

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES
E. I. S. M. V.

ANNEE 1993



N° 09

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES BESOINS ENERGETIQUES POUR LA CROISSANCE ET L'ENGRAISSEMENT DES ZEBUS GOBRA

THESE

présentée et soutenue publiquement le 15 Juillet 1993
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

par

Momar Talla SECK

né le 30 Mai 1966 à KHOMBOLE (Sénégal)

Président du Jury

Monsieur Pape TOURE

Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

Rapporteur

Monsieur Moussa ASSANE

Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar

Membres

Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar

Monsieur Doudou BA

Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

Directeurs de Thèse

Monsieur Didier RICHARD

Docteur Vétérinaire,

Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET

Maître - Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES
DIPLOME D'ETAT
1993

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES
E. I. S. M. V.

ANNEE 1993



N° 09

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES BESOINS
ENERGETIQUES POUR LA CROISSANCE
ET L'ENGRAISSEMENT DES ZEBUS GOBRA**

THESE

présentée et soutenue publiquement le 15 Juillet 1993
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE
(DIPLOME D'ETAT)

par

Momar Talla SECK

né le 30 Mai 1966 à KHOMBOLE (Sénégal)

- Président du Jury** : Monsieur Pape TOURE
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Rapporteur** : Monsieur Moussa ASSANE
Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar
- Membres** : Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
- Monsieur Doudou BA
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Directeurs de Thèse** : Monsieur Didier RICHARD
Docteur Vétérinaire.
- Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET
Maître - Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

I. PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1 - ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

Kondi	AGBA	Maître de Conférences Agrégé
Jacques	ALAMARGOT	Assistant
Brahim	KABOUL	Moniteur

2 - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Papa El Hassan	DIOP	Maître de Conférences Agrégé
Kalidou	BA	Moniteur
Latyr	FAYE	Docteur Vétérinaire

3 - ECONOMIE - GESTION

Hélène	FOUCHER	Assistante
--------	---------	------------

4 - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES

ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)

Malang	SEYDI	Maître de Conférences Agrégé
Adama Abdoulaye	THIAM	Moniteur
Papa Ndary	NIANG	Docteur Vétérinaire

5 - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE - PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Justin Ayayi	AKAKPO	Professeur titulaire
Jean	OUDAR	Professeur titulaire
Rianatou (Mme)	ALAMBEDJI	Assistante
Komi A.E.	GOGOVR	Moniteur
Souaïbou	FAROUGOU	Docteur Vétérinaire

6 - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE

Louis Joseph	PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Papa Ndéné	DIOUF	Moniteur
Bassirou	BONFÔH	Docteur Vétérinaire

7 - PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE

CLINIQUE AMBULANTE

Yalacé Y.	KABORET	Maître-Assistant
Pierre	DECONINCK	Assistant
Lamboni B.	BANGUE	Moniteur
Achille	OLLOY	Docteur Vétérinaire

8 - PHARMACIE - TOXICOLOGIE

François A.	ABIOLA	Professeur titulaire
Ismaïla	KANE	Moniteur

9 - PHYSIOLOGIE - THERAPEUTIQUE - PHARMACODYNAMIE

Alassane	SERE	Professeur titulaire
Moussa	ASSANE	Maître de Conférences Agrégé
Kossi	MABALO	Moniteur

10 - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme	SAWADOGO	Professeur titulaire
Désiré Marie A.	BELEMSAGA	Moniteur
Baba Traoré	FALL	Docteur Vétérinaire

11 - ZOOTECHE - ALIMENTATION

Gbeukoh Pafou	GONGNET	Maître-Assistant
Ayao	MISSOHOU	Assistant
Souleymane	SAKANDE	Moniteur

.../...

II. PERSONNEL VACATAIRE (prévu)

- BIOPHYSIQUE

René	NDOYE	Professeur titulaire Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Ch. Anta DIOP de DAKAR
Alain	LECOMTE	Maître de Conférences Associé Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Ch. Anta DIOP de DAKAR
Sylvie (Mme)	GASSAMA	Maître de Conférences Agrégée Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Ch. Anta DIOP de DAKAR

- BOTANIQUE - AGROPEDOLOGIE

Antoine	NONGONIERMA	Professeur IFAN - Institut Ch. Anta DIOP Université Ch. Anta DIOP de DAKAR
---------	-------------	--

- PATHOLOGIE DU BETAIL

Magatte	NDIAYE	Docteur Vétérinaire - Chercheur Laboratoire de Recherches Vétérinaires DAKAR
---------	--------	--

- ECONOMIE

Cheikh	LY	Docteur Vétérinaire - Chercheur FAO - BANJUL
--------	----	---

- AGRO-PEDOLOGIE

Alioune	DIAGNE	Docteur Ingénieur Département "Sciences des Sols" Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - THIES
---------	--------	---

- SOCIOLOGIE RURALE

Oussouby

TOURE

Sociologue
Centre de Suivi Ecologique
Ministère du Développement Rural

III. PERSONNEL EN MISSION (Prévu)

- PARASITOLOGIE

Ph.

DORCHIES

Professeur
ENV - TOULOUSE (France)

M.

KILANI

Professeur
ENMV SIDI-THABET (Tunisie)

- ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE

G.

VANHAVERBEKE

Professeur
ENV - TOULOUSE (France)

- PATHOLOGIE DES EQUIDES ET CARNIVORES

A.

CHABCHOUB

Professeur
ENMV SIDI-THABET (Tunisie)

- ZOOTECNIE - ALIMENTATION

A.

BENYOUNES

Professeur
ENMV - SIDI-THABET (Tunisie)

- ALIMENTATION

R.

PARIGI-BINI

Professeur
Université de PADOUE (Italie)

R.

GUZZINATI

Docteur
Université de PADOUE (Italie)

- CHIRURGIE

A. CAZIEUX Professeur
ENV - TOULOUSE (France)

- OBSTETRIQUE

A. MAZOUZ Maître-Assistant
Institut Agronomique et
Vétérinaire HASSAN II - (Rabat)

- DENREOLOGIE

J. ROZIER Professeur
ENV - ALFORT (France)

A. ETTRIQUI Professeur
ENMV SIDI-THABET (Tunisie)

- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

P. BENARD Professeur
ENV - TOULOUSE (France)

- PHARMACIE

J.D. PUYT Professeur
ENV - NANTES (France)

- TOXICOLOGIE

G. SOLDANI Professeur
Université de PISE (Italie)

DEDICACES

**GLOIRE A ALLAH LE TOUT-PUISSANT, LE MISERICORDIEUX
BENI SOIT SON PROPHETE MAHOMET (Paix et Salut sur Lui)**

JE

DEDIE

CE

TRAVAIL...

//(-)) - Mes grands parents : "In mémorium"

//(-)) - Mon père **Mbaye SECK** et ma mère **Khady KANE GUEYE** : Ce travail est le témoignage de mon profond amour et ma reconnaissance pour vos nombreux sacrifices et conseils dont bénéficie chacun de vos enfants.

//(-)) - Mes frères et soeurs : **Dalla, Abdou, Rama, Astou, Khady** : Notre force réside dans notre solidarité et notre amour. L'unité familiale est la porte de toute réussite. Préservons-la.

//(-)) - Mes neveux et nièces : **Lamine, Maman Khady, Aïssatou** : Que ce modeste travail vous serve d'exemple. Vous ferez sans doute beaucoup mieux.

//(-)) - Mes oncles et tantes.

//(-)) - Tous mes parents :
En témoignage de ma profonde reconnaissance.

//(-)) - Mon ami d'enfance **Fara NDIAYE** :
Plus qu'un ami, tu es pour moi un frère, des jours heureux et des jours difficiles.

//(-)) - Tous mes cousins et cousines.

//(-)) - Tous mes amis et amies.
L'amitié est une chose merveilleuse.

.../...

//-)ux Docteurs : Déthié FAYE, Ibrahima SALL, Adama THIAM,
Mamadou LO, Ismaïla KANE, Papa Ndéné DIOUF, Kalidou
BA, Ibrahima CISSE, Ousmane BA, Gabwé BAINA.

//-) - Tous les étudiants de la XXè promotion "François
DIENG".

//-) - Tous les étudiants de l'E.I.S.M.V.

//-) - Tous les étudiants de l'U.C.A.D.

//-)u -Peuple sénégalais.

//-) - La jeunesse africaine.

A NOS MAITRES ET JUGES

- **Monsieur Pape TOURE**

Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar. Vous nous faites l'insigne honneur, malgré vos nombreuses préoccupations de présider notre jury de thèse. Vos immenses qualités humaines vous valent l'admiration de tous ceux qui vous connaissent. Veuillez trouver ici l'expression de notre vive reconnaissance.

- **Monsieur Moussa ASSANE**

Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar. Merci d'avoir accepté de siéger au jury de cette thèse dont vous êtes le rapporteur. Vos hautes qualités humaines et votre abord facile constituent un modèle pour nous. Sincère reconnaissance.

- **Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO**

Professeur à l'E.I.S.M.V.
Nous sommes fiers d'appartenir à la XX^e promotion de l'E.I.S.M.V. dont vous êtes le parrain. C'est avec plaisir que vous vous êtes engagé à juger ce travail. Votre esprit de fraternité que vous avez manifesté vis-à-vis de nous, et vos hautes qualités d'homme de science ne peuvent que susciter admiration et respect.

- **Monsieur Doudou BA**

Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar.
Nous vous remercions d'avoir accepté avec spontanéité de siéger à notre jury de thèse. Vos qualités humaines et professionnelles et votre disponibilité constante envers les étudiants font que vous êtes celui sur qui nous pouvons compter. Hommage respectueux.

.../...

- **Monsieur Didier RICHARD**

Docteur Vétérinaire (ISRA-LNERV).

Vous avez su inspirer ce travail et, vous nous avez accueilli avec cordialité dans votre service. Qu'il me soit permis de vous exprimer toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance pour avoir su diriger patiemment ce travail. et aussi pour votre attention soutenue et votre exigence de rigueur. Merci.

- **Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET**

Maître-Assistant à l'E.I.S.M.V.

Vous nous avez guidé avec entière disponibilité. Votre souci permanent du travail bien fait et vos qualités humaines nous ont beaucoup marqué.

Sincère reconnaissance.

R E M E R C I E M E N T S

- A tous ceux qui m'ont enseigné.

- A Monsieur Arona GUEYE, Directeur du Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires.

- Monsieur Dominique FRIOT.

- A Monsieur Mamadou MBAYE.

- A Monsieur Oumar BOUGALEB, bibliothécaire au LNERV.

- A Mlle Coumba SOW, Secrétaire au LNERV.

- A Messieurs Omar Baye DIALLO, Pathé Samba Ndary KA, Salif SAGNA, Massamba DIOP, Abdourahmane SOW, Mbaye DIOP, Bernard AHOKPE, Doudou DIOUF, Ousmane TOP, personnels au L.N.E.R.V.

- A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près à réaliser ce travail.

**"Par délibération, la faculté et l'Ecole ont décidé
que les opinions émises dans les dissertations
qui leur seront présentées, doivent être
considérées comme propres à leurs
auteurs et qu'elles n'entendent
donner aucune approbation
ni improbation"**

CHAPITRE III : DIGESTIBILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE	14
1. Définition de la digestibilité	14
2. Facteurs de variation de la digestibilité	15
2.1. Facteurs intrinsèques	15
2.1.1. Espèce	15
2.1.2. Race	16
2.1.3. Age	16
2.1.4. Individu	16
2.1.5. Etats physiologique et pathologique	16
2.2. Facteurs extrinsèques	17
2.2.1. Volume de la ration	17
2.2.2. Structure et état physique de la ration	17
2.2.3. Composition de l'aliment	18
2.2.4. Facteurs externes divers	19
3. Intérêts et limites de la matière organique digestible ingérée	19
3.1. Intérêts de la matière organique digestible ingérée	19
3.2. Limites de la matière organique digestible ingérée	20
4. Influence de la matière organique digestible ingérée sur les performances de croissance	21

CHAPITRE IV : <u>DEPENSES ET BESOINS ENERGETIQUES</u>	22
1. Introduction	22
2. Besoins énergétiques d'entretien	22
2.1. Métabolisme de base	24
2.2. Dépenses de fonctionnement	24
2.3. Facteurs de variation	25
2.3.1. Facteurs intrinsèques	25
2.3.2. Facteurs extrinsèques	26
3. Besoins énergétiques de production	27
3.1. Croissance	28
3.2. Engraissement	30
4. Dégradation de l'énergie des rations par l'animal : utilisation des aliments	30
4.1. Energie brute	30
4.2. Transformation de l'énergie brute en énergie digestible	31
4.3. Transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable	31
4.3.1. Pertes d'énergie par les gaz	32
4.3.2. Pertes d'énergie par les urines	32
4.4. Transformation de l'énergie métabolisable en énergie nette : extra-chaueur	33
4.5. Influence des températures ambiantes sur l'utilisation des aliments	34

5. Efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable
des aliments 34

5.1. Rendement d'utilisation de l'énergie métabolisable
des aliments : k 34

5.2. Variations des rendements d'utilisation de
l'énergie métabolisable 35

5.2.1. Selon la fonction physiologique 37

5.2.1.1. Entretien 37

5.2.1.2. Croissance 37

5.2.1.3. Engraissement 38

5.2.2. Selon la composition des aliments 38

5.2.2.1. Entretien 38

5.2.2.2. Croissance 38

5.2.2.3. Engraissement 39

CHAPITRE V : ESTIMATION ET EXPRESSSION DES BESOINS ENERGIE-
TIQUES DES ANIMAUX ET DE LA VALEUR ENERGETIQUE
DES ALIMENTS 40

1. Introduction 40

2. Le système U.F. lait (U.F.L.) 41

2.1. Définition de l'U.F.L. 41

2.2. Valeur U.F.L. d'un aliment 41

2.2.1. Energie brute (EB) de l'aliment 41

2.2.2. Energie digestible (E.D.) 41

2.2.4. Energie nette lactation (E.N.L.) 41

2.2.5. Valeur énergétique d'un aliment exprimée
en U.F.L. 42

2.3. Besoins énergétiques des animaux	42
2.3.1. Besoins d'entretien	42
2.3.2. Croissance	43
3. Le système U.F. viande (U.F.V.)	43
3.1. Définition de l'U.F.V.	43
3.2. Rendement global d'utilisation de l'E.M. : k_{mf}	43
3.3. Valeur U.F.V. d'un aliment	44
3.3.1. EB - ED - EM	44
3.3.2. Energie nette d'entretien et de production de viande	45
3.3.3. Valeur énergétique exprimée en U.F.V.	45
3.4. Besoins énergétiques	45
3.4.1. Animaux à l'engraissement	45
4. Facteurs de variation de la valeur énergétique des aliments	46
5. Influence de la concentration énergétique des aliments sur les besoins énergétiques	47
6. Intérêts et inconvénients des UFL et UFV	47
6.1. Intérêts des UFL et UFV	47
6.2. Inconvénients des UFL et UFV	48
7. Les autres systèmes	49
7.1. Système UF Leroy	49
7.2. Système T.D.N.	50

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE 52

CHAPITRE I. MATERIEL ET METHODES 53

1. Matériel expérimental 53

1.1. Les animaux 53

1.1.1. Description générale des animaux 53

1.1.2. Description de l'environnement des animaux 53

1.1.3. Mode d'élevage 54

1.1.3.1. Mise en lot 54

1.1.3.2. Conduite sanitaire 55

1.2. La ration 55

1.2.1. Aliment de lest 55

1.2.2. Aliment concentré 56

1.3. Matériel complémentaire 57

2. Méthodes 57

2.1. Alimentation et abreuvement 57

2.1.1. Alimentation 57

2.1.2. Abreuvement 58

2.2. Mesures et analyses 58

2.2.1. Mesure des quantités d'aliments distribués
et refusés 58

2.2.1.2. Mesure de la matière sèche sur les aliments distribués et refusés	58
2.2.1.3. Mesure des quantités de matière sèche volontairement ingérée	59
2.2.1.4. Mesure de la digestibilité "in vivo" de la ration	59
a) Période d'adaptation	59
b) Période de mesures	60
2.2.1.5. Pesée des animaux	60
2.2.2. Analyses	61
2.2.2.1. Analyses chimiques	61
2.2.2.2. Analyses statistiques	61
<u>CHAPITRE II : RESULTATS - DISCUSSIONS - RECOMMANDATIONS</u>	62
1. Résultats	63
1.1. Valeur alimentaire de la ration	63
1.1.1. Composition chimique des aliments	63
1.1.2. Digestibilité "in vivo" de la ration	63
1.1.3. Consommation de matière sèche	65
1.1.4. M.O.D.I.	65
1.1.5. Valeur énergétique de la ration	65
1.2. Performance de croissance des animaux	68
1.2.1. Evolution pondérale des animaux	68
1.2.2. Gains moyens quotidiens	70
1.2.3. Comparaison entre taurillons et génisses	70

