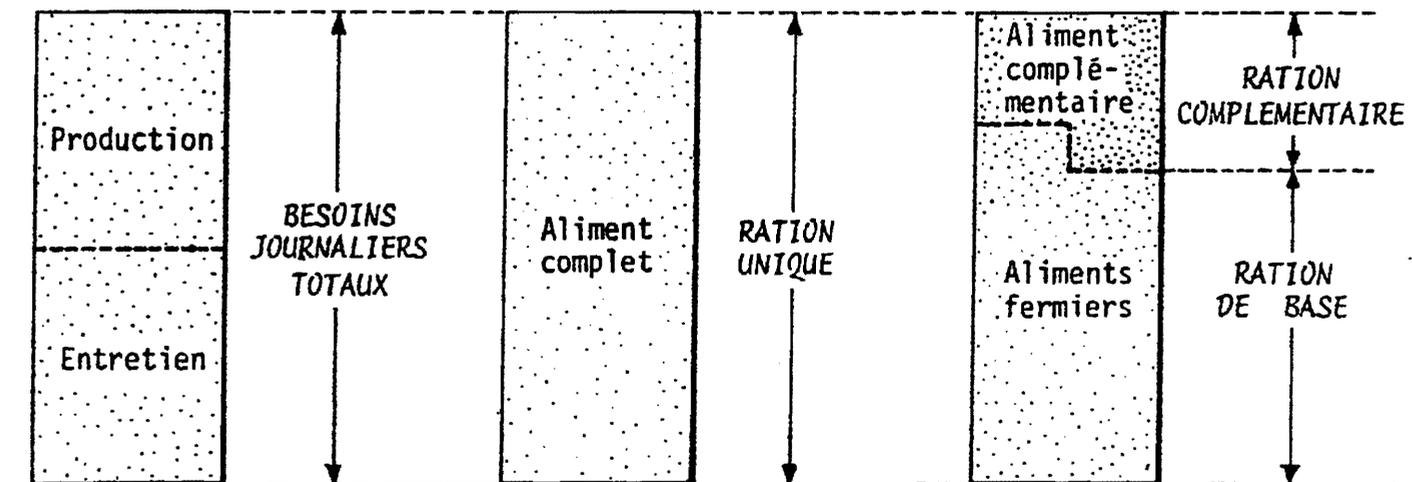
(Exemple : un lot d'animaux de même âge et de même poids en cours d'engraissement, tel qu'une bande de poulets, de veaux, de porcs, d'agneaux ou de jeunes bovins...)

Tous les animaux ont
LES MEMES BESOINS

LA RATION destinée à couvrir ces besoins est
LA MEME pour tous les animaux, et peut être :

soit une RATION UNIQUE

soit une RATION COMPOSEE



UNITE 7

LE RATIONNEMENT

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir le rationnement ;
- savoir utiliser les tables de rationnement ;
- connaître les besoins alimentaires des ruminants ;
- préparer des rations en fonction de la spéculation animale et des aliments disponibles ;
- savoir la conduite pratique de l'alimentation animale.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'appelle-t-on "rationnement" ?
2. Qu'entend-on par table de rationnement ?
3. Quels sont les besoins alimentaires des bovins ?
4. Quand faut-il fournir un supplément aux animaux ?
5. Quand faut-il remplacer un aliment par un autre ?
6. Quelles sont les modalités à respecter lorsqu'on nourrit un animal ?

Annexe : Calculs des rations alimentaires.

III. DISCUSSION

1. Qu'appelle-t-on "rationnement" ?

Le **rationnement** est l'ensemble des techniques qui permettent le calcul de la composition des rations destinées aux animaux.

Le rationnement a pour objectif la satisfaction des besoins nutritionnels des animaux et le respect des équilibres alimentaires dans les meilleures conditions économiques possibles.

Que signifie "affouragement" ?

C'est l'action de mettre à la disposition d'un animal les aliments dont il a besoin. Ce terme s'emploie principalement dans le cas d'aliments grossiers et en particulier de fourrages.

2. Qu'entend-on par "table de rationnement" ?

Dans chacun des systèmes U.F, T.D.N ou Unité-Amidon, des **tables de rationnement** ont été publiées qui indiquent par espèce animale et par type de production les quantités d'énergie, de matières azotées, de substances minérales que les animaux doivent recevoir chaque jour et cela en fonction de leur poids.

A partir des **tables de composition chimique et de digestibilité**, il est possible de calculer la valeur alimentaire des fourrages et matières premières dont on dispose et par là de composer des rations équilibrées (voir les tables en Annexe).

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé le système U.F, bien qu'il soit ancien mais qui est simple et très utilisé au Mali et dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest.

3. Quels sont les besoins alimentaires des bovins ?

Dans l'estimation des besoins, ceux en énergie, en matières azotées digestibles et en minéraux, sont à prendre en considération en priorité.

Dans ce qui suit, les croissances sont exprimées en grammes par jour. Le système choisi est celui des unités fourragères.

31. Besoins d'entretien et de croissance

Tableau V : Besoins énergétiques d'entretien et croissance

Poids vif kg	Consommation M.S Kg	Entretien U.F	Entretien + 100 g/j U.F	Entretien + 250 g/j U.F	Entretien + 500 g/j U.F
25	1,0	0,50	0,65	0,80	1,10
50	1,8	0,80	0,95	1,15	1,55
100	3,8	1,20	1,40	1,65	2,10
250	6,25	2,30	2,55	2,90	3,50
300	7,7	2,60	2,85	3,30	3,95

Il convient d'ajouter, pour les animaux au pâturage, les besoins énergétiques de déplacement :

0,026 U.F/km/100 kg poids vif \Rightarrow 0,5 U.F pour un animal de 250 kg parcourant 8 km/j.

**Tableau VI : Besoins azotés d'entretien et de croissance
(en g de MAD/j)**

Poids vif kg	Entretien	Entretien croissance M.A.D/U.F	Entretien + 100 g/j M.A.D/g/j	Entretien + 250 g/j M.A.D/g/j	Entretien + 500 g/j M.A.D/g/j
25	15	180	120	145	200
50	30	150	145	170	230
100	60	135	190	225	285
250	150	115	295	335	400
300	180	110	315	360	435

Les besoins azotés d'entretien sont calculés sur la base de 0,6 g de M.A.D par kg de poids vif.

c. Besoin en minéraux

Tableau VII : Besoin en calcium et phosphore :

Poids vif kg	Entretien				Entretien + 250 g croit/jour						
	Calcium		Phosphore		Calcium			Phosphore			
	g/j	g/kgMS	g/j	g/kgMS	g/j	g/kgMS	g/U.F	g/j	g/kgMS	g/U.F	
25	1,5	1,5	1,0	1,0	6,0	5,0	7,5	4,0	4,0	5,0	
50	3,0	1,6	2,0	1,0	8,0	3,9	6,9	6,0	3,3	5,2	
100	5,0	1,6	3,0	1,0	11,0	3,7	6,7	8,0	2,7	4,0	
250	12,5	1,9	7,5	1,3	18,0	2,9	6,1	13,3	2,7	4,0	
300	15,0	2,0	9,0	1,3	20,0	2,8	6,0	15,0	2,0	4,4	

* Besoins en chlorure de sodium :

- entretien : 5 g pour 100 kg de poids vif ou 2 g par kg de matière sèche ;
- croissance : 2 g en supplément par kg de gain de poids.

* Besoins en magnésium : 2 g par kg de matière sèche.

32. Besoins des vaches laitières

On doit retenir que la production d'un kilogramme de lait contenant 4 p. 100 de matières grasses requiert :

- 0,4 U.F ; 60 g MAD
- 3 g de calcium ; 1 g de chlorure de sodium ; 1 g de magnésium
- 280 g de matières sèches

33. Besoins pendant la gestation

Les besoins pendant la gestation s'ajoutent à ceux nécessaires à l'entretien, à la croissance et à la production laitière. Ils augmentent au cours de la gestation.

Tableau VIII : Besoin pendant la gestation

Stade de gestation	Energie	M.A.D	Calcium g/j	Phosphore g/j	Calcium en g/kg M.S	Phosphore en g/kg M.S
5-6e mois	+ 0,1 UF/100 kg PV		+ 5g	+ 3g	2,3 à 2,8	1,3 à 1,7
7e mois	+ 0,15 -	100G/UF	+10g	+ 5g	2,5 à 3,1	1,5 à 1,8
8e mois	+ 0,20 -	supplé-	+20g	+10g	3,1 à 3,9	1,8 à 2,2
9e mois	+ 0,30 -	mentai-	+15g	+10g	2,9 à 3,5	1,8 à 2,2

34. Besoins pendant l'engraissement

Les besoins d'énergie varient avec le stade d'engraissement par kilogramme de gain de poids. Il faut :

- 3 U.F au début de l'engraissement
- 4 à 4,5 U.F à la fin
- 80 à 120 g de MAD dans la ration totale
- 15 g de calcium ; 9 g de phosphore ; 2 g de chlorure de sodium.

35. Besoins pour le travail

Pour un travail faible, il faut multiplier par 1,5 les besoins d'énergie d'entretien et par 2,5 pour un travail fort.

36. Besoins en vitamines

* Vitamine A :

- Entretien et croissance : 20 000 à 22 000 U.I par jour et 100 kg de poids vif, soit 20 à 23 mg de carotène par kg de matière sèche.

- Gestation : 13 000 UI ou 33 mg de carotène pendant les trois derniers mois.

* **Vitamine D :**

- Entretien et croissance : 250 à 400 UI par jour et par 100 kg de poids vif.

- Gestation et lactation : 800 à 1 000 UI par jour pour 100 kg de poids vif.

* **Vitamine E :**

Les besoins journalier varient avec l'âge :

40 à 60 UI par 100 kg de poids vif de 0 à 3 mois ;

10 à 30 UI après le sevrage ;

80 à 30 UI pour les vaches gestantes ;

80 à 100 UI pour les vaches en lactation ;

100 à 120 UI pour les taureaux.

37. Besoins en oligo-éléments

Les oligoéléments à prendre en considération sont le fer, le cuivre, le cobalt, le manganèse, le zinc, le soufre, l'iode, le sélénium.

Les quantités minimales à fournir s'expriment en milligrammes par kilogramme de matière sèche ou en p.p.m M.S (parties par million de la matière sèche).

Tableau IX : Besoins en oligo-éléments

Eléments	Bovins Entretien	Bovins Entretien	Vaches Lactation
Fer	40	50	80 à 150
Cuivre	10	10	10
Cobalt	0,1	0,1 à 1,0	0,1
Manganèse	40	50	50
Zinc	50	100	100
Soufre	0,20-0,28	0,2	0,3
Iode	0,1	0,1	0,8
Sélénium	0,1	0,1	0,2

4. Quand faut-il fournir un supplément d'aliment aux animaux ?

Il est évident qu'on ne peut demander à un éleveur sahélien de donner du mil à son bétail alors qu'il en manque le plus souvent lui-même pour assurer sa propre alimentation et de sa famille.

Pour que l'éleveur consente à produire ou à acheter des aliments destinés à son cheptel, il faut qu'il en tire un **profit** :

- assurer la survie d'un animal malade
- bénéficier d'un service comme la traction d'une charrue, ou l'attelage pour le transport
- recevoir en retour une production comme le lait, la viande, les oeufs.

D'une manière générale, c'est aux abords des centres urbains et agro-industriels (sucreries, huileries), qu'il est intéressant de se procurer des **aliments pour le bétail**, car deux conditions de rentabilité s'y trouvent réunies :

- possibilité d'acheter des **sous-produits à des prix intéressants**, sans obligation de transport à longue distance
- possibilité de **vendre** les productions animales aux meilleurs cours.

Ainsi, peut-on recommander dans bien des cas :

- l'achat de tourteaux d'arachide pour les vaches laitières
- l'achat de drêches de brasserie pour les bovins et les petits ruminants
- l'achat de sous-produits de meunerie (maïs, blé) pour les bovins.

Exemple : sur pâturage sahélien de saison sèche, le déficit alimentaire quotidien est de l'ordre de 1 à 1.5 U.F et 130 g de M.A.D.

Le supplément protéique peut être fourni par tout aliment protéique tels que tourteaux, graines de coton, drêches de brasserie etc.

Par exemple : 300 g de tourteaux d'arachide apportent environ 125 g de M.A.D et 0,38 U.F.

5. Quand faut-il remplacer un aliment par un autre ?

Il y a lieu de substituer un aliment par un autre, quand, par exemple :

- on désire enrichir en matière azotée une ration pour vaches laitières ou pour jeunes animaux en pleine croissance. Dans ce cas, les aliments disponibles à la ferme ou chez l'éleveur ne sont pas suffisamment riches en matières azotées.
- quand un aliment vient de manquer à la ferme ou chez l'éleveur et qu'il faut le remplacer par d'autres produits disponibles dans le commerce par exemple.
- quand il y a moyen de faire des économies en remplaçant certains aliments par d'autres de valeur alimentaire analogue, mais à des prix commerciaux inférieurs.

Quelles sont les règles à observer en cas de substitution d'aliments ?

- D'une manière générale, les substitutions portent surtout sur les **aliments concentrés**, car pour les fourrages grossiers, étant donné leur faible valeur alimentaire et leur grand volume, les dépenses de transport augmentent le prix de l'unité fourragère de telle sorte que leur achat n'est pas avantageuse.
- La mise en consommation des denrées de **remplacement** se fera **progressivement**, en débutant par de petites doses qui seront augmentées peu à peu, condition essentielle pour éviter les refus et parer au gaspillage.
- La nouvelle ration devra posséder toutes les qualités d'une bonne ration par sa richesse, son équilibre, son volume etc.

6. Quelles sont les modalités à respecter lorsqu'on nourrit un animal ?

Il faut tenir les considérations suivantes :

- toute administration d'une ration ou modification du régime doit se faire **progressivement** de façon à arriver à la faire accepter par l'animal sans difficulté ni accident.
- il faut s'assurer de la **qualité** des aliments : éviter de donner des aliments moisissés, trop vieux ou rances (tourteaux, foin etc.).
- la **fréquence du repas** dépend de l'espèce animale, de l'âge et de la nature des services demandés. Par exemple : on donne aux jeunes 4 ou 5 repas/jour ; aux adultes 2 ou 3 repas/jour (Ex : cas de l'embouche paysanne).
- la **régularité** des repas et un **temps de repos** qui les suit sont indispensables. Il ne faut pas faire travailler les animaux (boeuf de labour par exemple) immédiatement après le repas, mais attendre environ 2 heures.
- il faut éviter de distribuer les aliments directement sur le sol (risque de souillure des aliments par la terre ou des parasites) mais les donner dans les **mangeoires** tenues propres.
- l'**abreuvement** se fera, en 2 ou 3 fois par jour pour éviter l'ingestion d'une trop grande quantité d'eau à la fois chez les animaux assoiffés. Le mieux est de laisser de l'eau en permanence à la disposition des animaux.
- il faut éviter de faire boire les animaux quand ils sont en sueur, surtout quand on les laisse au repos ensuite. Ne jamais abreuver à jeun.

ANNEXE III

CALCULS DES RATIONS ALIMENTAIRES

Dans les exemples ci-après, nous avons seulement tenu compte des valeurs UF et MAD. Pour être plus complet, il faut prévoir aussi les besoins minéraux et vitaminiques.

Exemple 1 : Ration d'entretien et croissance

Soit un boeuf de 400 kg et si l'on veut obtenir un croît de 750 g/jour, il faut lui fournir 5,75 U.F soit 6 U.F (voir Annexes, table page 3) et 520 MAD (CE = 1,4 à 1,5).

On pourra lui fournir une partie sous forme de foin et une partie sous forme de concentré (céréales, tourteaux), soit par exemple :

Foin : 5 kg de M.S x 0,50 U.F/kg M.S = 2,5 U.F

Maïs : 3 kg de M.S x 1,18 U.F/kg M.S = 3,5 U.F (Table page 42)

Total : 8 kg de M.S = 6,0 U.F

CE = M.S/U.F = 8/6 = 1,33 (Coefficient acceptable)

Si on lui donne sous forme de foin seulement, soit 12 kg de MS, le CE = 12/6 = 2 est trop élevé.

Exemple 2 : Ration d'entretien

Soit un boeuf de 350 kg, les besoins d'entretien sont :

- . 2,9 U.F/jour (table page 3)
- . 210 g M.A.D (table page 4)
- . 17,5 g de Ca (table page 5, par extrapolation)
- . 10,5 g de P (table page 5, par extrapolation)
- . C.E = 2 à 2,3

(Voir respectivement les tables pages : 62, 64, 61)

Aliments	kg	U.F		M.A.D		M.S	
		Unité	Total	g/kgMS	Total	%	kg
Fanes d'arachide	3,5	0,43	1,50	58	188	92,7	3,24
Paille de riz	2,0	0,42	0,84	20	37	92,3	1,85
Mélasse de canne	0,5	1,06	0,53	40	15	77,0	0,38
Total	6,0	-	2,87	-	240	-	5,47

Cette ration fournit donc : 2,87 U.F, 240 g de MAD et 5,5 kg de M.S.

$$C.E = \frac{5,47}{2,87} = 1,90 \text{ (valeur correcte bien que légèrement inférieure à 2).}$$

Exemple 3 : Ration de travail lourd

Soit un boeuf de 300 kg qui doit effectuer un travail lourd, le labour par exemple ; ses besoins sont les suivantes :

- Besoin d'énergie : entretien 2,60 U.F
pour un travail lourd = entretien x 2,5
= 2,60 UF x 2,5 = 6,50 UF.
- Besoin en MAD : pour un travail lourd = 0,80 x 300 = 240g
- Coefficient d'encombrement CE = 1,5 à 2
- Matière sèche MS = CE x UF = 6,5 x 1,5 = 9,75 kg

Aliments	kg	U.F		M.A.D		M.S	
		Unité	Total	g/kgMS	Total	%	kg
Paille de mil	10	0,36	3,60	19	161	85	8,50
Mélasse de canne	2	1,05	2,10	40	61	77	1,54
Grains de coton	1	1,05	1,05	96	90	94	0,94
Total	13	-	6,75	-	312	-	10,98

La ration est suffisante au point de vue énergétique (6,75 U.F) mais légèrement riche en azote (312 g). Le coefficient d'encombrement est correct (10,98/6 = 1,6).

Exemple 4 : Ration d'engraissement

Soit le cas de l'embouche paysanne, on voudrait obtenir un gain pondéral de 700 g/jour, un boeuf de 200 kg devra recevoir, en outre de sa ration d'entretien, un complément pour l'engraissement suivant :

- Energie : 4 U.F/kg de gain ; d'où 2,8 U.F/700 g/j
- MAD : 100 g MAD/U.F ; d'où 2,8 x 100 = 280 g MAD

On aura au total :

Besoins	U.F	M.A.D
Entretien	2,30	150 g
Croissance	2,80	280 g
S/Total	5,10	430 g
Perte (25 %) *	1,27	127 g
Total	6,37	557 g

* Remarque : il faut prévoir 25 % des pertes à la distribution. La ration journalière et la quantité de sous-produits agricoles nécessaires seront par exemple :

(Voir tables, pages : 62, 49, 63).

Aliments	kg	U.F		M.A.D		M.S	
		Unité	Total	g/kgMS	Total	%	kg
Fanes d'arachide	4	0,43	1,72	58	215	93	3,72
Graines de coton	4	1,05	4,20	96	361	94	3,76
Pailles de maïs	2	0,27	0,54	14	24	86	1,72
Total	10	-	6,46	-	600	-	9,20

- Le coefficient C.E = $9,2/6,46 = 1,42$ (C.E idéal varie entre 1,3 et 1,4).

- Pour limiter le gaspillage, les aliments seront distribués aux animaux en 3 fractions : matin, midi et soir.

- En pratique la durée de l'engraissement est de 3 mois, on établira de façon suivante : 1e mois 3,5 à 4 U.F ;
2e mois : 4 à 4,5 U.F ; 3e mois : 5 à 5,50 U.F (25 % de pertes non compris).

Exemple 5 : Ration des vaches laitières

Pour une vache laitière de 300 kg, élevée en stabulation libre et produisant 5 kg de lait à 4 % de matières grasses.

Aux besoins d'entretien et éventuellement de croissance, il faut ajouter un complément pour la production laitière, on aura :

- entretien : 260 U.F et 180 g MAD
- croissance 500 g/jour : 3,95 U.F et 255 g MAD
- lait : 5 kg à 4 % :
+ 0,38 UF/kg de lait soit $0,38 \times 5 = 1,90$ UF
+ 60 g MAD/kg de lait soit $60 \times 5 = 300$ g MAD

Besoins totaux :

- Energie : $2,6 \text{ U.F} + 3,95 \text{ U.F} + 1,90 \text{ U.F} = 8,45 \text{ U.F}$
 - MAD : $180 + 255 + 300 \text{ g} = 735 \text{ g MAD}$
- (Voir les tables, pages 64, 51, 45).

La ration sera par exemple :

Matière	kg	U.F		M.A.D		M.S	
		Unité	Total	g/kgMS	Total(g)	%	kg
Paille de riz	12	0,42	5,04	20	221	92,3	11,07
Tourteaux d'arachide (extr.)	0,5	1,06	0,53	510	229	89,0	0,45
Farine de cône de riz	4	0,76	3,04	84	302	91,3	3,60
Total	16,5	-	8,61	-	752	-	15,12

Cette ration apporte des matières azotées digestives et l'énergie suffisantes pour couvrir les besoins ; le coefficient CE = $15,12/8,61 = 1,7$ est correct.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Faire des calculs de ration en fonction de différentes spéculations animales : labour, reproducteur, vaches laitières, jeunes animaux etc., et à partir des aliments que l'on peut trouver à la ferme scolaire ou se procurer facilement sur place.
2. Faire préparer par les élèves quelques rations alimentaires pour les animaux.

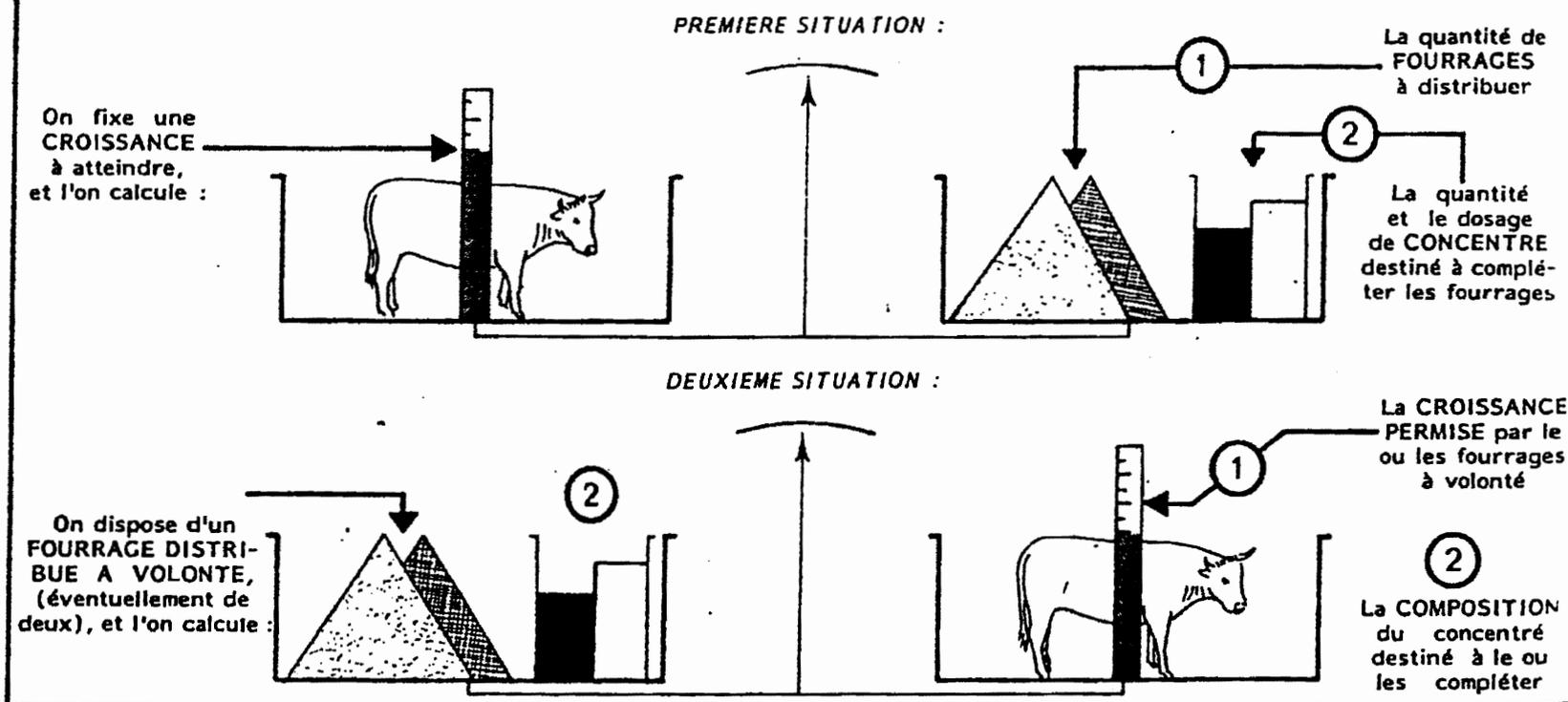
V. BIBLIOGRAPHIE

1. B.I.T - Cours de Zootechnie
Projet CAA - BIT, Bamako 1972.
2. I.E.R - Essai d'alimentation rationnelle des boeufs de labour en vue d'une amélioration du rendement à l'Office du Niger -
Station d'Elevage Niono - 1971.
3. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1974.
4. Manuel vétérinaire des agents techniques de l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Fr. - 1978.
5. ISSOUFI, I. - Essai d'embouche ovine aux environs de Bamako : Centre de Sanankoroba (SOLIMA) -
Mémoire IPR Katibougou - 1980.
6. KANTE, B. - Etude et planification du volet embouche paysanne du Projet Mali - CILCA, Katibougou -
Campagne 83-84 -
Rapport IPR Katibougou - 1983.

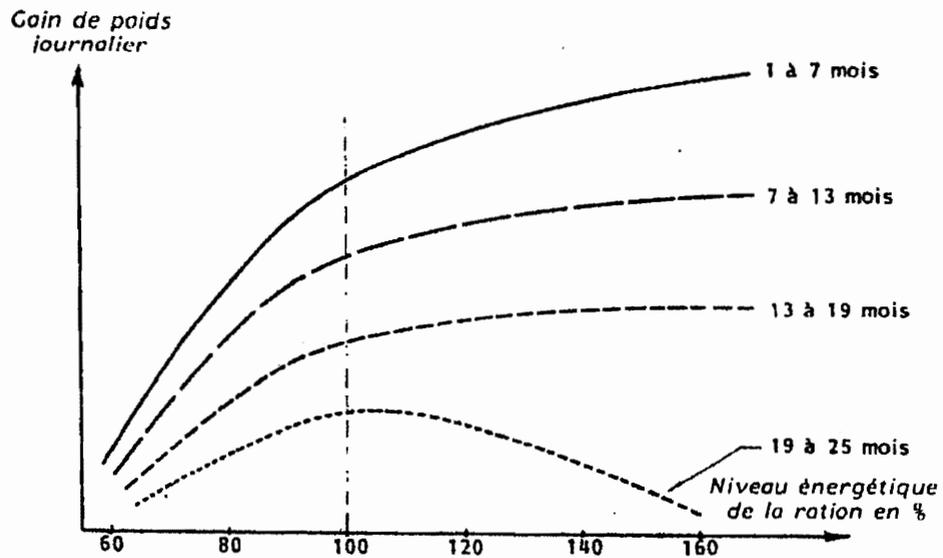
7. MACINA, M. - Etude des possibilités de développement de l'embouche bovine paysanne à Mopti et environnements -
Mémoire IPR Katibougou - 1980.
8. Mémento de l'Agronome
Ministère de la Coopération Française - 1984.
9. Soltner, D. - La production de viande bovine -
Collection Sciences et techniques agricoles,
Angers, 1985.
10. Soltner, D. - Alimentation des animaux domestiques -
Collection Sciences et techniques agricoles,
Angers, 1983.

«CALCUL DE RATION» ou «PRÉVISION DE CROISSANCE» ?

SOIT UN LOT DE BOVINS D'UN POIDS DONNE, A NOURRIR PENDANT UNE PERIODE, LE CALCUL DE SON RATIONNEMENT EST MENE DIFFEREMMENT SELON QUE L'ON EST DANS L'UNE OU L'AUTRE SITUATION SUIVANTES :

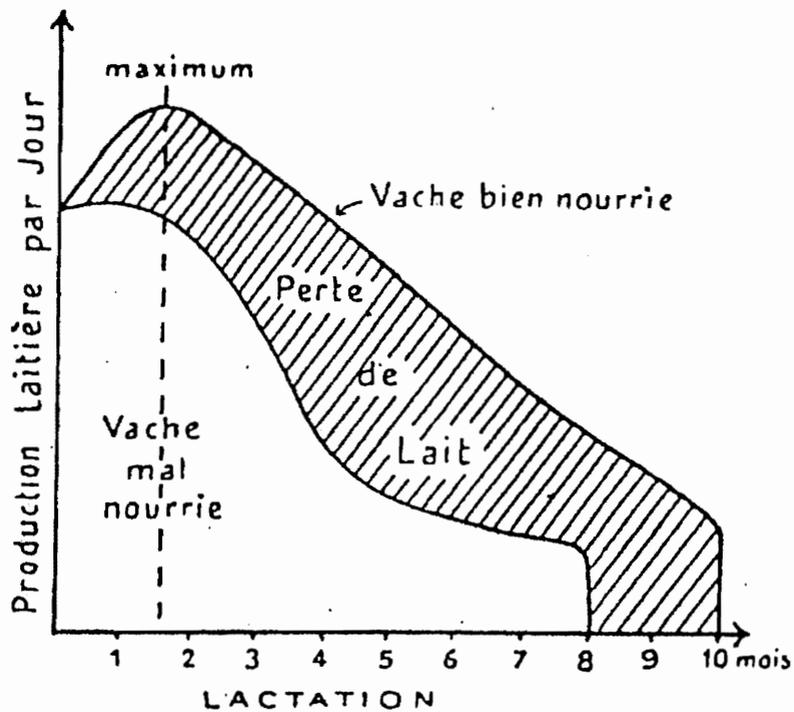


- 1^{re} situation : «Mon lot de bovins doit faire TELLE CROISSANCE. QUELLE RATION dois-je lui distribuer pour qu'il atteigne ce but ?»
- 2^e situation : «Mon lot de bovins consomme TEL FOURRAGE à volonté. QUELLE CROISSANCE cette consommation lui assure-t-elle, et comment dois-je compléter ?»



Plus l'animal devient âgé, moins il devient intéressant d'augmenter le niveau de la ration. Seul l'animal jeune peut donc rentabiliser des rations élevées.

INFLUENCE DE LA RATION SUR LE GAIN DE POIDS ET L'AGE



INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE

LES ALIMENTS DU BETAIL

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir les différentes sortes d'aliments ;
- classer les aliments suivant leurs nature et origine ;
- caractériser leurs principales propriétés nutritives ;
- indiquer leur utilisation en fonction de l'espèce animale et du type de spéculation.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'appelle-t-on "aliment" ?
2. Quels sont les principaux aliments du bétail ?
3. Quels sont les différents types de fourrages et leurs utilisations alimentaires chez les ruminants ?
4. Quelles sortes de grains et leurs sous-produits peuvent-ils servir dans l'alimentation des ruminants ?
5. Les ruminants peuvent-ils consommer des racines et tubercules ?
6. Comment utilise-t-on les grains des oléagineux et les sous-produits de l'huilerie dans l'alimentation du bétail ?
7. Les sous-produits de la brasserie peuvent-ils servir comme source alimentaire animale ?
8. Peut-on employer les sous-produits de sucrerie dans l'alimentation animale ?
9. Est-ce que les animaux peuvent consommer les fruits et leurs sous-produits ?

10. Les sous-produits d'origine animale peuvent-ils servir comme aliments pour les animaux ?
11. Peut-on donner de l'urée aux animaux ?
12. Qu'est-ce qu'un additif alimentaire ?

III. DISCUSSIONS

1. Qu'appelle-t-on "aliment" ?

On appelle **aliment**, toute substance non toxique capable de satisfaire aux besoins de l'organisme, besoin de matière, besoin de chaleur, besoin d'énergie mécanique (voir également la définition dans l'Unité 1).

2. Quels sont les principaux aliments du bétail ?

Les aliments consommables par les ruminants sont nombreux et variés mais de valeur alimentaire très inégale ; car aucun aliment ne peut à lui seul, combler tous les besoins toutes les espèces animales ; ceux-ci ne peuvent être satisfaits que par une **association d'aliments**. On distingue 3 grandes catégories d'aliments :

- **Aliments grossiers** : ils présentent un volume important par rapport à leur valeur énergétique ou azotée. Ils contiennent une forte proportion de cellulose et d'eau. Ce sont des **fourrages verts, fourrages conservés** (foin, ensilage), **racines et tubercules**.
- **Aliments concentrés simples** : ils ont une valeur énergétique ou azotée élevée sous un faible volume, car ils sont à la fois peu cellulosiques et peu aqueux. Ce sont les **graines de céréales, les résidus industriels** (tourteaux, mélasse, issues de meunerie etc.).
- **Aliments composés** : ces aliments sont préparés par des industries agro-alimentaires spécialisées, en général bien dosés et d'un emploi commode. On distingue :

- + les aliments **composés complets** présentés sous forme de farines ou granulés
- + les aliments **composés complémentaires** qui sont destinés à équilibrer des rations constituées d'aliments grossiers ou de céréales. Ces aliments peuvent être **vitaminés** ou **supplémentés** par l'adjonction de produits divers (les antibiotiques par exemple)
- + les composés **minéraux** donnent plus de 20 % de matières minérales et les composés azotés (plus de 20 % de matières protéiques brutes).

3. Quels sont les différents types de fourrages et leurs utilisations alimentaires chez les ruminants ?

Qu'est-ce-que le fourrage ?

Le fourrage est une production herbacée utilisable dans l'alimentation des ruminants (ou des herbivores).

Les fourrages peuvent être :

- consommés sur place :
 - + sur les pâturages naturels
 - + sur les pâturages cultivés ou cultures fourragères
- fauchés et distribués en vert, dans les auges ou les râteliers
- conservés pour être consommés ultérieurement :
 - + en vert sous forme d'ensilage
 - + en sec sous forme de foins ou de fourrages déshydratés.

31. Les pâturages naturels

Les pâturages naturels tropicaux jouent un rôle très important dans l'alimentation du bétail tropical : ils constituent la base et le plus souvent, la totalité des ressources alimentaires des ruminants.

La valeur d'un pâturage dépend :

- de la **productivité**, c'est-à-dire de la quantité, exprimée en kg de matière sèche/hectare, fournie par le tapis herbacé.

Exemples : productivité des pâturages :

+ en zone sahélienne : de 400 à 3 000 kg de M.S/ha

+ en zone soudanienne: de 900 à 8 000 kg de M.S/ha

- de la **consommation volontaire** de matière sèche par le bétail, elle varie avec la nature des plantes, leur appétibilité et surtout le stade végétatif, dont dépend la digestibilité.

Exemple : pour le paspalum, le stade de début végétatif est plus digestible et plus attiré par les animaux que le stade de floraison.

- la **valeur alimentaire** des pâturages : en début de végétation, les plantes sont riches en énergie, en protéines et en minéraux indispensables. Tandis que le stade de floraison, les principes nutritifs ont été mobilisés pour la formation des graines, les plantes s'appauvrissent en protéines et en phosphore ; les fourrages sont cellulosiques et lignifiés et se transforment en pailles peu digestibles et de faible valeur nutritive.

La **capacité de charge** des principaux types de pâturages tropicaux :

- pâturages sahéliens : 25 à 60 kg de P.V/ha/an ; sauf dans les bourgoutières où elles peuvent atteindre 2 500 kg de P.V/ha/an
- pâturages soudaniens : 100 à 150 kg de P.V/ha/an.

La charge d'un pâturage peut également s'exprimer en **têtes de bétail à l'hectare** ou en **nombre d'hectares nécessaires pour entretenir un animal**. La valeur théorique est exprimée en **Unité de Bétail Tropical (U.B.T)** qui correspond à un bétail de 250 kg de P.V, dont les besoins sont ceux d'un animal

à l'entretien et qui consomme 2,5 kg de M.S/100 kg de P.V, soit 6,25 kg de M.S/jour.

Exemple : un pâturage sahélien qui a une charge de 15 ha/U.B.T c'est-à-dire qu'il faut 15 ha de pâturage pour nourrir un bovin de 250 kg.

32. Les pâturages améliorés et les cultures fourragères

Les pâturages naturels, surtout dans la région sahélienne, ne permettent d'assurer une production satisfaisante que pendant un temps relativement court (1 à 2 mois). Si l'on désire améliorer la valeur alimentaire des fourrages et assurer la fourniture permanente aux animaux d'une alimentation de qualité, il est nécessaire de recourir à l'une des techniques d'amélioration suivante :

- amélioration des pâturages naturels par débroussaillage et introduction de plantes améliorantes (telles que *Stylosanthes humilis*)
- cultures fourragères à haut rendement ou production étalée au cours de l'année au moyen d'irrigation
- constitution de réserves fourragères de bonne qualité (foins et ensilage).

Quelques espèces de plantes fourragères adaptées aux régions sahélienne et sahélo-soudanienne :

Graminées : - *Cenchrus ciliaris*
- *Echinochloa stagnina* (bourgou)
- *Vossia cuspidata*

Légumineuses : - *Dolichos lablab*
- *Macroptilium atropurpureum*
- *Stylosanthes humilis*
- *Stylosanthes hamata*.

33. Cultures fourragères

Les plantes fourragères cultivées appartiennent aux familles des **graminées** et des **légumineuses**. Les principales espèces sont :

a. Les graminées

- + le maïs est une excellente plante fourragère par ses tiges et ses graines
- + le mil fourrager : excellent fourrage de bon rendement, semé à la volée donnant jusqu'à 30 t/ha
- + le sorgho : même avantage que le mil, mais les tiges deviennent rapidement dures. Consommé vert, des risques d'intoxication du bétail sont à craindre
- + le fonio : la tige constitue un excellent fourrage.

b. Les légumineuses

On doit les employer de préférence en mélange avec les graminées :

- + les stylosanthes : la production peut atteindre 10 t/ha en 2 coupes
- + la dolique : peut s'associer en interligne avec le sorgho
- + la crotalaire : donne un bon fourrage et peut être utilisée pour l'ensilage.

c. Cultures fourragères en région sahélienne

En région des savanes, l'intérêt des cultures fourragères est surtout d'assurer des fourrages de soudure, riche en azote, pour la saison sèche.

Exemples :

- pâturage en *Stylosanthes humilis* pour parcs de nuit de saison sèche
- pâturage de bas-fond ou de terres inondables : *Echinochloa stagnina*
- culture associée légumineuses - céréales (Ex : niébé-mil).

Cultures fourragères irriguées :

La culture fourragère avec irrigation d'appoint peut être préconisée pour la production animale intensive.

Sur une culture fourragère irriguée de **Panicum maximum** (herbe de Guinée), avec l'apport de fumure minérale, il a été possible de produire 4 à 5 t de M.S/ha/mois, c'est-à-dire une productivité moyenne de 50 t de M.S/ha/an permettant d'entretien de 4 000 kg de P.V/ha (environ 16 U.B.T/ha ou 16 bovins/ha).

34. Les fourrages conservés

Les plantes fourragères ont une croissance saisonnière plus ou moins rapide, et si elles ne sont pas utilisées au moment optimal, leur valeur alimentaire s'abaisse de façon notable. Il y a donc intérêt à récolter au moment optimal les fourrages non utilisés par l'animal pour les mettre en réserve.

Il existe 2 techniques de conservation :

- conservation par voie sèche : fanage et déshydratation
- conservation par voie humide : ensilage.

Elles ont pour but de préserver le maximum de la valeur nutritive du fourrage frais, lors de la récolte.

(Voir également Unité 9)

a. Les foins

- La composition et la valeur nutritive des foins sont en relation directe avec l'espèce végétale : les foins de légumineuses sont plus riches en azote et en calcium que ceux des graminées ; elles dépendent également de la période de la récolte.
- En pays tropicaux, il faut **faucher les herbes avant la floraison**, car elles y deviennent rapidement dures et pauvres en éléments minéraux (perte de carotène au séchage).

Le fourrage devra être exposé le moins possible au soleil. Dès que le séchage paraîtra suffisant, on constituera de grosses meules.

- Utilisation des foins :

- + les foins bien conservés sont bien consommés par des ruminants : la consommation est de 2 à 3 kg de M.S/100 kg de P.V
- + c'est un aliment qui peut satisfaire les besoins d'entretien des animaux et ceux d'une légère production.

Exemple : . en production intensive, une complémentaction énergétique, azotée et minérale est indispensable

- . les jeunes animaux (les veaux par exemple) peuvent commencer dès l'âge de 1 mois.

b. Les fourrages déshydratés

Les fourrages sont déshydratés artificiellement par les températures élevées dans les appareils spéciaux (100 à 600°C). C'est une technique coûteuse, elle n'est pas encore pratiquée dans les pays tropicaux.

c. Les fourrages ensilés (voir aussi Unité 9)

L'ensilage consiste à conserver du fourrage humide en lui gardant une valeur nutritive élevée grâce au développement de fermentations bactériennes qui produisent à partir des glucides et des acides gras volatils et de l'acide lactique, utilisables dans le rumen des animaux.

Il existe plusieurs techniques d'ensilage : silo-meule, silo-tranchée, silo-fosse, silo-tour etc.

Comme pour les foins, la composition et la valeur alimentaire des fourrages ensilés dépendent de celles du fourrage d'origine et de la conduite de l'ensilage. Les ensilages peuvent être utilisés avec profit chez toutes les catégories de ruminants : comme seul fourrage grossier, ou associés à du foin, même pour le sevrage des veaux sont associés à des aliments concentrés (tourteaux, céréales), cependant, une complémentaction minérale est nécessaire (du fait de l'action déminéralisante (calcium) de l'acidité de l'ensilage.

Exemple : en complément de pâturage, les bovins (N'Dama) consomment environ 3 à 4 kg/jour (distribué le soir), soit 0,7 à 1 kg de M.S. Distribuer du carbonate de calcium (5 g/j/tête) en même temps que l'ensilage pour éviter la décalcification.

4. Quelles sortes de grains et leurs sous-produits peuvent-ils servir dans l'alimentation des ruminants ?

On donne généralement le nom de grains aux fruits des céréales : ce sont des fruits secs ou **caryopses**.

Dans les pays tropicaux, les grains sont réservés, en priorité, à l'alimentation humaine. Dans le cas de surproduction, les céréales peuvent être employées avec profit dans l'engraissement des animaux et pour la production laitière.

Les sous-produits de transformation agro-industrielle des grains alimentaires (meunerie, rizerie etc.) peuvent être utilisés pour le bétail (son, issues, farine etc.).

Les principales céréales des régions tropicales sont le maïs, le mil, le sorgho et le riz. Certaines céréales des régions tempérées sont également cultivées sous les tropiques telles que le blé, l'avoine.

41. Les grains

a. Caractéristiques et valeur alimentaire

- Les grains sont des aliments concentrés, pauvres en cellulose mais riches en amidon (glucide très digestible donnant une valeur énergétique appréciable).
- La teneur en protéine est moyenne, de l'ordre de 10 %, dont le blé et l'avoine sont les céréales les plus riches.
- La teneur en phosphore est satisfaisante, mais celle de calcium est faible.

b. Utilisation des grains

- + Le **maïs** : le plus utilisé dans l'alimentation animale (ruminants, volailles), sous différentes formes : grains récoltés avant maturité (stade pâteux), épis entiers plus ou moins broyés, grains écrasés.
- + Le **sorgho** : utilisé sous forme de grains ou d'épis entiers mais souvent broyés.

42. Les sous-produits des grains

Les grains fournissent 2 catégories de sous-produits :

- les résidus de la culture des céréales : les pailles et les balles
 - les sous-produits de la transformation des grains : issues de meuneries et de rizeries.
- a. Les **pailles** : sont constituées par les tiges et les feuilles de céréales restant après la récolte des grains; ce sont les aliments grossiers et très fibreux (le coefficient CE = 2,5 à 5), donc excellent aliment de **lest**.
- la paille de riz a une valeur énergétique relativement élevée pour l'entretien des ruminants (0,4 U.F/kg de M.S)
 - les pailles sont habituellement bien appréciées : celles de riz le sont mieux que de maïs et de sorgho
 - la teneur en protéine est très faible, donc la MAD est nulle.
- b. Les **balles** des céréales : sont les glumes et glumelles qui enveloppent les grains, ce sont des résidus de battage ou de décorticage. Les balles de mil et de sorgho sont utilisables mais de faible valeur énergétique. Les balles de riz sont à proscrire de l'alimentation, en raison de leur forte teneur en silice (20 %). Les teneurs MAD des balles sont négligeables.

c. Les **rafles** et les **cimes** de maïs

- les **rafles** sont des produits essentiellement celluloseux, et peuvent fournir une partie du lest chez les ruminants, sous formes broyées et mélangées à des aliments concentrés.
- les **cimes** sont les extrémités des tiges de maïs. On recueille comme un fourrage vert de valeur énergétique moyenne (0,5 U.F/kg de M.S) mais pauvre en MAD.

d. Les **sous-produits de blé** (meunerie)

- les **issues de blé** sont des constituants résiduels tels que germes, son et aleurone ainsi séparés lors des traitements de grains de blé en farine (amidon + gluten).
- les sous-produits de blé sont désignés sous différents noms, selon leurs tailles : son, repasses, remoulages, farines basses, germes.

Valeurs alimentaires : les sous-produits de blé sont relativement **riches en matières protéiques**, en lipides, en cellulose et en minéraux.

Utilisation : les issues de blé sont très bien appréciées par tous les animaux d'élevage. Elles peuvent être distribuées seules ou mélangées à d'autres aliments (céréales, tourteaux) dans une proportion de 15 à 30 %.

e. Les **sous-produits de maïs** : ce sont du son et des germes, ces derniers représentent un aliment très intéressant par son apport en protéines et en vitamine E. Les bovins peuvent en consommer 3 à 4 kg/j.

f. Les **issues de riz** : à la sortie du décortiqueur, on obtient un mélange de riz décortiqué (riz cargo) et de balles ainsi que de résidu formé de son de riz ou de farine basse de riz (ou farines de cônes à blanchir).

- Les **sons de riz** ayant une valeur nutritive assez faible, peuvent entrer dans la composition des rations des ruminants : 10 à 15 % dans un mélange contenant des céréales et des tourteaux par exemple.