1.3. Relation entre M.O.D.I. et G.M.Q.	70
1.4. Relation entre E.N. et G.M.Q.	74
1.5. Situations sanitaires	74
2. Discussions	75
2.1. Valeur alimentaire de la ration	75
2.1.1. Digestibilité "in vivo" de la ration	75
2.1.2. Consommation de matière sèche	76
2.1.3. Valeur énergétique de la ration	77
2.2. Performances de croissance des animaux	78
2.3. Relation entre M.O.D.I. et G.M.Q.	79
2.4. Relation entre E.N. et G.M.Q.	80
3. Recommandations	82
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	83
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	87

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Fig. 1 - Vitesse de croissance des tissus au cours de l'ontogenèse	10
Fig. 2 - Vitesse de croissance des différentes régions au cours de l'ontogenèse	11
Fig. 3 - Evolution des poids	13
Fig. 4 - Schéma d'utilisation digestive des aliments.....	14
Fig. 5 - Liaison entre la digestibilité de la matière organique et la teneur en cellulose brute pour trois graminés au cours du 1er cycle	18
Fig. 6 - Schéma d'utilisation de l'énergie par les ruminants	23
Fig. 7 - Variations du rendement de l'EM pour l'entretien (k_m), la lactation (k_l) et l'engraissement (k_f) chez les ruminants en fonction de la concentration en EM de la ration ($q = EM/EB$)	36
Fig. 8 - Evolution du rendement d'utilisation de l'EM pour la croissance (k_c) en fonction de la proportion d'énergie fixée sous forme de protéines	37
Fig. 9 - Relation entre la croissance (GMQ en g) et les quantités de M.O.D.I. (en g/kg $P^{0,75}$).....	72

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau n°1 – Besoins énergétiques d'entretien et de croissance (bovins).....	29
Tableau n°2 – Les différentes étapes de calcul des valeurs énergétiques (UFV et UFL) des aliments.....	46
Tableau n°3 – Teneur en matière sèche des aliments offerts composition chimique des aliments et du consommé (en g/kg MS) et coefficient d'utilisation digestive	64
Tableau n°4 – Evolution de la consommation moyenne (g/kg P ^{0,75}) de matière sèche des taurillons (lot 1)	66
Tableau n°5 – Evolution de la consommation moyenne (g/kg P ^{0,75}) de matière sèche des génisses (lot 2)	66
Tableau n°6 – Evolution pondérale (kg de poids vif) GMQ (g) des taurillons (lot 1).....	69
Tableau n°7 – Evolution pondérale (kg de poids) et GMQ (g) des génisses (lot 2).....	69
Tableau n°8 – Relation entre GMQ (g) et M.O.D.I. (g/kg P ^{0,75}) des lots 1 et 2).....	71
Tableau n°9 – Performances des lots et quantités de matière organique digestible ingérée.....	73
Tableau n°10 – Comparaison des apports alimentaires recommandés par l'INRA et nos résultats.....	81

INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, des progrès considérables ont été réalisés dans le domaine de la connaissance de la valeur alimentaire des aliments du bétail et des besoins nutritionnels des animaux domestiques. Ils se sont traduits par l'élaboration de nouveaux systèmes d'évaluation et d'expression des quantités d'aliments ingérés ainsi que des apports et des besoins en énergie et en azote.

L'application de ces nouvelles normes à l'alimentation du bétail tropical ne pourra cependant être que progressive et nécessite un certain nombre d'études pour :

- mieux connaître les facteurs de variation des quantités de matière sèche (M.S.) ingérée par les animaux ;
- évaluer la valeur alimentaire des rations ;
- vérifier que les recommandations d'apports en énergie mises au point en zone tempérée sont applicables, directement ou après corrections, à l'élevage tropical.

C'est dans cette optique, que nous avons choisi ce sujet pour la détermination des besoins énergétiques des animaux en milieu tropical. Cette étude des besoins passe par les étapes classiques de mesure de l'énergie brute (E.B.), l'énergie digestible (E.D.), l'énergie métabolisable (E.M.) et l'énergie nette (E.N.).

Les objectifs du présent travail sont alors de quantifier sur les zébus (taurillons, génisses) de race Gobra :

- les quantités de la matière sèche ingérée ;

- les performances de croissance et/ou engraissement ;

-

la digestibilité de la matière organique (D.M.O.) ;

- ce qui nous permettra d'établir une relation entre les quantités de matière organique digestible ingérée (M.O.D.I.) et les performances des animaux.

Le plan adopté est le suivant :

- une partie bibliographique qui comprend cinq (5) chapitres et traite : de la présentation du zébu gobra ; des généralités sur la croissance, engraissement et les facteurs de variation ; de la digestibilité de la matière organique ; des dépenses et des besoins énergétiques ; et enfin de l'estimation et l'expression des besoins énergétiques des animaux et de la valeur énergétique des aliments;

- une partie expérimentale qui traite du matériel et des méthodes, des résultats, discussions et recommandations de deux essais réalisés sur un lot de taurillons et un lot de génisses, en utilisant la même ration alimentaire.

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PRESENTATION DU ZEBU GOBRA

1. ORIGINES HISTORIQUES

Le zébu Gobra est élevé par les peulh de la région du Djoloff au Sénégal. Il est apparenté aux autres zébus peulh de la zone sahélo-soudanienne, en particulier avec ceux élevés dans l'Ouest du Mali, le zébu peulh soudanais et le nigérien ; on considère en l'absence de données objectives (marqueurs génétiques) que ces bovins sont le produit de l'absorption du bovin hamitique à longues cornes par des zébus venus de l'Est. Le zébu Gobra occupe son aire actuelle depuis plusieurs siècles (Pagot, 1985).

2. IMPORTANCES, EXTENSION, EFFECTIFS

Le zébu vit à l'Ouest du Sénégal dans les provinces du Baol, du Djoloff, du Cayor, au Nord de la province du Sine-Saloum et le long du fleuve Sénégal, au Sud de la Mauritanie et au Nord-Ouest du Mali (France/Ministère de la Coopération et du Développement, 1991).

Les effectifs de la race sont estimés à 1 720 000 animaux dont 1 409 000 au Sénégal, 287 000 en Mauritanie, 24 000 en Gambie.

Le seul essai d'acclimatation a été fait en dehors de son berceau d'origine dans le Nord de la Côte d'Ivoire, mais malheureusement sans grand succès (Pagot, 1985).

3. DESCRIPTION

Le zébu peulh sénégalais ou Gobra est de taille supérieure à la moyenne. C'est un animal de grand format: 1,25 à 1,45 mètre (m) au garrot, atteignant le poids de 350 à 450 kilogrammes (kg) chez les mâles adultes et 250 à 350 kg chez les femelles. La tête est longue, le front bombé, le chanfrein rectiligne. On rencontre aussi des cornes flottantes. L'encolure est courte, le fanon très accusé, la bosse développée chez le taureau. La robe est généralement blanche, rarement rouge-pie ou froment.

4. APTITUDES

- Production de viande : L'aptitude principale est la production de viande. Dans les conditions traditionnelles d'élevage, celle-ci est limitée par les ressources et le régime alimentaire. Le zébu peulh est en effet le meilleur modèle de boucherie parmi les zébus de l'Afrique Occidentale.

Prêt pour l'abattage à 5 ans, il fournit un rendement de 50 à 53 % en première qualité et de 48 % en qualité moyenne (IEMVT, 1973).

Les zébus Gobra constituent un matériel animal qui réagit favorablement à l'engraissement intensif. Ce qui conduit à une amélioration du rendement et de la qualité de la viande.

Selon Valenza et al. (1971), le rendement carcasse augmente en fonction de la valeur alimentaire. Le meilleur rendement se rencontre rarement dans la catégorie des animaux ayant présenté le croît maximal, mais plutôt dans la catégorie moyenne, et il est lié

essentiellement à l'âge des animaux, les plus jeunes ayant le rendement le plus favorable. Le rendement vrai varie peu et se situe entre 56 à 59 %.

Une expérimentation d'embouche montre qu'à partir de zébus Gobra mâles de 3 à 5 ans, ayant un poids moyen de 250 kg au départ, il est possible d'obtenir des carcasses de très bonne valeur bouchère. Ceci à condition de prolonger suffisamment l'embouche, 5 mois dans le cas présent, et d'utiliser une ration donnant un croît minimal de 750 à 800 grammes/jour (g/j) (Valenza et al., 1971).

Les potentialités zootechniques du Gobra, tant au point de vue de la précocité que du rendement en viande, qui n'ont rien à envier à nombre de races perfectionnées, ont été effectivement mises en évidence par Redon cité par Denis et Valenza (1971). Il a montré que le jeune Gobra convenablement alimenté est susceptible de développer des performances étonnantes par rapport aux très sévères conditions écologiques qui règnent dans l'aire de dispersion de cette variété de zébu peulh. Selon Calvet et al. (1973), pour une durée d'essai de 112 jours, le zébu Gobra peut accuser un gain quotidien moyen de 1 098 grammes.

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA CROISSANCE,

ENGRAISSEMENT ET LES FACTEURS DE VARIATION

La période d'engraissement correspond à une accélération de la croissance en vue de l'abattage ; on ne saurait dissocier croissance et engraissement (Jarrige et al., 1978).

1. DEFINITION

Selon Wright et al. (1972), la croissance consiste à l'augmentation du nombre et de la taille des cellules, des tissus ou des organes de celui-ci. Elle dépend de la synthèse (anabolisme) des protéines qui suppose une rétention azotée par l'organisme. L'anabolisme protéique est favorisée par les actions combinées de l'hormone de croissance antéhypophysaire (somatotrope), des hormones thyroïdiennes, de l'insuline, des androgènes, des surrénales et des testicules.

2. ETUDE DESCRIPTIVE

Lorsqu'on s'intéresse au déroulement de la croissance d'un individu, on est amené à distinguer deux aspects différents, néanmoins étroitement liés. L'aspect le plus visible, le plus facile à étudier, correspond à l'augmentation de la masse corporelle, et la formation par unité de temps de cet aspect est désigné par la croissance pondérale ou croissance globale. Elle s'accompagne de changement de forme et de pourcentage dans différents organes des uns par rapport aux autres entraînant des conséquences sur la composition des animaux à un âge donné: ce deuxième aspect est appelé croissance staturale.

2.1. Croissance pondérale

Elle présente un grand intérêt pour un animal de boucherie, car elle est responsable des kilogrammes de viande disponible à l'abattage et conditionne la durée du cycle de production. La croissance pondérale post-natale repose sur l'évolution du poids vif de l'animal.

2.2 - Croissance staturale

Au cours de la croissance staturale d'un individu, des changements de pourcentage s'observent au niveau des différentes parties du corps, ce qui explique que le nouveau-né n'est en aucun cas la miniaturisation de l'adulte. Le changement de pourcentage résulte d'une différence de vitesse de croissance de divers tissus, régions et organes du corps : c'est l'allométrie de croissance.

En exprimant l'évolution de la composition corporelle des jeunes bovins en fonction de la relation allométrique : $Y = a.PV^b$ (Y = taille de l'organe ; PV = poids vif en kilogramme ; b = coefficient d'allométrie exprimant le rapport du poids de l'organe au poids total de l'organisme), **Robelin et al. (1977)**, retrouvent la hiérarchie classique dans la croissance du squelette (b = 0,74) des muscles (b = 1,01) et de l'ensemble des dépôts adipeux (b "moyen" = 1,59). C'est dans cette optique que **Mornet et Espinasse (1977)** confirment que le coefficient b évolue au cours de l'ontogenèse pour les différents organes ; selon la séquence déterminée génétiquement ; les tissus nerveux, osseux, musculaires et adipeux vont ainsi se développer successivement (Fig.1).

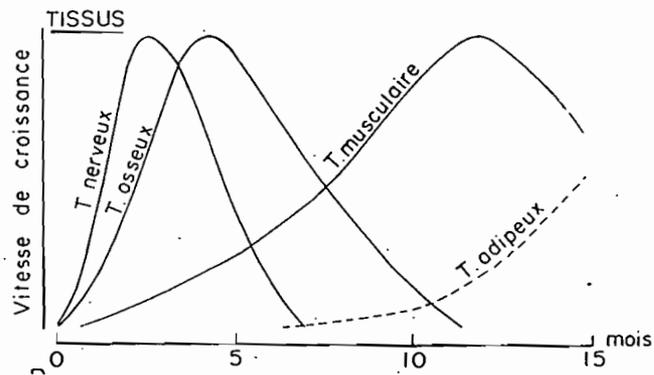


Figure 1 : Vitesse de croissance des tissus au cours de l'ontogenèse (Mornet et Espinasse, 1977)

En ce qui concerne la croissance relative des différentes régions, Robelin et al., (1974) ont mis en évidence que chez le bovin mâle entier, la part des régions postérieure et dorsale a tendance à diminuer pendant l'engraissement, alors que celle des régions antérieure et abdominale tend à augmenter. Selon Mornet et Espinasse (1977), les différentes régions ne se forment pas selon des rythmes de croissance identiques. Les gradients sont antéro-postérieurs, de la tête au bassin et centripètes, c'est-à-dire des extrémités vers les vertèbres lombaires. La sélection modifie ces gradients, ce qui explique les formes les plus ramassées des races actuelles. Chez le veau, la croissance de la tête est presque achevée à la naissance ; celle du cou est dans sa phase de ralentissement alors qu'elle est maximale pour le tronc et encore faible pour le bassin (Fig. 2).

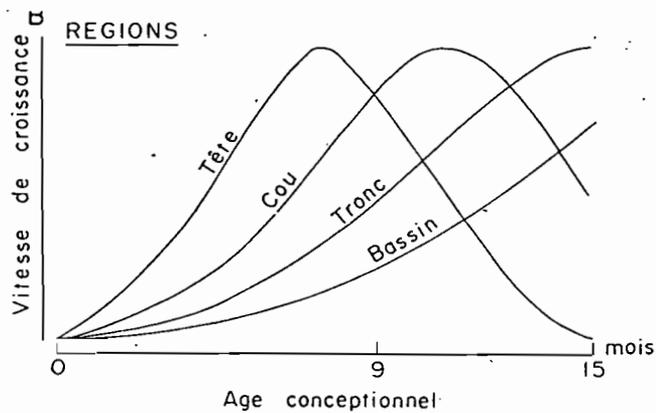


Figure 2 : Vitesse de croissance des différentes régions au cours de l'ontogénèse (Mornet et Espinasse, 1977)

3. FACTEURS DE VARIATION

Les besoins nets pour la croissance sont d'abord déterminés par le gain de poids vif réalisé. Mais ils dépendent aussi de nombreux facteurs dont l'âge, le poids, le sexe et le type génétique de l'animal sont les plus importants (Jarrige et al, 1978).

3.1 - Génotype

L'exemple le plus connu est fourni par le caractère dit "culard" s'exprimant par une hypertrophie musculaire mise en évidence chez les bovins et les porcins.

Il convient de signaler aussi les gènes déterminant le nanisme.

.../...

3.2 - Age

Les animaux jeunes, c'est-à-dire avant la puberté, présentent une croissance accélérée qui correspond à l'augmentation du G.M.Q. Après cet âge (puberté), la croissance devient plus lente et plus coûteuse en énergie avec formation de gras et diminution de l'efficacité alimentaire.

3.3 - Sexe

Les mâles ont une croissance plus élevée que les femelles (Mollereau et al., 1987). Ceci s'explique par l'action favorisante des androgènes et des testicules sur ce paramètre. D'autre part, les mâles apprennent à consommer plus rapidement les aliments que les femelles. Toutefois ces dernières sont disposées à former plus de gras. Les boeufs occupent une position intermédiaire entre les mâles entiers et les femelles, tant pour la vitesse de croissance que pour la croissance relative des dépôts adipeux (INRAP-ITEB, 1984).

Les animaux entiers et castrés ont des courbes de croissance sensiblement parallèles (Fig. 3), celle des taurillons se situant toujours en position supérieure. Les animaux castrés réagissent moins bien à l'embouche que les animaux entiers. Chez les premiers, l'indice de consommation s'élève plus rapidement que chez les seconds, ce qui semble impliquer une proportion plus grande de dépôt de graisse.

(Valenza et al., 1971).

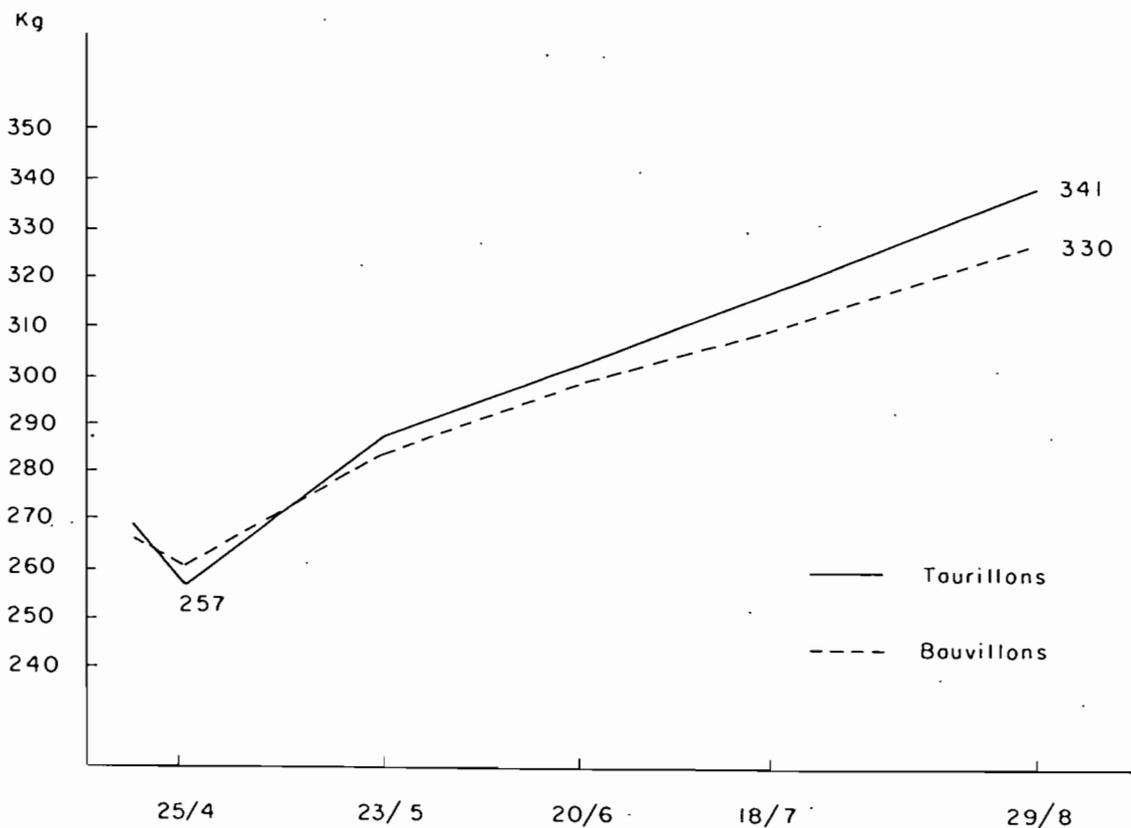


Figure 3 : Evolution des poids (Valenza et al., 1977)

3.4 - Poids

Au niveau de la composition du gain de poids, lorsque le poids vif d'un bovin augmente de 350 à 600 kg environ, la part du squelette dans le gain de poids vif diminue légèrement, de même que la part des muscles, tandis que la part des dépôts adipeux augmente sensiblement. En ce qui concerne la valeur calorifique du gain de poids, celle-ci augmente considérablement avec le poids (INRAP-ITEB, 1984).

CHAPITRE III : DIGESTIBILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE

1. DEFINITION DE LA DIGESTIBILITE

La totalité d'un aliment ingéré n'est pas utilisée par l'organisme animal. Une partie des "ingesta" traverse le tube digestif et se retrouve dans les fécès. On parle de fraction digestible d'un aliment la partie des ingesta qui ne se retrouve pas dans les fécès (Fig. 4). Le terme de digestibilité indique le degré d'utilisation des aliments ou des nutriments. C'est une notion quantitative qui se traduit par le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) ou coefficient de digestibilité (C.D.) (Parigi Bini, 1986).

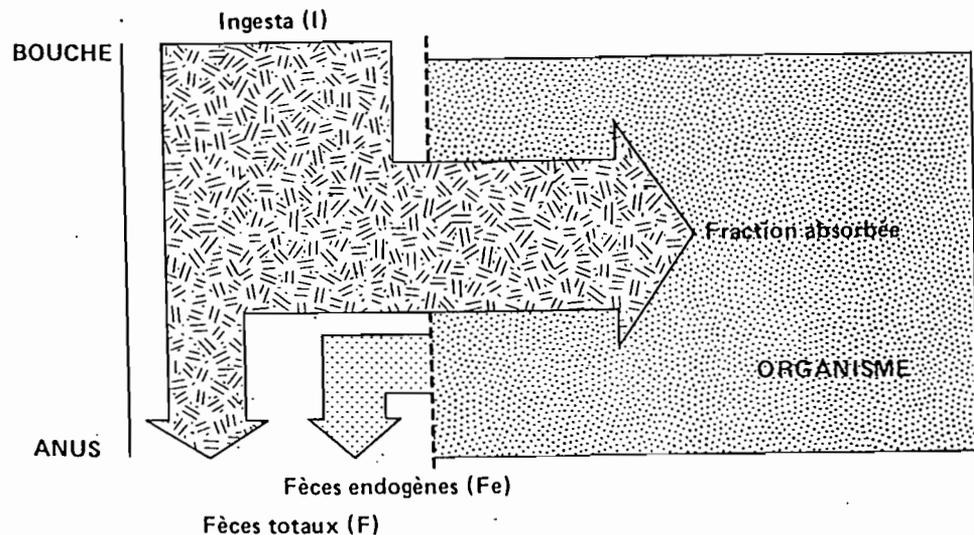


Figure 4 : Schéma d'utilisation digestive des aliments (Parigi Bini, 1986)

Il existe plusieurs façons d'exprimer le coefficient de digestibilité (Rivière, 1977)

- Pour le nutritionniste :

$$\text{C.U.D. apparent} = \frac{\text{Elément ingéré} - \text{Elément fécal}}{\text{Elément ingéré}} \times 100$$

.../...

- Pour le physiologiste :

$$\text{C.U.D. réel} = \frac{\text{Elément I.} - \text{Eléments(fé + mét.)} \times 100}{\text{Elément ingéré}}$$

I = Ingéré ; Fé = fécal ; Mét. = métabolique.

La mesure de ce C.U.D. réel est toujours délicate et souvent irréalisable, car l'élément métabolique est pratiquement impossible à déterminer chez les animaux. Le terme général d'élément est utilisé à dessein, car ce coefficient peut s'appliquer à tous les principes organiques des aliments : matière organique totale, matières azotées, matière grasse, cellulose et les autres glucides sous le terme d'extractif non azoté.

2. FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE

2.1 - Facteurs intrinsèques

2.1.1 - Espèce

Les herbivores et plus particulièrement les ruminants digèrent mieux la cellulose grâce à la flore microbienne du rumen, par rapport aux monogastriques (Rivière, 1977 ; Parigi Bini, 1986).

Selon Chenost et Martin-Rosset (1985), dans le groupe des ruminants, la digestibilité de la matière organique (D.M.O.) est significativement plus élevée chez les bovins que chez les moutons (différence moyenne de 5,9 points).

2.1.2 - Race

La race présente peu d'influence sur la digestibilité.

2.1.3 - Age

L'influence de l'âge est très discutée. Certaines études entreprises à ce sujet aboutissent à des résultats peu cohérents. Mais, il est évident que le veau non sevré ne peut, faute de flore microbienne et de digestion ruminale, digérer la cellulose comme un bovin adulte.

2.1.4 - Individu

Les différences individuelles s'expliquent mal, mais on ne peut pas les nier et c'est ce qui oblige les expérimentateurs à effectuer les essais sur plusieurs animaux. Les variations de la digestibilité peuvent être liées à l'état sanitaire ; par exemple aux parasitismes. Ce qui se traduit généralement par une chute d'utilisation digestive des aliments. Ces variations sont de l'ordre de 3 à 5 %.

2.1.5 - Etats physiologique et pathologique

Les troubles de l'appareil digestif diminuent considérablement l'utilisation digestive des aliments chez les animaux domestiques.

2.2 - Facteurs extrinsèques

Les facteurs extrinsèques sont surtout liés à l'aliment mais également aux conditions d'ambiance souvent excessives dans les pays tropicaux.

2.2.1 - Volume de la ration

Le lestage insuffisant de l'estomac et surtout des intestins entraîne des troubles de la motricité gastro-intestinale, une diminution de la rumination, et des troubles de digestion qui amènent une mauvaise utilisation des substances nutritives et, par voie de conséquence une diminution de la digestibilité (Parigi Bini, 1986).

2.2.2 - Structure et état physique de la ration

Ces facteurs conditionnent l'action de la flore microbienne et des sucs digestifs. Les augmentations de digestibilité les plus nettes sont généralement obtenues avec les rations les plus riches en cellulose (Rivière, 1977), car la cellulose brute joue un rôle prépondérant dans la digestibilité et est presque totalement digérée.

Au niveau du mode de présentation, le broyage des fourrages (Chenost et Dulphy, 1987 ; Rivière, 1977) entraîne une augmentation des quantités ingérées et une baisse de la digestibilité d'autant plus élevée que le broyage est fin.

Dans le cas des céréales, l'influence des traitements mécaniques est plus nuancée. Les grains qui possèdent une enveloppe bénéficient généralement d'un aplatissage ou d'un concassage qui permet une meilleure action des agents digestifs.

2.2.3 - Composition de l'aliment

La digestibilité est étroitement liée à la nature des aliments. Dans le cas des fourrages, la cellulose brute joue un rôle prépondérant dans la digestibilité (Fig. 5). Mais la teneur en cellulose brute dépend elle-même de facteurs tels que l'âge de la plante, la famille botanique, et les parties végétales consommées par les animaux.

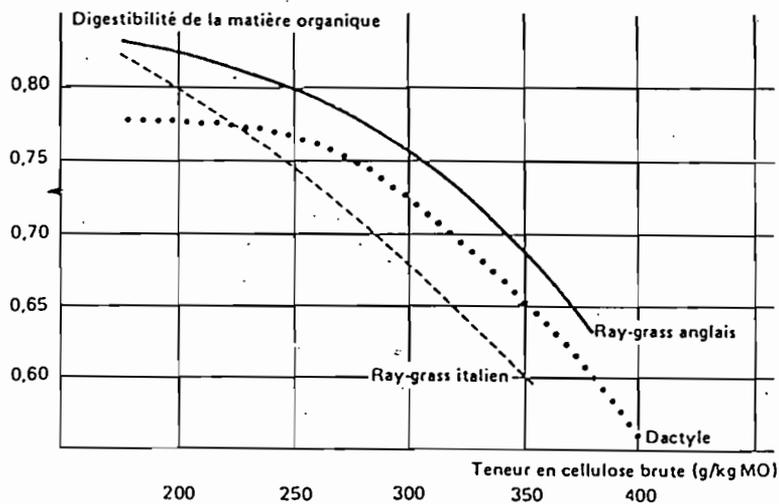


Figure 5 : Liaisons entre la digestibilité de la matière organique et la teneur en cellulose brute pour trois graminées au cours du 1er cycle (Parigi Bini, 1986)

Dans le cas d'une ration mixte (fourrage + concentré), la teneur en Acid Detergent Lignin (A.D.L.) est la caractéristique analytique individuelle la mieux associée aux variations de la digestibilité des rations : $D.M.O. = 78,5 - 1,71 A.D.L.$ (Giger et al., 1986).

La digestibilité de la matière organique (D.M.O.) des rations mixtes est généralement différente de la valeur calculée à partir de la digestibilité des différents aliments constituant la ration : on parle alors de digestibilité associative. La digestibilité de la ration est le plus souvent inférieure à la digestibilité moyenne pondérée des différents aliments de la ration (Rivière, 1977).

2.2.4 - Facteurs extrinsèques divers

- Le rythme des repas est également un facteur limitant influant la digestibilité.

- Les conditions climatiques, lorsqu'elles sont excessives comme le cas des pays tropicaux, ont une action dépressive sur la digestibilité. C'est ainsi que Chenost cité par Richard (1987) observe une décroissance quotidienne de la D.M.O. du "pangola" plus importante pendant la saison de forte croissance (- 0,23 point/jour) qu'en saison de faible croissance (-0,17 point/jour).

Selon Struik et al. (1986), la température affecte beaucoup moins la D.M.O. que la production.

3. INTERETS ET LIMITES DE LA MATIERE ORGANIQUE DIGESTIBLE INGEREE (M.O.D.I.)

3.1 - Intérêts de la M.O.D.I.

La matière organique digestible permet de fournir de l'énergie. Si la digestibilité est connue, elle permet

de calculer la valeur énergétique. Pour connaître les besoins en énergie des bovins en croissance et en engraissement, les quantités de matière organique digestible ingérée constituent la première étape à étudier.

Selon Parigi Bini (1986), la D.M.O. et la M.O.D.I. sont des facteurs importants pour la détermination respective de la digestibilité de l'énergie (D.E.) et du niveau d'alimentation (N.A.).

- Fourrages : D E = 1,0087 D.M.O. - 0,0377
- Céréales : D E = D.M.O. - 0,013
- Tourteaux : D E = D.M.O. - 0,020
- Autres aliments : D E = D.M.O. - 0,015.

Quant au niveau d'alimentation, c'est le rapport entre la quantité de M.O.D.I. et la quantité nécessaire pour satisfaire les besoins de l'animal.

N.A. = $\frac{\text{Quantité de M.O.D.I. (g/kg P}^{0,75})}{\text{chez le mouton}}$

23

Les fortes quantités de matière sèche volontairement ingérée (M.S.V.I.) entraînent une augmentation des quantités de M.O.D.I. : 77 et 74 g/kg P^{0,75} (Richard et al., 1990)

3.2 - Limites de la M.O.D.I

L'étude des besoins énergétiques des animaux passe par les étapes classiques de mesure de l'E.B., E.D., E.M. et E.N.

La première étape de l'utilisation de l'énergie entre l'E.B. et l'E.D. est particulièrement importante en zone tropicale où la D.M.O. des rations dépasse rarement 70 %.

La détermination des quantités de M.O.D.I. pour la connaissance n'est pas suffisante, car il se pose le problème de la variation de poids du contenu digestif et de l'évolution de la composition corporelle des animaux au cours de leur croissance.

4. INFLUENCE DE LA M.O.D.I. SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE

Une étude réalisée par Richard et al. (1990), sur des zébus de race "Gobra" âgés de 15 mois à 4 ans, a permis d'établir une liaison étroite entre les performances des animaux exprimées en gain moyen quotidien (G.M.Q.) et les quantités de M.O.D.I.

$$G.M.Q.(g) = 28,6 M.O.D.I.(g/kg P^{0,75}) - 1\ 191$$

$$r = 0,937$$

$$ETR = 83$$

Ces données montrent des besoins élevés en M.O.D.I. pour la croissance des zébus Gobra.

CHAPITRE IV : BESOINS ENERGETIQUES

1. INTRODUCTION

Les dépenses énergétiques des animaux correspondant à leur entretien et à leurs productions (lait, viande, travail...) conduisent à des besoins énergétiques très variables selon l'espèce, le stade physiologique et le niveau de production.

Ces besoins sont satisfaits grâce à l'énergie contenue dans les matières organiques.

Cependant, la totalité de l'énergie contenue dans les aliments n'est pas disponible pour satisfaire les besoins d'entretien et de production des animaux qui les consomment. De nombreuses pertes ont lieu au cours de l'utilisation des aliments dans l'organisme. (Fig. 6).

2. BESOINS ENERGETIQUES D'ENTRETIEN

Ces besoins correspondent à la quantité d'énergie alimentaire nécessaire à la couverture des dépenses d'entretien dans les conditions normales de vie, mais sans production, sans fixation, sans perte.

Ces besoins tiennent compte du métabolisme de base, des conditions d'élevage ou de vie de l'animal.

En réduisant les besoins d'entretien, on peut augmenter les besoins de production.

Gray et al. (1987) à la suite de leur étude ont trouvé pour les besoins d'entretien : $84 \text{ kcal/kg } P^{0,75}$ d'énergie nette, soit $120 \text{ kcal/kg } P^{0,75}$ d'énergie métabolisable chez les jeunes animaux en croissance et l'engraissement (taurillons).