- Les **farines basses** sont bien appréciées après une courte période d'adaptation et constituent d'excellents aliments pour les animaux en production : vaches laitières, bovins à l'embouche.
(Exemple : en mélange de 10 à 15 % avec de mélasse de canne à sucre). Un kg de farine basse de riz représente environ 1 U.F.

43. Les légumineuses

- Les **graines et gousses** de légumineuses tiennent peu de place dans l'alimentation animale parce que ces plantes sont généralement cultivées pour l'alimentation humaine. Les principales espèces sont : l'arachide, le niébé, le soja, le pois bambara, le pois d'Angola.
- Les **fanés** : après la récolte des gousses, il reste l'appareil végétatif qui constitue les fanés ; elles constituent un fourrage de qualité.
 - + Les fanés d'**arachides** : riches en matières azotées, ont une valeur fourragère de 0,5 U.F/kg de M.S. Un hectare de culture produisant de 2 à 4 t de M.S, peut ainsi fournir de 1 000 à 2 000 U.F permettant d'entretenir de 1 à 3 U.B.T/an.
 - + Les fanés de **niébé** se récoltent et conservent comme celle d'arachides. Le stockage doit être suffisamment aéré pour éviter les moisissures.
 - + Les feuilles de pois d'Angole constitue un excellent fourrage pour l'entretien des ruminants.
- Les **cosse**s : déchets résultant de l'écossage des graines légumineuses, bien que faible en valeur nutritive, peuvent néanmoins présenter de l'intérêt pour l'alimentation des boeufs et des moutons.

5. Les ruminants peuvent-ils consommer des racines et tubercules ?

Les principales espèces rencontrées sous les tropiques sont : le manioc, l'igname, la patate douce, la pomme de terre.

- . Le **manioc** : les racines de manioc sont riches en amidon (ou féculé), environ 64-72 % des glucides de réserve. Elles sont pauvres en cellulose, lipides, protides et minéraux (Ca et P). Le manioc a une haute valeur énergétique, mais la valeur azotée est quasiment nulle (notons que les maniocs amers contiennent une substance toxique (HCN) qui peut provoquer des troubles digestives).

Bien que c'est une plante vivrière à usage alimentaire de l'homme, le manioc est utilisé en alimentation animale, souvent sous forme de rondelles ou morceaux séchés, mais peut être distribué frais ou sous forme ensilée.

Les feuilles du manioc constituent un très bon fourrage, riches en protéines ; de même les épluchures sont d'un emploi facile mais doivent être utilisées rapidement.

- . Les autres racines (patate douce) et tubercules (pomme de terre) peuvent être employées directement à l'état frais, hachées ou rapées, ou après séchage et broyage. Il est également possible de les conserver par ensilage.

6. Comment utilise-t-on les graines des oléagineux et les sous-produits de l'huilerie dans l'alimentation animale ?

Les oléagineux ont des graines ou des fruits riches en matières grasses, d'où l'on peut extraire des huiles comestibles et industrielles.

Les principales espèces oléagineuses sont : l'arachide, le coton, le soja, le palmier à huile et le cocotier.

Les autres oléagineux sont de moindre importance économique : sésame, tournesol, kapok, baobab, anacardier, karité.

La plupart des résidus d'extraction ou tourteaux de ces graines et fruits sont utilisables en alimentation animale.

- Les **graines de coton** : les graines de bonne qualité fournissent aux ruminants autant d'énergie que le maïs, avec un apport de protéine supérieure. Cependant les graines de certaines variétés contiennent le **gossypol**, une substance toxique qui pourrait restreindre l'emploi notamment chez les volailles qui y sont très sensibles (à éviter de distribuer les graines humides ou moisies).

Les graines de coton sont un **excellent appoint** en saison **sèche** pour les bovins (boeuf de trait par exemple) qui peuvent en absorber jusqu'à 3 ou 4 kg/jour.

- Les **tourteaux** sont les résidus résultant du traitement de graines ou de fruits oléagineux, en vue de l'extraction d'huiles comestibles, industrielles ou pharmaceutiques. Les tourteaux sont largement utilisés dans la fabrication d'**aliments concentrés** pour tous les animaux d'élevage.

Les tourteaux sont considérés essentiellement comme des **aliments protéiques** : les **tourteaux de coton** et d'arachide ont des teneurs en protéines brutes supérieures à 45 % de M.S ; viennent ensuite les tourteaux de sésame et de tournesol ayant des teneurs comprises entre 40 et 50 % de protéines. Ce sont les tourteaux riches.

Tandis que les tourteaux pauvres (coprah, palmiste, baobab, tournesol, kapok etc.) ont des teneurs inférieures à 30 % de protéines brutes.

- Les **tourteaux d'arachide** : ce sont des aliments riches en protéines, de bonne qualité et très appréciés par les bovins. Ils conviennent parfaitement à l'alimentation de vache laitière. Un kg de tourteaux d'arachide représente 1,1 U.F.
- Les tourteaux de coprah sont obtenus à partir des noix de coco ; un kg de ce tourteau vaut 0,90 U.F.

- Les tourteaux de palmiste : provenant du noyau du fruit du palmier à huile ; ce sont des tourteaux de qualité moyenne ; 1 kg de tourteau de palmiste fournit 0,98 U.F.

D'une manière généralement, les tourteaux étant des sources importantes de protéines, ils doivent être utilisés en doses relativement réduites pour **complémenter des rations** et couvrir les déficits azotés.

Exemple : en saison sèche, les bovins sahéliens reçoivent, en complément des maigres pâturages, à raison de 500 g de tourteaux/jour. Ils peuvent être associés à des produits énergétiques (céréales, issues de meunerie ou de rizerie, régime composé de fourrages).

- Les tourteaux d'**anacarde** contiennent une teneur en matière protéique de 40 à 45 % de M.S.
- Les tourteaux de **baobab** contiennent d'environ 12 % de protéines.
- Les tourteaux de **kapok** : le teneur en protéine est relativement faible (17-20 %) et les valeurs nutritives sont peu élevées. De plus, ces tourteaux ont une odeur de savon qui rend peu appétibles.
- Les autres sous-produits de l'huilerie.
 - * Les **sous-produits** : sont des pellicules rougeâtres entourant les graines décortiquées d'arachide. C'est un produit relativement riche en protéines (15 %) et en lipides (8 - 10 %) et une valeur alimentaire équivalente à celles d'un bon foin de légumineuses.
 - * Les **coques d'arachide** : elles constituent un excellent support de la mélasse et acceptées par le bétail. Exemple : en embouche bovine, des rations composées de 40 à 50 % de coques mélassées à 20 % complétées par un concentré à base de sons de meunerie, de céréales de tourteaux d'arachide et de minéraux.
 - * Les **coques de graines de coton** : peuvent servir d'aliment de lest, à condition toutefois d'être correctement complétées avec les tourteaux et minéraux.

7. Les sous-produits de la brasserie peuvent-ils servir comme source alimentaire animale ?

La fabrication industrielle de la **bière** à partir du **malt** (orge) ou artisanale à partir de céréales locales (bière "dolo") donne souvent des résidus très importants appelés **drêchez**, ce sont des enveloppes cellulosiques des céréales accompagnées de l'amidon, des lipides et des protéines. Les drêches fraîches ont une odeur agréable et une valeur énergétique non négligeable (0,15 à 0,25 U.F/kg). Les drêches fraîches ou ensilées conviennent bien aux ruminants (vache laitière particulièrement).

Les drêches séchées sont plus faciles à incorporer dans les concentrés pour ruminants.

8. Peut-on employer les sous-produits de sucrerie dans l'alimentation animale ?

Le sucre est tiré de la sève de la canne à sucre qui est obtenue par broyage des tiges. La culture de la canne et la fabrication du sucre (sucrerie de Dougabougou par exemple) laissent divers sous-produits utilisables pour l'alimentation animale :

- sous-produits de la culture : les bouts blancs et les feuilles
- sous-produits de fabrication : la mélasse, les bagasses, la moelle de bagasse et les écumes de défécation.

a. Les bouts blancs et les feuilles

+ Les **bouts blancs** ou têtes de cannes sont constitués par les extrémités vertes et feuillues des tiges de la canne coupées au moment de la récolte.

La valeur énergétique est de 0,12 à 0,15 U.F/kg de produit frais : les bouts blancs sont donc un **bon fourrage** et bien acceptés par les ruminants. L'ensilage réussit assez bien.

Les animaux peuvent en ingérer de 20 à 25 kg/j et couvrir ainsi leurs besoins d'entretien.

Compléments avec de la mélasse, de tourteaux et de céréales ou d'issues, les bouts blancs peuvent constituer des rations de production (lait, embouche).

- + Les **feuilles** qui entourent les cannes représentent également une source d'énergie appréciable ; elles constituent plutôt un fourrage grossier dépourvu de M.A.D.

b. La mélasse

La mélasse est constituée par les substances sirupeuses de couleur brun-noir qui demeurent dans les cuves après évaporation et purification du sirop pour extraire des sucres cristallisés.

La mélasse est un aliment très **digestible** (due aux sucres) ; mais son très faible encombrement nécessite de le mélanger à un autre aliment cellulosique. Sa valeur énergétique est de l'ordre de 0,7 U.F/kg de produit.

Les modalités d'emploi de la mélasse sont diverses :

- **aliments mélassés** : ils peuvent se substituer en partie aux céréales dans la ration des ruminants, associer aux produits de faible valeur alimentaire (pailles, fanes, bagasses, coques etc.), mélanger avec les sous-produits de meunerie et de rizerie (issues, sons etc.).
- la mélasse peut-être distribuée en mélange dans l'eau de boisson
- la mélasse peut être utilisée pour la préparation d'ensilage de fourrages verts.
- la mélasse est un aliment qui convient bien aux ruminants, mais il faut compléter par des éléments minéraux : l'azote (sous forme d'urée), le phosphore et le chlorure de sodium.

Exemple : pour l'embouche bovine, la ration peut comporter 10 à 15 % de mélasse.

- c. Les **bagasses** : ce sont les **résidus du broyage** des cannes à sucre après extraction du jus. La bagasse est un produit essentiellement cellulosique de faible valeur alimentaire. Exemple : chez les bovins, en complément de fourrages, on donne un mélange composé de 10 % de bagasse, 68 % de mélasse, 10 % de tourteaux de coton et des sels minéraux.
- d. La **moelle de bagasse** : est constituée par la partie centrale des tiges de canne. Sa valeur énergétique est de l'ordre de 0,4 U.F/kg de M.S. La moelle est un excellent absorbant de la mélasse.

9. Est-ce que les animaux peuvent consommer les fruits et leurs sous-produits ?

Les fruits sont destinés à la consommation humaine, mais la fabrication industrielle des produits fruitiers laisse un certain nombre de déchets et de sous-produits utilisables par le bétail.

*** L'ananas :**

Les sous-produits sont :

- déchets industriels de la conserverie et de la fabrication des jus de fruits : les épluchures et les drêches sous formes séchées peuvent entrer pour 50 % dans la ration ;
- déchets de la culture : les bovins consomment les feuilles et rejets issus de la tiges principale. Les couronnes (ou partie feuillue qui surmonte le fruit) peuvent être consommées sous formes hachées ou ensilées avec la mélasse.

*** Le bananier :**

- les stipes et rejets riches en eau mais pauvres en éléments nutritifs peuvent être distribués en vert ou hachés grossièrement.

- les fruits abîmés peuvent être consommés directement par les animaux ; associés à un fourrage légumineux, ils peuvent constituer une ration d'engraissement.
- les feuilles constituent un excellent fourrage (riche en azote, en calcium et en carotène).
- * **Le baobab** : les feuilles (riches en Ca et en carotène) peuvent être distribuées aux animaux. La pulpe du fruit et les graines décortiquées et broyées constituent des aliments très énergétiques.
- * **Les dattes** (Phoenix dactylifera) : la pulpe du fruit riche en sucre est un aliment très énergétique, riche en carotènes mais déficiente en protéines, en Ca et P. Complémentée avec des aliments manquants, la pulpe peut remplacer une partie des céréales dans la ration des ruminants, et les noyaux broyés peuvent substituer à un excellent fourrage.
- * **La mangue** : les fruits non consommables (abîmés) peuvent être distribués aux animaux. La pulpe et l'amande sont pauvres en protéines et en minéraux. La farine d'amande peut entrer pour 20 % dans la ration des bovins.
- * **La tomate** : la transformation industrielle de concentré et de jus de tomate laisse une quantité importante de sous-produits (peaux et graines) qui peuvent être récupérés et conditionnés sous forme de farine séchée destinée à l'alimentation du bétail.

10. Les sous-produits d'origine animale peuvent-ils servir comme aliments pour les animaux ?

La plupart des sous-produits d'abattoirs constituent des sources importantes de protéines qui sont utilisées principalement dans l'élevage des porcs et des volailles. Au Mali, il existe une petite unité annexée aux abattoirs qui fabrique de diverses farines de viande, de sang et d'os (Abattoir Frigorifique de Bamako).

Les sous-produits d'origine animale peuvent se classer de la façon suivante :

101. Les sous-produits du lait

- le **lait** est un aliment extrêmement important pour les jeunes mammifères, qui le prennent de leur mère depuis la naissance jusqu'au sevrage, au cours duquel le jeune animal passe de l'alimentation lactée à l'alimentation propre à son espèce.

Aussitôt après l'accouchement, la mère sécrète un lait spécial qu'on appelle "**colostrum**". Il est absolument nécessaire que le nouveau-né absorbe ce colostrum, qui protège contre certaines maladies infectieuses et contient beaucoup de protides et de vitamines. Un litre de lait entier équivaut à 0,3 U.F.

Dans les régions tempérées, l'utilisation du lait ou du lait écrémé est strictement limitée en alimentation des veaux de qualité bouchère à cause de son prix élevé.

102. Les sous-produits d'abattoirs

- Les matières premières proviennent de cadavres d'animaux morts, d'animaux malades, de viandes impropres à la consommation humaine, des carcasses, de sous-produits divers tels que os, déchets, viscères, cornes et onglons. Ces matières sont traitées par la chaleur afin de cuire la viande, la stériliser et la dégraisser.
- **Farines de viande** : très riches en protéines, bonne digestibilité.
- **Farines de sang et de foie** : riches en protéines, digestibilité moyenne, pauvres en minéraux (Ca et P).
- **Farines d'os** : sous formes de poudre d'os calciné et de farines d'os verts (les os sont dégraissés par cuisson puis calcinés ou broyés), teneurs de protéines varient de 10 à 30 %, mais très riches en Ca et P.

- **Farines de cornes et d'onglons** : très riches en protéines mais contiennent de la kératine difficilement assimilable par les animaux.

103. Les sous-produits d'abattage de volailles

Ce sont les farines de déchets d'abattage (viscères) et les farines de plumes.

104. Les sous-produits de la pêche

Ce sont les farines de poissons, dont les matières premières provenant des poissons non consommables par l'homme, déchets de l'industrie de la conserve et d'huiles de poissons. Ces farines sont riches en protéines et en matières minérales, excellentes pour l'alimentation des monogastriques et des volailles.

105. Les sous-produits d'origine aquatique

Les poudres de coquillage et de coquilles d'huitres d'origine marines ou d'eau douce (coquillages du fleuve du Niger par exemple), excellentes sources de calcium.

106. Les insectes : tels que les termites, grillons et criquets peuvent être séchés puis broyés en farine pour constituer un aliment riche en protéine et en matière grasse.

11. Peut-on donner de l'urée aux ruminants ?

L'urée est un composé azoté simple $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ qui peut servir comme source d'azote alimentaire chez les ruminants. En effet, dans le rumen, les bactéries peuvent **transformer l'urée en acides aminés** et en ammoniac. Cet ammoniac est ensuite utilisé par les bactéries pour leur propre développement.

L'urée convient notamment en complément de rations à base de céréales, d'ensilage, de foin ou de paille.

Utilisation de l'urée :

- 1 kg de l'urée à 56 % d'azote donne 2 kg de M.A.D
- dose : 25 à 30 g/j/100 kg de P.V pour les bovins
- incorporation dans les mélanges concentrés composés de céréales, de sous-produits végétaux, de tourteaux et de sels minéraux : doses de 1 à 2 % d'urée
- incorporation dans des compléments protéiques, avec les farines de légumineuses, de tourteaux, de la mélasse : dose allant jusqu'à 40 % de M.S.
- addition d'urée à des ensilages de céréales (maïs, sorgho) : doses de 25 à 30 % de M.S
- mélanges mélasse + urée + minéraux (3 à 6 % d'urée)
- pierre à lécher, à base d'urée, mélasse, minéraux et vitamines (dose de 20 à 30 % d'urée).

12. Qu'est-ce qu'un additif alimentaire ?

C'est une substance minérale ou organique qui a sans valeur alimentaire proprement dite mais qui est susceptible d'influencer la production animale. Elle est distribuée à très faible dose.

Les principaux additifs sont :

- des matières azotées (urée, acides aminés)
- des matières minérales (éléments majeurs et oligo-éléments)
- des vitamines (A, B, D etc.)
- des antibiotiques (pénicilline, streptomycine etc.)
- des médicaments préventifs (anticoccidiens : nitrofurazone par ex.)
- des produits divers (antioxydants, émulsifiants, pigments etc.).

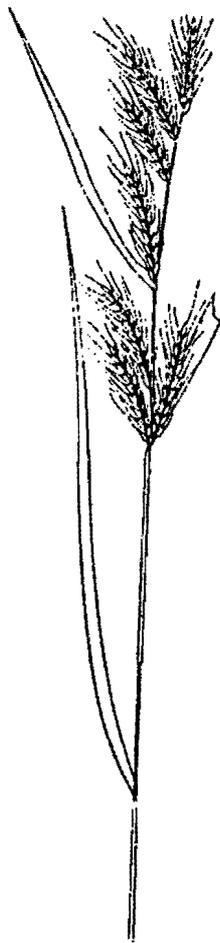
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Collectionner les différents types d'aliments pour les animaux que l'on a utilisés à la ferme scolaire ou chez les paysans voisins (grains, pailles, racines, fruits).
2. Collectionner les sous-produits de meunerie (G.M.M de Koulikoro, moulins villageois) et de rizerie (Office du Niger).
3. Collectionner les sous-produits de sucrerie (Dougabougou et Séribala).
4. Collectionner les sous-produits d'origine animale : farine de viande et d'os (abattoir de Bamako), coquillages du fleuve.
5. Collectionner des produits additifs : matières minérales, vitamines, antibiotiques etc.
6. Introduire une sole de culture fourragère (graminées ou légumineuses) dans les parcelles didactiques exécutées par les élèves.
7. Faire participer aux élèves des travaux de récolte des fourrages de la ferme scolaire (fauchage, fanaison, engrangement).

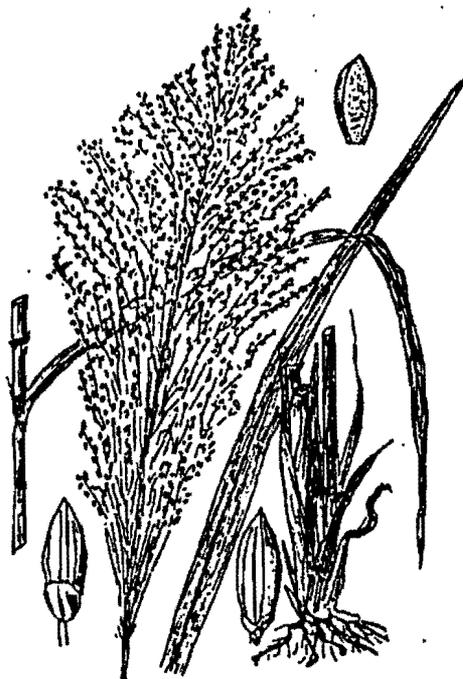
V. BIBLIOGRAPHIE

1. ABAFOUR, J. - Manuel d'alimentation du bétail -
Tome 1 - Notions générales et tables
d'alimentation
Tome 2 - Rationnement et alimentation spéciale
Ed. Dunod, Paris 1969.
2. B.I.T - Cours de Zootechnie
Projet CAA - BIT, Bamako 1972.

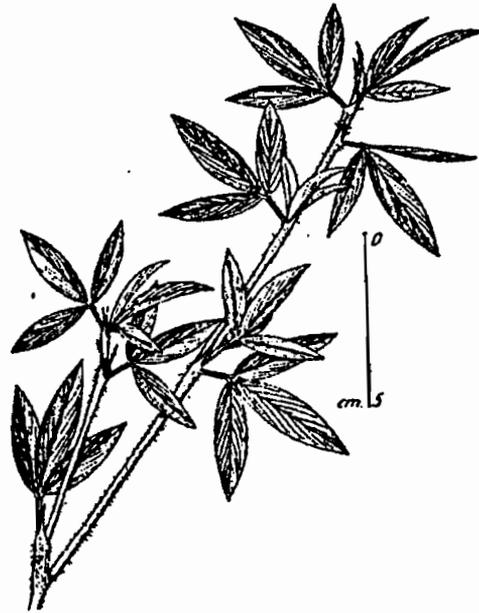
3. Gauthier, J. - Notions d'agriculture -
Périgueux, 1983.
4. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture
Le syndicat agricole Lille, 1979.
5. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne -
La Maison Rustique - 1980.
6. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques
en milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
7. IEMVT - Manuel sur les pâturages tropicaux et les
cultures fourragères -
Min. de la Coop. Française, 1978.
- 8- Mémento de l'Agronome -
Ministère de la Coopération Française - 1984.
- 9- Payot, J. - L'élevage en pays tropicaux -
Ed. Maisonneuve, Larose, Paris 5e, 1985.



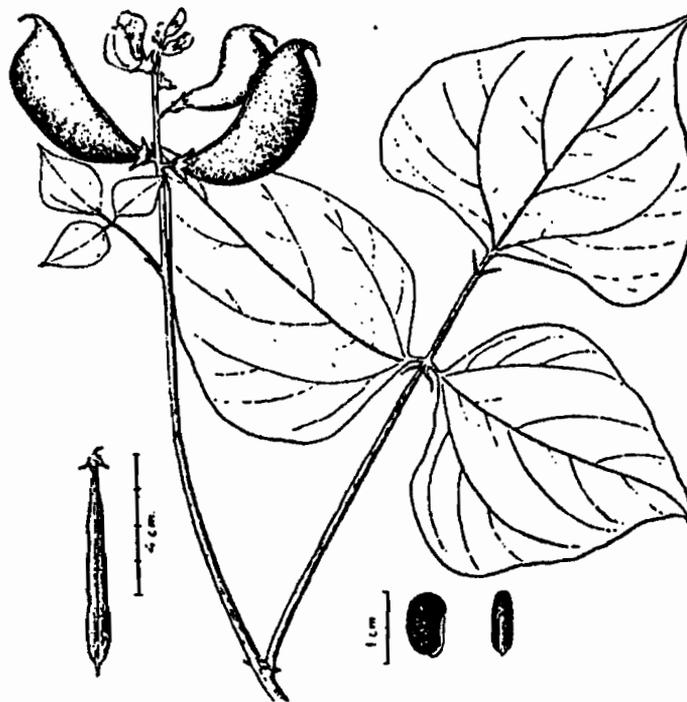
ECHINOCHLOA STAGNINA (Borgou)



PANICUM MAXIMUM (Herbe de Guinée)

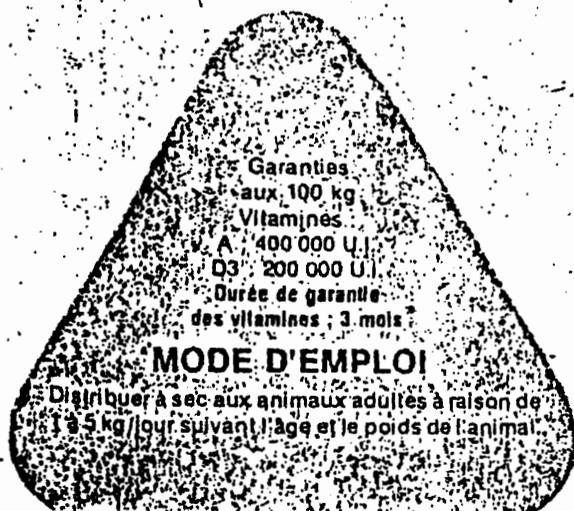


STYLOSANTHES GRACILIS



DOLICHOS LABLAB.
(Dolique)

ALIMENT COMPOSÉ VITAMINISÉ

SANDERS

**VACHE LAITIÈRE
BOVIN COMPLET**

DIFFERENTS TYPESD'ALIMENTS INDUSTRIELS**TOURTEAU D'ARACHIDE**

Deshuilé en grumeaux
de la fabrication de la SEIC
ZIGUINCHOR (Sénégal)

Minimum Mat. protéiques brutes (N x 6,25)	52,00 p. cent
Mat. grasses	0,50 p. cent
Maximum Humidité	8,00 p. cent
Cellulose	10,00 p. cent

Aliment simpleAliment composé vitaminisé**Sucrotourteau S**

**ALIMENT COMPOSÉ MÉLASSÉ COMPLÉMENTAIRE
DES FOURRAGES, RACINES ET CÉRÉALES
pour Vaches Laitières
et Animaux d'Élevage**

GARANTIES

SUCRES TOTAUX 22 p. cent minimum
exprimés en glucose

COMPOSITION

MELASSE. ISSUES DE BLE ET LEGUMINEUSE.
TOURTEAUX : ARACHIDE - SOJA - LIN - PALMISTE.
COMPOSE MINERAL

Aliment composé mélassé**SPÉCIMINÉRAL 20 - 10**

Condiment minéral vitaminisé
AROMATISÉ
Bovins - Ovins

Au minimum :

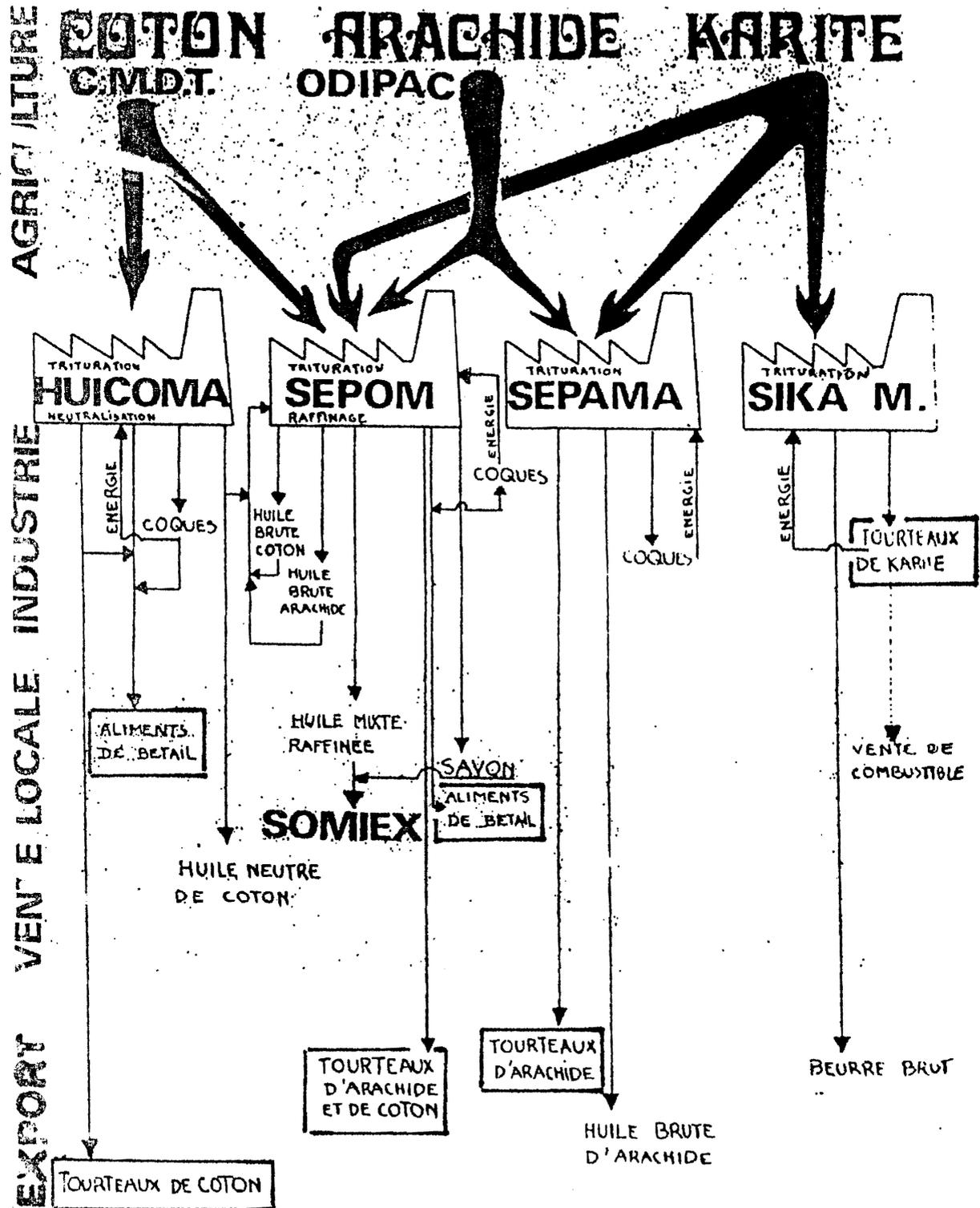
Matières minérales totales	75 %
dont P	20 %
Ca	10 %

Au maximum :

Chlorure de sodium	7 %
Insoluble chlorhydrique	2 %

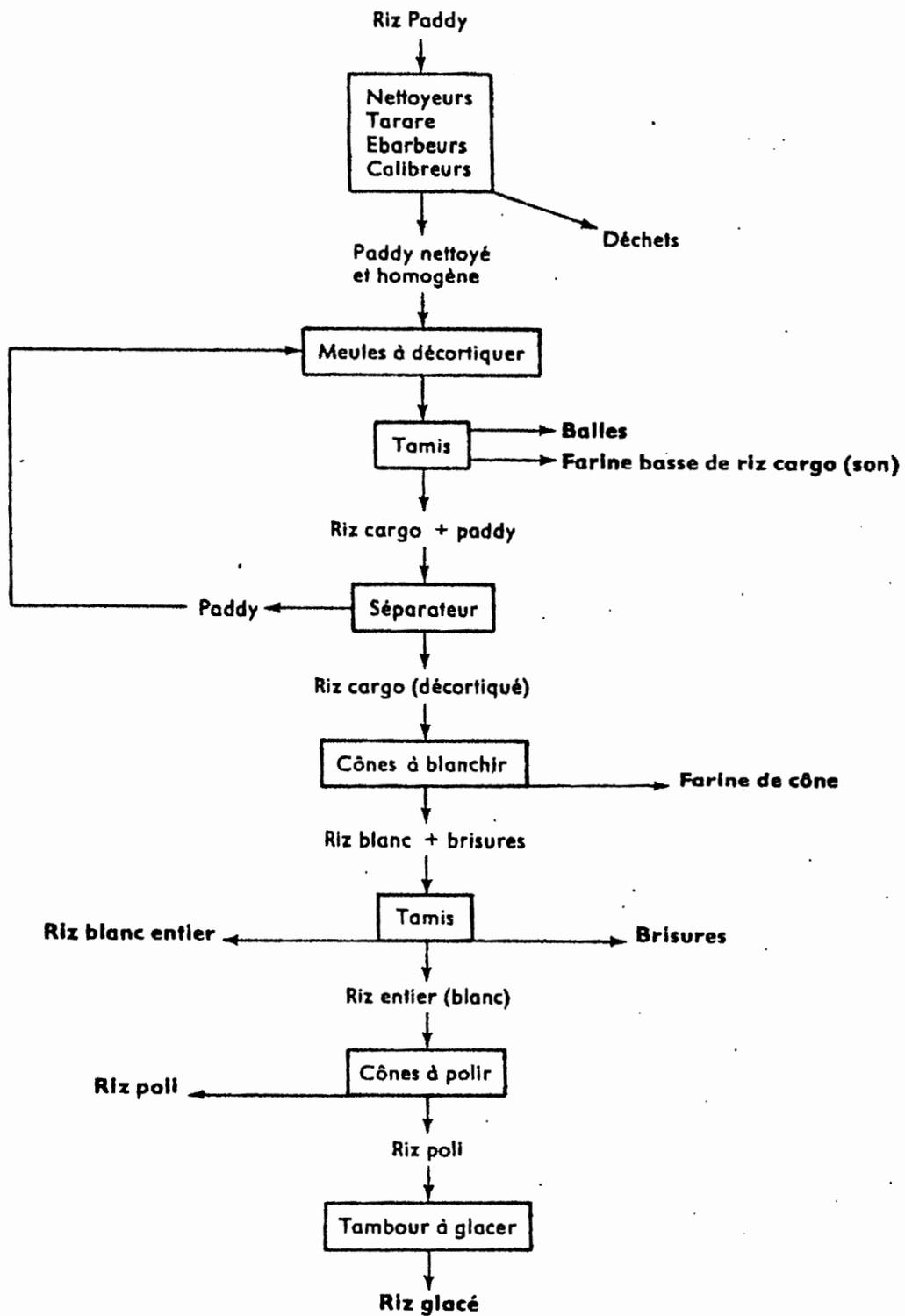
Aliment composé minéralisé

FILIERE INDUSTRIELLE DES CORPS GRAS



UTILISATIONS DES SOUS-PRODUITS AGRO-INDUSTRIELS

SCHEMA DE LA TECHNOLOGIE DU RIZ



Caractéristiques, valeur et emploi des principaux aliments simples

CLASSIFICATION DES ALIMENTS DE CHAQUE GROUPE	QUELQUES REMARQUES ESSENTIELLES CONCERNANT...	
	LEUR VALEUR	LEUR EMPLOI
<p>LES FOINS</p> <ul style="list-style-type: none"> ● de prairies naturelles (à flore variée) ● de prairies temporaires <ul style="list-style-type: none"> — de graminées seules — de graminées + légumineuses — de légumineuses seules (ou prairies artificielles) 	<p>Leur valeur dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● de leur STADE DE RÉCOLTE Optimum : <ul style="list-style-type: none"> — graminées : début épiaison — légumineuses : bourgeonnement ● de leur pourcentage de légumineuses ● des conditions de récolte et de conservation ● du mode de fertilisation, qui agit à la fois sur la composition de la flore et sur l'équilibre organique et minéral des fourrages. <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>MS : varie peu : 85 à 90 % UF : varie beaucoup selon le stade et les conditions de récolte : 0,40 à 0,70 UF/kg de MS MAD : varie énormément selon la flore et le stade de récolte : 22 à 140 g/kg de MS Vitamines : varie beaucoup : les foins sont riches en vitamine A lorsque leur couleur est encore verte (séchage à l'abri du soleil)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aliment QUASI INDISPENSABLE à tous les herbivores, ruminants ou non. ● Aliment de LEST agissant par : <ul style="list-style-type: none"> — son volume : permet le brassage efficace et la rumination ; — sa rugosité : favorise la salivation et diminue les risques de météorisation à la mise à l'herbe ● Aliment APPETIBLE lorsqu'il est de bonne qualité (améliorée par le séchage en grange ou par le salage) ● Permet une ÉCONOMIE de concentrés azotés quand il est riche en MAD ● Se prête à la distribution en LIBRE SERVICE
<p>LES PAILLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ● de céréales ● de graminées fourragères (à graines) 	<p>Leur valeur dépend</p> <ul style="list-style-type: none"> ● de l'espèce : la meilleure est l'avoine, puis orge et blé ● des conditions bonnes ou mauvaises de récolte. <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>Riches en MS : 90% Pauvres en UF : 0,20 à 0,30 UF/kg Pauvres en MAD : environ 10 g/kg Pauvres en Ca, P, et vitamines</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Les pailles sont revalorisées ● Complémentation malgré tout indispensable en énergie, azote, minéraux, vitamines. ● Traitement possible par la soude diluée (installation spécialisée) pour améliorer la digestibilité (solubilisation de la lignine).

ALIMENTS	VALEUR	EMPLOI
<p>L'HERBE DES PRAIRIES</p> <p>Classification . comme pour les foins, d'après la flore</p>	<p>Leur valeur dépend avant tout du STADE VÉGÉTATIF</p> <p>GRAMINÉES AU COURS DU 1^{er} CYCLE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Herbe jeune avant montaison : <ul style="list-style-type: none"> — très digestible car pauvre en cellulose, mais, — trop riche en matières azotées, — trop pauvre en matière sèche, donc en UF ● Herbe au stade montaison (épi à 10 cm dans la gaine) : Stade optimal pour la pâture, mais encore trop riche en MAD. A corriger par des céréales ● Herbe au stade épisaison : Stade optimal pour la fauche : équilibre UF-MAD-cellulose ● Herbe au stade floraison et graines : Herbe trop cellulosique, donc peu digestible, pauvre en UF et en MAD <p>GRAMINÉES AU COURS DU 2^e CYCLE : (repousses sans épisaison) Valeur plus stable et équilibrée</p> <p>LEGUMINEUSES : Stade optimal : bourgeonnement, pour la pâture, comme pour la fauche. Mais laisser fleurir une coupe dans l'année</p> <p>Leur valeur dépend aussi :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● de la composition botanique (pourcentage de légumineuses) ● du mode d'exploitation et de la fumure ● de la saison et de l'eau reçue <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>MS : 15 à 20 % UF : 0,60 à 0,98 UF/kg au MS MAD : 50 à 180 g/kg au MS</p>	<p>Peut être consommée de 2 manières :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● par le pâturage ● par l'affouragement en vert ou zéro-grazing. <p>Le PATURAGE est à la fois un ALIMENT très appétible et un MODE DE VIE naturel et sain</p> <p>Ses avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● productivité élevée en UF/ha avec le pâturage tournant ou rationné ● prix de revient relativement réduit de l'UF, du fait de l'absence de pertes de conservation et de frais de récolte <ul style="list-style-type: none"> ● convient particulièrement aux femelles en gestation <p>Ses inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● une mise à l'herbe trop brutale peut entraîner de nombreux troubles : météorisation, diarrhées, tétanie d'herbage, entérotoxémie ● le pâturage sur prés trop humides parasite les animaux jeunes (douve, strongles...) ● tassement du sol en période humide, ce qui diminue la capacité productive de la prairie <p>Le ZÉRO-PATURAGE, ou affouragement en vert limite en partie les inconvénients du pâturage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Il intensifie la production en limitant le gaspillage et le tassement du sol ● Il limite les dépenses énergétiques des animaux aux pâturages ● Il évite le parasitisme mais il augmente les dépenses en main-d'œuvre, matériel et logement, et prive l'animal d'exercice

ALIMENTS	VALEUR	EMPLOI
<p>LES TOURTEAUX se classent en :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● tourteaux pression : résultent de la pression des graines oléagineuses ; ● tourteaux extraction : obtenus par élimination de l'huile des tourteaux pression à l'aide de solvants <p>Principaux tourteaux utilisés en alimentation animale :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Soja ● Arachide ● Tournesol décortiqué ● Coprah ● Palmiste ● Coton décortiqué ● Colza 	<p>Les tourteaux se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● leur grande RICHESSE EN MAD, avec des teneurs variables en acides aminés indispensables, excellentes dans le cas du soja ● leur richesse en UF, comparable à celle des céréales ● leur rapport MAD/UF très élevé <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>MS : 90 à 92 % UF : 0,95 à 1,15 UF/kg de MS MAD/UF : 300 à 430 pour les tourteaux d'arachide, de soja et de coton décortiqué ; 150 à 170 pour les tourteaux de palmiste et de coprah</p> <p>Matières minérales : plus riches en P et Ca que les céréales Vitamines : dépourvus de vitamines liposolubles, mais plus riches que les céréales en vitamines B</p>	<p>Aliments azotés concentrés, les tourteaux sont moins coûteux que les protéines d'origine animale. Ils sont employés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● comme COMPLEMENTS DES CÉRÉALES dans les aliments composés pour toutes les espèces animales <p>On les choisit en fonction de leur teneur en acides aminés. Ex : l'association maïs, pauvre en lysine, + tourteau de soja, riche en lysine. On associe souvent, dans ce but, plusieurs tourteaux</p> <ul style="list-style-type: none"> ● comme CORRECTEURS des rations pour bovins ou ovins pauvres en MAD, cas fréquent dans l'alimentation des vaches laitières ● comme aliment d'ENGRAISSEMENT des bovins, du fait de leur teneur en matières grasses (tx. pression) et de leur appétibilité
<p>LES LÉGUMINEUSES A GRAINES (récoltées en grains)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● soja. 	<p>Se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● leur richesse en MAD, inférieure à celle des tourteaux mais très supérieure à celle des céréales, ● leur richesse en UF, comparable à celle des céréales, ● leur rapport MAD/UF assez élevé. <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES :</p> <p>MS : 90 % UF : 1 à 1,15 UF/kg de MS MAD : 190 à 215 g/kg de MS MAD/UF : 170 à 200.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aliments azotés et énergétiques concentrés destinés à remplacer de plus en plus les tourteaux riches (arachide, soja), dont le prix va croissant, et que l'on devra destiner de moins en moins au bétail au profit de l'alimentation humaine. ● S'utilisent soit pur comme correcteur azoté, soit en mélange avec des céréales pour constituer des aliments de MAD/UF variable. ● Peuvent se cultiver en mélange avec une ou plusieurs céréales (avoine, seigle, blé), le mélange récolté étant écrasé pour distribuer comme concentré équilibré.

ALIMENTS	VALEUR	EMPLOI
<p>LES CÉRÉALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Maïs ● Blé ● Orge ● Avoine ● Seigle ● Sorgho 	<p>Les céréales se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● leur RICHESSE EN UF qui tient à leur pauvreté en cellulose (sauf l'avoine) et à leur richesse en amidon ● leur PAUVRETÉ EN MAD, <ul style="list-style-type: none"> — pauvreté en quantité par rapport à l'énergie (rapport MAD/UF faible) — pauvreté en qualité des matières azotées : faible taux d'acides aminés indispensables, surtout le maïs très pauvre en lysine et en tryptophane <p>Mais ces caractéristiques sont variables selon les céréales</p> <p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>MS : 88 à 90 %</p> <p>UF : 0,90 à 1,15 UF/kg de MS</p> <p>Les plus riches : maïs (1,25 UF/kg de MS), blé (1,15), seigle (1,20)</p> <p>L'orge est moyennement riche : 1,10 UF par kg de MS (1,00 UF/kg de grain)</p> <p>La moins riche : l'avoine : 0,90 UF/kg de MS</p> <p>MAD/UF : 60 à 65 pour orge et maïs ; 75 à 85 pour blé,</p> <p>Matières minérales : les céréales sont riches en P et pauvres en Ca. Mais les 2/3 du P sont sous forme de phytine, peu assimilable par les porcs et volailles</p> <p>Vitamines : pauvres en vitamines A et D, riches en vitamines B et E</p>	<p>Aliments énergétiques concentrés, les céréales sont employées :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● comme BASE DE L'ALIMENTATION ÉNERGÉTIQUE des porcs et volailles, et parfois des jeunes bovins et ovins. Leur pauvreté en matières azotées (en quantité comme en qualité) est alors corrigée par des compléments azotés appropriés. Les mélanges de céréales sont plus recommandés, pour cette raison, que les céréales seules ● comme ALIMENT D'ENGRAISSEMENT pour bovins, ovins, porcs ou volailles ● comme CORRECTEUR ÉNERGÉTIQUE des rations pour vaches laitières excédentaires en MAD ● comme composant énergétique des aliments équilibrés pour vaches laitières, en association à des tourteaux <p>Aliments appétibles, les céréales sont distribuées le plus souvent écrasées ou en farines granulées.</p> <p>A dose modérée, elles favorisent les fermentations microbiennes chez les ruminants</p>
<p>LES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE</p> <p>Le lait et ses sous-produits</p> <ul style="list-style-type: none"> ● lait entier <ul style="list-style-type: none"> — naturel — reconstitué ● lait écrémé <ul style="list-style-type: none"> — frais — sec ● babeurre ● lactosérum 	<p>Se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● leur grande richesse en MATIÈRES AZOTÉES de haute valeur biologique ● une richesse en UF élevée, mais variable surtout selon la teneur en matière grasse. Valeur particulièrement élevée pour le lait entier ● une grande richesse minérale, en phosphore et calcium ● une richesse variable en vitamines, particulièrement pour la vitamine B₁₂ que n'apportent que les aliments d'origine animale 	<p>Les matières azotées d'origine animale sont indispensables aux monogastriques pour 1/3 au moins de leur ration azotée</p> <p>Les farines animales entrent donc dans la constitution d'un grand nombre d'aliments composés pour les volailles et les porcs</p> <p>Le lait et les sous-produits laitiers sont employés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● soit pour l'allaitement artificiel ou l'engraissement des jeunes,
<p>Farines animales</p> <ul style="list-style-type: none"> ● farines de viande (d'animaux entiers, de déchets, d'os...) ● farines de sang ● farines de poissons (de poissons entiers, de déchets, de « solubles de poissons »...) 	<p style="text-align: center;">DES CHIFFRES</p> <p>Lait et ses sous-produits :</p> <p>UF : 1,50 à 2 UF/kg de MS</p> <p>MAD/UF : 200 à 250 g</p> <p>Farines animales :</p> <p>UF : 0,8 à 1,15 UF/kg de MS</p> <p>MAD/UF : 650 à 800 g</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● soit comme composants d'aliments de démarrage des jeunes animaux, en mélange avec d'autres composants, ● soit pour l'engraissement des porcs (voir leur emploi dans les chapitres relatifs au rationnement de chaque catégorie d'animaux)

UNITE 9

FABRICATION ET CONSERVATION DES ALIMENTS

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- définir les différents types d'aliments composés ;
- savoir comment on prépare un aliment composé ;
- connaître la conduite de l'ensilage.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Qu'est-ce qu'un aliment composé ?
2. Peut-on fabriquer soi-même un aliment composé ?
3. Comment conserve-t-on les fourrages par séchage ?
4. Qu'appelle-t-on "ensilage" ? Quel est son principe ?
5. Comment utilise-t-on des ensilages ?
6. Pratiquement, quelle est la conduite de l'ensilage ? Quel est son intérêt en milieu paysan ?

III. DISCUSSION

1. Qu'est-ce-qu'un aliment composé ?

Par opposition aux aliments simples, les aliments composés résultent du mélange de plusieurs aliments simples.

On distingue le groupe d'aliments composés :

- les aliments **composés** : contenant moins de 20 % de matières minérales.
- les aliments **composés mélassés** : contenant au moins 20 % de mélasse.

- les aliments **composés minéraux** : contenant plus de 20 % de matières minérales. Ils peuvent être qualifiés d'"Azotés" s'ils contiennent plus de 20 % de protéines brutes.
- les aliments **composés vitaminés** : si le produit a été additionné de vitamine.