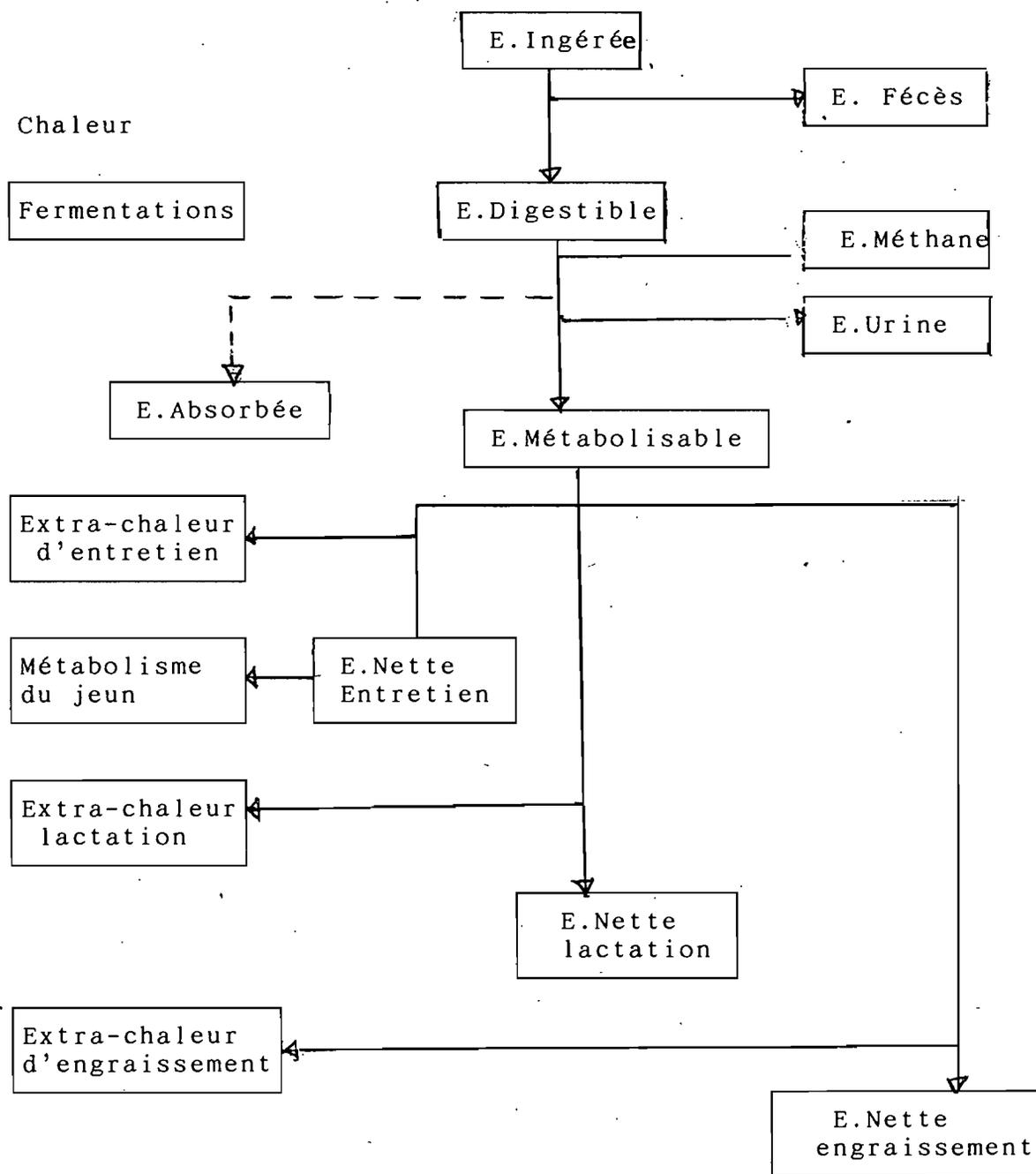


Figure 6 : Schéma général d'utilisation de l'énergie (E) par les ruminants (Vermorel, 1978)

2.1 - Métabolisme de base

C'est la dépense énergétique d'un animal à jeun, au repos (mais non endormi) placé à une température correspondant à la zone de neutralité thermique (l'organisme n'a pas effectué de dépense supplémentaire pour lutter contre le chaud ou contre le froid). Le métabolisme de base augmente moins vite que le poids vif des animaux. Il n'est pas proportionnel au poids, mais plutôt à la surface corporelle et plus précisément au poids vif (en kg) élevé à la puissance 0,75 qu'on appelle le poids métabolique ($P^{0,75}$) (INRAP-ITEB, 1984).

La dépense du métabolisme de base est de l'ordre de 70 Kcal (kilocalories)/ $P^{0,75}$ pour les espèces domestiques. Cependant, elle varie avec l'espèce, la race, le sexe et l'individu. Par exemple, Hunter et Vercoe (1986), en implantant à des taureaux 300 mg d'une enzyme : "trenbolone acetate" ont constaté une diminution significative du métabolisme de base par rapport au lot témoin non implanté.

2.2 - Dépenses de fonctionnement cellulaire

Il existe d'une part les mécanismes de transport et de synthèse, et d'autre part les dépenses physiologiques.

Les mécanismes de transport et de synthèse assurent un équilibre dynamique indispensable au bon fonctionnement de l'organisme, mais ils mettent en jeu des quantités importantes d'énergie correspondant à 40 - 50 % des dépenses de l'animal à jeun et au repos. Quant aux dépenses physiologiques, elles comprennent les dépenses liées aux grandes fonctions vitales.

Elles représentent 50 à 60 % des dépenses de l'animal à jeun et au repos (Jarrige, 1988).

2.3 - Facteurs de variation

2.3.1 - Facteurs intrinsèques

- Niveau de production et race :

La dépense d'entretien est supérieure de 5 à 20 % chez les bovins de race laitière par rapport aux bovins de race à viande. Et au niveau de la production laitière, la dépense est plus importante chez les hautes productrices que chez les moyennes et faibles productrices.

- Sexe :

Chez les bovins, la dépense des mâles est supérieure à celle des femelles ou des animaux castrés, et ces mâles tendent à utiliser l'E.M. moins efficacement pour l'entretien (Ferrel et Jenkins, 1985).

- Age :

Les dépenses d'entretien sont plus élevées chez les jeunes que chez les adultes d'après Geay et al. (1978) qui constatent que cette différence pourrait être liée à la vitesse de croissance plus élevée chez les jeunes et à leur forte synthèse protéique.

2.3.2 - Facteurs extrinsèques

- Facteurs climatiques

La lutte contre le froid consomme plus d'énergie que la lutte contre la chaleur chez les bovins.

De même, Vermorel et Theriez (1975) ont constaté chez les agneaux, que les dépenses d'entretien augmentent d'environ 14 p.100 lorsque la température diminue, passant de 21°C à 14°C puis 7°C.

Les conditions climatiques défavorables, en particulier l'action combinée du vent et de la pluie, entraînent une augmentation de la dépense énergétique d'entretien surtout chez les jeunes animaux qui sont mal protégés par leurs tissus et leur pelage ou leur toison (INRAP-ITEB, 1984).

- L'activité physique :

La station debout d'un animal en stabulation, ainsi que les mouvements de lever et de coucher provoquent une faible dépense énergétique que l'on peut estimer à environ 3 % du métabolisme de base.

- L'alimentation :

Plus un aliment est grossier, fibreux, plus le nombre de mouvements de mastication merycique sera important et plus la dépense d'énergie sera élevée.

Selon Jarrige et al. (1978), la dépense énergétique d'entretien d'un ruminant exprimée en E.M. dépend des caractéristiques de la ration, de sa teneur en constituants membranaires et de son mode de présentation plus particulièrement. Elle augmente de 0,6 % quand la teneur en cellulose brute augmente de 1 point ; et de 0,4 % lorsque la concentration en E.M. diminue de 1 point.

3. BESOINS ENERGETIQUES DE PRODUCTION

En élevage, il ne suffit pas d'entretenir les animaux mais de les faire produire. Cela correspond à des dépenses liées à la synthèse de ces produits (muscles, graisse, lait, foetus...).

La composition de ces produits varie, modifiant en conséquence la dépense énergétique correspondante. Ainsi, au fur et à mesure que l'animal vieillit, le kg de gain de poids comprend une proportion de plus en plus élevée de matière sèche dans laquelle le pourcentage de gras augmente ; la dépense énergétique par kg de croît s'accroît donc avec l'âge.

De ces dépenses, les besoins énergétiques correspondants sont déduits : croissance et engraissement, lactation, gestation.

Selon Schafft (1990), le calcul des besoins suppose une connaissance de l'aliment ingéré par l'animal, de la valeur physiologique et du potentiel énergétique de l'aliment.

3.1 - Croissance

La quantité d'aliments qui permet une croissance normale représente les besoins énergétiques de croissance. L'énergie nécessaire par kg de gain sera d'autant plus grande que l'animal sera plus âgé et plus lourd, d'autant plus que les besoins d'entretien augmentent dans le même sens (tableau 1).

Ces besoins de croissance dépendent également de la race de l'animal, de sa précocité, de son aptitude à la production de viande qui est conditionnée par des facteurs héréditaires, ainsi que de l'individualité de l'animal (Rivière, 1977).

Tableau n°1 : Besoins énergétiques d'entretien et de croissance (bovins) (Rivière, 1977)

Poids vif (kg)	consommation matière sèche (kg)	Entretien (U.F.)	Entretien + 100g/j (U.F.)	Entretien + 250g/j (U.F.)	Entretien + 500g/j (U.F.)	Entretien + 750g/j (U.F.)	Entretien 1000g/j (U.F.)
25	1,0	0,5	0,65	0,8	1,1	1,4	1,7
50	1,8	0,8	0,95	1,15	1,55	1,95	2,3
100	3,0	1,2	1,4	1,65	2,10	2,6	3,0
150	4,0	1,6	1,8	2,10	2,55	3,0	3,5
200	5,2	2,0	2,2	2,5	3,05	3,6	4,1
250	6,3	2,3	2,55	2,90	3,5	4,10	4,7
300 ^c	7,7	2,6	2,85	3,3	3,95	4,65	5,3
350	8,2	2,9	3,2	3,65	4,4	5,15	5,9
400	9,0	3,2	3,55	4,05	4,90	5,75	6,6
450	9,7	3,5	3,85	4,4	5,35	6,25	7,2
500	10,5	3,8	4,2	4,8	5,85	6,90	7,9

Selon **Jarrige (1988)**, ces dépenses correspondent à l'énergie des protéines (5,5 kcal/g) fixées dans l'organisme des animaux et elles dépendent de la vitesse de croissance et de la composition chimique du gain de poids.

Les résultats obtenus par **Sranek et Pozdiseck (1986)** sur les besoins spécifiques d'énergie de génisses à différents taux de croissance a permis de constater qu'après soustraction du besoin d'énergie d'entretien, le gain de consommation d'énergie augmente de façon significative avec l'augmentation des gains quotidiens.

3.2 - Engraissement

Les dépenses correspondent à l'énergie des lipides fixés dans l'organisme des animaux, et elles dépendent de la vitesse de croissance des animaux et de la composition chimique du gain de poids (Jarrige, 1988).

D'après Rivière (1977), le dépôt de lipides nécessite une quantité très importante d'énergie. Le coût énergétique du gain de poids s'exprime généralement par l'indice de consommation (I.C.). Et lorsque l'animal commence à fabriquer de la graisse, une élévation rapide de l'indice de consommation est observée.

4. DEGRADATION DE L'ENERGIE DES RATIONS PAR ANIMAL : UTILISATION DES ALIMENTS

Au cours de leur utilisation par les animaux, les aliments subissent de nombreuses transformations dans l'appareil digestif et dans les tissus. Ils sont dégradés progressivement et chaque étape se traduit par des pertes d'énergie très variables selon les aliments. Les différentes étapes sont représentées par : EB - ED - EM et EN (Fig. 6).

4.1 - Energie brute (E.B.)

C'est le contenu énergétique de l'aliment ingéré par l'animal. Elle correspond à la quantité de chaleur (exprimée en kilocalories) dégagée au cours de la combustion d'un aliment, sous pression d'oxygène, dans un calorimètre. L'E.B. d'un aliment dépend de sa teneur en matière organique et de la composition chimique de celle ci.

En pratique, l'E.B. n'est pas utilisée pour l'évaluation des aliments et les divers systèmes en cours peuvent être classés en 2 catégories, selon que le critère est soit l'énergie digestible ou l'énergie métabolisable, soit l'énergie nette.

4.2 - Transformation de l'énergie brute en énergie digestible (E.D.)

L'E.D. est égale à l'E.B. diminuée de l'énergie contenue dans les fécès (E.F.).

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

L'énergie des fécès est importante dans le cas des fourrages (20 à 50 % de l'E.B.) surtout lorsqu'ils contiennent beaucoup de glucides pariétaux représentés par la cellulose brute, mais relativement faible (12 à 18 % de l'E.B.) dans le cas des céréales qui contiennent beaucoup d'amidon (INRAP-ITEB, 1984).

Selon Thak (1986), l'ingestion croissante d'énergie diminue la digestibilité des constituants, mais pas de l'énergie et augmente par contre la perte d'énergie dans les matières fécales.

4.3 - Transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable (E.M.)

L'énergie métabolisable est égale à l'E.D. diminuée des pertes d'énergie sous forme de gaz méthane (E.G.) formé au cours des fermentations dans les réservoirs gastriques et d'urine (E.U.).

$$E.M. = E.D. - (E.G. + E.U.)$$

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

4.3.1 - Pertes d'énergie par les gaz

L'énergie perdue sous forme de méthane représente environ 8 % de l'énergie des fourrages chez les ruminants adultes à l'entretien, 3 à 5 % chez les bovins en croissance (INRAP-ITEB, 1984). Elle est fonction de la teneur en cellulose brute de la ration.

Les pertes d'énergie sous forme de méthane, selon **Thak (1986)**, diminuent avec l'augmentation du niveau d'alimentation. Mais il est important de signaler que la mesure des pertes gazeuses est délicate et nécessite un appareillage coûteux.

4.3.2 - Pertes d'énergie par les urines

L'énergie perdue dans les urines provient principalement de l'utilisation incomplète des protéines digérées et des composés de détoxification. L'énergie des urines est de l'ordre de 5 % de l'E.B. chez les bovins adultes à l'entretien consommant des rations ayant un bon équilibre entre l'énergie et l'azote, mais de l'ordre de 3 % chez les ruminants en croissance. Cette perte d'énergie est fonction des matières azotées digestibles dans la ration.

4.4 - TRANSFORMATION DE L'ENERGIE METABOLISABLE EN ENERGIE NETTE (E.N.)

La consommation des aliments et le processus de digestion et d'utilisation des aliments s'accompagnent d'une perte d'énergie désignée sous forme de chaleur, appelée extra-chaleur:

$$E.N. = E.M. - E.C. \text{ (extra chaleur)}$$

L'énergie nette est la seule forme d'énergie qui permet de contribuer à couvrir les besoins énergétiques d'entretien et de production.

L'extra-chaleur et, par la suite, l'énergie nette, varient avec la fonction pour laquelle est utilisée l'E.M., ce qui permet de distinguer les extra-chaleur d'entretien, d'engraissement et de production laitière.

L'extra-chaleur varie en fonction de la matière sèche ingérée, de l'espèce et de l'intensité de production (Parigi Bini, 1986) :

$$\begin{aligned} Ec(K_{ca1}/gMS) &= 0,83 \text{ chez les bovins à l'entretien} \\ &= 1,01 \text{ chez les bovins à l'engrais.} \end{aligned}$$

La production de chaleur (Y, MJ) varie en fonction du poids métabolique de l'animal (x_1 , kg), des protéines (x_2 , kg) et lipides (x_3 , kg) fixés, et de la matière sèche ingérée (x_4 , kg) (Girard, 1986).

$$Y = 0,318x_1 + 13,60x_2 - 22,01 x_3 + 3,85x_4 \pm 0,598.$$

4.5 - Influence des températures ambiantes sur l'utilisation des aliments

Les ruminants sont des mammifères homéothermes qui maintiennent la température interne constante dans des limites relativement larges de température ambiante. Ce maintien est réalisé grâce à l'existence d'un équilibre dynamique entre la production de chaleur inhérente au métabolisme de l'animal ou thermogénèse et les pertes de chaleur.

Les variations de température modifient le niveau d'ingestion des animaux. Et par conséquent, la consommation totale de matière sèche augmente significativement avec l'abaissement de la température, entraînant une production de chaleur importante. (Lal et al. 1987).

D'autre part, les températures élevées sont à l'origine de faible production d'extra-chaleur due à une diminution de la consommation d'aliments et des processus de digestion.

5. EFFICACITE D'UTILISATION DE L'ENERGIE METABOLISABLE DES ALIMENTS

5.1 - Rendement d'utilisation de l'E.M. : k

La transformation de l'E.M. en E.N. se traduit par un rendement (k) d'utilisation de l'E.M. C'est le rapport entre l'énergie du produit obtenu (énergie nette) et l'E.M. utilisée pour cette fonction physiologique ($k = EN/EM$). On a ainsi défini 3 rendements désignés par la lettre k suivi d'un indice:

$k_l = \frac{\text{Energie de lait produit}}{\text{EM utilisée pour la lactation}}$ (l = lactation)

$k_f = \frac{\text{Energie des tissus corporels formés}}{\text{EM utilisée pour l'engraissement}}$ (f=fattening = engraissement)

$k_m = \frac{\text{Energie des tissus corporels épargnés}}{\text{EM utilisée pour l'entretien}}$ (m=maintenance = entretien)

Geag et al. (1987) définissent un quatrième rendement d'utilisation de l'EM : $k_c = 0,35 + 0,25 (1-E_p)$

E_p = Energie fixée sous forme de protéines

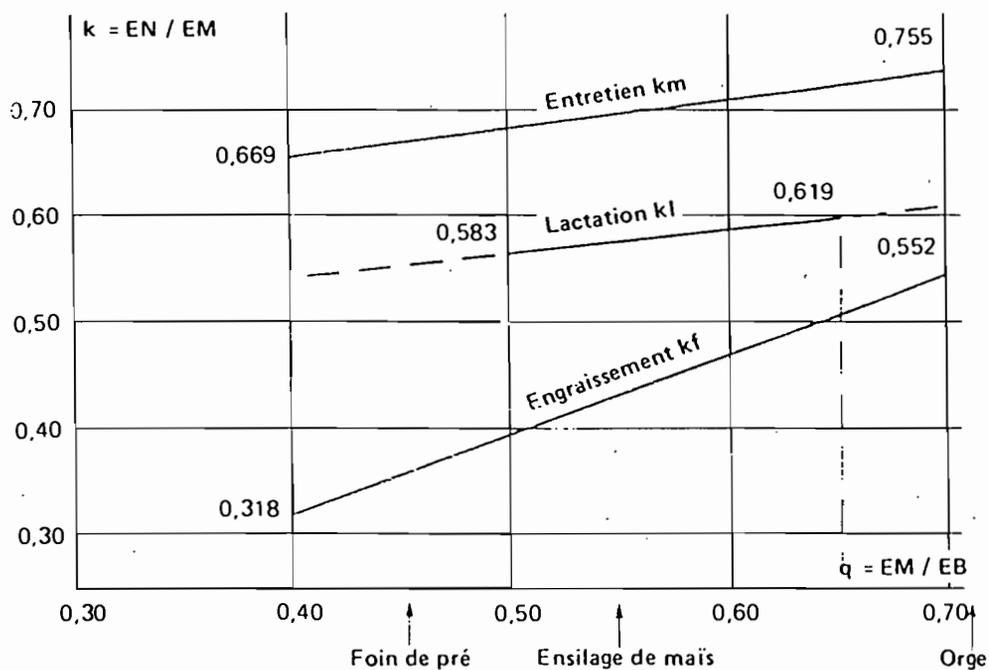
c = croissance.