En outre, les aliments composés et les aliments composés mélassés peuvent être "complets" ou "complémentaires".

- les aliments **composés complets** sont ceux qui susceptibles de fournir aux animaux un ensemble d'éléments nutritifs permettant de réaliser les productions animales recherchées.

Ils doivent contenir au moins 5 composants, dont les éléments minéraux, appartenant à au moins 3 catégories d'aliments suivants :

- + céréales et matières hydrocarbonées
- + issues de céréales et de légumineuses
- + tourteaux et autres produits azotés
- + compléments divers.

- les aliments **composés complémentaires** sont destinés à compléter, en les équilibrant, les aliments de base de la ration, et permettent de fournir aux animaux une alimentation complète. Ils doivent renfermer au moins 2 des 4 catégories d'aliments précédentes, dont obligatoirement des "compléments divers".

Notons que la plupart des aliments composés sont fabriqués industriellement et vendus dans le commerce. Au Mali, la Société malienne d'élevage, d'engrais et des produits chimiques (SMEEPC/Sauders), le Grand Moulin du Mali et la SEPOM fabriquent des aliments composés pour le bétail.

2. Peut-on fabriquer soi-même des aliments composés ?

A l'aide de moyens mécaniques (broyeur-mélangeur) et d'adjuvants prêts à l'emploi à mélanger aux aliments simples, on peut fabriquer soi-même certains aliments composés. A prévoir :

a. Les **matières premières** : pailles, foins, tourteaux, grains, racines, tubercules, vitamines, oligo-éléments, acides aminés, substances médicamenteuses etc.

b. **L'équipement**

- le **broyeur** donnant des finesses de mouture des aliments
- le **mélangeur** sert à homogénéiser les différents produits utilisés.

c. **La technique de fabrication**

- les constituants à faible teneur (<de 1 %) doivent être dilués au préalable avec une quantité de farine de céréales pour obtenir un "prémélange".
- quand on utilise plusieurs céréales, il faut les mélanger avant le broyage.
- le mélange proprement dit s'effectue dans l'ordre suivant :
 - . introduire d'abord 10 à 20 % de céréales
 - . le prémélange des adjuvants
 - . les aliments collants (tourteaux, mélasses)
 - . les farines animales
 - . les minéraux
 - . le reste des céréales.

Exemple 1 : Ration composée pour l'embouche en feed-lot (taurillons de 4 à 5 ans).

- Composition de la ration :

+ coque d'arachide.....	20 %
+ mélasse.....	16 %
+ son de maïs.....	18 %
+ farine basse de riz.....	18 %
+ graines de coton.....	20 %
+ tourteaux d'arachide, urée, minéraux...	8 %

- Valeur nutritive : 0,64 à 0,7 U.F/kg et 75 à 80 g MAD/kg.

Exemple 2 : "Aliment R.S" de la SEPOM pour les animaux d'em-
bouche et vaches laitières.

- Composition : graines de coton, mil, tourteau d'arachide, tourteau de coton, coquilles d'huîtres, farine basse de riz, sels.
- Valeur nutritive : 0,9 à 1,0 U.F/kg et 195 à 210 g MAD/kg.

Exemple 3 "Aliment I.R" pour les vaches laitières

- Composition : coque de graines de coton, tourteau de coton, coquillages, farine basse de riz, sels minéraux vitaminés.
- Valeur nutritive : 0,40 à 0,45 U.F/kg et 100 à 150 g MAD/kg.

Exemple 4 : "Aliment II.R" pour les boeufs de labour et les ovins-caprins.

- Composition : coque d'arachide, tourteau d'arachide, coquillages, farine basse de riz, sels.
- Valeur nutritive : 0,45 à 0,50 U.F/kg et 180 à 200 g MAD/kg.

3. Comment conserve-t-on les fourrages par séchage ?

Le **séchage naturel** a lieu à l'air libre, lorsque les conditions climatiques le permettent. Ce procédé est employé pendant la saison sèche.

- Le séchage des végétaux jeunes, en pleine végétation ou en début de floraison, donne un foin riche en principes nutritifs.
- Trop vieux, les végétaux deviennent ligneux et donnent un foin peu apprécié des animaux.

La **fenaison** est la période pendant laquelle s'effectue le fanage de fourrages et, par extension, ensemble des travaux aboutissant à la récolte du foin.

31. Les caractéristiques du foin

Pour qu'un foin soit de bonne qualité, il faut :

- que la matière première ne soit pas ligneuse
- que le foin conserve la couleur d'herbe verte
- qu'il soit sec pour assurer une bonne conservation. S'il est humide, il moisit et devient toxique.

32. Pratique de la fenaison

a. Séchage en saison sèche

Lorsque le fourrage est apte à être coupé (début de la floraison et saison sèche), il faut :

- faucher le matin
- mettre immédiatement l'herbe en petits tas pour éviter un séchage trop rapide qui provoquerait une décoloration du foin et en diminuerait la valeur nutritive
- dès que le foin est suffisamment sec, on rassemble les petits tas en **meulons** (gros tas)
- le foin ainsi rassemblé en meulons peut attendre quelques jours avant d'être chargé sur une remorque et transporté au lieu de stockage. Une attente sur le terrain risque toujours d'être préjudiciable à la qualité du foin (pluie éventuelle, attaque de termites qui amènent de la terre dans le foin et détruisent l'aliment). Lorsque l'on dispose d'une presse et d'un tracteur, on pratique le **ballottage** des petits tas au lieu d'en faire des meulons. Le gros avantages de la presse est de réduire considérablement le volume du foin et de faciliter le transport et le stockage.

Lorsqu'on dispose d'un fourrage riche en eau, tel que le niébé, il est utile de retourner les tas pour faciliter le séchage.

b. Séchage en saison des pluies

Pendant la saison des pluies, on réalise le séchage sur des chevalets. Le **chevalet** est un trépied de 1,70 mètre environ sur lequel on dépose l'herbe qui vient d'être fauchée. Le courant d'air qui passe à travers la masse la dessèche progressivement pour donner un foin qui garde sa couleur naturelle. La pluie mouille la surface extérieure du tas sans pénétrer profondément. Toutefois, les grands vents qui précèdent généralement les pluies risquent de tout renverser et d'exposer ainsi le foin à la pluie qui les suivra.

Pour remédier aux difficultés de séchage durant la saison des pluies et au faible valeur de l'herbe de saison sèche, la production de fourrage est organisée de la manière suivante :

Sur prairie naturelle :

Un premier fauchage en août, en pleine saison des pluies, donne une récolte à ensiler. La repousse est rapide et donne en octobre un regain qui sera fauché et fané. Après le fauchage d'octobre, il y aura une repousse qui donnera un bon pâturage durant la saison sèche.

Sur prairie artificielle à digitaria ou autre et sur culture fourragère.

Les fourrages artificiels sont semés à des époques différentes suivant les variétés :

- a. Graminés à gros rendement (Pennisetum, Roettboellia) :** semis au début de la saison des pluies. Ensilage fin août début septembre. Le regain sera fauché en octobre-novembre, en début de saison sèche.
- b. Légumineuses (Phaseolus lateroides) :** semis au début de la saison des pluies. Deux mois après, la récolte sera fauchée et ensilée. Le terrain sera fauché et fané. Le phaséolus donnant sa récolte deux mois après semis, peut être semé tardivement en fin août, fauché début octobre, la récolte sera fanée.

Le niébé a un cycle végétatif plus long. Semé vers la mi-août, la formation de graine sera nulle, il sera fauché après les pluies.

4. Qu'appelle-t-on par ensilage ? Quel est son principe ?

C'est une méthode de conservation des produits agricoles (fourrages verts, grains, racines, tubercules) basée sur des processus de **fermentation** des végétaux conservés par cette méthode.

Le principe d'ensilage :

L'ensilage consiste donc à conserver du fourrage humide en lui gardant une valeur nutritive élevée grâce au développement de fermentations bactériennes, qui produisent, à partir des glucides, des acides gras, volatiles, et notamment, de l'acide lactique, utilisables dans le rumen des animaux.

Il existe plusieurs techniques d'ensilage : silo-meule, silo-tranchée, silo-fosse, silo-tour etc. Le but de ces techniques est de favoriser les fermentations lactiques (en anaérobiose) et d'empêcher des fermentations indésirables (butyriques notamment) qui dégradent des protéines et l'acide lactique.

Pour assurer la réussite d'un ensilage, il convient :

- d'avoir un **silo hermétique**
- d'assurer un drainage efficace pour évacuer l'excès d'eau (ensiler de préférence des fourrages préfanés à 50 % d'eau)
- de remplir rapidement le silo et de tasser énergiquement pour éliminer le maximum d'air et de limiter ainsi la production d'acide acétique qui provoque des pertes de glucides assimilables et de valeur énergétique
- d'ensiler des fourrages riches en glucides (> 12 % de M.S) tels que le maïs.

9. Comment utilise-t-on des ensilages ?

a. Caractéristiques

La valeur alimentaire et l'appétibilité de l'ensilage sont très variables suivant les plantes conservées, le stade de la récolte, la préparation avant la mise en silo (fourrage ou préfané) et l'état de conservation du produit.

L'ensilage de l'herbe de pâturage, début épiaison, a une valeur de 0,84 U.F/kg de M.S et 57 g de M.A.D, tandis que l'ensilage de maïs fourrager, au stade pâteux vitreux représente 0,84 U.F/kg de M.S et 45 g de MAD/kg de M.S.

Pour remédier la pauvreté en MAD on peut compléter en azote sous forme de tourteau ou de l'urée (à la dose de 5 kg d'urée/tonne de produit frais).

En outre, l'ensilage est un produit acide, il faut apporter un complément minéral à la ration d'ensilage.

b. Utilisation

Les ensilages peuvent être utilisés chez les ruminants comme seul fourrage grossier ou associé à du foin.

Les bons ensilages peuvent satisfaire les besoins de vaches laitières à production moyenne (4 à 7 kg de lait) et ceux des boeufs en début d'engraissement, associés à une faible quantité d'aliments concentrés (céréales, tourteaux), ils permettent une production laitière plus importante et la finition des boeufs à l'embouche. Les ovins et caprins peuvent également tirer un bon parti des ensilages de bonne qualité (sauf chez les femelles, les ensilages préfanés provoquent l'engraissement).

6. Pratiquement, quelle est la conduite de l'ensilage ? Quel est son intérêt en milieu paysan ?

But : La pratique de l'ensilage au niveau des fermes pilotes peut permettre aux exploitations d'améliorer la ration alimentaire des boeufs de trait et d'embouche pendant la saison sèche, et au besoin pallier en partie au manque de réserves alimentaires.

61. Hypothèses

- 5 boeufs à l'embouche pendant 90 jours
- 2 boeufs de trait pendant 150 jours (février à juin)

Besoins :

+ Nombre de jours : $5 \times 90 \text{ j} = 450 \text{ j}$

$2 \times 150 \text{ j} = 300 \text{ j}$

Total = 750 jours

+ Quantité nécessaire d'ensilage : 5 kg/jour/boeuf

+ Réserve nécessaire $750 \text{ j} \times 5 \text{ kg} = 3750 \text{ kg}$

- 1 m³ d'ensilage pèse environ 400 à 450 kg

- il faut donc un silo-fosse de 10 m³ minimum (si l'on tient compte des pertes dans le fond, le long des parois et sur le dessus)

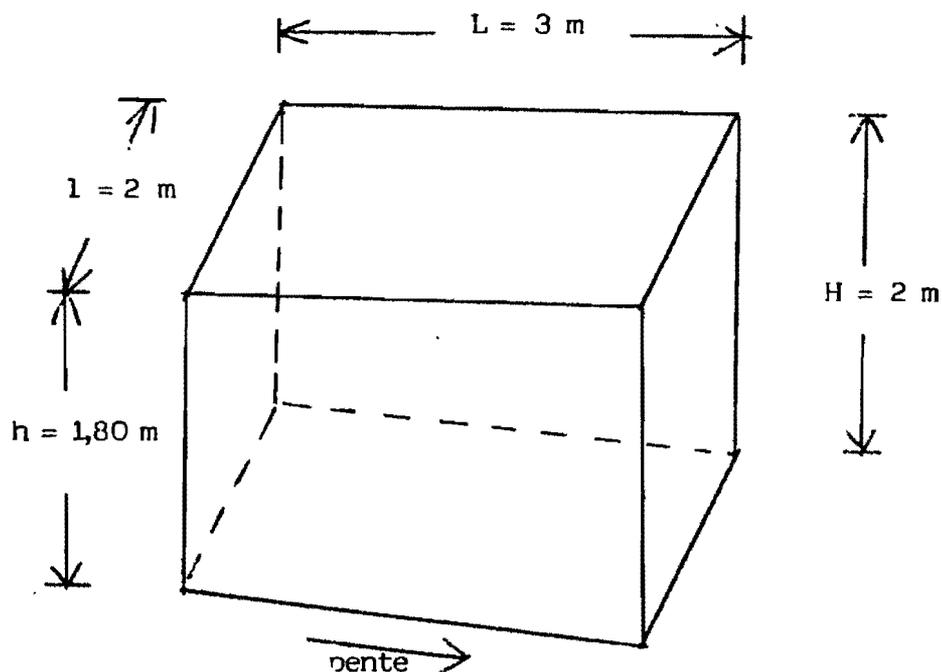
- approvisionnement en fourrage vert : 8 t environ.

62. Réalisation du silo-fosse

Technique proposée par l'O.H.V :

Le silo-fosse peut être de forme parallélépipédique avec une section trapézoïdale dans le sens de la longueur.

Dimensions proposées : $L = 3 \text{ m}$; $l = 2 \text{ m}$; $H = 1,8 \text{ m}$ et
 $h = 2 \text{ m}$ soit un volume de $11,40 \text{ m}^3$.



Remarques :

- Il est important d'assurer une **pente dans le fond** du silo-fosse, pour drainer les jus résiduels.
- Les parois doivent être les plus lisses possibles.
- La terre extraite pour le creusement du silo servira à la fermeture.

63. Les plantes à ensiler

a. Graminées

De nombreuses graminées sont disponibles à l'état naturel (Panicum, Penisetum etc.) mais leur répartition présente une difficulté pour la récolte. Le sorgho et le mil peuvent être aussi ensilés (semis à forte densité). Le sorgho doit être récolté au stade grain pâteux, et le mil à la floraison.

La meilleure des graminées pour l'ensilage est le maïs récolté avant la formation des épis.

b. Légumineuses

On peut utiliser des légumineuses tropicales. La récolte se fait avant le jaunissement des feuilles, quand les gousses sont pleines (niébé, stylosanthes).

Il est à noter que la réussite de l'ensilage avec des légumineuses est plus délicat à obtenir qu'avec des graminées (présence importante de protéines favorisant le développement de bactéries nuisibles), ce qui impose l'addition d'acide pour une bonne conservation.

64. Produits additifs

- Sel : prévoir $8 \times 5 \text{ g} = 40 \text{ kg}$ de sel
- Carbonate de calcium : prévoir $750 \text{ j} \times 5 \text{ g} = 3\,750 \text{ g}$ soit 4 kg de carbonate de calcium.

65. Remplissage du silo-fosse

- Graminées à l'état naturel :
 - + Prévoir à l'avance les endroits où aura lieu la coupe du fourrage vert, si possible le plus près du silo-fosse, et des moyens d'accès permettant le passage d'une charrette.

+ Remplissage :

L'herbe ou le fourrage seront hachés et disposés par couches successives de 40-50 cm, tassées au fur et à mesure, et sur lesquelles on épanchera du sel (la présence d'une bascule, au moins pour peser la première charrette est souhaitable).

- Le tassement peut se faire par piétinement ou par le passage d'un fût de 200 l rempli d'eau.
- Le remplissage du silo-fosse n'est terminé que quand le fourrage tassé dépasse de 1,5 m le niveau du sol.
- Il faut doubler la dose de sel sur la dernière couche.

66. Fermeture du silo-fosse

Elle doit intervenir le jour même du remplissage, au plus tard le lendemain.

- Disposer de la paille (ou une bâche plastique) sur la totalité de la surface.
- Recouvrir le tout d'une couche de terre de 50 cm minimum. Si par suite du tassement des crevasses apparaissaient, il est indispensable de les boucher.

67. Surveillance

A intervalle régulier, plonger un fer à béton au coeur de la masse de l'ensilage. Le fer à béton ressorti, on doit pouvoir le tenir sans se brûler. Dans le cas contraire, il faut tasser à nouveau.

68. Ouverture du silo-fosse

- Elle peut se faire au bout de 3 mois.
- Ne découvrir que la partie nécessaire au jour le jour pour assurer une bonne conservation, c'est-à-dire découper en tranches verticales.

69. Consommation par le bétail

Le fourrage surtout distribué aux vaches laitières et aux boeufs à l'embouche.

Suivant leur taille la quantité distribuée diffère. Pour un boeuf de la taille d'une N'Dama, 4 à 5 kg par jour suffisent en complément.

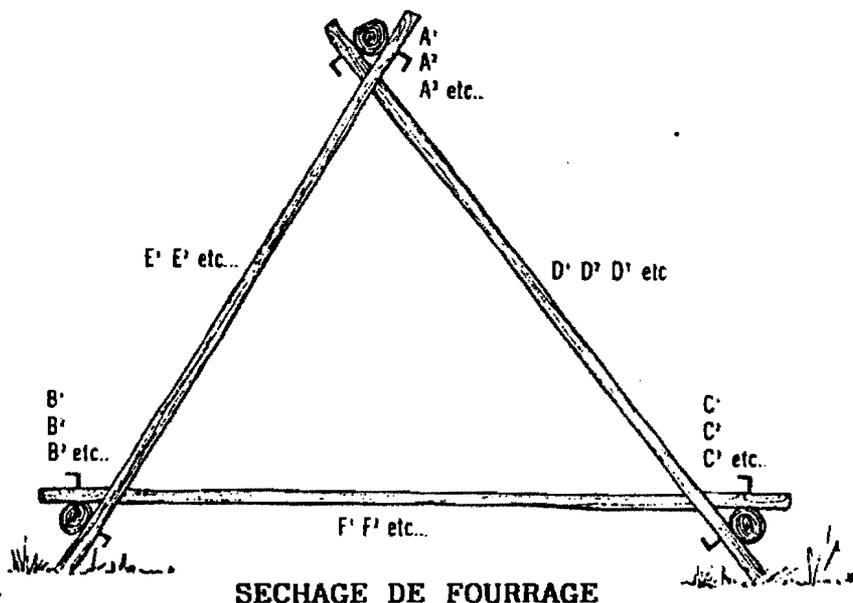
Pour éviter une décalcification des animaux, il faut leur donner 5 g/jour et par animal de carbonate de calcium.

IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Collectionner les échantillons de différents aliments composés vendus dans le commerce (G.M.M SEPOM, SMEEPC/Snaders), et étudier leurs compositions et utilisations.
2. Faire participer aux élèves des opérations de fauchage et de fanage des fourrages.
3. Selon les possibilités, installer à l'école un petit silo-fosse d'ensilage, faire suivre par des élèves l'évolution et la transformation des fourrages ensilés. Etudier le comportement des animaux vis-à-vis des aliments ensilés.

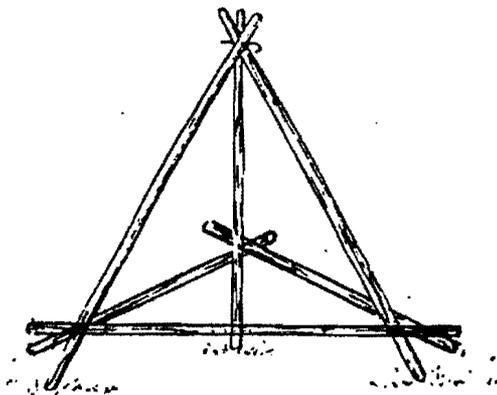
V. BIBLIOGRAPHIE

1. Gauthier, J. - Notions d'agriculture - Périgueux, 1983.
2. Genech, T. de la Louvière - Manuel d'agriculture - Le syndicat agricole Lille, 1979.
3. Gondé, R. et Jussiaux, M. - Cours d'agriculture moderne - La Maison Rustique - 1980.
4. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical - Min. de la Coop. Française, 1979.
5. Opération Haute Vallée - Fiches techniques "Embouche bovine".
Groupe Consultant Louis Berger International Inc., 1980.
6. Peace Corps - L'utilisation du silo-fosse et des leçons techniques - U.S Program and Training Journal, no. 15? 1976.



SECHAGE DE FOURRAGE

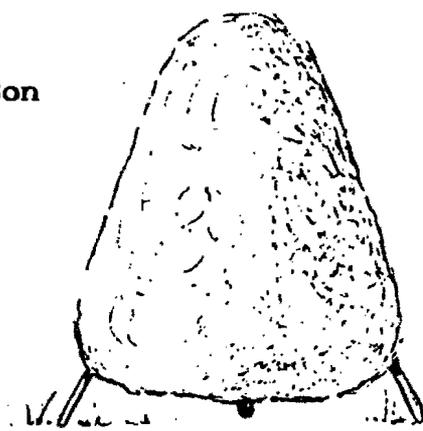
- charger d'abord les 3 angles A_1, B_1 et C_1
- puis le milieu des perches horizontales D_1, E_1, F_1
- puis A_2, B_2, C_2 ; puis D_2, E_2, F_2 , etc.
- arriver à mi-hauteur, faire un évidement de la cheminée centrale.



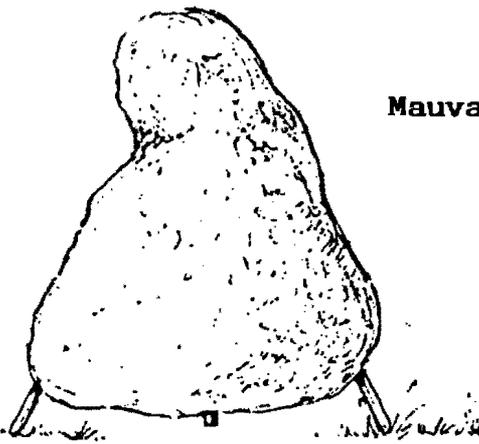
CHEVALET

(ou Perroquet)

Bon



Mauvais



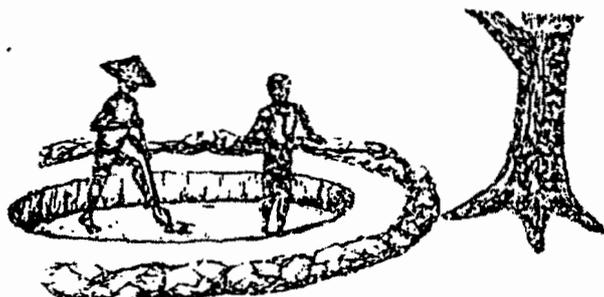
UN SICCAEUR BIEN GARNI DOIT AFFECTER UNE
FORME CONIQUE REGULIERE ET SANS "TROUS"



1) Choisir un emplacement: sol non sableux, nappe phréatique profonde, situé sous un couvert arbustif, proche de sources fourragères et à proximité du lieu de pacage des animaux.



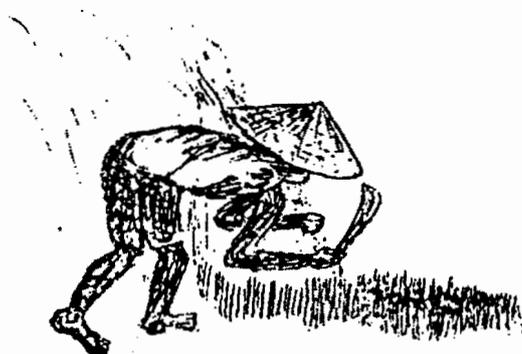
2) Tracer un cercle avec un piquet et une corde de 1,50 m (pour 1 silo de 3 m de diamètre et 2 m de profondeur).



3) Creuser le silo :
- les parois du silo doivent être droites et lisses, ni trous, ni pierres.

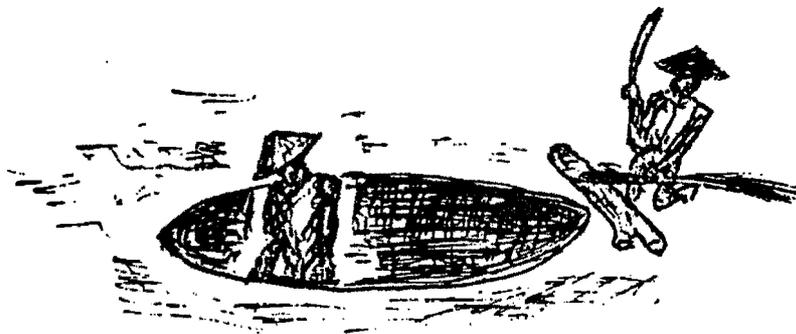


- Couper les racines qui dépassent les parois.

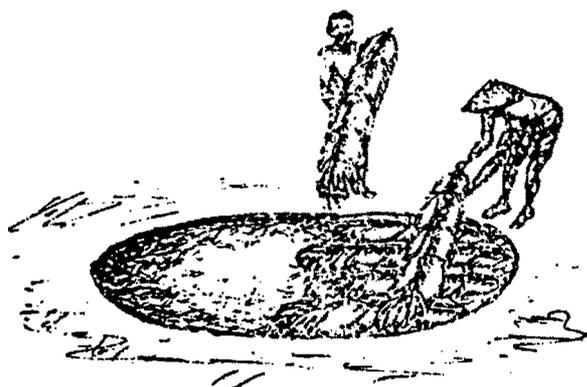


4) Faucher de l'herbe pour l'ensilage avant la floraison

SILO-FOSSE (Suite)



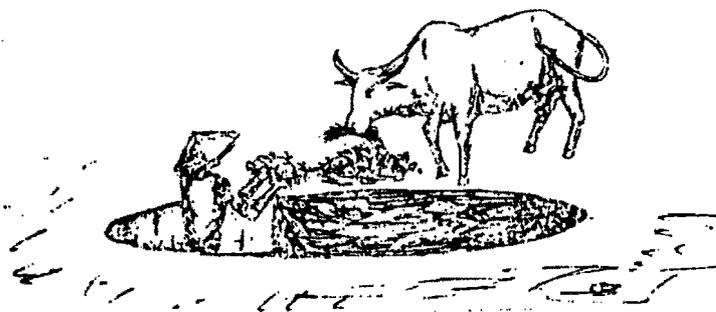
5) Découper les herbes en morceaux de 5 à 10 cm et bien entasser avec les pieds des fourrages découpés.



6) Couvrir le silo-fosse avec les feuillages lorsqu'il est entièrement rempli de fourrages.



7) Le recouvrir ensuite par une couche de terre de 50 cm d'épaisseur.



8) Distribuer les fourrages ensilés aux animaux par portion de silo.



PHOTO 1 — Silo tranchée (en cours de remplissage).

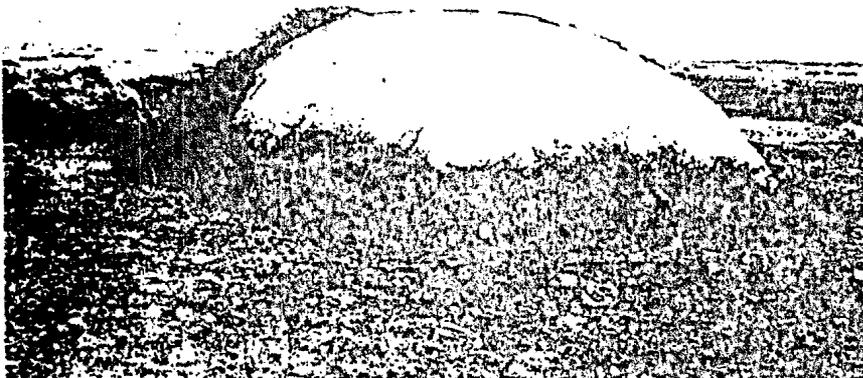
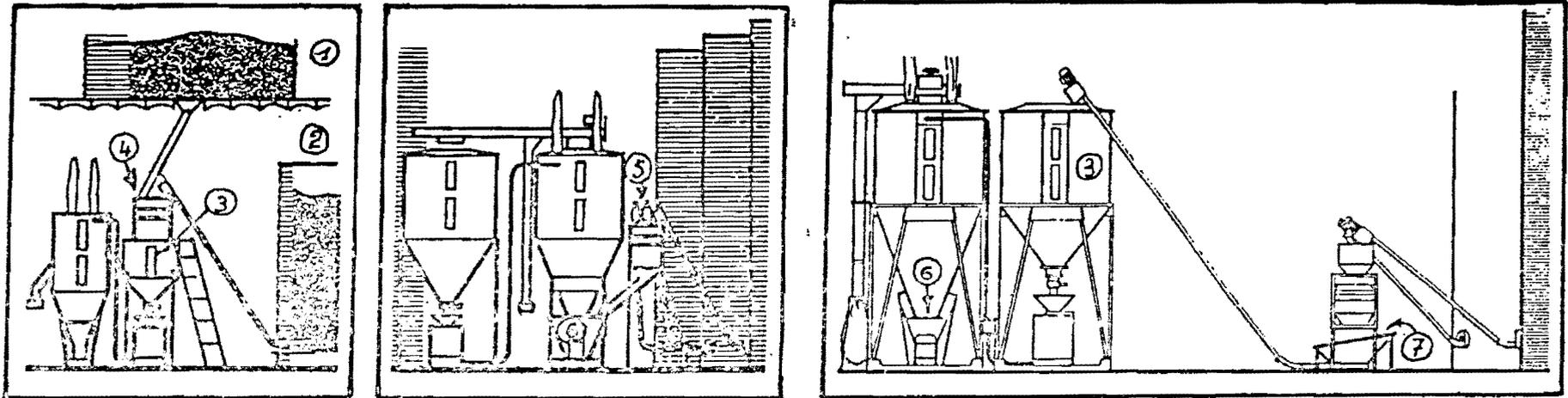


PHOTO 2 — Silo meule.

EQUIPEMENT POUR LA PREPARATION DES ALIMENTS COMPOSES



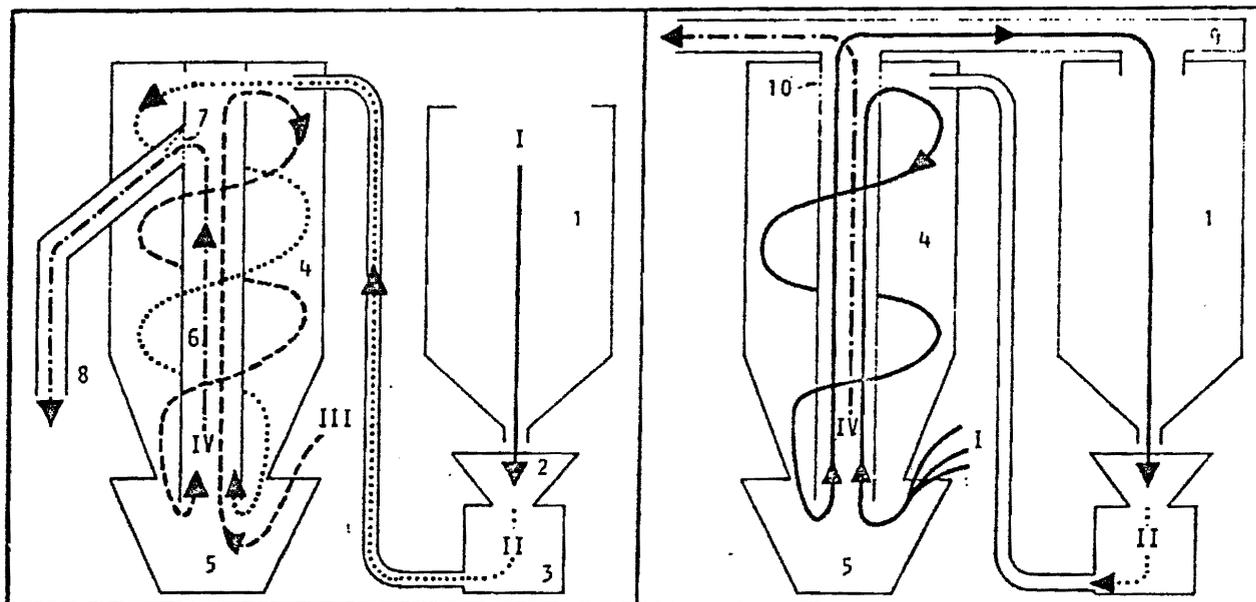
L'ALIMENTATION EN GRAINS DES GROUPES BROYEUR-MÉLANGEUR

A GAUCHE : Sans prémélange des céréales. Les grains, situés à l'étage (1) ou en cellules (2), sont repris par gravité ou par vis. Leur dosage peut se faire par marquage sur la vitre de la trémie (3) ou mieux par un pèse-grains automatique (4) placé au-dessus de la trémie.

AU CENTRE : Avec prémélange des céréales. Les diverses céréales, reprises dans les cellules par des vis à grains (5), sont introduites dans la trémie du mélangeur (6). Le pèse-grains automatique peut être placé au-dessus de cette trémie.

A DROITE : Avec utilisation d'une trémie basse. Le pèse-grains est ici installé au-dessus de la trémie basse (7). Les grains sont ensuite introduits soit directement dans la trémie du broyeur (3) soit dans celle du mélangeur (6), en vue du prémélange (si le transfert est possible du mélangeur au broyeur).

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES BROYEUR-MELANGEUR



A GAUCHE : Un groupe broyeur-mélangeur classique. Les grains (I) contenus dans la trémie (1) sont transformés en farine (II) par le broyeur (2) et soufflés par le ventilateur (3) au sommet du mélangeur (4). Les aliments complémentaires (III), déversés dans la trémie du mélangeur (5), sont élevés par la vis centrale (6) et retombent dans le mélangeur. Après mélange, l'ouverture de la vanne de vidoage (7) permet l'évacuation du mélange (IV) par la bouche d'ensachage (9).

A DROITE : Un groupe broyeur-mélangeur avec dispositif de transfert, permettant le prémélange des grains avant broyage. Les céréales à mélanger (I), introduites dans la trémie du mélangeur (5), sont mélangées puis dirigées par la vis horizontale de transfert (9), après fermeture de la vanne (10), vers la trémie à grains (1). La suite des opérations est identique au schéma de gauche, mais le mélange (IV) est évacué par la vis de transfert vers une bouche d'ensachage ou une trémie à farine.

UNITE 10

METHODES D'ABREUUREMENT

I. OBJECTIFS DE L'UNITE

A la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- connaître les besoins en eau pour chaque espèce d'animal domestique ;
- décrire la qualité d'une eau d'abreuvement ;
- énumérer les différentes ressources en eau pour l'abreuvement ;
- décrire les techniques et modalités d'abreuvement.

II. QUESTIONS D'ETUDES

1. Quel est le rôle de l'eau dans l'organisme animal ?
2. Quels sont les besoins en eau chez les ruminants ?
3. Les animaux sont-ils exigeants en ce qui concerne de la qualité de l'eau d'abreuvement ?
4. Quelles sont les différentes ressources en eau que l'on peut exploiter pour l'abreuvement des animaux ?
5. Quels sont les moyens d'exhaure de l'eau ?
6. Comment distribue-t-on rationnellement de l'eau d'abreuvement aux animaux ?

III. DISCUSSIONS

1. Quel est le rôle de l'eau dans l'organisme animal ?

Les animaux ont besoin d'eau pour se maintenir en vie, car elle est le composant majeur de l'organisme animal, puisqu'il en contient en moyenne 60 % de son poids vif.

Les principales fonctions remplies par l'eau sont les suivantes :

- **solvant** de diverses substances (sels minéraux, nutriments, enzymes, hormones etc.), elle assure leur **transport** dans l'organisme ;
- élimination des **déchets** de l'organisme sous forme d'urine ;
- participation à la **régulation thermique** de l'organisme (car son évaporation dans les poumons ou à travers la peau absorbe de la chaleur) ;
- composants de toutes les **excrétions** externes et pulmonaires, cutanées ;
- **lubrifiant** dans les articulations ;
- **protection** mécanique des organes tels que l'oeil, le fœtus etc.

2. Quels sont les besoins en eau chez les ruminants ?

L'eau ingérée par les animaux (eau des aliments et eau de l'abreuvement) est nécessaire pour couvrir :

- les besoins de **régulation** et d'**entretien** compensant les pertes d'eau éliminée par les matières fécales et par l'urine ainsi que par évaporation et sudation ;
- les besoins de **production** pour l'exportation d'eau contenue dans le lait, pour la fixation d'eau dans les tissus en cours de croissance pour la gestation, et pour compenser les pertes dues à l'augmentation de l'organisme aux productions.

Le manque d'eau se traduit par une baisse de production ; par contre, l'abreuvement abondant et fréquent augmente le niveau de consommation alimentaire et donc accroît la production de l'animal.

Les besoins en eau des animaux dépendent de l'espèce, de la race, de la taille des animaux, de leur niveau de production, d'aptitudes individuelles, mais aussi de facteurs extérieurs, (climat, conduite d'abreuvement), de la composition de la ration alimentaire.

Tableau X : Besoins quotidiens en eau des diverses espèces en fonction de la variation saisonnière.

Espèce	saison des pluies	saison fraîche	saison sèche
Bovin moyen (250 kg)	20 l	20 l	30 l
Chameau (400 kg)	15 l	25 l	40 l
Petit ruminant (30 kg)	2 l	3 l	5 l

- pour les vaches laitières, il faut de 4 à 5 litres d'eau par kg de lait produit, c'est-à-dire de 30 à 65 litres d'eau d'abreuvement selon leurs tailles.
- En élevage extensif sahélien, les besoins sont nettement supérieurs, notamment en saison sèche (30 à 40 l/j pour les zébus) et peuvent atteindre plus de 50 l lorsque la température atteint 45 à 50°C et que le degré hygrométrique de l'air est très bas.

3. Les animaux sont-ils exigeants en ce qui concerne de la qualité de l'eau d'abreuvement ?

Les animaux sont **moins exigeants** que les hommes au point de vue de qualités des eaux de boisson. Sauf à disposer d'autres sources en eau douce en quantité suffisante, les eaux des puits et forages sont souvent utilisées pour les hommes et les animaux.

Les eaux que l'on fournit au bétail pour son abreuvement ne sont pas de qualité égale :

- elles peuvent se montrer déficientes lorsqu'elles sont chargées en sels minéraux ;
- elles sont souvent responsables de la transmission de maladies parasitaires qui provoquent des pertes économiques.

a. Les eaux naturelles sont chargées en **sels minéraux** : carbonates, chlorures ou sulfates de sodium ou de magnésium, sels de fer etc.

- Pour l'abreuvement du bétail, toute eau contient **moins de 0,5 g/l de minéraux** peut être considérée comme peu minéralisée et parfaitement utilisable.
- Entre 0,5 à 2 g/l, les eaux sont salines, et le troupeau doit y être habitué. Mais à des concentrations plus élevées, elles peuvent provoquer des troubles graves chez les ruminants (diarrhées par ex.).
- Au Mali, la nappe phréatique de la région de Ségou est très peu minéralisée : 0,1 g/l ; de même celle du Gondo est d'excellente qualité. Tandis qu'au nord de l'Azaouad, les nappes peuvent atteindre 5 g/l.

b. L'eau peut également contenir des **matières organiques** en suspension, les débris végétaux ne présentent souvent aucun danger mais leur décomposition est parfois le signe de contamination microbienne.

c. La plupart des **eaux stagnantes** (mares non aménagées par exemple) sont fortement polluées par suite du piétinement des animaux et les déjections qu'ils y déversent. Elles renferment de nombreuses formes de **parasites** (douve, nématodes, ténias) et des **germes** de maladies infectieuses (peste bovine, charbon).

Pour conclure, l'eau de boisson, en milieu sahélien, joue un rôle important dans la transmission des maladies du bétail. C'est pour cette raison, il convient donc de déconseiller formellement l'utilisation de ces eaux de surface sans aménagements préalables qui permettent d'en éviter la pollution.

4. Quelles sont les différentes ressources en eau que l'on peut exploiter pour l'abreuvement des animaux ?

Les ressources en eau proviennent :

- des plans d'eau libre (de surface) se forment à partir des eaux de ruissellement (mares, lacs, rivières, fleuves).
- des eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux des précipitations et qu'ils se forment en nappes aquifères situées jusqu'à 300 à 400 m de profondeur.

4.1. Les eaux de surface

- Les **cours d'eau permanents** permettent toute l'année d'abreuvement des troupeaux (le Niger par exemple). Cependant, cette possibilité a entraîné la concentration de troupeaux auprès des bergers et les pâturages des environs qui ont subi une dégradation par surcharge (Exemple : zone d'inondation de bourgoutière).
- Les **cours d'eau non permanents** peuvent être améliorés comme points d'abreuvement par la construction de barrages.
- Les **mares naturelles** sont souvent de durée temporaire s'asséchant assez rapidement. Les animaux s'y abreuvent directement. Lorsque le niveau de l'eau s'abaisse, c'est pourquoi les pasteurs creusent alors des **puisards** où ils prélèvent de l'eau d'infiltration naturelle de meilleures qualités.

- Les **mares artificielles** : lorsque le relief s'y prête, des retenues d'eau pour les troupeaux peuvent être créées, dont le volume dépendra des précipitations et de superficie du bassin versant.

Exemple : pour un troupeau de 500 têtes, il faut disposer de $10 \text{ m}^3/\text{j}$, soit $1\,200 \text{ m}^3$ pour 3 mois. Compte tenu des pertes par évaporation et par infiltration, il faut prévoir un volume de $2\,000 \text{ m}^3$.

- Les petits **barrages collinaires** : lorsque le relief est peu accusé, on peut mettre à profit en créant de petits barrages en terre pour retenir l'eau de ruissellement de la pluie.

42. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines ne peuvent être atteintes que par le creusement d'ouvrages dans les terrains qui les contiennent (nappes phréatiques).

Exploitation par des puits :

- Les **puits traditionnels** : les pasteurs ont, de longue date, su exploiter les eaux souterraines en creusant des puits, de section circulaire de diamètre de 1 m au maximum, leur profondeur ne dépasse pas 60 mètres. Les puits traditionnels n'ont pas de margelle et s'ouvrent directement à la surface du sol. Ils ont une durée de vie limitée, des éboulements se produisent soit au fond soit en surface (orifice).
- Les **puits modernes** : sont creusés par des matériels mécaniques dont les cuvelages sont en dur (béton ou métal). Les puits ont un diamètre de 1,80 m, les bases de cuvelage qui s'emboîtent les unes dans des autres (15 cm d'épaisseur et 75-100 cm de hauteur). La profondeur des puits variant de 15 m à plus de 100 m.

Les **aménagements de surface** ont pour but de protéger les abords du puits, de faciliter l'exhaure de l'eau, de diminuer les pertes et d'assurer l'accès des animaux aux abreuvements.

La **margelle** protège le puits des eaux de ruissellement, pour les puits peu profonds (jusqu'à 15 cm) où l'exhaure se fait à la main, une margelle de 50 cm d'environ de haut servira d'appui et elle sera entourée d'un anneau bétonné d'environ 2 mètres de large en pente vers une rigole périphérique conduisant vers les abreuvoirs.

Un puits qui fournit les débits de 0,5-1 l/sec soit 1,8 à 3,6 m³/h est acceptable ; car le débit d'un puits dépend de la profondeur de pénétration dans la couche aquifère et de sa perméabilité.

- Les **forages** : par forage, on entend le percement d'un trou de faible diamètre qui peut pénétrer des terrains sur **plusieurs centaines de mètres**.

Le débit des pompes que l'on y installe peut être considérable jusqu'à 200 m³/h. La réalisation de tels ouvrages nécessite des équipements lourds et du personnel spécialisé.

C'est pourquoi leur distribution au bétail exige une installation spéciale : une **station de pompage** avec moteurs actionnant la **pompe**, un **réservoir** de 300 m³ ou plus en tôle sur soubassement en béton, d'où part une conduite de distribution qui alimente les **abreuvoirs** métalliques (12 m de long) accessibles au bétail sur les deux côtés.

5. Quels sont les moyens d'exhaure de l'eau ?

On distingue 2 types d'exhaure de l'eau : l'exhaure traditionnelle et l'exhaure modernisée.

51. L'exhaure traditionnelle

- Exhaure **manuelle** : est une pratique courante partout où l'eau n'est pas trop profonde (moins de 10 m). Elle est pratiquée à l'aide d'un **délou**, poche de cuir attachée à un cercle de bois par un lacet de cuir. Le délou pour puisage à la main mesure de 30 à 40 cm de diamètre, et peut contenir de 10 à 20 litres d'eau. Il est remonté à l'aide d'une corde (souvent en lanières de cuir) fixée en trois points du cercle. Le contenu du délou est versé dans l'abreuvoir proche fait de terre battue, ou en métallique (fût de pétrole coupé p. ex.). Le débit d'eau tirée est assez faible, au maximum $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Exhaure avec **traction attelée**

Dès que l'eau est à plus de 15 mètres, on utilise la traction animale (boeufs, chameaux parfois ânes).

Le puisage se fait par un délou de grandes dimensions (volume de 40 litres environ).

Pour la traction du délou, on utilise une corde en lanière qui passe dans la gorge d'une poulie en bois, laquelle roule autour d'un axe enfilé dans les trous des branches de la fourche (tronc ou forte branche qui se divise). La fourche est plantée dans le sol et inclinée vers le centre du puits afin que la poulie soit au-dessus de l'eau.

Les animaux tirent les uns après les autres en succession circulaire. Un homme auprès du puits vide le délou dans l'abreuvoir.

Avec 4 attelages, chacun peut tirer 400 l d'eau/heure soit $15 \text{ m}^3/\text{jour}$.

52. L'exhaure modernisée

Le puisage de l'eau est un travail pénible pour les éleveurs qui ont cherché à rendre leur travail moins pénible par les moyens mécaniques d'exhaure.

Des équipements mécanisés supposent, pour leur emploi et leur entretien, l'existence d'une structure technique collective et d'un financement d'investissement.

L'introduction des **pompes** ou **moulins à eau** est souvent un échec causé par l'inadaptation des machines ou l'usure rapide des parties mécaniques mobiles.

a. Pompes manuels

Les débits nécessaires pour l'abreuvement du bétail sauf pour petit élevage avicole, ne permettent pas d'employer des pompes à mains du type aspirant et refoulant à balancier ou à godets.

b. Pompes éoliennes

Elles sont utilisables pour les profondeurs faibles et moyennes. Des éoliennes ont été installées dans la région de Gao, sur des forages de 100 à 150 mètres, donnant les débits de pompage de 15 à 30 m³/jour.

c. Pompes solaires

Dans les régions sahélo-soudaniennes, l'ensoleillement annuel dépassant 3 000 heures permet de récupérer l'énergie solaire par des capteurs, qui sera transformée ensuite en énergie mécanique ou énergie électrique pour faire fonctionner la pompe. Les installations de pompes solaires peuvent fournir 10 à 20 m³/jour. (Exemple : les pompes solaires de la station agricole de Diré).