5.2 - Variation des rendements d'utilisation de l'E.M.

Quelque soit l'animal, le rendement d'utilisation de l'EM est plus élevé pour l'entretien, pour la lactation ou pour l'engraissement : $k_m > k_l > k_f$.

Pour une fonction donnée (entretien, lactation, engraissement), le rendement varie selon la composition des aliments et plus précisément, selon les proportions des nutriments absorbés.

Pour estimer ces rendements, le critère qui a été retenu est la concentration en EM de l'aliment, c'est-à-dire le rapport $q = EM/EB$. Ce rapport varie de façon relativement parallèle à la digestibilité de l'énergie : passant de 0,30 pour la paille à 0,75 pour le maïs grain (Fig.7).



Equations :

$$k_m = 0,287 q + 0,554$$

$$k_l = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$$

$$k_f = 0,78 q + 0,006$$

Plages de variation linéaire
avec les aliments courants :

0,66 à 0,75

0,58 à 0,62

0,32 à 0,55

Figure N°7 : Variations du rendement de l'EM pour l'entretien (km), la lactation (kl) et l'engraissement (kf) chez les ruminants en fonction de la concentration en EM de la ration (q = EM/EB).

(INRAP-ITEB, 1984)

5.2.1 - Selon la fonction physiologique

5.2.1.1 - Entretien

Le rendement est élevé (voisin de 0,72). Les nutriments sont utilisés à la place des lipides corporels pour fournir de l'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules de l'organisme.

5.2.1.2 - Croissance

Le rendement d'utilisation de l'énergie métabolisable pour la croissance (k_c) d'après Geay et al. (1987), diminuait curvilinéairement (Fig. 8) avec l'augmentation de la proportion d'énergie fixée sous forme de protéines.

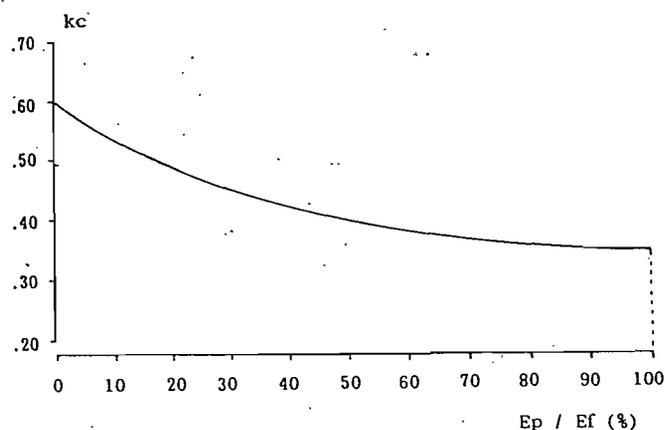


Figure 8 : Evolution du rendement d'utilisation de l'EM pour la croissance (k_c) en fonction de la proportion d'énergie fixée sous forme de protéines (E_p/E_f) (Geay et al., 1987)

5.2.1.3 - Engraissement

Le rendement k_r est faible (0,33 - 0,56) car les nutriments, en particulier l'acétate, sont utilisés pour la synthèse des molécules d'acides gras longs des lipides. Ces voies de synthèse sont complexes, et nécessitent beaucoup d'énergie (Parigi Bini, 1986).

5.2.2 - Selon la composition des aliments

5.2.2.1 - Entretien

La différence des rendements (k_m) entre les aliments est relativement faible (0,64 pour la paille ; 0,77 pour le maïs grain) car l'acide acétique est utilisé efficacement pour la fourniture d'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules. Le rendement augmente linéairement avec q et la pente de la droite est assez faible (Fig. 7) (INRAP - ITEB, 1984).

Selon certains auteurs cités par Vermorel (1987) :

$$- k_m = 0,207 q + A \quad (\pm 6,3 \%)$$

$$A = 0,559 \text{ pour les fourrages}$$

$$A = 0,572 \text{ pour les aliments agglomérés}$$

$$A = 0,624 \text{ pour les rations mixtes.}$$

$$- k_m = 0,287 q + 0,554.$$

5.2.2.2 - Croissance

Les animaux en croissance fixent simultanément des protéines et des lipides dans leur organisme.

Kielanovski et Thorbeck cités par Geay et al. (1978) constatent que le moins bon rendement de l'énergie métabolisable pour la croissance peut être lié à la moins bonne utilisation de cette énergie pour la protéinogénèse que pour la lipogénèse.

5.2.2.3 - Engraissement

Selon Parigi Bini (1986), INRAP-ITEB (1984), le rendement k_r est très faible dans le cas des fourrages grossiers, car l'acide acétique est mal utilisé pour la synthèse des acides gras longs des lipides corporels quand il y a un déficit en glucose ou acide propionique ; il varie très fortement selon les aliments, passant de 0,24 pour la paille à 0,59 pour le maïs grain. Il augmente linéairement avec q et la pente de la droite est très forte (Fig. 7).

Vermorel (1978), constate que le rendement k_r diminue de 0,0007 lorsque la teneur en cellulose brute (g/kg MS) de la ration augmente de 1 : $k_r = 0,656 - 0,0007 CB$.

Blaxter cité par Vermorel (1978) établit la relation suivante :

$$k_r = 0,78 q + 0,006.$$

CHAPITRE V : ESTIMATION ET EXPRESSION DES BESOINS
ENERGETIQUES DES ANIMAUX ET DE LA VALEUR
ENERGETIQUE DE ALIMENTS

1. INTRODUCTION

En 1950, a été mis sur pied un système d'unité fourragère (U.F) pour estimer la valeur énergétique des aliments et les besoins énergétiques des animaux. Ce système repose sur l'utilisation moyenne des aliments pour l'entretien, la lactation et l'engraissement. Cette valeur U.F a été utilisée jusqu'en 1977. Il s'avère que ce système ne répond pas à tous les types d'aliments ; il sous-estimait la valeur des fourrages et sur-estimait celle des aliments concentrés, lorsqu'ils sont utilisés soit pour l'entretien, soit pour la lactation ; cela conduisait à des valeurs erronées.

Depuis 1978, l'INRA a proposé un nouveau système reposant sur les connaissances accumulées relatives à la composition chimique, à l'utilisation digestive des aliments et au rendement d'utilisation de l'EM en EN pour les différentes fonctions physiologiques. Ce nouveau système repose sur l'estimation des apports et des besoins en énergie nette. L'unité adoptée est la valeur en énergie nette d'un kg d'orge de référence (86 % de matière sèche). Le système fait appel à deux unités fourragères :

- UFL = Unité Fourragère Lait
- UFV = Unité Fourragère Viande.

Chaque aliment a deux valeurs énergétiques et les apports recommandés sont exprimés en UFL ou UFV, suivant le type d'animal considéré.

2. Le système Unité Fourragère Lait (U.F.L.)

2.1 - Définition de l'UFL

L'UFL est la quantité d'énergie nette apportée par un kg d'orge de référence distribué au dessus de l'entretien à une vache en lactation. Cette énergie est exportée dans le supplément de lait produit ou fixé dans l'organisme de la vache (Vermorel et al. 1987).

2.2 - Valeur UFL d'un aliment

Il faut successivement calculer l'EB, la DE, l'ED, l'EM de l'aliment, le rapport $q = EM/EB$ et le rendement (k_1) d'utilisation pour la lactation, les teneurs en EN lactation et en UFL.

2.2.1 - Energie brute de l'aliment

2.2.2 - Energie digestible

2.2.3 - Energie métabolisable

Ces trois types d'énergie ont été étudiés dans le chapitre IV.

2.2.4 - Energie nette lactation (E.N.L.)

La valeur énergétique est exprimée en E.N.L. Cette dernière est le produit de la teneur en EM des aliments mesurée au voisinage de l'entretien et du rendement k_1 d'utilisation de l'E.M. : $E.N.L.(Kcal/kg MS) = EM \times k_1$ (Vermorel et Coulon, 1992).

2.2.5 - Valeur énergétique d'un aliment exprimée en U.F.L.

La valeur énergétique nette de l'aliment est rapportée à celle de l'orge (1 700 kcal ENL) utilisée comme aliment de référence.

$$\text{Valeur UFL} = \frac{\text{ENL de l'aliment}}{1\ 700} \quad (\text{INRAP-ITEB, 1984})$$

Il faut signaler que la valeur énergétique (UFL) de l'aliment est la même pour la lactation et pour l'entretien. C'est donc bien sa valeur en UFL qu'il faut considérer lorsque l'animal est utilisé pour la production laitière, c'est-à-dire pour l'entretien et la lactation.

2.3 - Besoins énergétiques des animaux

2.3.1 - Besoin d'entretien

Le besoin d'entretien en UFL peut se calculer directement à partir du poids vif (P en kg).

$$\text{Besoin d'entretien en UFL} = 1.4 + 0,6 P/100.$$

Le besoin d'entretien des vaches en stabulation entravée est généralement égal à 70 Kcal ENL/kg P^{0,75}, ce qui correspond à 5 UFL pour une vache de 600 kg (Vermorel et Coulon, 1992).

2.3.2 - Besoin de croissance

La quantité d'énergie correspondant à une variation de poids de 1 kg est difficile à déterminer en raison de l'imprécision des méthodes de prévision de la masse du contenu digestif et de la composition des tissus chez un animal vivant.

Selon **Chilliard et al.** cités par **Vermorel et Coulon (1992)**, chez des vaches laitières, elle varierait de 4 à 9 Mcal/kg soit 2,3 à 5,2 UFL par kg de gain de poids, selon les mesures ; et de 3,12 à 4,5 UFL selon le stade physiologique et l'état corporel de l'animal (**Wright et Russel** cités par **Vermorel et Coulon, 1992**).

3. LE SYSTEME UNITE FOURRAGERE VIANDE (U.F.V.)

3.1 - Définition de l'U.F.V.

L'U.F.V. est la quantité d'énergie nette apportée par un kg d'orge de référence pour l'entretien et la production chez un animal à l'engrais ayant un niveau de production de 1,5 (**Vermorel et al., 1987**).

3.2 - Rendement global d'utilisation de l'EM : k_{mf}

L'énergie métabolisable est donc utilisée à la fois pour l'entretien (avec un rendement k_m) et pour l'engraissement (avec un rendement k_f) soit, globalement avec un rendement k_{mf} . Comme il n'y a pas de rapport constant entre k_m et k_f (contrairement à ce qui existe entre k_m et k_i) pour calculer le rendement global d'utilisation de l'EM d'un aliment, il faut tenir compte,

.../...

d'une part des rendements partiels k_m et k_f de l'EM, et d'autre part de l'importance relative de l'énergie nette d'entretien (E.N.E.) et de l'énergie nette de production de viande (E.N.V.).

Mac Hardey cité par Vermorel (1978), INRAP-ITEB (1984), Geay et al. (1987) ont relié le rendement (k_{mf}) de l'EM au niveau de production pour établir un système d'énergie nette des aliments additifs.

$$k_{mf} = \frac{k_m \times k_f \times NP}{k_f + (NP - 1) k_m}$$

NP = Niveau de production.

La relation précédente montre que le rendement global varie avec le NP, donc avec la vitesse de croissance. Un aliment devrait donc avoir une infinité de valeurs énergétiques, ce qui serait inapplicable pour le rationnement. Pour éviter cet inconvénient, il a fallu choisir un seul niveau de production pour les animaux destinés à la production de viande. La valeur 1,5 a été choisie pour calculer la valeur énergétique des aliments destinés aux animaux en croissance intensive ou à l'engrais.

3.3 - Valeur UFV d'un aliment

3.3.1 - EB - ED - EM

Les calculs et les valeurs sont les mêmes que pour le calcul de la valeur UFL.

3.3.2 - Energie nette d'entretien et de production de viande (E.N.E.V.)

L'énergie nette de l'aliment pour l'entretien et la production de viande est la somme de l'ENE et de l'ENV. Le rendement global (k_{mf}) d'utilisation de l'EM correspond au rapport :

$$k_{mf} = \frac{E.N.E + E.N.V}{E.M. \text{ totale}} = \frac{E.N.E.V.}{E.M. \text{ totale}}$$

ce qui permet de déduire :

$$ENEV \text{ (Kcal/kg MS)} = EM_{\text{totale}} \times k_{mf} \text{ (Vermorel, 1978)}$$

3.3.3 - Valeur énergétique exprimée en UFV

$$\text{Valeur UFV} = \frac{ENEV \text{ de l'aliment}}{ENEV \text{ de l'orge}} = \frac{ENEV \text{ de l'aliment}}{1.820}$$

Les UFV ne sont utilisées que pour les opérations d'embouche intensive.

3.4 - Besoins énergétiques

3.4.1 - Animaux à l'engraissement

Les besoins énergétiques de ces animaux ont été calculés en UFV à partir des résultats d'essai d'alimentation. C'est une méthode globale qui a permis de calculer les besoins énergétiques totaux pour chaque type animal à partir de sa consommation effective d'UFV au cours des expérimentations d'alimentation, pour chaque niveau de croissance.

4. FACTEURS DE VARIATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE DES ALIMENTS

Quelque soit le système d'expression de l'énergie nette, le principal facteur de variation de la valeur énergétique des aliments est la digestibilité de la matière organique qui a été étudiée dans le chapitre III.

C'est dans cet même ordre d'idée, que Giger et al. (1986) confirment que la DMO d'une ration distribuée à un ruminant conditionne dans une large mesure sa valeur énergétique.

Voici dans un tableau (n°2) récapitulatif, les différentes étapes de calcul des valeurs énergétiques (UFV et UFL) des aliments.

Tableau n°2 : Les différentes étapes de calcul des valeurs énergétiques (UFV et UFL) des aliments (INRA, 1988)

- Énergie digestible : $ED = \text{Énergie brute (EB)} \times \text{digestibilité de l'énergie}$
- Énergie métabolisable : $EM = ED \times \frac{EM}{ED}$
- $\frac{EM}{ED} = 0,8417 - 9,9 \times 10^{-5} CBo - 1,96 \times 10^{-4} MATo + 0,0221 NA$
- Concentration en énergie métabolisable de l'aliment : $q = \frac{EM}{EB}$

Efficacités d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette

- pour la lactation : $kl = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$
- pour l'entretien : $km = 0,287q + 0,554$
- pour l'engraissement : $kf = 0,78q + 0,006$
- pour l'entretien et la production de viande : $kmf = \frac{km \times kf \times 1,5}{kf + 0,5 km}$

Valeurs UFL et UFV des aliments

- valeur UFL = $\frac{EM \times kl}{1700}$
- valeur UFV = $\frac{EM \times kmf}{1820}$

5. INFLUENCE DE LA CONCENTRATION ENERGETIQUE DES ALIMENTS SUR LES BESOINS ENERGETIQUES

L'importance de la concentration énergétique est particulièrement nette en fin d'embouche, car les besoins s'accroissent (fabrication de graisse), alors que l'appétit des animaux diminue progressivement. La seule façon d'éviter la diminution des gains de poids à cette période est de modifier la ration en augmentant la proportion de concentré énergétique, et la part de ces concentrés doit être d'autant plus grande que l'on approche de la finition (Rivière, 1977).

6. INTERETS ET INCONVENIENTS DES UFV ET UFL

6.1 - Intérêts des UFV et UFL

Dans les conditions générales de l'élevage tropical, le système UFL basé sur l'énergie nette de lactation, est utilisée d'une part pour les femelles productrices de lait, d'autre part pour les animaux à l'entretien ou à croissance modérée.