6. Comment distribue-t-on rationnellement de l'eau d'abreuvement aux animaux ?

Les installations d'abreuvement des animaux sont appelées les **abreuvoirs**, qui désignent tout récipient ou construction où les animaux peuvent se désaltérer.

L'abreuvoir doit :

- fournir aux animaux, en une seule prise, une quantité d'eau saine et fraîche au moins égale à leurs besoins
- être d'un accès facile et fréquent
- être d'un remplissage rapide et d'une vidange simple
- être facile à nettoyer.

a. Emplacement

On placera donc l'abreuvoir :

- à un carrefour de piste
- à un endroit très fréquenté par les animaux
- à l'entrée d'un bâtiment d'élevage
- contre le mur d'une étable près de la porte
- aux alentours d'un forage.

b. Aménagement

Le sol en abord de l'abreuvoir, à cause du piétinement important, doit être renforcé par empierrement ou par un abord en maçonnerie ou en béton. Il faut prévoir une pente légère et une rigole de collecte des eaux de vidanges et des flaques.

c. Construction

- Matériaux de construction : l'abreuvoir peut être en métal (fer étamé), en maçonnerie, en béton.

On utilise souvent en guise de l'abreuvoir, dans le cas de l'embouche bovine, des fûts de pétrole coupé en deux ou grande bassine etc.

- Dimensions : la hauteur des abreuvoirs sera telle que l'animal en penchant la tête puisse y boire. Le nombre et la taille sont tels que, par animal présent, l'abreuvoir puisse contenir largement les besoins journaliers (la perte y comprise).
- Forme : la forme idéale est l'anneau ou la barque légèrement surélevée ; elle peut être rectangulaire. Les abords sont ronds ou sans aspérités pour ne pas blesser l'animal.

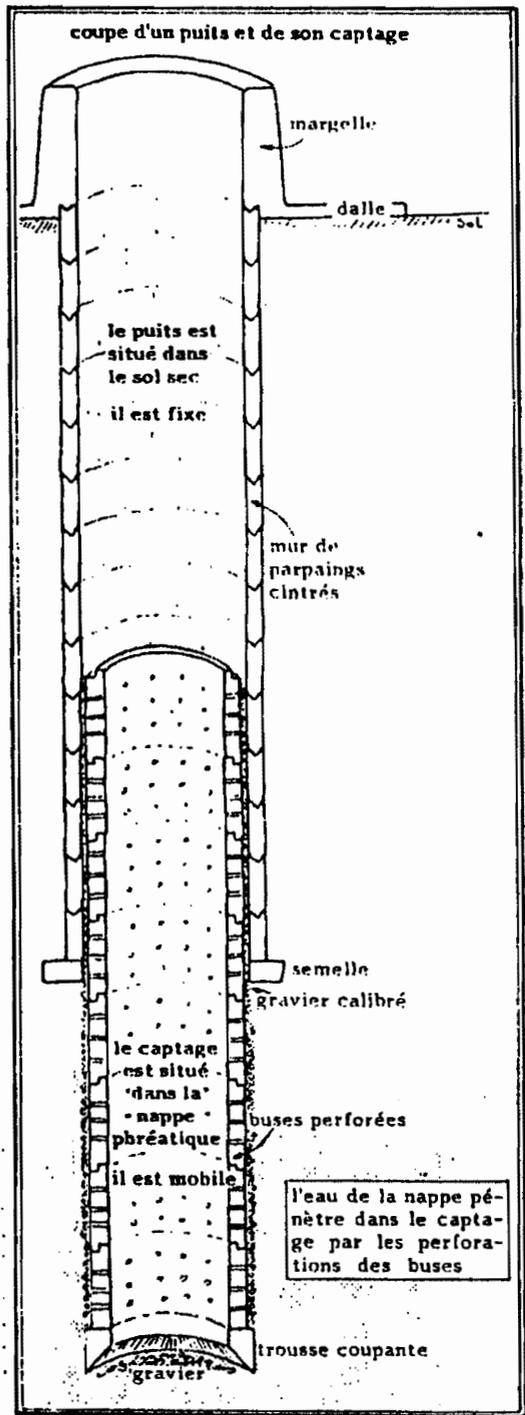
IV. ACTIVITES DIDACTIQUES SUGGEREES

1. Collectionner quelques échantillons d'eau (dans les bouteilles propres) provenant du fleuve, marigot, mare, puit, eau de ville etc. Comparer leurs caractéristiques (pureté, matières en suspension, turbidité etc.). Essayer de les classer en fonction de la qualité d'eau potable pour l'homme et pour les animaux.
2. Demander les renseignements sur les caractéristiques chimiques des eaux du Mali (Service Hydraulique, Opération Hydraulique Villageoise etc.). Déterminer leurs qualités pour l'abreuvement des animaux.

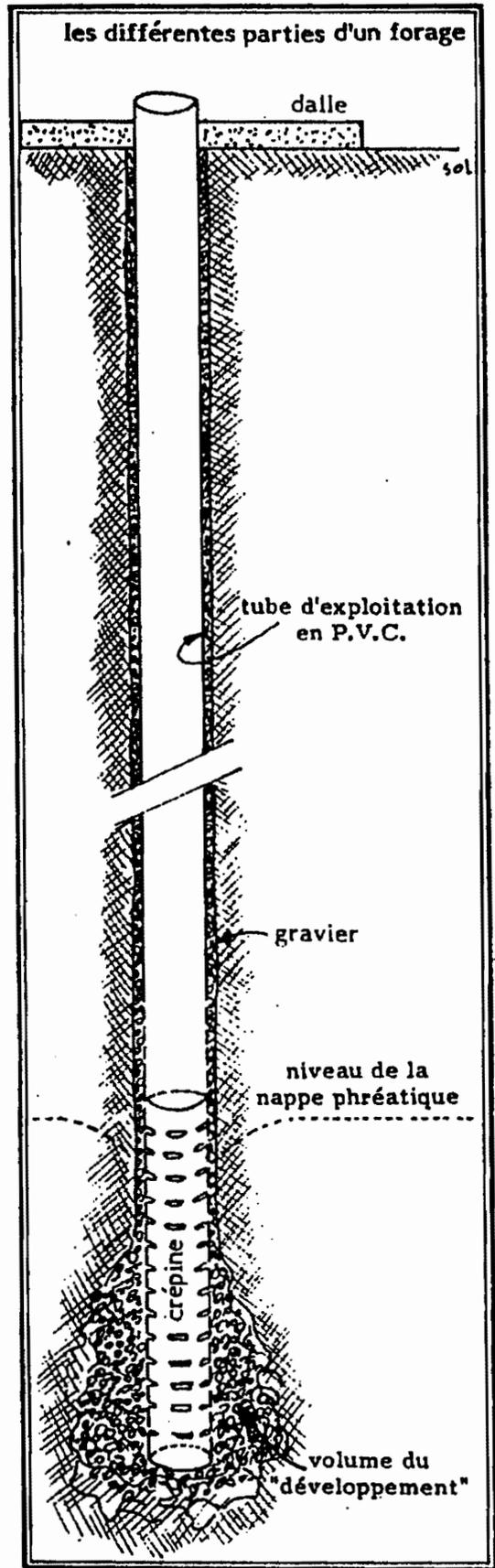
V. BIBLIOGRAPHIE

1. Chleq, J.L. et Dupriez, H. - Eau et terres en fuite -
Ed. L'Harmattan, Paris, 1984.
2. Coulomb, J., Serres, H. et Tacher, G. - Elevage en pays sahéliens -
Presses Universitaires de France, 1981.
3. IEMVT - Manuel vétérinaire des agents techniques de l'élevage tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
4. IEMVT - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical -
Min. de la Coop. Française, 1978.
5. IEMVT - Manuel de construction des bâtiments pour l'élevage en zone tropicale -
Min. de la Coop. Française, 1978.
6. Payot, J. - L'élevage en pays tropicaux -
Ed. Maisonneuve Larose, Paris 5e, 1985.

UN PUIT

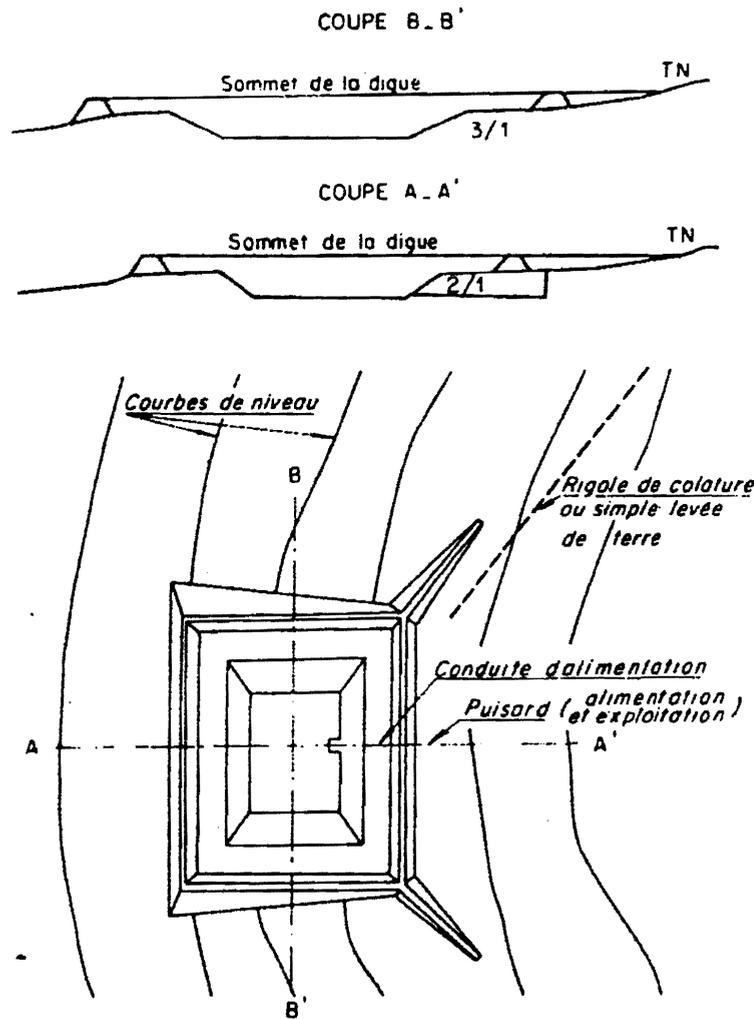


UN FORAGE



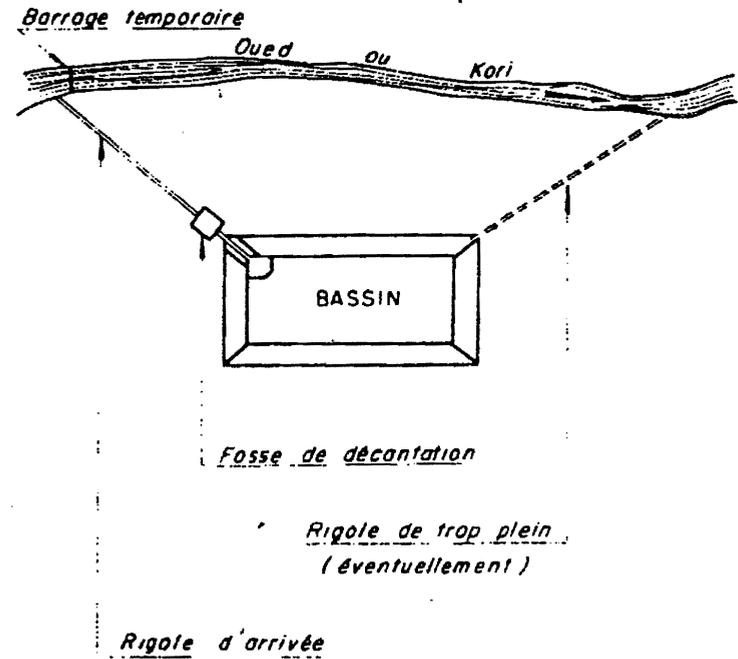
CROQUIS TYPE DE MARE

ALIMENTATION PAR BASSIN
DE REPRISE ET PUISARD

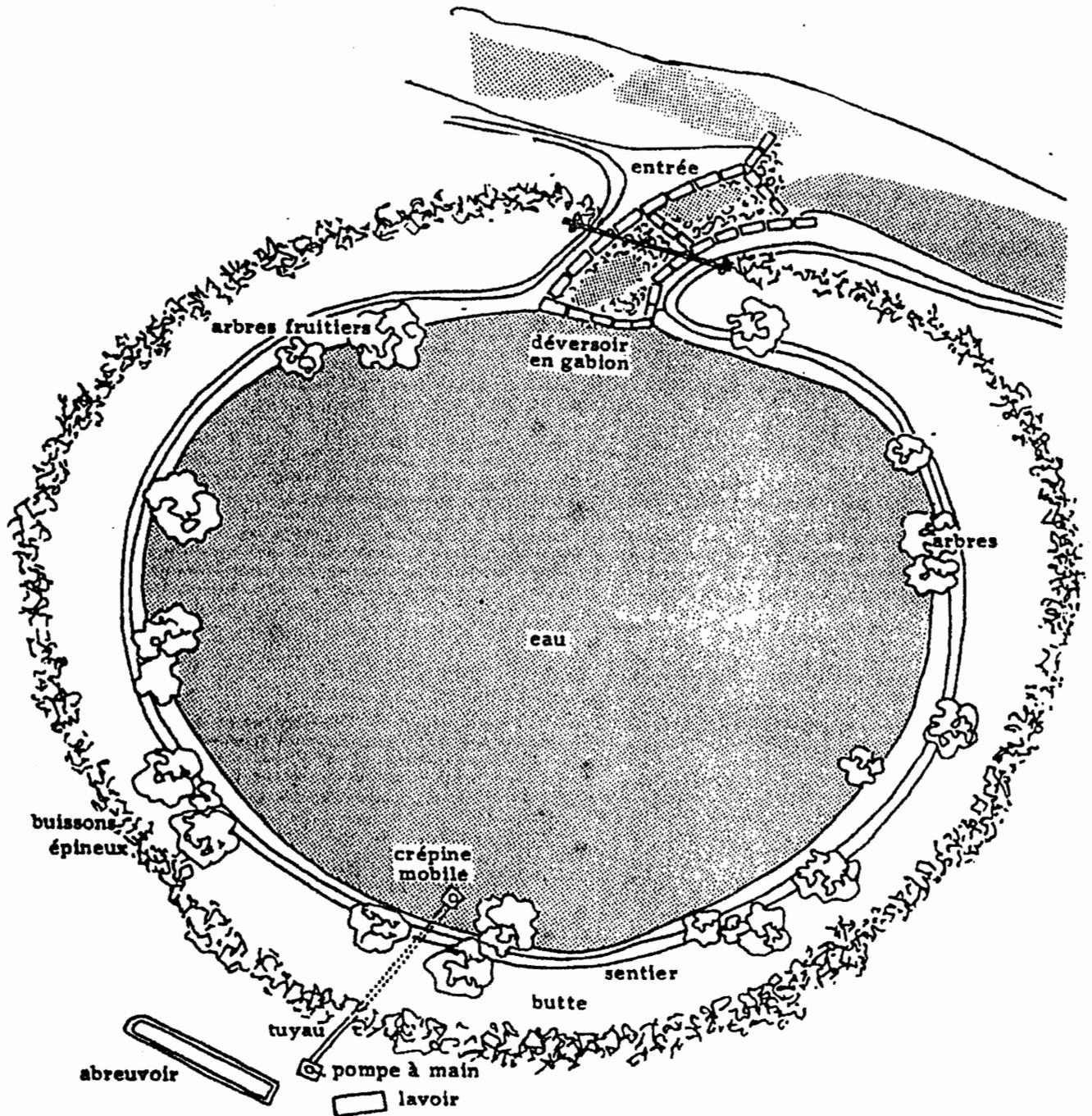


CROQUIS TYPE DE MARE

ALIMENTATION PAR DETOURNEMENT
DES EAUX D'UN COURS D'EAU



STOCKAGE DE L'EAU EN SURFACE



AMENAGEMENT D'UNE MARE



Photo 3 - Point d'eau. Mare permanente.



Photo 4 - Abreuvement à la mare.



Photo 5- Puisard avec exhaure manuelle



Photo 6- Puisard sahélien



Photo 7 – Rassemblement en saison sèche autour d'un puits en béton

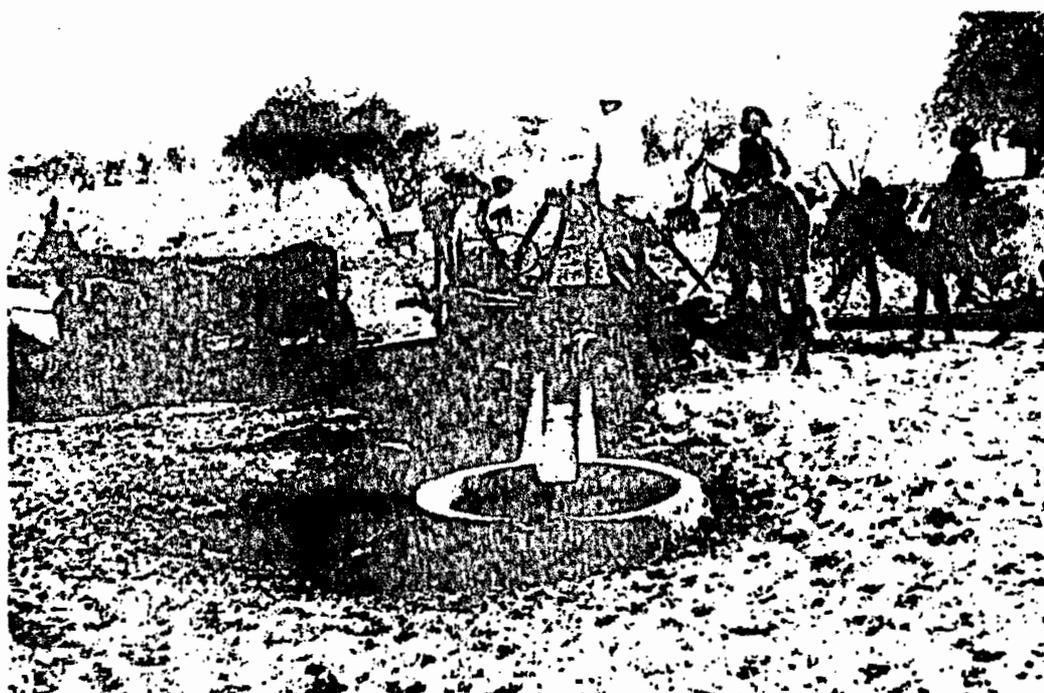


Photo 8 – Puits cimenté

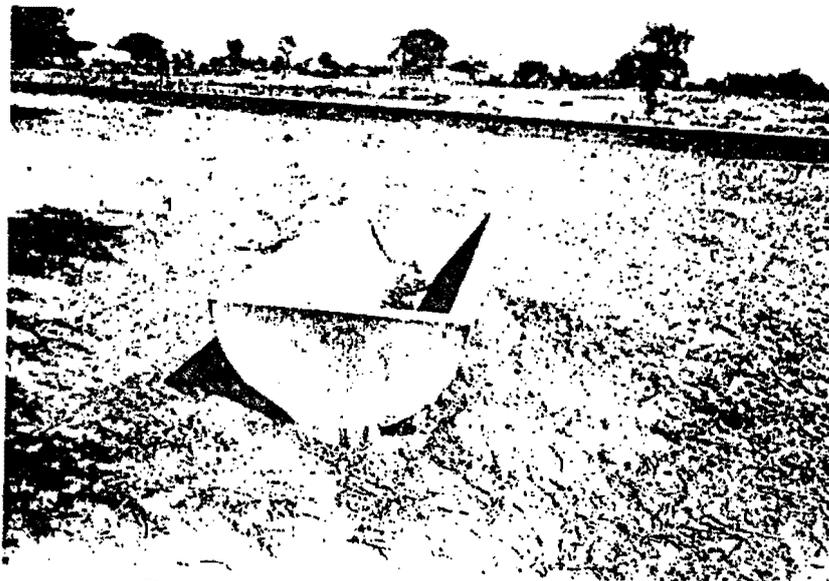


Photo 9 -- Abreuvoir en béton

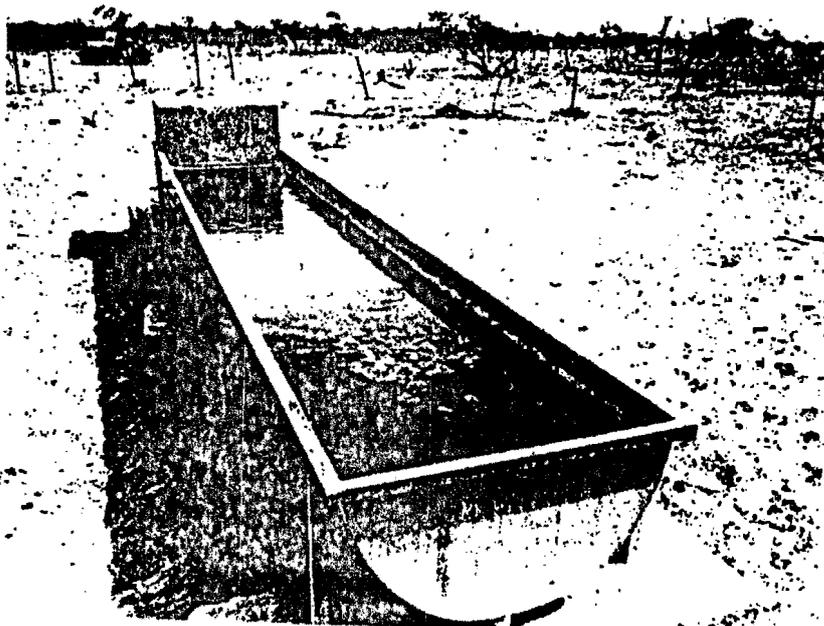


Photo 10 -- Abreuvoir en fer soudé

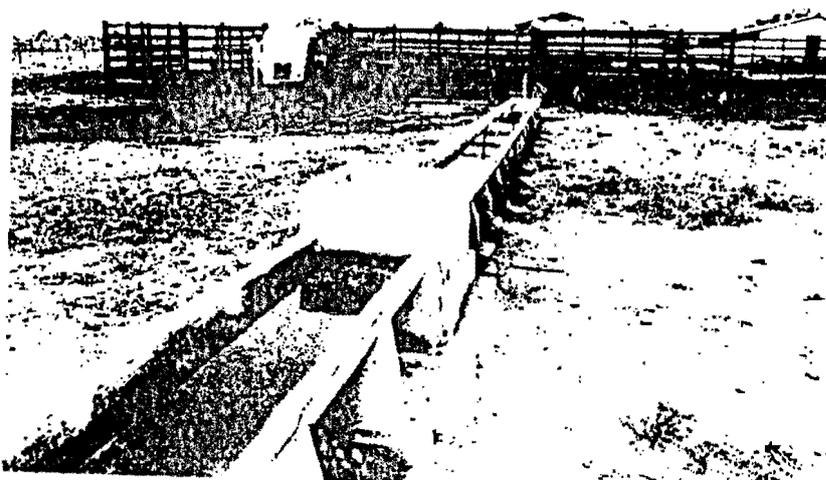


Photo 11 -- Abreuvoir proche d'un lieu très fréquenté par les animaux

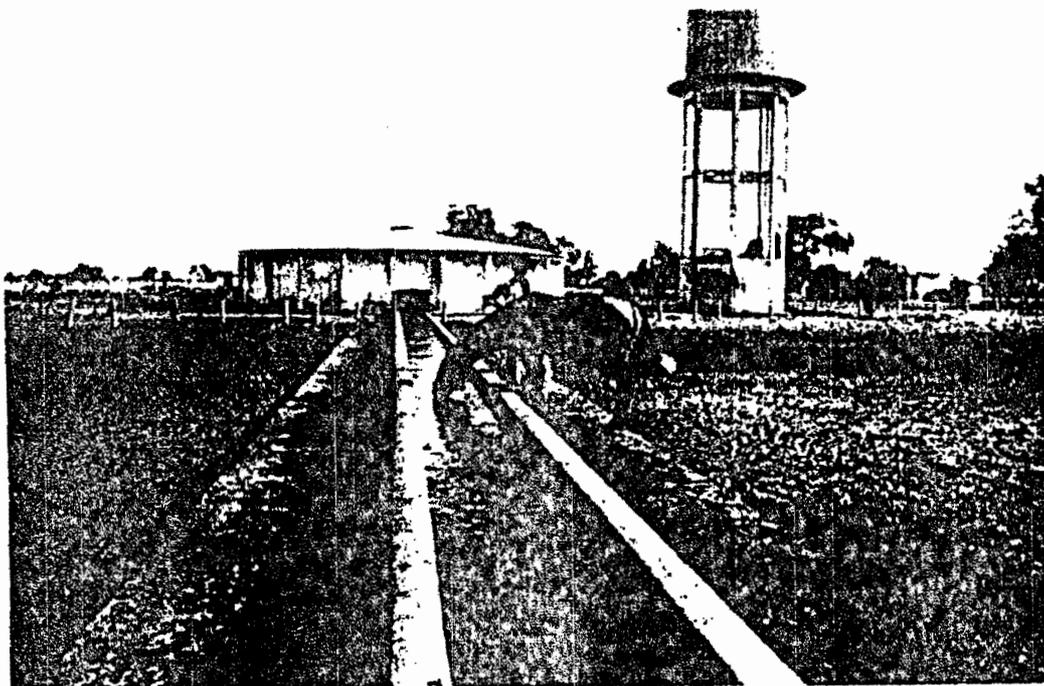


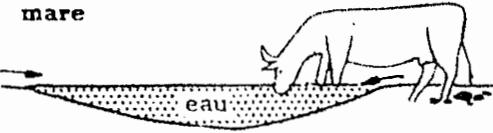
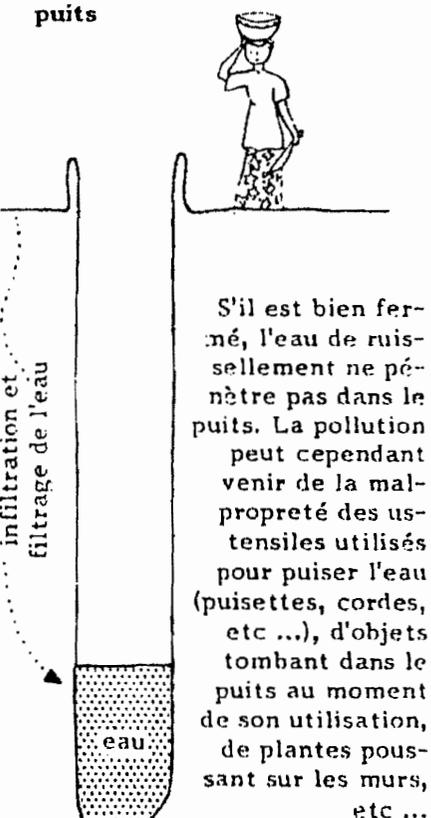
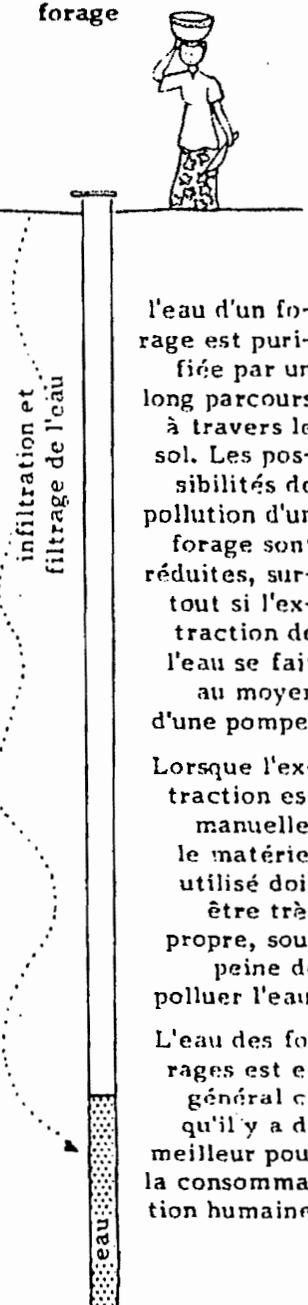
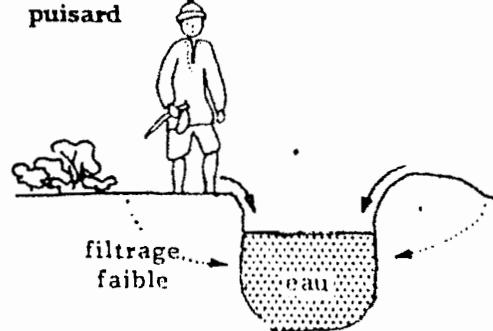
Photo 12 - Abreuvoir et château d'eau



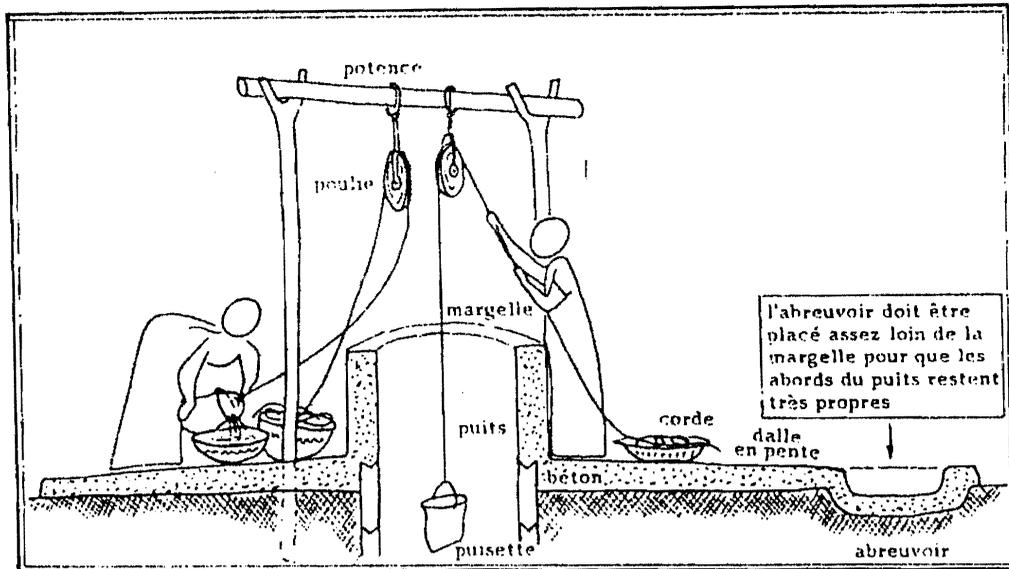
Photo 13 - Abreuvoir près d'un forage profond

LA QUALITE DE L'EAU

les différences de qualité de l'eau

mare	puits	forage
 <p>une mare est approvisionnée uniquement par l'eau de ruissellement. L'eau n'est pas filtrée. Elle contient de la terre. On y trouve de nombreux germes de maladies humaines et animales.</p> <p>L'eau des mares n'a pas les qualités nécessaires à la boisson. Par contre, elle peut être utilisée sans danger pour arroser les cultures.</p>	 <p>S'il est bien fermé, l'eau de ruissellement ne pénètre pas dans les puits. La pollution peut cependant venir de la malpropreté des ustensiles utilisés pour puiser l'eau (puisettes, cordes, etc ...), d'objets tombant dans le puits au moment de son utilisation, de plantes poussant sur les murs, etc ...</p> <p>Si le puits a plusieurs mètres de profondeur, l'épaisseur des couches d'infiltration est suffisante pour dégager l'eau des germes de maladies qu'elle contient. Elle est donc plus saine du point de vue de la consommation humaine.</p>	 <p>l'eau d'un forage est purifiée par un long parcours à travers le sol. Les possibilités de pollution d'un forage sont réduites, surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen d'une pompe.</p> <p>Lorsque l'extraction est manuelle, le matériel utilisé doit être très propre, sous peine de polluer l'eau.</p> <p>L'eau des forages est en général ce qu'il y a de meilleur pour la consommation humaine.</p>
 <p>le puisard est un trou peu profond, creusé là où la nappe phréatique est proche de la surface du sol (par exemple dans un bas-fond).</p> <p>Il est ouvert et peut donc recevoir des saletés par le fait du ruissellement de l'eau, de la chute d'animaux, d'insectes, etc ...</p> <p>L'eau de la nappe phréatique n'est que faiblement filtrée, vu la minceur des couches d'infiltration.</p> <p>L'eau des puisards peut être utilisée pour l'arrosage des cultures. La consommation par l'homme n'est pas souhaitable.</p>		

BEST AVAILABLE COPY

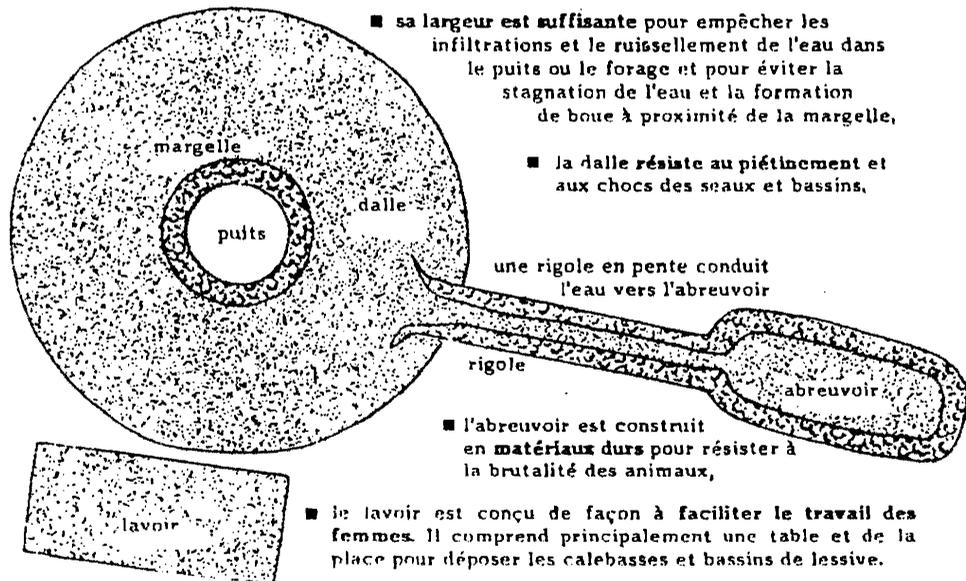


AMENAGEMENT D'UN PUITIS

les caractéristiques d'un bon aménagement à la surface d'un puits

plan de surface

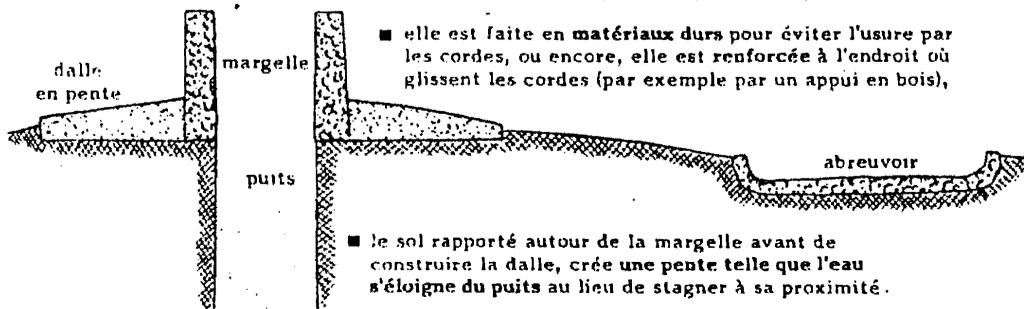
- la dalle est construite en pente légère. Elle est munie ou non d'une rigole,
- sa largeur est suffisante pour empêcher les infiltrations et le ruissellement de l'eau dans le puits ou le forage et pour éviter la stagnation de l'eau et la formation de boue à proximité de la margelle,
- la dalle résiste au piétinement et aux chocs des seaux et bassins,



- une rigole en pente conduit l'eau vers l'abreuvoir
- l'abreuvoir est construit en matériaux durs pour résister à la brutalité des animaux,
- le lavoir est conçu de façon à faciliter le travail des femmes. Il comprend principalement une table et de la place pour déposer les Calebasses et bassins de lessive.

plan en coupe

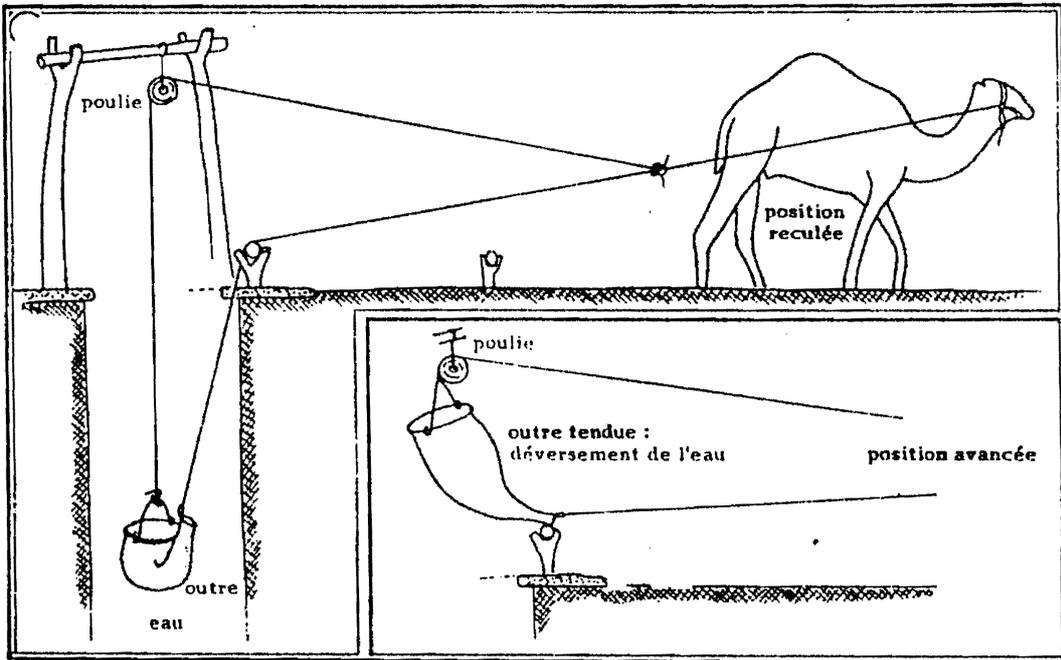
- la margelle est assez élevée pour empêcher la chute des enfants et des animaux,
- elle est solide et peut servir de point d'appui aux personnes qui puisent l'eau,



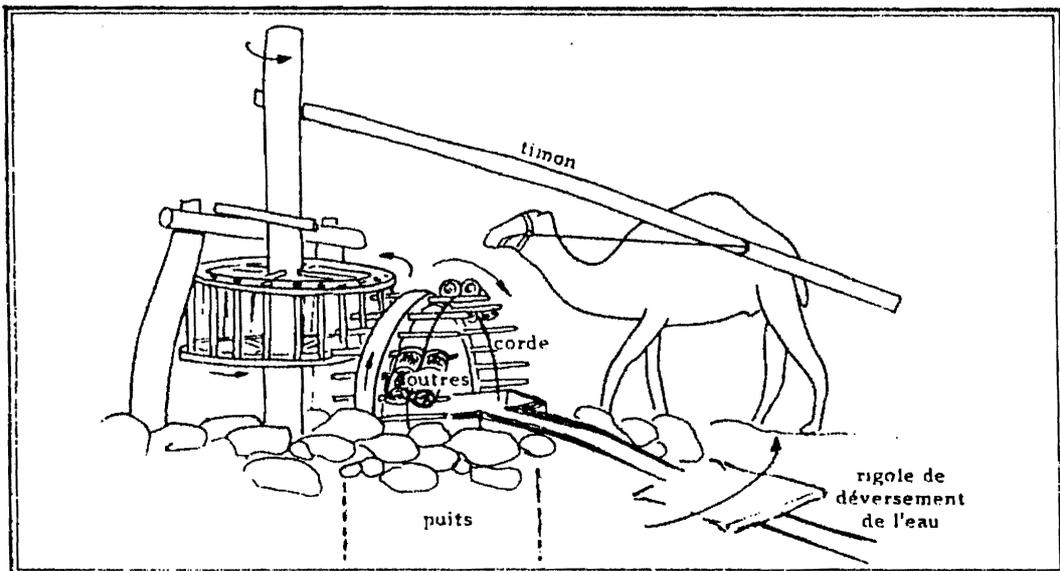
- elle est faite en matériaux durs pour éviter l'usure par les cordes, ou encore, elle est renforcée à l'endroit où glissent les cordes (par exemple par un appui en bois),
- le sol rapporté autour de la margelle avant de construire la dalle, crée une pente telle que l'eau s'éloigne du puits au lieu de stagner à sa proximité.

BEST AVAILABLE COPY

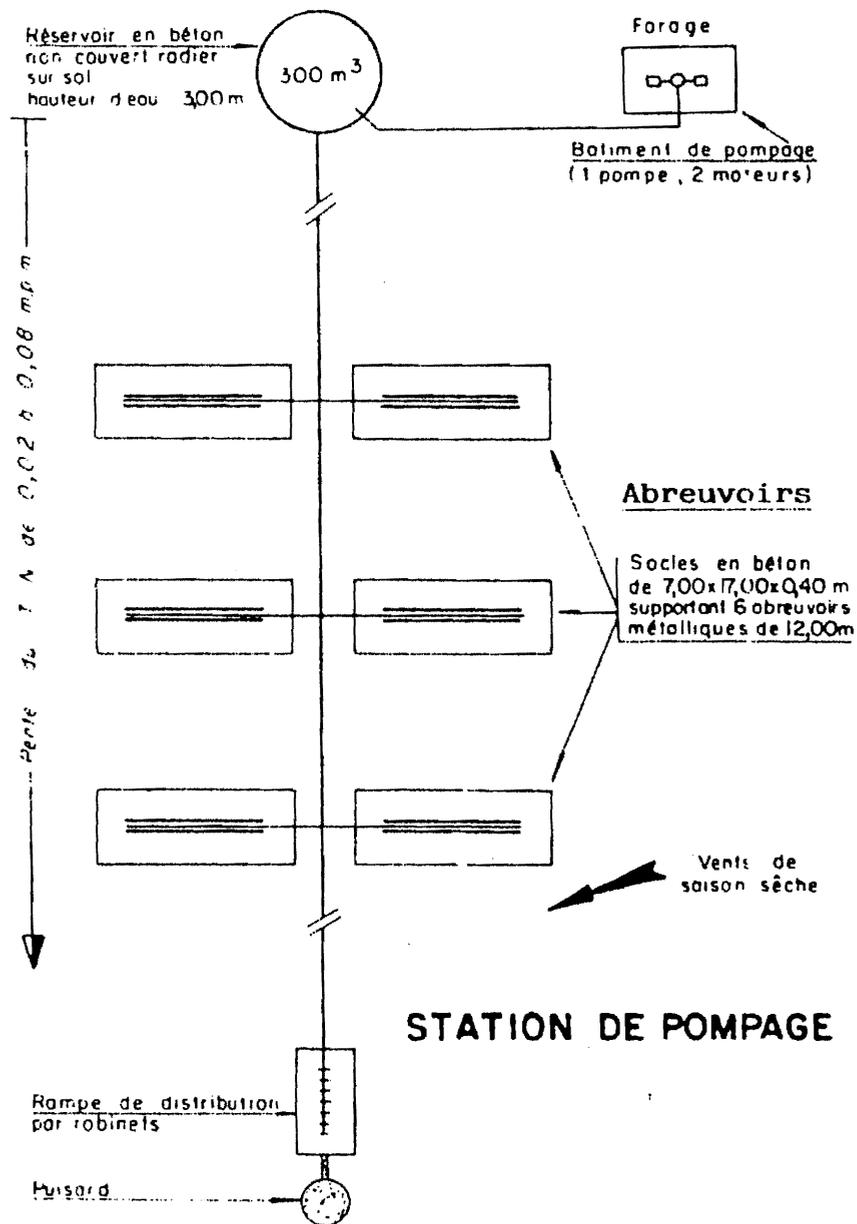
LE DALOU



UTILISATION DE L'ENERGIE ANIMALE POUR L'EXHAURE DE L'EAU



LA NORIA



ABREUVEMENT DES ANIMAUX PAR FORAGE

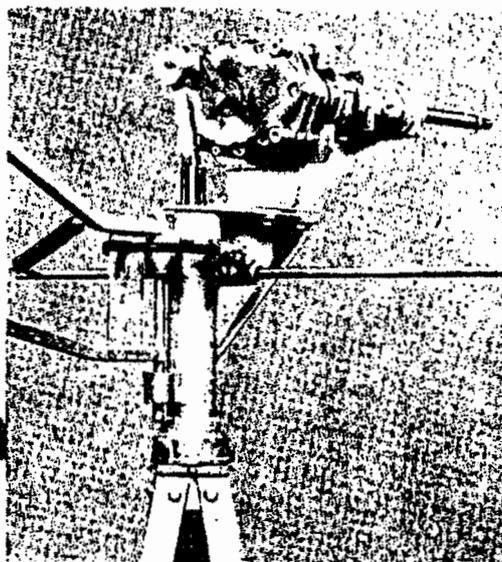
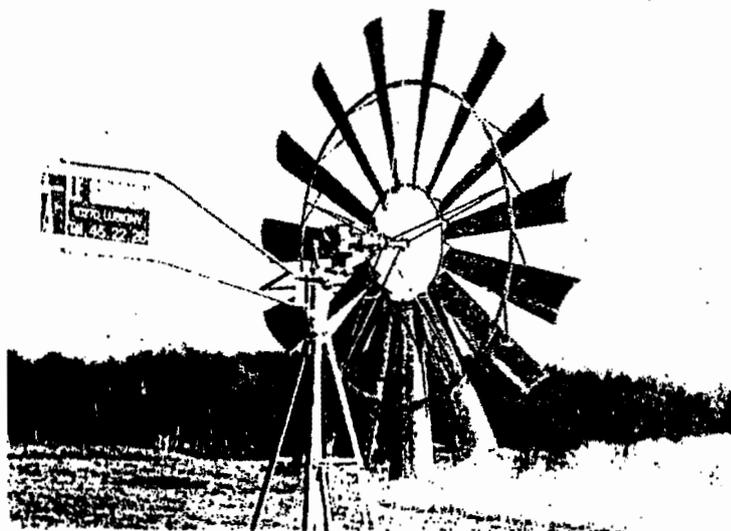


Photo 14 — Pompe éolienne



Photos 15 — Pompe utilisant l'énergie captée par un ensemble de piles photovoltaïques