Le système UFV, basé sur l'énergie nette d'entretien et d'engraissement, est utilisé pour les animaux à viande ayant une forte croissance (animaux dits à l'engrais) (INRAP-ITEB, 1984, Parigi Bini, 1986, France MCD. 1991). Ce qui permet de faire une distinction entre les animaux suivant leurs productions.

Les nouveaux systèmes des UFL et UFV tiennent compte de toutes les acquisitions scientifiques de ces dernières décennies, en particulier sur les différences de rendement de l'EM pour l'entretien, la lactation, l'engraissement et aussi sur la digestibilité. les

teneurs en EB et EM des aliments, en particulier des fourrages. Ils tiennent également en considération les interactions des aliments au sein des rations ainsi que l'influence du niveau d'alimentation.

Le choix des deux systèmes a permis d'améliorer la précision de la valeur énergétique des aliments pour les productions de lait et de viande, ce qui aurait été impossible avec un système unique. Ces deux systèmes présentent la souplesse nécessaire pour admettre les améliorations ultérieures sur la composition chimique, l'interaction des aliments au sein d'une ration, sur l'utilisation de l'énergie pour la lactation ou la croissance et sur les besoins des animaux.

Les valeurs énergétiques des aliments et les besoins des animaux sont facilement convertibles dans les nouveaux systèmes adoptés aux Pays-Bas et en Suisse qui reposent sur les mêmes bases scientifiques (Vermorel, 1978).

6.2 - Inconvénients des UFV et UFL

La détermination de ces nouvelles valeurs (UFL) nécessitera au préalable :

- la vérification de la validité des relations précédentes, notamment celles qui concernent les estimations de EB et de EM/EB et le calcul de EB, ou l'établissement d'autres relations mieux adaptées au bétail et aux aliments tropicaux;
- la détermination des niveaux d'alimentation (NA) chez les animaux tropicaux (Parigi Bini, 1986).

DEUXIEME PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

Ces essais se sont déroulés au Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires (L.N.E.R.V.) de Dakar (Sénégal).

1. MATERIEL EXPERIMENTAL

1.1 - les animaux

1.1.1 - Description générale des animaux

Sept taurillons et sept génisses de race Gobra ayant une moyenne d'âge de deux ans ont été utilisés. Les mâles et les femelles avaient respectivement un poids moyen de départ de 130 kg et 127 kg.

La description de ces animaux a été illustrée dans le chapitre I de la synthèse bibliographique.

1.1.2 - Description de l'environnement des animaux

Deux parcs de stabulation libre et quatre box ont été aménagés.

- Dimensions d'un parc :

- . Longueur : 8,40 (m)
- . Largeur : 4,68 m
- . Superficie: 40 m².

Ces parcs sont clôturés par un grillage d'une hauteur de 1,60 m, soutenu par des cornières.

Chaque parc est équipé de mangeoires et d'abreuvoirs alimentés par un robinet. Le 1/3 (tiers) environ de la superficie de chaque parc est abrité du soleil par un toit en zinc.

- Dimensions d'un box

- . Longueur : 3,40 m
- . Largeur : 2,76 m
- . Superficie: 9 m².

Des auges étaient encastrés sur le devant des box. Chaque box est équipé d'un abreuvoir.

1.1.3 - Mode d'élevage

1.1.3.1 - Mise en lot

Les animaux sont bouclés dès leur arrivée au laboratoire.

Chaque essai porte sur un effectif de 7 animaux qui sont répartis selon un dispositif expérimental.

La mise en lots ne s'est pas faite au hasard, le caractère sexe a été considéré.

- Essai n°1 : avec 7 taurillons (lot 1)
- Essai n°2 : avec 7 génisses (lot 2).

Le dispositif expérimental consiste à faire des permutations des animaux entre parc et étable.

Dans chaque essai, nous avons 5 animaux dans le parc et deux répartis individuellement dans les étables. Chaque quinzaine, (jour de pesée des animaux) des permutations entre les animaux des parcs et des étables sont opérées.

1.1.3.2 - Conduite sanitaire

Dès leur mise en parc, les animaux subissent les vaccinations contre la peste bovine, le charbon symptomatique et la pasteurellose. Ils ont également subi un traitement anti-parasitaire interne et externe.

1.2 - La ration

Une seule ration est expérimentée. Elle est constituée de fane d'arachide comme aliment de lest et d'un concentré.

1.2.1 - Aliment de lest

L'arachide (*Arachis hypogea*) constitue la culture de rente la plus importante au Sénégal. Elle donne un résidu, la fane d'arachide, qui constitue l'essentiel des résidus agricoles utilisés systématiquement en alimentation animale (Sénégal)/Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, 1988).

C'est un fourrage qui est bien apprécié par toutes les espèces. Il est constitué par les parties végétatives de l'arachide (tiges, feuilles, et souvent une partie du système racinaire) après la récolte des gousses, effectuée le plus souvent par battage (Calvet, 1973).

La qualité de ces fanes est très variable selon le mode de récolte et le soin apporté à cette opération. Elle dépend en particulier de la proportion de feuilles restant attachées à la tige et à l'état de lignification de cette dernière. La meilleure qualité est obtenue lorsque les fanes sont coupées avant l'arrachage ou lorsque l'égoussage est effectuée à la main (Rivière, 1977).

1.2.2 - Aliment concentré

L'aliment concentré utilisé dans la ration a la composition suivante :

- Sorgho : 59,5 %
- Farine de poisson : 25 %
- Tourteau d'arachide : 14,5 %
- Sel : 1 %.

Le sorgho et le tourteau d'arachide, après broyage, sont mis dans un mélangeur avec la farine de poisson et le sel pour une homogénéisation du concentré.

Les tourteaux d'arachide représentant 41 % de l'arachide coque (Calvet, 1978) traitée, sont obtenus de l'extraction de l'huile d'arachide.

Les matières premières utilisées pour les farines de poisson sont très variables, mais ce sont principalement les produits et sous-produits de la pêche maritime.

1.3 - Matériel complémentaire

- Bascule pour peser les animaux.
- Balance de type sartorius pour peser les rations.
- Des cages de digestibilité pour ovins.
- Des loges individuelles d'adaptation pour ovins.
- 5 béliers pour étude de la digestibilité "in vivo".
- Etuve pour évaluer la teneur en matière sèche.
- Mangeoires.
- Abreuvoirs.
- Dispositif complet pour analyses chimiques.

2. METHODES

2.1 - Alimentation et abreuvement

2.1.1 - Alimentation

Du 12 au 24 janvier 1993, s'est déroulée la phase d'adaptation des animaux à la nouvelle ration et au nouveau mode de vie. Elle était suivie de la phase expérimentale qui a duré 100 jours.

La ration distribuée est composée de 80 % de fane d'arachide et 20 % de concentré. Elle est distribuée quotidiennement en deux repas suivant les besoins journaliers des animaux et en quantité autorisant un taux de refus de 10 %.

Le niveau alimentaire journalier n'est pas fixé en fonction du poids métabolique des animaux. Une certaine quantité de fane d'arachide a été fixée au départ, et en fonction du taux de refus autorisé, on augmente ou on diminue la quantité à distribuer.

.../...

2.1.2 - Abreuvement

L'eau est servie ad libitum après chaque distribution de la ration.

2.2 - Mesures et analyses

2.2.1 - Mesures

2.2.1.1 - Mesure des quantités d'aliments distribués et refusés

Chaque matin, avant de distribuer la ration du jour, la quantité d'aliments refusée après 24 heures est d'abord pesée. Car c'est en fonction du taux de refus de la veille que sera évaluée la quantité d'aliments à offrir.

2.2.1.2 - Mesure de la matière sèche sur les aliments distribués et refusés

La mesure de la teneur en matière sèche des aliments (distribué et refusé) est effectuée toutes les 48 heures. Des échantillons de 200 et 250 g sont prélevés respectivement pour la fane d'arachide et le concentré.

Ces échantillons sont mis à l'étuve pendant 2 jours à une température moyenne de 60°C.

Le pourcentage de la teneur en matière sèche des aliments est obtenu en faisant le rapport entre les quantités du sec et du brut et multiplié par 100.

2.2.1.3 - Mesure des quantités de matière sèche volontairement ingérée (M.S.V.I.)

Les quantités de matière sèche volontairement ingérée sont mesurées à partir des quantités distribuées et des refus éventuels : M.S.V.I. = quantité distribuée - quantité refusée.

2.2.1.4 - Mesure de la digestibilité "in vivo" de la ration

Cette étude de la digestibilité a pour but d'évaluer l'efficacité digestive de la ration. Elle est réalisée sur 5 moutons peulh-peulh mâles entiers ayant respectivement un poids et âge moyens de 46 kg et 18 mois.

Cette mesure de la digestibilité se déroule en deux périodes : période d'adaptation et période de mesure.

a) Période d'adaptation

Elle dure 15 jours et est répartie comme suit : 11 jours dans les loges individuelles et 4 jours dans les cages de digestibilité. La ration pour chaque mouton était pesée et distribuée selon le même protocole que chez les bovins en essai.

Des échantillons des aliments distribués et refusés étaient prélevés quotidiennement en vue de la détermination de la teneur en matière sèche.

b) Période de mesures

Elle dure 6 jours. Le protocole expérimental de la période d'adaptation est maintenu. et à cela s'ajoute la collecte quotidienne des fécès sur chaque animal. Le tiers (1/3) de la quantité des fécès de chaque animal est prélevé pour constituer un échantillon qui sera mis à l'étuve pendant 48 heures en vue de la détermination de la teneur en matière sèche.

A la fin de la mesure, les échantillons des distribués et des refus respectifs étaient mélangés pour constituer un échantillon unique qui sera broyé en vue de l'analyse chimique.

De même, les fécès secs des 5 béliers sont mélangés de façon homogène et un échantillon du mélange est prélevé et broyé en vue de l'analyse chimique.

Deux autres mesures de digestibilité ont été effectuées sur moutons, et sur bovins.

2.2.1.5 - Pesées des animaux

Le programme des pesées est le suivant :

- Triple pesée en début d'expérience
- Une pesée tous les 15 jours
- Triple pesée en fin d'expérience.

Les animaux sont pesés le matin à jeun.

2.2.2 - Analyses

2.2.2.1 - Analyses chimiques

L'analyse bromatologique a été réalisée pour déterminer la composition chimique de chaque aliment.

La matière sèche est obtenue après dessiccation de la matière brute à l'étuve à 103°C, et les minéraux par calcination au four à 550°C.

La matière organique est obtenue en faisant la différence entre matière sèche et matières minérales.

Les matières azotées totales ont été dosées par la technique de **Kjeldahl** et la cellulose brute selon celle de **Weende**.

Les constituants pariétaux (NDF, ADF, ADL) ont été dosés par les techniques de **Van Soest**.

Le calcium et le phosphore ont été analysés par colorimétrie.

Les matières grasses correspondent aux substances extraites sous reflux par l'éther éthylique.

2.2.2.2 - Analyses statistiques

Nous avons fait des calculs de moyennes, écart-type des trois paramètres (consommation de matière sèche, GMQ, poids vifs), de régression linéaire à l'aide de logiciel **STATITCF**

CHAPITRE II : RESULTATS - DISCUSSIONS - RECOMMANDATIONS

Les essais ont duré 113 jours. Mais seulement une période de 59 jours (25/02 - 24/04) a été prise en compte. La période d'adaptation qui était prévue pour 13 jours a été prolongée à 30 jours, car les animaux présentaient une chute de poids. Puis ils ont obtenu une croissance très élevée caractérisant la croissance compensatrice.

Après cette phase de compensation, la courbe de croissance a montré une période de croît homogène de 59 jours. La dernière phase exclue aussi des mesures, présentait des gains de poids insuffisants.

Ce chapitre est divisé en 3 parties :

- D'abord les résultats concernant :

1/ Valeur alimentaire de la ration

- . composition chimique des aliments
- . digestibilité "in vivo" de la ration
- . consommation de matière sèche
- . M.O.D.I.
- . valeur énergétique de la ration.

2/ Performances de croissance des animaux

- . évolution pondérale des animaux
- . gains moyens quotidiens
- . comparaison entre mâles et femelles.

3/ Relation entre M.O.D.I. et G.M.Q.

4/ Relation entre E.N. et G.M.Q.

- Ensuite les discussions.

- Enfin, les recommandations.

i. RESULTATS

1.1 - Valeur alimentaire de la ration

1.1.1 - Composition chimique des aliments

Les résultats des analyses bromatologiques effectuées sont représentés dans le tableau n°3.

La fane d'arachide présente une bonne valeur alimentaire avec les teneurs suivantes : MAT = 15,7 % de MS, CB = 27,35 %, ENA = 45,97 %, NDF = 41,44 %, ADL = 8,09 %.

L'aliment concentré composé de sorgho, farine de poisson, tourteau d'arachide et sel est riche en énergie:

MAT = 32,96 % de MS ; CB = 5,40 % ; ENA = 49,19 % ;
ADL = 40,61 %.

Les teneurs en matière sèche de la fane d'arachide et du concentré sont respectivement de 91,48 % et 95,25%.

1.1.2 - Digestibilité "in vivo" de la ration

La ration expérimentée a un coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche 62,7 %, celui de la matière organique est de 66 %. Les coefficients de digestibilité des autres constituants de la ration sont représentés dans le tableau n°3.

Deux autres mesures de digestibilité réalisées sur moutons et bovins ont donné respectivement un coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche 61,9 % et 63,5 %.

Tableau n°3 : teneur en matière sèche des aliments offerts, composition chimique des aliments et du consommé (en g/kg MS) et coefficient d'utilisation digestive

Constituants	Fane d'arachide	Concentré	Consommé (R)	CUD X (R)
Humidité des aliments bruts	85,2	47,5		
Matière sèche (MS)	914,8	952,5		62,7
Cendres (matières minérales totales)	74,9	114,6	87	
Matière organique	925,1	885,4	913	66,0
Matières azotées totales : MAT = 6,25 N	157,0	329,6	199	75,1
Matières grasses (MG = extrait éthéré)	35,0	10,0	30	67,4
Cellulose brute (CB de Weende)	273,5	54,0	212	30,2
Extractif non azoté (ENA)	459,7	491,9	472	78,1
. Paroi selon méthode de Van Soest				
Neutral detergent Fiber (NDF)	414,4	406,1	391	42,7
Acid Detergent Fiber (ADF)	343,5	112,0	279	36,9
Acid Detergent Lignin (ADL)	80,9	46,7	70	-23,8
Hemicellulose (NDF-ADF)	70,9	294,1		
Cellulose (ADF-ADL)	262,6	65,3		
. Minéraux majeurs				
Calcium	7,7	23,3		
Phosphore	1,7	14,5		
Magnésium	6,3	2,0		
Potassium	4,2	5,2		
. Oligo-éléments	P.P. ^m	P.P. ^m		
Cuivre	5,2	8,9		
Zinc	26,2	65,9		
Manganèse	109,9	22,6		
Fer	612	530		
Sodium	271	5 837		

(R) = Ration complète

1.1.3 - Consommation de la matière sèche

Les consommations moyennes des taurillons et des génisses exprimées en gMS/kg P^{0,75} sont présentées dans les tableaux 4 et 5. Ces consommations sont calculées uniquement durant la période prise en compte.

D'une manière générale, l'ingestion de matière sèche a été homogène dans le lot 1, variant entre 109 et 114 g/kg P^{0,75}, les variations ont été plus larges dans le lot 2 (101 à 112 g/kg P^{0,75}).

Aussi bien chez les taurillons que chez les génisses, la consommation d'aliments est plus importante dans les parcs que dans les étables. Les consommations de MS ne présentent pas de différence significative entre les lots 1 et 2.

1.1.4 - Matière organique digestible ingérée (M.O.D.I)

Les quantités de matière organique digestible ingérée sont exprimées en g/kg P^{0,75} et consignées au tableau n°8.

Elles sont en moyenne respectivement dans les lots 1 et 2 de l'ordre de 67 et 65 g/kg P^{0,75}.

1.1.5 - Valeur énergétique de la ration

Les équations de l'INRA (1988) sont utilisées pour déterminer la valeur énergétique de la ration.

**Tableau n°4 : Evolution de la consommation moyenne
(g/kg P^{0,75}) de matière sèche des taurillons
(lot1**

Périodes	25/02-10/03	11/03-25/03	26/03-08/04	09/04-24/04	Moyenne
Lot 1					
N°608	120	106*	118	116	115
N°609	120	120	118	99*	114
N°610	120	120	77*	116	109
N°611	120	120	106*	116	116
N°612	120	95*	118	116	112
N°613	95*	120	118	116	113
N°614	84*	120	118	81*	100
Moyenne ± E.T.	111 ± 15,2	114 ± 10,3	110 ± 15,4	109 ± 13,7	111 ± 2,2

**Tableau n°5 : Evolution de la consommation moyenne
(g/kg P^{0,75}) de matière sèche des génisses
(lot 2)**

Périodes	25/02-10/03	11/03-25/03	26/03-08/04	09/04-24/04	Moyenne
Lot 2					
N°601	96	114	119	93*	105
N°602	96	107*	119	118	110
N°605	108	113	86*	97	101
N°606	107*	114	115	118	114
N°607	108	113	115	79*	103
Moyenne ± E.T.	103 ± 6,4	112 ± 2,9	111 ± 14,0	101 ± 16,9	107 ± 5,6

* = Etable

E.T. = Ecart-type

.../...

1) $EB_R = E_{BA} \times 0,8 + E_{BB} \times 0,20$

EB_R = énergie brute de la ration

E_{BA} = énergie brute de la fane d'arachide

E_{BB} = énergie brute du concentré.

$E_{BA} = 4\,516 + 1,646 \text{ MAT} - 39$

$E_{BB} = 5,72 \text{ MAT} + 9,50 \text{ MG} + 4,79 \text{ CB} + 4,17 \text{ ENA}.$

$$EB_R = 4\,375 \text{ Kcal/kg MS}$$

2) $DE = 63 \%$

3) $ED = EB \times DE.$

$$ED = 2\,756 \text{ Kcal/kg MS}$$

4) $EM = ED \times EM/ED$

$EM/ED = 8,286 \cdot 10^{-1} - 8,77 \cdot 10^{-5} \text{ CB} - 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ MAT} + 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ NA}$

$$EM = 2\,237,3 \text{ Kcal/kg MS}$$

5) $EN = EM \times k$

$ENL = EM \times k_1$

$ENEV = EM \times k_{mf} \cdot 1,5$

$k_1 = 0,24 (q - 0,57) + 0,60$

$q = EM/EB$

$q = 0,51$

$k_1 = 0,59$

$$ENL = 1\,320 \text{ Kcal/kg MS}$$

$$k_{mf_{1,s}} = \frac{0,3358 (q)^2 + 0,6508 (q) + 0,005}{0,9235 (q) + 0,2820}$$

$$k_{mf_{1,s}} = 0,56$$

$$\text{ENEV} = 1\,252,9 \text{ Kcal/kg MS}$$

L'obtention des EN permet de calculer les unités fourragères par rapport à la référence de l'INRA qui est la valeur énergétique nette de l'orge.

6) Les unités fourragères

$$UFL = ENL/1\,700$$

$$UFV = \text{ENEV}/1\,820$$

$$UFL = 0,78$$

$$UFV = 0,69$$

1.2 - Performances de croissance des animaux

1.2.1 - Evolution pondérale

Les évolutions pondérales des animaux sont décrites dans les tableaux 6 et 7. Aussi bien dans le lot 1 que dans le lot 2, les animaux ont eu de bonnes performances.

.../...

Tableau n°6 : Evolution pondérale (kg de poids vif) et GMQ (g) des taurillons (lot 1)

Lot 1	Pi (kg)	Pf (kg)	VP (kg)	GMQ (g)
N° 608	158,5	208,4	49,9	846
N° 609	133,6	191,5	57,9	981
N° 610	160,0	198,9	38,9	659
N° 611	116,8	152,9	36,1	612
N° 612	129,0	181,4	52,4	888
N° 613	146,6	179,0	32,4	549
N° 614	145,4	185,7	40,3	683
Moyenne ± E.T.	141,4 ± 15,8	185,4 ± 17,6	44 ± 9,4	746 ± 160

Tableau n°7 : Evolution pondérale (kg poids vif) et GMQ (g) des génisses (lot 2)

Lot 2	Pi (kg)	Pf (kg)	VP (kg)	GMQ (g)
N° 601	175,2	209,3	34,1	578
N° 602	158,3	201,8	43,5	737
N° 605	132,0	165,5	33,5	568
N° 606	139,0	170,4	31,4	532
N° 607	141,2	175,5	34,3	581
Moyenne ± E.T.	149,1 ± 17,5	184,5 ± 19,7	35,4 ± 4,7	600 ± 80

E.T. = Ecart-type
 Pi = Poids initial
 Pf = Poids final

VP = Variation de poids
 GMQ = Gain moyen quotidien

Les poids initiaux des lots 1 et 2 (141,4 kg et 149,1 kg) sont passés respectivement à la fin des essais à 185,4 kg et 184,5 kg.

1.2.2 - Gains moyens quotidiens (GMQ)

Les gains moyens quotidiens exprimés en g, obtenus au cours des essais sont présentés dans les tableaux 6 et 7.

Les taurillons et les génisses ont présenté respectivement un GMQ de 746 g et 600 g. Les GMQ obtenus dans les étables sont plus élevés que ceux réalisés dans les parcs.

1.2.3 - Comparaison entre taurillons et génisses

En utilisant la même ration alimentaire sur l'ensemble des essais, les taurillons ont été plus performants que les génisses avec un GMQ de 746 g contre 600 g.

Le gain moyen quotidien présente une différence significative ($P < 0,05$) entre les lots 1 et 2.

1.3 - Relation entre M.O.D.I. et G.M.Q.

Les performances des animaux et les quantités de matière organique digestible ingérée sont présentées dans le tableau n°8.

Ce tableau montre des besoins élevés en MODI pour la croissance des taurillons et des génisses qui sont respectivement de 67 g/kg $P^{0,75}$ pour un GMQ de 746 g et 65 g/kg $P^{0,75}$ pour un GMQ de 600 g.

Tableau n°8 : Relation entre GMQ (g) et M.O.D.I. (g/kg $P^{0,75}$) des taurillons (lot 1) et des génisses (lot 2)

Lots	GMQ (g)	M.O.D.I. (g/kg $P^{0,75}$)
Lot 1	746	67
Lot 2	600	65

Pour établir une liaison entre les performances des animaux exprimés en GMQ et les quantités de MODI, nous avons considéré l'essai n°1 (lot des taurillons) plus dix (10) autres essais réalisés antérieurement sur des taurillons, soit un ensemble de 11 essais dont les performances et les quantités de MODI sont illustrées dans le tableau n°9.

Une liaison étroite est observée entre les GMQ et les MODI (Fig. n°9). L'équation de la droite est :

$$GMQ(g) = 28,1 \cdot MODI(g/kg P^{0,75}) - 1150$$

$$r = 0,967$$

$$ETR = 69 \text{ g.}$$

(ETR : écart-type résiduel)

.../...

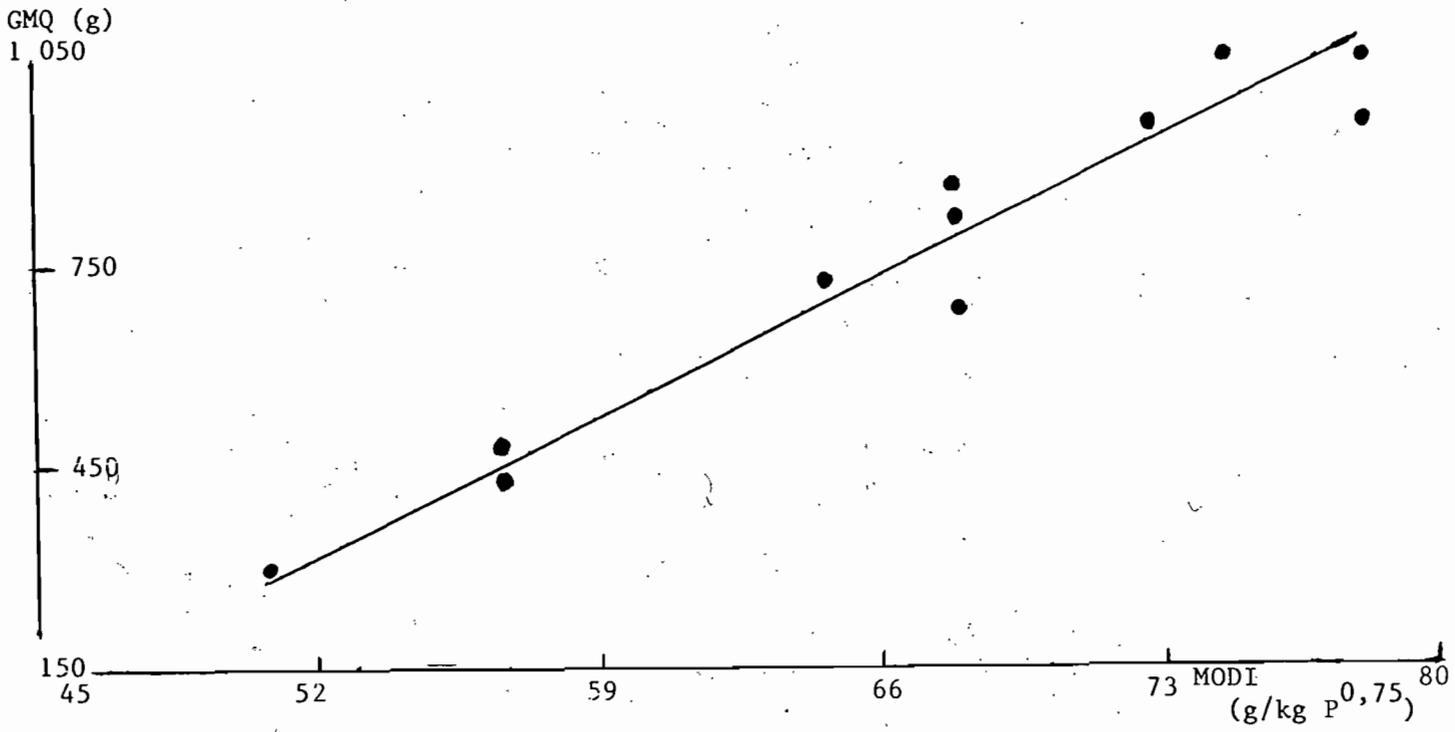


Fig. 9 : Relation entre la croissance (GMQ) et les quantités de M.O.D.I. (g/kg P^{0,75})

Tableau n°9 : Performances des lots et quantités de matière organique digestible ingérée

Essais n°	Poids moyens (kg)	GMQ (g)	MODI (g/kgP ^{0,75})
1	307	1 047	77
2	236	995	74
3	185	899	77
4	285	888	72
5	299	815	67
6	155	665	64
7	321	612	67
8	309	389	56
9	177	249	50
10	199	438	56
11	163	746	67

1.4 - Relation entre EN et GMQ

La ration a deux valeurs énergétiques : 0,78 UFL et 0,69 UFV.

Chez les taurillons, pour un GMQ de 746 g, ils ont consommé 3,95 UFL.

Les génisses ont consommé 3,87 UFL pour un GMQ de 600 g.

Avec sensiblement la même quantité d'énergie consommée, les taurillons ont eu un GMQ supérieur à celui des femelles.

1.5 - Situations sanitaires

L'état sanitaire des animaux a été satisfaisant dans l'ensemble. Néanmoins, deux cas pathologiques se sont déclarés dans le lot 2. Deux génisses ont présenté en cours d'essai une diarrhée entraînant un état de déshydratation, une réduction de la consommation d'aliments. Les animaux se trouvaient dans un mauvais état général, ils étaient cachectiques. Lors des pesées, des pertes de poids ou des gains insuffisants ont été constatés. Ce qui nous a obligé, après plusieurs tentatives de traitement sans grand succès, ni amélioration, de les exclure de l'essai, réduisant le nombre d'animaux du lot 2 à 5.

.../...

2. DISCUSSIONS

2.1 - Valeur alimentaire de la ration

2.1.1 - Digestibilité "in vivo" de la ration

Les 3 mesures de digestibilité de la matière sèche effectuées (deux sur moutons et une sur bovins) sont homogènes dans l'ensemble : 62,7 % et 61,9 % chez les moutons, 63,5 % chez les bovins. Celle de la matière organique (D.M.O.) a été de 66,0 %. Ces valeurs sont conformes à celles obtenues par Richard et al. (1990) (56 à 71 %) et Ditaroh (1993) (56 à 64%) pour la matière organique. Il est à noter que les valeurs de ce dernier auteur sont obtenues avec des résidus de récolte et des sous-produits agro-industriels.

En zone tropicale, la DMO des rations dépasse rarement 70%. Ceci s'explique par le fait que la première étape de l'utilisation de l'énergie entre l'énergie brute et l'énergie digestible est particulièrement importante.

Au cours de la transformation de l'énergie brute en énergie digestible, se produisent des pertes d'énergie fécale.

D'après INRAP-ITEB (1984), ces pertes sont importantes et représentent 20 à 50 % de l'EB.

Ces valeurs sont confirmées par nos résultats car nous trouvons une perte d'énergie fécale de l'ordre de 37 % de l'énergie brute.

L'énergie des fécès est surtout importante lorsque la ration contient beaucoup de glucides pariétaux représentés notamment par la cellulose brute.

2.1.2 - Consommation de matière sèche

Chez les taurillons et génisses, la matière sèche volontairement ingérée a été respectivement de 111 g/kg $P^{0,75}$ et 107 g/kg $P^{0,75}$, soit 3,1 et 2,9 kg MS par 100 kg de poids vif. Ces consommations sont comparables aux prévisions classiques des zébus en milieu tropical.

Selon Friot et al. (1980), le zébu tropical consommerait uniformément 2,5 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif et par jour.

Nos résultats concordent avec ceux de Richard et al. (1990) (103 à 153 g/kg $P^{0,75}$) et de Ditaroh (1993) (94,3 à 148,3 g/kg $P^{0,75}$). Néanmoins, nos valeurs trouvées sont inférieures aux valeurs maximales de ces deux auteurs.

Plusieurs raisons nous permettent d'expliquer cette différence de consommation :

- la permutation des animaux entre parcs et étables a toujours entraîné une diminution de la consommation au niveau des étables. Cette baisse de l'ingestion alimentaire peut être due au facteur de stress ;
- l'appétibilité de la ration : l'aliment concentré qui contenait 25 % de farine de poisson dégageait une odeur de poisson qui n'était pas bien appréciée par les

.../...

animaux. Ce qui a été à l'origine de la longue période d'adaptation. Signalons aussi qu'en cours d'essai, nous avons constaté des refus de concentré.

En effet, la consommation des animaux selon **Topps et Olivier (1978)**, **Micol et Beranger (1981)**, **Sall et al. (1984)**, dépend de divers facteurs de variation tels que le type d'aliment, la forme de présentation et la saison. Selon l'**INRA (1988)**, la claustration peut faire diminuer la consommation alimentaire d'un animal par la compétition des congénères.

2.1.3 - Valeur énergétique de la ration

La ration expérimentée titre 0,78 UFL et 0,69 UFV. Elle est riche en énergie du fait du niveau énergétique de ces différents constituants. Un bon tourteau d'arachide doit contenir 45 à 50 % de protéines. A ce titre, les tourteaux sénégalais sont considérés comme de bons produits avec 48 à 56 % de matières protéiques brutes (M.P.B.).

Les farines de poisson sont de composition et de valeur nutritive très variables, selon la matière première et la technologie employées. Ce sont des produits surtout appréciés comme sources de protéines, dont les variations intéressent non seulement les taux de matières azotées, mais également celui des matières minérales ; celles-ci dépendent à la fois de la proportion plus ou moins grande d'arêtes et, dans les farines artisanales, de la teneur en sable qui contamine les matières premières lors du séchage. La teneur en

matières grasses présente également des variations de grande amplitude, selon les espèces de poissons utilisées et l'époque de la pêche. Les farines industrielles sont des produits de grande valeur nutritive (Rivière, 1977).

La valeur énergétique de la ration a été calculée à partir des connaissances accumulées relatives à la composition chimique, à l'utilisation digestive des aliments et au rendement d'utilisation de l'EM en EN pour les différentes fonctions physiologiques. Ce qui permet de déduire que la valeur énergétique des rations mixtes est généralement différente de la valeur calculée à partir des différents éléments constituant la ration : ce qui laisse supposer des effets d'associativité.

2.2 - Performances de croissance des animaux

Le meilleur GMQ dans les deux lots est obtenu chez les taurillons par rapport aux génisses avec respectivement 746 et 600 g. La différence entre les deux GMQ est statistiquement différente ($P < 0,05$). Ceci confirme les résultats obtenus par Mollereau et al. (1987) où les mâles ont accusé un taux de croissance plus élevé que celui des femelles. Ceci s'explique certainement par l'action favorisante des androgènes et des testicules sur la croissance, et en plus les mâles apprennent à mieux consommer les aliments que les femelles. Mais ces dernières forment plus de gras.

Comparés aux résultats obtenus par Valenza et al. (1971), sur des taurillons de race Gobra âgés de 3 ans et soumis aux rations composées de paille de riz et de concentré (660 g), nos animaux mâles ont un meilleur GMQ. Mais par rapport à des races européennes, les GMQ trouvés par Xiccato et Cinetto sont nettement supérieurs à nos résultats avec des GMQ de 890 à 1 119 g.

.../...

2.3 - Relation entre M.O.D.I. et G.M.Q.

Les digestibilités de ces rations sont moyennes et comprises dans la zone de la DMO des rations en zone tropicale (DMO < 70 %) obtenues par un certain nombre d'auteurs.

Les quantités de matière sèche volontairement ingérée sont variables et élevées dans certains lots.

Ces fortes quantités de M.S.V.I. entraînent des augmentations de la matière organique digestible ingérée.

Une liaison étroite est observée entre les performances des animaux exprimées en GMQ et les quantités de MODI.

$$\text{GMQ(g)} = 28,1 \text{ MODI(g/kg P}^{0,75}) - 1\ 150$$
$$r = 0,967 \qquad \text{ETR} = 69 \text{ g}$$

L'analyse de nos résultats montre que les besoins sont élevés en MODI pour la croissance des zébus Gobra. Ceci tendrait à démontrer que la composition du gain de poids vif comprend une proportion élevée de lipides.

Selon Geay et al. (1987), les lipides évoluent selon une relation d'allométrie classique en fonction du poids vif vide. Cette relation est variable selon le type d'animal (race, âge, sexe...). Chez un animal, le dépôt de lipides est d'autant plus rapide que le niveau énergétique de la ration et la vitesse de croissance sont élevés.

Les kg de croît, d'après Lhoste (1982), sont de plus en plus riches en lipides lorsque l'animal vieillit et de moins en moins riches en eau : pour cette raison en particulier, la dépense énergétique est plus grande par kg de croît pour les animaux âgés.

2.4 - Relation entre EN et GMQ

En consommant la même quantité d'énergie, les taurillons ont eu un GMQ plus élevé que celui des génisses. Ceci s'explique par le fait que les kg de croît sont plus élevés en lipides chez les femelles que chez les mâles.

Ces résultats concordent avec ceux de Valenza et al. (1971).

Selon Rivière (1977), le dépôt de lipides nécessite une quantité importante d'énergie. Le coût énergétique du gain de poids s'exprime généralement par l'indice de consommation. Et lorsque l'animal commence à fabriquer de la graisse, une élévation rapide de l'indice de consommation est observée.

Le tableau n°10 représente les apports alimentaires recommandés par l'INRA et ceux obtenus après nos essais.

	GMQ (g)	UFL (Dakar)	UFL (INRA)	UFV (Dakar)	UFV (INRA)
Taurillons	750	3,95	3,3	3,49	3,0
Génisses	600	3,9	3,4	-	-

Nous constatons que pour le même GMQ, les apports alimentaires recommandés par l'INRA sont inférieurs à nos résultats. Cela pourrait s'expliquer, qu'en zone tropicale, les kg de croît des taurillons sont plus riches en lipides qu'en zone tempérée. Les besoins sont plus élevés, donc nous ne pouvons pas recommander les tableaux de l'INRA en zone tropicale.

3. RECOMMANDATIONS

Pour mener à bien des essais d'alimentation en vue de la détermination des besoins énergétiques du bétail tropical, plusieurs considérations doivent être prises en compte :

- L'apport énergétique est fondamental pour tout mammifère. Dans le cas des ruminants des régions intertropicales, l'énergie ingérée provient principalement des fourrages. L'utilisation digestive de cette énergie est très variable suivant la composition chimique des aliments. La connaissance des teneurs en énergies brute et digestible des fourrages est donc une étape importante tant pour l'appréciation de leur valeur énergétique que pour la précision de la couverture des besoins des animaux (Richard et al., 1990).
- Les études de digestibilité doivent être multipliées et réalisées dans de bonnes conditions, de même que les analyses chimiques. Ce qui permet de maîtriser les variations et confirmer les résultats.
- Tenir compte de la saison pour réaliser les essais, car en saison des pluies, beaucoup d'auteurs ont constaté une diminution de la consommation alimentaire des animaux. A cela s'ajoutent aussi les problèmes pathologiques.
- Le stock de la ration alimentaire doit être suffisant pour toute la durée de l'essai, afin d'éviter des ruptures de stock, entraînant des changements de ration, et probablement de la valeur énergétique.
- Choisir des animaux en bonne santé et réaliser les prophylaxies sanitaire et médicale.

CONCLUSION GENERALE

En zone tempérée, d'importants progrès ont été faits dans le domaine de la détermination des besoins énergétiques des animaux.

Depuis 1978, l'INRA en France est parvenu à l'élaboration de plusieurs tableaux d'expression des besoins énergétiques des différents types d'animaux et des valeurs énergétiques des aliments, qui sont exprimés en UFL et UFV.

Malheureusement, la connaissance des besoins énergétiques des bovins en zone tropicale sèche reste limitée. Les essais d'alimentation avec des rations de valeur énergétique connue sont peu nombreux ; les mesures de bilans énergétiques sont quasiment inexistantes.

Notre travail s'est fixé comme objectif de quantifier les besoins énergétiques pour la croissance et l'engraissement des zébus Gobra. Ce qui permet de voir si les apports et les besoins en énergie des bovins des zones tempérées sont applicables directement à l'alimentation du bétail tropical, ou nécessitent des corrections.

L'étude a été faite au laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires (LNERV) de Dakar-Hann.

Elle a été réalisée sur 12 animaux dont 7 taurillons et 5 génisses ayant une moyenne d'âge de 2 ans environ.

Les 12 animaux sont répartis en deux lots : un premier lot de 7 taurillons et un second lot de 5 génisses.

Ces animaux étaient nourris avec la même ration composée de fane d'arachide (80 %) et d'aliment concentré (20 %). Le concentré avait la composition suivante : sorgho 59,5 %, farine de poisson 25 %, tourteau d'arachide 14,5 % et sel 1 %.

Les résultats suivants ont été obtenus à l'issue de ces deux essais d'alimentation :

- Performances de croissance des animaux :

Lot des taurillons : GMQ = 746 g

Lot des génisses : GMQ = 600 g.

Le GMQ présente une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux lots.

- Relation entre les quantités de matière organique digestible ingérée et les gains moyens quotidiens :

Une liaison étroite a été obtenue entre les quantités de matière organique digestible ingérée et les performances des animaux exprimés en GMQ.

$$\text{GMQ (g)} = 28,1 \text{ MODI (g/kg P}^{0,75}) - 1\ 150$$

$$r = 0,967$$

$$\text{ETR} = 69 \text{ g.}$$

- Relation entre l'énergie nette et les gains moyens quotidiens :

Chez les taurillons, pour un GMQ de 750 g, il faut 3,95 UFL ou 3,49 UFV.

Les génisses ont besoin de 3,9 UFL pour un GMQ de 600 g.

Cette expérimentation permet de dégager les conclusions générales suivantes :

- les mâles croissent plus rapidement que les femelles pour une quantité d'énergie ingérée très proche : cela peut s'expliquer par le fait que les femelles ont une composition du kg de poids vif plus riche en lipides.
- L'analyse des données de la relation entre le GMQ et le MODI, montre des besoins élevés en quantité de matière organique digestible ingérée pour la croissance des zébus Gobra. Ceci tendrait à montrer que la composition du gain de poids comprend une proportion élevée de lipides.
- La relation énergie nette et gain moyen quotidien donne une quantité d'U.F. plus élevée que celle préconisée par l'INRA. Cela montre la nécessité de recommandations spécifiques pour les bovins locaux.

D'autres essais alimentaires seront nécessaires pour préciser les besoins en fonction des poids vifs et des GMQ, ainsi que la composition du gain de poids.

BIBLIOGRAPHIE

1. CALVET H.

Les aliments actuellement utilisables en embouche au Sénégal.

In : Colloque sur l'embouche intensive des bovins en pays tropicaux, 1973 : 53-56.

2. CALVET H., VALENZA J., FRIOT D., WANE A.M.

La graine de coton en embouche intensive.

Performances comparées des zébus, des taurins et des produits de leur croisement.

Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1973, 26 (3) : 349-362.

3. CALVET H.

Les sous-produits agro-industriels disponibles au Sénégal et leur utilisation en embouche intensive.

Communication présentée aux IXèmes Journées médicales de Dakar, 1978 : 51 p.

4. CHENOST M., MARTIN-ROSSET W.

Comparaison entre espèces (mouton, cheval, bovin) de la digestibilité et des quantités ingérées des fourrages verts Ann. Zootech., 1985, 34 (3) : 291-312.

5. CHENOST M., DULPHY J.P.

Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement.

In : Demarquilly Ed.

Les Fourrages secs : récolte, traitement, utilisation.

INRA, Paris, 1987 : 199-230.

6. DENIS J.P., VALENZA, J.

Extériorisation des potentialités génétiques du zébu peulh sénégalais (Gobra).

Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1971, 24 (3) : 409-418.

7. DITAROH D.

Valorisation des résidus de récolte et de sous-produits agro-industriels pour la production de viande au Sénégal : Valeur nutritive de trois rations et effets sur les performances bouchères et les variations d'état corporel du zébu ; Esquisse d'un bilan économique.

Th. Méd. Vét., EISMV, Dakar, 1993, n°3 : 123 p.

8. FERELL C.L., JENKINS T.G.

Energy utilization by Hereford and simmental mâles and femelles.

Animal production, 41 (1), 1985 : 53-61.

9. FRANCE/MINISTERE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT

Memento de l'Agronome. 4ème édition.

Paris , France ; 1991 : 1 635 p.

Collection "Techniques rurales en Afrique".

10. FRIOT D., PUGLIESSE P.L., MBAYE Nd., CALVET H.

Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens. 5ème partie :

Résultats des premières mesures de consommation et de digestibilité effectuées au C.R.Z. de Dähra.

LNERV, Dakar, 1980 : 26 p.

11. GEAY Y., ROBELIN J., BERANGER C., MICOL D., GUEGUEN L., MALTERRE C.

Bovins en croissance et à l'engrais.

In : Alimentation des ruminants

Ed. INRA, Paris, 1978 : 297-343.

12. GEAY Y., MICOL D., ROBELIN J., BERGE Ph., MALTERRE C. JAILLER Rd.

Recommandations alimentaires pour les bovins en croissance et à l'engrais.

Bull. Tech., C.R.Z.V. Theix, INRA, 1987, 70 : 173-183.

13. GIGER S., SAUVANT ., HERVIEU J., DORLEANS M.

Etude de la prévision de la digestibilité des rations mixtes distribuées à des chèvres laitières par ses caractéristiques analytiques.

Ann. Zootech., 1986, 35 (2) : 137-160.

14. GIRARD V.

Partitioning metabolizable energy utilization in ruminants to include a factor for assimilation of food intake and its application for evaluating energy requirements of growing-fattening cattle.

Canadian Journal of Animal Science, 1986 :66 (3) : 723-733.

15. HUNTER R.A., VERCOE J.E.

Reducing maintenance energy requirements of steers using trenbolone acetate.

Proceeding of the nutrition society of Australia, 1986, 11 : 191 p.

16. I.E.M.V.T.

Principales races d'animaux domestiques tropicales d'Afrique et d'Asie du Sud-Est.

Maisons-Alfort, 1973 : 55 p.

17. I.N.R.A.

Alimentation des bovins, ovins et caprins.

R. Jarrige, Ed. 1988 : 476 p.

18. **INRAP-ITEB**
Alimentation des bovins.
Ed. ITEB. Technipel, Paris, 1984 : 448 p.
19. **JARRIGE R., GUEGUEN L., ROBELIN J., THERIEZ M.**
La croissance.
In : Alimentation des ruminants.
Ed. INRA, Paris, 1978 : 217-228.
20. **JARRIGE R., GUEGUEN L., VERMOREL M.**
Entretien.
In : Alimentation des ruminants.
Ed. INRA, Paris, 1978 : 207-216.
21. **LAL S.N., VERMA D.N., HUSAIN K.Q.**
Effect of air temperature and humidity on the feed consumption, cardiorespiratory reponse and milk production in Haryana cows.
Indian Veterinary Journal, 1987, 64 (2): 115-121.
22. **LHOSTE Ph.**
Les bases de l'alimentation : Besoins et rations.
LNERV, Dakar, 1982 : 19 p.
23. **MICOL D., BERANGER C.**
Variation de la capacité d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais.
INRA. Bulletin Technique n°44, 1984 : 23-31.
24. **MORNET P., ESPINASSE J.**
Le Veau : Anatomie, physiologie, élevage, alimentation, production, pathologie.
Ed. Maloine S.A. Paris, 1977 : 607 p.
25. **NICCATO G., CINETTO M.**
Use of diets with young Italien brown bulls.

26. PAGOT J.

L'élevage en pays tropicaux..

Editions GP. Maison neuve et Larousse et ACCT, 1985

526 p.

27. PARIGI BINI R.

Bases de l'alimentation du bétail.

Pedoue Nella litografia felici spartaco, 1986 :

292p

28. RICHARD D.

Valeur alimentaire de quatre graminées fourragères
en zone tropicale.

Thèse de Doctorat 3ème cycle. Paris, 1987 : 314 p.

29. RICHARD D., FRIOT D., SALL B., GUERIN H.

Relations entre les quantités de matière organique
digestible ingérée et la croissance des bovins en
région sahélienne (Sénégal).

41ème réunion annuelle de la Fédération européenne
de Zootechnie, 1990.

30. RICHARD D., GUERIN H., FRIOT D., MBAYE Nd.

Teneurs en énergies brute et digestible des
fourrages en zone tropicale.

Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1990, 43 (2) : 225-
231.

31. RIVIERE R.

Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en
milieu tropical.

Ed. Ministère de la Coopération, 1977 : 521 p.

32. ROBELIN J., GEAY Y., BERANGER C.

Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles des taurillons frisons durant la phase d'engraissement de 9 à 15 mois.

Ann. Zootech., 1974, 23 (3) : 313-323.

33. ROBELIN (J.), GEAY Y., BERANGER C.,

Evolution de la composition corporelle des jeunes bovins mâles entiers de race limousine entre 9 et 19 mois. I. Composition anatomique.

Ann. Zootech., 1977, 26 (4) : 533-546.

34 - SALL C.

Complémentation de la paille de riz en fonction des objectifs de production : -choix d'une complémentation azotée - choix d'une complémentation énergétique

Réf. n°30/Physio., 1984 : 14 p.

35. SCHEFFT H.

Nutrients supply and requirements of grazing ruminants : Energy and protein metabolism in ruminants as affected by seasonally deficient nutrient supply.

In : Animal Research and Development, 31 : 91-97.

36 SENEGAL/MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DE
L'HYDRAULIQUE

Plan d'action pour l'Elevage.

Dakar, 1988 : 76 p.

37. SRAMEK J., POZDISEK J.

Specific energy demand of heifers at different growth rates.

Zivocisna Vyroba, 1986, 31 (11) : 977-982.

.../...

38. STRUIK P.C., DEINUM B., HOEFSLOOT J.M.P.
Effects of temperature during different stages of development on growth and digestibility of forage maize (zea mys.L).
Netherlands Journal of Agricultural Sciences, 1986, 33 (4) 405-420.
39. THAK T.Y.
The influence of feeding level on the efficiency of energy utilization for fattening of Korean native cattle.
Korean Journal of Animal Sciences, 1986, 28 (6) : 407-410.
40. TOPPS J., OLIVIER J.
Animal foods of Central Africa.
Technical hand book n°2, 1978 : 122 p.
41. TROCCON J.L., GUILHERMET R., JOURNET M., GEAY Y.
Veau pré-ruminant.
In : Alimentation des ruminants.
Ed. INRA, Paris, 1978 : 275-295.
42. VALENZA J., CALVET H., ORUE J.
Engraissement intensif de zébus Peulh sénégalais (Gobra).
Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1971, 24 (1) : 79-109.
43. VALENZA J., CALVET H., ORUE J.
Engraissement intensif de zébus Peulh sénégalais (Gobra)
Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1971, 24 (4) : 597-634.

44. VERMOREL M., THERIEZ M.

Besoins énergétiques de l'agneau avant sevrage et efficacité d'utilisation de l'énergie.

In : Bull. tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 1975, 19 : 45-51.

45. VERMOREL M.

Energie.

In : Alimentation des ruminants

Ed. INRA, Paris, 1978 : 47-88.

46. VERMOREL M., COULON J.B., JOURNET M.

Révision du système des unités fourragères (U.F.).

Bull. tech. C.R.Z.V Theix, INRA, 1987 70 : 9-18.

47. VERMOREL M., COULON J.B.

Alimentation des vaches laitières : comparaison des systèmes d'alimentation énergétique.

INRA, Prod. Anim., 1992 5 (4) : 283-298.

48. WRIGHT S., KELLE C.A., NEIL E.

Physiologie appliquée à la Médecine.

Edition Flammarion - Médecine Sciences, 1972 :

606p.

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

"Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, Fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le Monde, je promets et je jure devant mes maîtres et aînés :

- d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire,
- d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays,
- de prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire,
- de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation".

"QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL ADVIENNE
QUE JE ME PARJURE".

LE CANDIDAT

VU
LE DIRECTEUR
DE L'ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES

LE PROFESSEUR, RESPONSABLE
DE L'ECOLE INTER-ETATS DES
SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

VU
LE DOYEN
DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE

LE PRESIDENT DU JURY

VU ET PERMIS D'IMPRIMER.....

DAKAR, LE.....

LE RECTEUR, PRESIDENT DE L'ASSEMBLEE DE
L'UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR