

(20)

76172534
BA_TH300

CIRAD-EMVT
Campus de Baillarguet
B.P. 5035
34032 MONTPELLIER Cedex 1

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général de Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

27 MAI 1999

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

**LA COMPLEMENTATION DES CAPRINS ALLAITANTS AU
PATURAGE EN ZONES TROPICALES HUMIDES ET
SECHES**

par
Eric CHEVAUX

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

année universitaire 1997-1998



* TH02856 *

L'élevage caprin dans le monde répond principalement à un objectif de production de viande et de constitution d'une épargne sur pieds. Ainsi, sont décrits les systèmes d'alimentation caprins en régions tropicales humides et sèches, qui ont donc développé des stratégies veillant à optimiser les ressources fourragères naturelles et agro-industrielles pour subvenir aux besoins des animaux devant eux-mêmes faire face aux variations saisonnières du pâturage naturel.

La complémentation n'est pas une pratique systématique, elle intervient surtout lors des périodes de restrictions (saison sèche, pâturage au piquet en zones agricoles) ou pour satisfaire à des besoins importants de production.

Face à la diversité des milieux agro-écologiques au milieu desquels évoluent les chèvres, les scientifiques désirent évaluer la qualité des aliments potentiellement disponibles en tant que compléments. L'expérimentation constitue l'outil de prédilection pour apprécier la valeur alimentaire (valeur nutritive et appétabilité) des nouveaux fourrages. Toutefois, la mise en place de protocoles expérimentaux exige la maîtrise des nombreux facteurs de variation de la réponse animale pour obtenir des résultats fiables ; ils sont contrôlables (homogénéité physiologique des animaux, origine, qualité et mode de distribution des aliments, méthodes de mesures...) et externes (climat, nature du sol, "qualité" des saisons...). Les difficultés à maîtriser l'ensemble de ces paramètres sont discutées à partir d'exemples menés aussi bien en stations qu'en milieu réel ; en outre, la problématique de la reproductibilité des techniques d'alimentation testées en stations est soulevée.

Le bénéfice de la complémentation s'exprime au travers des performances zootechniques qui sont présentées selon une conduite sur pâturage libre ou contrôlé, en zones humides et sèches. La gamme des fourrages de complément est plus étroite en régions sèches qu'en milieux humides, cependant les techniques demeurent sensiblement identiques :

- le recours au feuillage des ligneux traduit le déficit chronique en matières azotées lors des périodes de restriction ;
- le traitement des pailles de céréales à l'urée permet une meilleure ingestion et digestibilité de ces fourrages lignifiés et pauvres en matières azotées ;
- les fourrages cultivés (*Stylosanthes*, par exemple) et les sous-produits agro-industriels sont plus disponibles en régions humides (l'utilisation de tourteau artisanal se pratiquant cependant en zones sahéliennes) ;
- les concentrés (tourteaux, maïs, orge...) restent préférentiellement distribués aux femelles en fin de gestation et début de lactation ;
- l'azote non protéique, sous forme d'urée ou de fientes de volailles, dont il faut toutefois relativiser l'usage actuel ;
- les minéraux pour compenser le déficit herbacé grâce aux ligneux et aux blocs multinutritionnels notamment.

Finalement, la compensation du déficit protéique de la ration de base semble définir la nature des compléments, leur distribution faisant état du maintien d'un bon état général tout en intégrant les capacités de compensation des animaux après des restrictions cycliques.

Mots-clés : Caprins, Troupeau allaitant, Tropique, Pâturage naturel, Parcours, Systèmes d'alimentation, Expérimentation, Complémentation.

SOMMAIRE

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

RESUME.....	2
REMERCIEMENTS.....	5
INTRODUCTION	6
I. LES SYSTEMES D'ALIMENTATION.....	7
1. ZONE TROPICALE HUMIDE	7
1.1. LES SYSTEMES D'ALIMENTATION	7
1.1.1. <i>Le système villageois</i>	8
1.1.2. <i>Le système extensif</i>	8
1.1.3. <i>Le système semi-intensif</i>	8
1.1.4. <i>Le système intensif</i>	8
1.1.5. <i>Le système intégré aux cultures</i>	8
1.2. LES RESSOURCES ALIMENTAIRES DISPONIBLES	9
1.2.1. <i>Le pâturage naturel</i>	9
1.2.2. <i>Les espèces fourragères cultivées</i>	9
1.2.3. <i>Les résidus de cultures</i>	10
1.2.4. <i>Les arbres et arbustes</i>	11
2. ZONE SAHELIENNE ET SEMI-ARIDE	11
2.1. LE SYSTEME SUR PARCOURS	11
2.2. LE SYSTEME SEDENTAIRE MIXTE.....	12
2.2.1. <i>Les ressources alimentaires</i>	12
2.2.2. <i>Les résidus de cultures</i>	13
2.2.3. <i>Les sous-produits agro-industriels</i>	14
II. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX	15
1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	16
2. ORIGINE ET PREPARATION DES ANIMAUX.....	16
3. ORIGINE DES ALIMENTS ET TECHNIQUES D'ALIMENTATION.....	17
4. DUREE ET PERIODE	18
5. NATURE DU SOL	19
6. MESURES	19
7. VULGARISATION	20

III. RESULTATS ET DISCUSSION	24
1. RESULTATS SUR PATURAGE LIBRE	24
1.1. <i>Les pailles</i>	24
1.2. <i>Les ligneux</i>	25
1.3. <i>Les concentrés</i>	26
2. RESULTATS SUR PATURAGE CONTROLE	26
2.1. <i>Les ligneux</i>	27
2.2. <i>Pâturages cultivés</i>	28
2.3. <i>Sous-produits agricoles et agro-industriels</i>	29
2.4. <i>Concentrés</i>	30
2.5. <i>L'azote non protéique</i>	30
3.4. LES MINERAUX	32
CONCLUSION	34
BIBLIOGRAPHIE	36
ANNEXES.....	47
LISTE DES TABLEAUX	53

CIRAD-Dist
 UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
 Baillarguet

REMERCIEMENTS

Le présent document a pu être réalisé grâce à l'appui méthodologique de M. Hubert GUERIN (CIRAD-EMVT) qui a su m'orienter dans l'organisation de cette synthèse, dont le sujet a été proposé par Mme Gisèle ALEXANDRE (INRA Guadeloupe) avec qui j'effectue mon stage de fin de DESS.

Je tiens également à remercier M. Pierre MORAND-FEHR (Directeur de recherche à l'INRA) pour m'avoir permis de consulter la base de données sur les caprins de l'INRA afin d'étayer ce sujet de complémentarité.

INTRODUCTION

Les chèvres sont élevées pour la viande, le lait et la laine dans la plupart des régions du monde. Environ 90 % de la population caprine mondiale (500 millions) se concentre en Asie et en Afrique (Solaiman *et al.*, 1994). De plus, les caprins constituent une importante ressource potentielle des zones tropicales humides où ils sont plus nombreux que les ovins et les bovins (Ademosum, 1988) et traditionnellement élevés pour la viande (Johnson *et al.*, 1986).

Compte tenu de la diversité des climats et des ressources fourragères en zones tropicales, les chèvres ont développé un comportement et un métabolisme adapté aux conditions locales (Devendra, 1989). Généralement moins soignés que les bovins, les troupeaux caprins ont toujours dû traditionnellement satisfaire leurs besoins nutritionnels en exploitant la diversité de la végétation naturelle. Toutefois, les ressources naturelles peuvent s'avérer insuffisantes à certaines époques de l'année ou à des stades physiologiques spécifiques, ce qui nécessite une complémentation.

L'éleveur dispose d'une gamme d'aliments complémentaires variables (nature, quantité et qualité) selon les régions climatiques, mais globalement regroupées sous les catégories suivantes : pâturage amélioré, feuillage de ligneux, résidus de cultures, sous-produits agro-industriels et aliments dits non conventionnels (fientes de volailles, par exemple). Or, les caractéristiques nutritionnelles de ces compléments et leurs effets sur les performances de croissance et de reproduction des caprins au pâturage ne sont pas connues pour l'ensemble des nombreuses situations d'élevage tropical.

Ce document propose alors une synthèse des pratiques de complémentation des caprins dont la ration de base est un fourrage herbacé. Les systèmes d'alimentation existants en zones humides et de parcours seront décrits dans une première partie. Puis un commentaire sur les difficultés à maîtriser les contraintes des dispositifs expérimentaux sera présenté dans une seconde partie, avant d'exposer et de discuter dans une troisième partie les résultats nutritionnels et zootechniques des différents régimes alimentaires testés en zones humides et sahéliennes.

LES SYSTEMES D'ALIMENTATION

1. ZONE TROPICALE HUMIDE

Les fortes précipitations (> 1 500 mm) et la prépondérance de l'agriculture caractérisent les régions tropicales humides. Dans le cadre de cette étude, nous considérerons les zones africaines, caribéennes et du Sud-Est asiatique, sachant que cette aire géographique englobe également une partie de l'Amérique du Sud, de l'Australie et de nombreuses îles du Pacifique (Devendra, 1981).

La plupart des troupeaux caprins sont élevés par des petits fermiers mixtes (Devendra, 1981 ; Van Eys *et al.*, 1985 ; Benavides *et al.*, 1992 ; Bosman *et al.*, 1996).

Dans ce contexte climatique, la production de phytomasse herbacée est très importante, satisfaisant globalement les besoins en nutriments du bétail, mais seulement sur une courte période car la maturité précoce reste la règle dans cette zone écologique (Smith, 1992 b).

Ce processus de précocité conduit à une modification rapide du rapport tiges/feuilles en faveur des tiges moins nutritives.

La production agricole diversifie les ressources alimentaires en permettant de cultiver des espèces fourragères intéressantes et en mettant à disposition de l'éleveur un volume considérable d'aliments potentiellement utilisables pour nourrir les animaux avec les sous-produits agricoles et agro-industriels (Devendra, 1981).

Le pâturage aérien constitue un mode d'alimentation très apprécié des chèvres et intégré par la plupart des éleveurs.

1.1. Les systèmes d'alimentation

Une approche intéressante des systèmes d'alimentation est avancée par Benavides *et al.* (1992) déclarant qu'ils sont définis par leur système de production.

Trois systèmes sont identifiés dans la région des Caraïbes et d'Amérique centrale : extensif, semi-intensif et intensif. Devendra (1981) propose quant à lui cinq classes pour les zones tropicales humides et sub-humides : villageois, extensif primitif, semi-intensif à intensif basé sur le fourrage, intensif pur et intégré aux cultures.

Il est important de préciser toutefois que le système intensif demeure peu développé pour l'élevage des troupeaux allaitants (Devendra, 1981 ; Benavides *et al.*, 1992) car il exige la disponibilité en grosses quantités de sous-produits, le recours systématique aux concentrés, aux minéraux et le pâturage intensif et/ou la culture intensive de fourrages.

1.1.1. Le système villageois

Les chèvres sont maintenues sur de petites surfaces (1 à 3 hectares) d'abord destinées aux cultures vivrières pour le village. Le besoin en revenus complémentaires pour répondre aux dépenses courantes explique leur importance dans ce système (Smith, 1992 c).

Deux catégories de systèmes d'alimentation se distinguent :

- animaux au piquet : peu de chèvres (1 à 5) avec une aire de pâturage limitée par les cultures agricoles ;

- animaux au village : alimentation à base de résidus de cultures.

Dans les deux cas, les animaux bénéficient des déchets de cuisine (Onwuka *et al.*, 1997) et éventuellement de concentrés.

1.1.2. Le système extensif

Les animaux sont confinés dans de vastes espaces relativement improductifs tels que les bords de routes, les haies, les jachères, les steppes et les fourrés ainsi que les aires municipales (marchés, décharges).

Dans ce système, l'alimentation repose essentiellement sur les fourrages (graminées, légumineuses, arbustes, adventices et résidus de cultures) et les déchets ménagers ou industriels (fruits inutilisables, papier...). La complémentation en concentrés ou minéraux reste peu ou pas pratiquée.

Remarque : les systèmes très extensifs sont rares en zones humides.

1.1.3. Le système semi-intensif

Les animaux reçoivent une ration de meilleure qualité qui peut se composer d'un pâturage contrôlé, de fourrages fauchés et de résidus de cultures. Les fourrages sont généralement complétés par des concentrés, des sous-produits agro-industriels et en minéraux. Devendra (1981) précise que le pâturage intensif reste peu pratiqué principalement à cause de la valeur de la terre pour d'autres spéculations et de l'investissement important en travail et capital nécessaire.

1.1.4. Le système intensif

Les chèvres séjournent généralement en parcs avec peu ou pas de pâturage libre. Globalement, les animaux sont nourris en zéro-pâturage *ad libitum* et complétés en concentrés. Des minéraux sont offerts mélangés à la ration de base ou en pierres à lécher.

1.1.5. Le système intégré aux cultures

La nature et le degré d'intégration dépendent du type de cultures en place et de l'importance relative des chèvres (Devendra, 1981). Le tableau I (page 10) illustre ces propos.

Tableau I: Types de systèmes d'élevage et zones bioclimatiques pour les caprins.

Type d'élevage	Zones bioclimatiques	Région
Au piquet	Humides, sub-humides et semi-arides	Asie du Sud-Est, Afrique de l'Est et de l'Ouest, Proche-Orient, Amérique centrale
Extensif	Arides et semi-arides	Afrique du Nord et du Nord-Est, Amérique centrale, Proche-Orient
Intensif	Humides et sub-humides, semi-arides	Asie du Sud-Est, Afrique de l'Ouest, Proche-Orient, Amérique centrale
Intégration avec l'exploitation agricole	Arides et sub-humides	Asie du Sud-Est, Afrique de l'Est et de l'Ouest, Proche-Orient

(D'après Devendra, 1981)

1.2. Les ressources alimentaires disponibles

1.2.1. Le pâturage naturel

Il se compose notamment des espèces suivantes (Benavides *et al.*, 1992) :

Herbacées : *Paspalum fasciculatum*, *Axonopus compressus*, *Sporobolus indicus*, *Echinochloa pyramidalis*.

Légumineuses : *Pueria phaseolides*, *Vigna spp.*, *Centrosoma spp.*, *Desmodium spp.*

Adventices : *Didens pilosa*, *Asystasis gangetica*, *Alternanthera ficoïdes*.

Smith (1992 b) rappelle que dans les régions à forte pluviosité, la croissance rapide de ces fourrages s'accompagne d'une lignification, entraînant une chute de la qualité nutritionnelle qui s'accroîtra au cours de la saison sèche. Les chèvres broutant un tel fourrage ne seront donc pas susceptibles de couvrir leurs besoins pour une bonne croissance.

Les solutions envisageables s'illustrent à travers l'introduction de pâturages plus productifs, la conservation de fourrages durant les périodes de surplus et la complémentation avec des résidus de cultures, des sous-produits agro-industriels ou des concentrés lorsque c'est économiquement justifié.

Seuls les différents types de compléments seront présentés dans ce document.

1.2.2. Les espèces fourragères cultivées

Elle seront pâturées ou distribuées en vert. Benavides *et al.* (1992) ont recensé quelques espèces pour la zone caribéenne et d'Amérique centrale, et qui demeurent présentes également en Afrique et en Asie :

Pangola (*Digitaria decumbens*), herbe de Guinée (*Panicum maximum*), herbe de Para (*Brachiaria mutica*), Tanner grass (*Brachiaria arrecta*), Stargrass (*Cynodon plectostachyus*), Signal grass (*Brachiaria decumbens*), Bermuda grass ou chiendent (*Cynodon dactylon*), herbe du Guatemala (*Tripsacum laxum*) et herbe à éléphant ou napier (*Pennisetum purpureum*).

Pour compléter cet inventaire non exhaustif des plantes fourragères en zones humides, Smith (1992 b) fait référence aux travaux de Onafide et Agishi (1990) qui ont dressé une longue liste des espèces adaptées et recommandées sous ces latitudes.

Ces espèces cultivées offrent un aliment de meilleure valeur nutritive (ex : les banques fourragères de *Stylosanthes* au Nigeria : Ikwuegbu et Ofodile, 1993) et en plus grand volume permettant aux animaux de mieux couvrir leurs besoins nutritionnels. En outre, les légumineuses présentent l'avantage de restaurer la fertilité du sol, épuisée par les cultures ou le pâturage intensif (Smith, 1992 b).

1.2.3. Les résidus de cultures

Une composante importante des systèmes de production en Afrique (Smith, 1992b) et dans les zones tropicales humides est la culture de plantes vivrières (céréales, oléoprotéagineux, racines et tubercules, fruits) ainsi que les cultures arboricoles (cacao, huile de palme, caoutchouc, sagoce).

Ces cultures génèrent des résidus après récolte et une première transformation à la ferme et/ou des sous-produits après une seconde transformation à l'usine.

Smith (1989) explicite la distinction entre résidus et sous-produits :

- les premiers sont généralement fibreux, pauvres en matières azotées totales (MAT) et largement répandus car produits à la ferme (pailles) ou au foyer (pelures de manioc, rafles de maïs...) ; ils entrent plus comme aliment de la ration de base.
- les sous-produits peuvent être plus riches en matières azotées (tourteaux, drèches de brasseries, issues de meuneries), pauvres (issues de riz) ou présenter une teneur élevée en fibres (bagasse de canne à sucre, résidus de la pression de la palme) ; ils agissent généralement comme compléments (Tableau II et Annexe 1).

Ces aliments sont principalement distribués en saison sèche. Toutefois, comme le rappelle Smith (1992 b), le choix des fourrages est certes guidé par la saison mais aussi par le nombre d'animaux à nourrir, les ressources disponibles et la zone écologique.

Tableau II : Les principaux résidus de cultures et sous-produits agro-industriels en Afrique tropicale humide

Cultures	Résidus	Sous-produits
Maïs	Tiges, spathes, rafles	Son
Riz	Paille	Son, balles, issues
Sorgho	Tiges	Son
Orge	Paille	Grains non transformés
Blé	Paille	Issues de meunerie
Arachide	Fanes, coques	Tourteau d'arachides
Niébé	Fanes	-
Cacaoyer	Coques de cabosse	-
Cocotier	Fibres, bourres	Tourteau de coprah
Palmier à huile/dattier	Rameaux, coques	Résidus de la pression de la palme
	Eaux de pressage	Tourteau de palmiste
Hévéa	-	Tourteau de graines d'hévéa
Bananier	Feuilles, pseudo-tiges, pelures, rejets	-
Canne à sucre	Bouts blancs	Mélasses, bagasses
Manioc	Feuilles, pelures et rejets	-
Patate douce	Fanes et pelures	-
Ananas et agrumes	Rejets	Pulpes

(D'après Smith, 1992 b).

1.2.4. Les arbres et arbustes

La consommation de feuilles de ligneux s'effectue directement sur les arbres du pâturage ou par affouragement en vert ou en sec pour des animaux enfermés.

Les chèvres recherchent la diversité dans leur ration et apprécient particulièrement le broutage des feuilles d'arbres (Devendra, 1981 ; Devendra *et al.*, 1983 ; Narjisse, 1991) qui leur permet de mieux satisfaire leurs besoins en énergie, protéines et minéraux.

Parmi les nombreuses espèces fourragères (Annexe 2), les principaux arbres et arbustes fourragers utilisés demeurent d'après Devendra (1992) :

- Manioc, Calliandra, Erythrina, Leucaena et Pigeon pea : MAT = 22,2 à 25,8 % MS.
- Ficus, Gliricidia, Jackfruit, Prosopis : MAT = 14 à 15,1 % MS.

Toutefois, il peut être intéressant de se rapporter aux travaux de Smith (1992) qui a dressé une liste exhaustive des ligneux fourragers d'Afrique tropicale, qui reprend également les principales espèces présentes en Asie.

2. ZONE SAHELIENNE ET SEMI-ARIDE

Le régime aléatoire des précipitations interannuelles et au cours de la saison pluvieuse confère aux parcours le statut de ressource fourragère principale ou totale pour les petits ruminants.

Avec une pluviosité évoluant entre 300 et 1 000 mm, l'élevage caprin sur parcours s'étend des régions semi-arides (méditerranéennes, sahéliennes) à celles sous régime soudanien.

Le climat méditerranéen se rencontre sur le pourtour méditerranéen (Proche et Moyen-Orient inclus), en Californie, en République Sud Africaine et au sud de l'Australie.

Les paysages de steppes herbeuses et arbustives se retrouvent en Afrique, au Mexique, en Australie (centre), et en Argentine principalement.

Les systèmes d'alimentation se définissant par leurs systèmes de production (Benavides *et al.*, 1992) ; deux grands systèmes se distinguent : un système basé exclusivement sur le parcours et un système sédentaire mixte associant l'agriculture et l'élevage (Upton, 1995).

2.1. Le système sur parcours

La végétation spontanée constitue la principale (et souvent l'unique) ressource fourragère pour les chèvres. Les troupeaux mixtes ovins-caprins demeurent très fréquents, les chèvres pouvant être séparées des moutons pour exploiter les milieux les plus difficiles, manifestant aussi l'avantage de mener les moutons vers les bons pâturages dans les pays méditerranéens, comme le mentionnent El Aich *et al.* (1995).

La maximisation de l'utilisation de la végétation naturelle (Smith, 1992 b ; El Aich *et al.*, 1995) conduit l'éleveur à la mobilité : - semi-nomadisme méditerranéen entre les parcours et les zones de cultures ;

- transhumance "verticale" en Méditerranée entre les pâturages de montagnes et les zones cultivées (Upton, 1995), déplacements nord-sud au Sahel.

Une autre caractéristique des systèmes sahéliens s'illustre par le pâturage en saison sèche des bourgoutières (*Echinochloa stagnina*) bordant les fleuves Sénégal (Peyre, 1995) et Niger.

La souplesse du comportement alimentaire des caprins, résultant d'adaptations physiologiques et anatomiques, conduit à l'optimisation de la valeur nutritionnelle de la prise alimentaire (Narjisse, 1991), ce qui leur confère une aptitude à la bonne valorisation des fourrages herbacés et ligneux ; ceux-ci étant consommés sur pied ou distribués en cas d'accès impossible aux animaux (El Aich *et al.*, 1995).

2.2. Le système sédentaire mixte

Les ovins et caprins sont élevés en petits troupeaux comme compléments aux productions agricoles. Les déplacements ramènent chaque soir le troupeau au village.

Chaque éleveur possède quelques petits ruminants et notamment des chèvres, avant de capitaliser progressivement dans des bovins, qu'il nourrit à partir des pâturages naturels et de jachères ou des sous-produits de cultures après récolte, les chèvres pouvant transhumer si un berger est embauché ; tel le système décrit par Moulin (1993) chez les Wolof au Sénégal.

La complémentation utilise l'orge, le son (Upton, 1995), également le foin, le concentré précisent El Aich *et al.* (1995) et la forêt, dans le pourtour méditerranéen, alors que les éleveurs des régions sahéliennes auront plutôt recours aux pailles et sons de mil et de sorgho, aux fanes d'arachides et de niébé et au tourteau d'arachide artisanal. La distribution s'adresse aux animaux les plus faibles (conduite Peul) ou à l'ensemble du troupeau (conduite Wolof), avant le départ au pâturage (Moulin, 1993) ; l'usage des tourteaux industriels (coton, arachide, coprah...) restant préféré pour les bovins et les ovins d'embouche.

Pour chaque système donc, comme le rapportent Narjisse *et al.* (1991), l'organisation précise du pâturage au cours de l'année, de même que le niveau de complémentation, prennent en compte l'objectif du producteur, ses disponibilités en ressources et en espace, ainsi que son désir de développer chez ses animaux un comportement alimentaire approprié aux différentes situations fourragères se succédant dans l'année.

2.2.1. Les ressources alimentaires

Le parcours est un pâturage très hétérogène avec une distribution multistratifiée des ressources fourragères, sujettes à d'importantes variations quantitatives et qualitatives selon les saisons. Cette définition de Meuret *et al.* (1991) met bien en avant la diversité des espèces fourragères s'offrant aux animaux (d'après Boudet, 1984 ; Nefzaoui et Chermiti, 1991 ; Nefzaoui et Abdouli, 1995) :

▪ au Sahel :

Herbacées : *Andropogon* spp., *Aristida* spp., *Cenchrus* spp., *Echinochloa stagnina*, *Eragrostis tremula*, *Hyparrhenia* spp., *Panicum laetum*, *Schoenfeldia* spp., *Tribulus terrestris*.

Ligneux : *Acacia albida*, *A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Combretum* spp., *Guiera senegalensis*, *Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus* spp.

▪ en zone semi-aride :

Herbacées : *Aristida* spp., *Artemisia* spp., *Cenchrus* spp., *Cyperus jemicus*, *Panicum turgidum*,
Schoenfeldia spp., *Tribulus terrestris*.
 Ligneux : *Acacia cyanophylla*, *A. radiana*, *Atriplex halimus*, *A. nummularia*, *Balanites aegyptiaca*,
Calycotum villosa, *Medicago arborea*, *Myrtus communis*, *Opuntia ficus indica*, *Phillyrea*
angustifolia, *Quercus coccifera*.

Remarque : pour les ligneux, Dicko et Siken (1992) ont recensé les nombreuses espèces fourragères en Afrique sèche, en dressant une liste plus détaillée que celle présentée ci-avant.

Le rôle prépondérant des feuilles d'arbres dans l'alimentation des caprins mérite quelques précisions sur les apports nutritionnels de ces aliments par rapport au pâturage herbacé naturel :

→ une grande richesse en matières azotées :

Tableau III : Teneur en matières azotées totales de quelques ligneux fourragers

Fourrages	g MAT / kg MS	Auteurs
<i>Gliricidia maculata</i>	230-270	(a)
<i>Leucaena leucocephala</i>	200	"
<i>Atriplex</i> spp.	180-200	(b)
<i>Acacia cyanophylla</i>	175	"
<i>Medicago arborea</i>	150	"

(a) : Lhoste *et al.*, 1993 ; (b) : Nefzaoui et Chermiti (non publiées), 1991

→ un apport minéral important :

Tableau IV : Composition minérale de quelques ligneux fourragers

Fourrages	% MS	Auteurs
<i>Acacia</i> , <i>Adansonia</i> , <i>Balanites</i> , <i>Khaya</i> , <i>Prosopis</i>	Ca : > 1 %	(a)
<i>Opuntia ficus indica</i>	Ca : 5-8 %	(b)
<i>Combretum aculeatum</i> , <i>Guiera senegalensis</i>	P : > 0.3 %	(a)
<i>Atriplex halimus</i>	P : 0.4 %	(b)
<i>Balanites</i> , <i>Prosopis</i>	Mg : > 0.5 %	(a)

(a) : Lhoste *et al.*, 1993 ; (b) : Nefzaoui et Chermiti (non publiées), 1991

En outre, une complémentarité nutritionnelle naturelle peut s'opérer entre espèces, telle qu'entre l'*Atriplex* et le cactus en zone semi-aride (Nefzaoui et Chermiti, 1991), le premier étant riche en protéines et en sels solubles tandis que le second se distingue par sa richesse en eau, glucides et vitamines.

2.2.2. Les résidus de cultures

- les pailles et les chaumes de céréales (pauvres en matières azotées et riches en fibres : riz, mil, sorgho, orge) ;
- les fanes d'arachide, de niébé ;
- les cultures de céréales sur pied en cas de récolte inutile (Méditerranée).

2.2.3. Les sous-produits agro-industriels

- les tourteaux (coton, arachide, palmiste...) en provenance des zones de production soudano-guinéennes ou méditerranéennes (olive, coton, soja, tournesol...);
- les sons.

Dans les régions méditerranéennes, l'agro-industrie peut fournir plus spécifiquement les aliments suivants (Kayouli, 1989 ; Sansoucy, 1991) :

- la mélasse / les pulpes de betteraves sucrières,
- les pulpes d'agrumes et de tomates,
- les feuilles de vigne vertes, les sarments verts, le marc de raisin,
- les grignons, les feuilles d'olivier fraîches, les margines,
- les fientes de volailles,
- les sous-produits d'abattoirs et de la pêche.

Ainsi, en cas de besoin et d'accès facile, l'éleveur de chèvres sur parcours de régions sèches dispose d'un potentiel de compléments pour ses animaux, mais leur usage n'est pas encore généralisé aujourd'hui dans les conduites extensives des troupeaux.

PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

*Auteur * : protocole détaillé dans les tableaux pages 21 et 23.*

Le plan d'expérience, à la base du protocole, conditionne la réussite de l'expérimentation. En effet, il est nécessaire de prendre certaines précautions afin d'éviter d'obtenir des résultats confus d'où nulle conclusion précise ne peut être tirée, ou pire encore, d'attribuer à l'effet des facteurs étudiés des écarts issus de l'imprécision des mesures ou de l'interaction de facteurs non contrôlés (Avner Bar-Hen, 1998).

Un bon plan expérimental doit permettre de séparer les facteurs de variation qui, d'après Bergonzoni (1995) s'organisent de la façon suivante :

facteurs contrôlés	étudiés
	non étudiés
facteurs connus	
facteurs non contrôlés	mesurés
	non mesurés
facteurs inconnus.	

Ainsi, l'expérimentateur devra intégrer ces sources de variations des facteurs dont l'étude est l'objet même de l'expérimentation, et c'est sa connaissance a priori du phénomène biologique (Bergonzoni, 1995) qu'il analyse, qui lui dictera si telle interaction est négligeable ou si telle autre mérite d'être testée et évaluée.

Ces considérations générales précisées, les commentaires de protocoles de complémentation des petits ruminants formulés dans cette seconde partie illustreront les difficultés à identifier et surtout à maîtriser l'ensemble des facteurs de variation. En outre, l'expérimentation animale s'avère plus délicate à conduire - comparativement aux essais agronomiques -, dans le sens où l'homogénéité pré-requise du matériel animal, afin d'établir des comparaisons significatives, est difficile à obtenir en milieu réel notamment.

Les observations rapportées s'intéresseront d'une part aux méthodes expérimentales et d'autre part aux situations justifiant une complémentation de la ration de base.

Quel que soit le mode de conduite retenu pour l'essai, les répétitions et la randomisation restent les outils indispensables de l'expérimentateur pour limiter au mieux les effets des facteurs aléatoires.

1. Dispositif expérimental

* Les répétitions permettent de séparer l'effet du régime alimentaire de celui de tous les autres facteurs (Avner Bar-Hen, 1998). Or, la disponibilité en animaux est généralement faible, d'où la difficulté de respecter cette règle : chaque régime est donc conduit une seule fois sur un lot d'animaux (un traitement comprend n régimes ou n répétitions).

Le contrecoup de ce constat s'illustre par la faible taille des lots d'animaux par régime testé : 3 animaux (Nouwakpo *et al.*, 1988 ; Aregheore *et al.*, 1992*), 6 animaux (Muir *et al.*, 1995* ; Makembe et Ndoluvu, 1996*) jusqu'à 15 chèvres (Kassim et Alimon, 1996) ou 22 (Huston *et al.*, 1993*).

La situation se complique lors d'essais en milieux villageois, où les troupeaux demeurent généralement de petite taille et à des stades physiologiques très variables : l'effectif moyen de petits ruminants d'un éleveur d'Indonésie est de 4 à 5 têtes rapportent Van Eys *et al.*, (1985) pour un protocole relatif à la complémentation minérale.

En revanche, Ikwuegbu et Ofodile (1992)* réussirent à travailler sur 420 têtes de caprins lors d'un essai sur deux ans comparant les performances zootechniques des jeunes animaux exploitant des banques fourragères à ceux restreints au pâturage au piquet.

* La randomisation annule tout effet dû aux préférences personnelles et laisse donc chaque régime sous l'influence des autres multiples causes de variation (Avner Bar-Hen, 1998). Elle doit s'exercer sur tous les facteurs perturbateurs connus, susceptibles d'influencer les résultats, afin d'éliminer toute action systématique d'un facteur aléatoire (poids des animaux, par exemple).

Cette opération est pratiquée dans tous les essais relevés pour la rédaction de cette synthèse. Elle reste une précaution indispensable à la validité des résultats, d'où la rigueur des auteurs à ce sujet.

2. Origine et préparation des animaux

Une autre difficulté à surmonter relève du choix des animaux. Lorsque les individus utilisés en stations ne proviennent pas de ces mêmes fermes expérimentales, les origines sont diverses : Nouwakpo *et al.* (1988) ont décidé d'acheter leurs 12 chèvres dans un village de la région côtière du Bénin, puis de les mettre en quarantaine. Salinas *et al.* (1996)* ont travaillé sur une fraction des femelles de trois exploitations commerciales au Mexique. Dans le cadre d'une étude des pâturages sahéliens, Ali et Mustafa (1984)* ont obtenu 25 boucs des alentours de Khartoum (Soudan). Pour un travail en milieu paysan, Ikwuegbu et Ofodile (1992)* sont parvenus à connaître les origines et l'histoire de tous les animaux.

D'autre part, le passé nutritionnel intervient fortement sur l'efficacité des régimes testés, or il est rarement mentionné.

Par ailleurs, les petits ruminants devront présenter une certaine homogénéité d'âge, de poids ou de stade physiologique afin de pouvoir procéder à des comparaisons de moyennes significatives. Cette contrainte reste difficile à surmonter parfaitement, tel l'échantillon de

brebis de 2 à 5 ans retenu par Reynolds et Adediran (1988) pour mesurer l'effet d'un apport de *Leucaena leucocephala* et de *Gliricidia sepium* sur la reproduction de ces femelles.

De même, l'âge, le poids, la taille des portées et le rang de lactation des chèvres créoles ne sont pas rapportés dans un essai évaluant la production laitière consécutive à une complémentation en mélasse ou *L. leucocephala* (Espinal-Meneses *et al.*, 1996)*.

Enfin, s'agissant de la croissance de chevreaux dont la mère bénéficie de concentrés ou de ligneux, il est regrettable que l'auteur (Kamatali, 1985) ait omis de préciser l'effectif de jeunes intégrés au dispositif.

Dans tous les cas et afin d'apprécier les effets des régimes testés, les animaux sont systématiquement déparasités (anthelminthiques régulièrement, bains détiquteurs ou autres déparasitants externes quand nécessaire) voire vaccinés (Peste des Petits Ruminants).

3. Origine des aliments et techniques d'alimentation

Un essai d'alimentation devient particulièrement intéressant lorsqu'il concerne les ressources fourragères disponibles et accessibles par les éleveurs. C'est pourquoi, il est primordial de spécifier dans le protocole expérimental le stade physiologique, la saison de récolte et la charge animale pour les fourrages sur pieds, ou l'origine géographique dans le cadre de sous-produits agro-industriels, surtout pour les résultats obtenus en station.

La non prise en compte ou l'omission de ces éléments suscite une interrogation quant à la transposition des régimes testés en milieu réel : outre la composition chimique de la ration constituée de foin d'*Hyparrhenia* spp. (1 kg) et de concentré (1,5 kg) distribuée à des chèvres en fin de gestation et début de lactation en Zambie, Aregheore *et al.* (1992)* auraient pu préciser le stade et la saison de récolte des graminées.

Pour des modes de conduite au pâturage reposant sur une surface déterminée, la charge animale est un facteur déterminant du système d'alimentation. De ce fait, les résultats d'une complémentation de chèvres créoles issues de fermes commerciales par des résidus de cultures auraient été encore plus évocateurs si Salinas *et al.* (1996)* avaient mentionné le nombre de chèvres par hectare pâturant leur ration de base, ainsi que la valeur nutritive des résidus selon les sites.

Il en est de même d'un essai conduit par Torto et Rhule (1997)* au Ghana sur des chèvres au pâturage naturel, complémentées par un composé incluant des fientes de volailles déshydratées.

Cependant, la pression de pâturage [biomasse animale (kg PV^{0,75}) / biomasse végétale disponible (kg MS)] et la biomasse animale au pâturage sont deux indicateurs pertinents du taux d'exploitation de la végétation naturelle. Alexandre *et al.* (1997) font état d'un chargement exprimé en kg de poids vif par hectare, dans le cadre d'un élevage semi-intensif de cabris créoles sur pangola (*Digitarius decumbens*) en Guadeloupe. Ils concluent sur la stabilisation des performances de reproduction et d'allaitement mais à une augmentation de la mortalité pré-sevrage de 7 à 10,5 % pour un accroissement du chargement de 1 390 à 1 980 kg PV/ha.

König *et al.* (1992)* se sont appuyés quant à eux sur la méthode des poids estimés développée par Tadmor *et al.* (1975) pour calculer la biomasse végétale pâturable.

Concernant les arbres fourragers, on peut tenter d'évaluer la biomasse ligneuse accessible selon plusieurs méthodes : Teague, Trollope et Aucamp (1981) citée par Raats (1988)*, Seligman *et al.* (1986) mentionnée par König *et al.* (1992)* et Ickowicz (1995).

Le mode de distribution de la ration (rationné ou à volonté) importe également car les animaux développeront un comportement alimentaire différent, intégrant plus ou moins un refus du distribué. Aussi, il convient de mesurer cette portion du régime non consommée afin de bien saisir la valeur alimentaire de la ration.

Plusieurs auteurs [Kouonmenioc (1992)* ; Aregheore *et al.* (1992)* ; Sibanda *et al.* (1992)* ; Makembe et Ndlovu (1996)*] mentionnent la collecte et la pesée des refus sans chiffrer pour autant ces quantités, tandis que d'autres [Ali et Mustafa (1984)* ; Mtenga et Shoo (1990)* ; Huston *et al.* (1993)*, Torto et Rhule (1997)*] n'y font aucunement référence pour les aliments distribués *ad libitum*. Cependant, parmi la littérature consultée, seuls Goromela *et al.* (1997)* font état de ces taux lors d'un essai en Tanzanie associant du foin de *Cenchrus ciliaris* (1 000 g/j) à des feuilles de ligneux ou un concentré (700 g/j) sur des chèvres croisées : le foin est consommé pour 54 à 77 % du distribué alors que les ligneux le sont à hauteur de 28 à 93 %.

4. Durée et période

La définition de ces deux paramètres demeure fondamentale pour la validité de l'expérimentation. Le manque d'information à ce propos ne supprime pas l'intérêt de l'essai mais ne le révèle pas totalement.

C'est le cas d'une étude sur l'influence des ligneux sur l'évolution pondérale d'ovins de la race naine d'Afrique de l'Ouest, menée durant 74 jours au Cameroun par Kouonmenioc *et al.* (1992)* où la date de début n'est pas communiquée.

D'autre part, il est important de pouvoir apprécier l'évolution de la biomasse végétale au cours de l'année, car l'impact de la charge animale sur la quantité de matière sèche (MS) ingérée différera notablement. A ce sujet, les essais de Muir *et al.* (1995)* et de Muir et Massaete (1996)* au Nigeria, sur l'exploitation par de jeunes boucs d'un pâturage modifié et d'un pâturage naturel respectivement, présentent l'intérêt d'avoir mesuré mensuellement la quantité de MS de fourrage par hectare, ainsi que l'évolution bimensuelle du taux de matières azotées totales (MAT), de la fin de la saison des pluies au début de la saison pluvieuse suivante.

Dans un contexte sahélien où la biomasse végétale subit un régime bimodal prononcé, Sangare et Pandey (1996)* mettent bien en opposition la ressource fourragère disponible pour les chèvres en début et fin de saison sèche au Mali.

Par ailleurs, les résultats émanant de longs travaux prennent de l'importance en alimentation car ils intègrent les variations saisonnières et les carrières des animaux :

- 10 mois en Indonésie pour l'effet des feuilles de cacao sur le poids de chèvres Kacang (Abdul Latief et Johana, 1994) ;
- 10 mois en Malaisie pour tester l'effet de deux compléments sur les performances de reproduction des chèvres de race locale sur pâturage de *P. maximum* (Kassim et Alimon, 1996) ;

- deux cycles de reproduction : Reynolds et Adediran (1988), Reynolds (1989) et Muir et Massaete (1996) ont ainsi pu déterminer respectivement les performances de croissance d'agneaux et de chevreaux de la race naine d'Afrique de l'Ouest et de la race Landim, nés en saison sèche et saison des pluies.
- 4 années : Berger et Ginisty (1980) ont étudié la reproduction chez trois lots de brebis Djallonké en Côte d'Ivoire, ainsi que les performances de leurs produits en fonction de trois régimes alimentaires : alimentation intensive (savane naturelle et complémentation annuelle), alimentation discontinue (savane naturelle et complémentation pendant la lutte, la fin de gestation et la lactation), alimentation extensive (savane naturelle). Une telle étude intègre alors mieux la carrière des femelles.

5. Nature du sol

Ce facteur revêt un intérêt plus particulier dans le domaine de la complémentation minérale, eu égard aux zones géographiques de carence bien identifiées : Little et McMeniman (1973) l'ont montré pour le phosphore sur des brebis dans le Queensland australien, de même que Faye et Grillet (1984) pour le cuivre chez les ruminants dans une région d'Ethiopie.

6. Mesures

Le protocole expérimental définit clairement la méthodologie à respecter, aussi il est fondamental de notifier ces informations afin de pouvoir comparer des résultats d'origines diverses, tout en restant critique sur la pertinence et la validité des performances enregistrées.

Concernant le relevé des gains de poids, les pesées sont majoritairement hebdomadaires, néanmoins, elles peuvent être plus espacées : bimensuelles (Bajhau et Kennedy, 1990* ; Salinas *et al.*, 1996*), mensuelles (Muir *et al.*, 1995 et 1996)* ou en début et fin d'essai (Huston *et al.*, 1993)*. Aussi, plus la fréquence des mesures est faible, meilleure est la compréhension et la représentativité des évolutions encourues.

Pour le poids des petits à la naissance, le délai concédé après le part varie selon les auteurs, ce qui incite à la prudence lors de la comparaison de telles performances : 2 heures (Makembe et Ndlovu, 1996)*, 8 heures (Sibanda *et al.*, 1992)*, 12 heures (Goromela *et al.*, 1997)* ou dès que possible (Reynolds, 1989 ; Sangare et Pandey, 1996*).

Pour la production laitière, trois mesures sont employées :

- la traite à la main,
- le volume tété par le petit = la double pesée,
- la traite à la main consécutive à une injection d'ocytocine.

Chaque méthode fournit des résultats différents pour une même femelle, c'est pourquoi il est nécessaire de préciser la nature de la mesure ainsi que la fréquence de traite journalière.

7. Vulgarisation

L'adéquation entre les conditions expérimentales en stations et les contraintes du milieu paysan renforce l'intérêt des résultats enregistrés ; toutefois, un dispositif en fermes peut s'avérer complémentaire pour mesurer l'appropriation des améliorations techniques proposées par le chercheur.

La faisabilité économique de l'application par le paysan du ou des nouveaux régimes alimentaires reste trop souvent peu abordée en stations et mérite donc une évaluation en milieu réel :

- dans une région du Sénégal où de fortes spéculations s'opèrent sur les fanes d'arachides, Cissé *et al.* (1996) ont mis en évidence l'intérêt du traitement des pailles de brousse à l'urée complémenteées ou non en concentré, sur la croissance de béliers Peul-Peul en fin de saison sèche;

les prix et conditions d'accès de l'urée et du concentré par l'éleveur sahélien sont à déterminer, ainsi que la réalisation technique du traitement des pailles.

- l'incorporation jusqu'à 20 % de fientes de volailles déshydratées dans une ration à base de paille en saison sèche permet une amélioration du GMQ des petits ruminants de la race naine d'Afrique de l'Ouest. Il reste à savoir si cette technique se limite aux élevages de la Plaine d'Accra (Ghana), à ceux en bordures d'axes routiers reliant la capitale ou seulement aux exploitations périurbaines car le coût d'utilisation n'est pas connu, et si le supplément d'alimentation est couvert par le surplus de gain à la vente des produits animaux (Torto et Rhule, 1997)*.

Un essai peut également conduire à de plus amples investigations pour une utilisation reproductible : le bénéfice d'un accès à des banques fourragères (*Stylosanthes* spp.) sur les performances des chèvres par rapport à un pâturage naturel (libre ou au piquet) a été mis en évidence au Nigeria par Ikwuegbu et Ofodile (1992)*. Or, de fortes variations de la taille des troupeaux, des parcelles de banques fourragères et de la qualité de ce pâturage ont été enregistrées au cours de cette étude. Les auteurs concluent alors sur la nécessité de déterminer la charge optimale par petite parcelle de légumineuse.

A une échelle plus large, Adebowale (1988) conclut sur la nécessité d'établir une étude comparative entre l'exploitation et l'utilisation d'*Echinochloa stagnina* et la réduction potentielle d'électricité produite à partir du lac (à cause de la perte d'eau par évapotranspiration et du coût de l'herbicide pour limiter l'expansion du bourgou), sachant que cette plante subvient aux besoins d'entretien des petits ruminants toute l'année.

Tableau V : Dispositifs expérimentaux et résultats de croissance.

Pays	Race	Age / Poids	Période/durée	effectifs	Régimes	Distribution	Mesures	Résultats	Autres facteurs contrôlés	Ref.
Soudan (Khartoum)	Boucs sahéliens	12-19 kg	saison sèche 6 sem	5 x 5 lots	1 : graminées hachées 2 : 1 + 10 % mélasse 3 : 2 + 3 % minéraux 4 : 3 + 2.7 % urée 5 : 3 + 25 % tourteau. coton	<i>ad libitum</i> (refus non précisés)	1 pesée/sem.	1 : GMQ = - 29 g/j * 3 : GMQ = - 3,8 g/j 4 : GMQ = 18 g/j	Ingestion MS Bilan azoté Digestibilité Composition sanguine Composition liq. rumen	(a)
Cameroun (soudano-guinéen)	Ovins Djallonké	15 kg	74 j	5 x 5 lots	1 : <i>Pennisetum purpureum</i> 2 : 1+ <i>Alchornea cordifolia</i> 3 : 1+ <i>Flemingia macrophylla</i> 4 : 1+ <i>Gliciridia sepium</i> 5 : 1+ <i>Leucaena leucocephala</i>	graminée <i>ad libitum</i> ligneux <i>ad libitum</i> " "	1 pesée/sem.	1 : 60 % mortalités 2 : GMQ = 25 g/j 3 : GMQ = - 9,1 g/j 4 : GMQ = 64 g/j 5 : GMQ = - 11,2 g/j	Ingestion MS Dégradabilité MAT Mortalité	(b)
Nigeria	Chèvres N.A.O. ¹	2-5 ans	2 cycles de reproduction	7 x 4 lots	RdB : <i>P. maximum</i> haché + 50 g pelures manioc séchées Comp : <i>Gliricidia/Leucaena</i> 200-400-800-1 200 g/jr (1 à 4)	<i>ad libitum</i> (refus non précisés)	Poids naiss : dès que possible 1 pesée/sem.	survie jeunes: 0,36 à 0,94 GMQ naiss-scvrage: 17,4 à 31,5	Taux survie des jeunes	(c)
Australie SE (steppe)	Férale et croisées	3-4 ans	juil-sept. (250 mm)	H : 56 B : 61	pâturage jeune : 2.3 t/ha Pâturage 3 ans : 3.1 t/ha	-	Poids naiss : dès mise bas 5 pesées / 3 mois	B _w H: poids naiss: 2,9 vs 3,2 ** GMQ 0-30 jrs: 192 vs 225 g ** taux survie : 64 vs 86 % * prod lait : - 24 % *	Taux survie des jeunes Taille portée, race Lactation	(d)
Tanzanie	Caprins N.A.O.	6-7 mois	saison sèche 90 j	6 x 4 lots	H : pâturage naturel + foin HL1 : H + 100 g <i>Leucaena</i> HL2 : H + 200 g <i>Leucaena</i> HL3 : H + <i>Leucaena (ad libitum)</i>	foin <i>ad libitum</i> (refus non précisés)	1 pesée/sem.	H : GMQ = 20 g/j HL2 : GMQ = 29 g/j **	Ingestion MS Digestibilité Utilisation de l'azote Ingestion d'eau	(e)
Zambie sud	Chèvres de Vallée de Gwembe	18-24 mois (9 ^e sem. de gestation)	12 sem. (fin gestation, deb. Lactation)	3 x 3 lots	1 kg foin + 1.5 kg concentré 3 niveaux énergie et protéines	(refus collectés)	1 pesée/sem (gestation)	13,4 % MAT + 13,3 MJ EB/kg : bon pour entretien et croissance des femelles *	Ingestion MS Digestibilité Efficacité alimentaire Sexe / poids naissance	(f)
Nigeria (1 400 mm)	Chèvres N.A.O.	Carrières connues	saison des pluies 24 mois	56 à 157	Pâturage naturel au piquet Pâturage naturel clôturé Banque fourragère de stylosanthes : (BF)	<i>ad libitum</i> <i>ad libitum</i>	NP ²	BF : survie jeunes 0-1 an * pertes poids femelles vides	Taille portée, sexe petits Mortalité jeunes Rang lactation Intervalle mise-bas	(g)
Zimbabwe SO (semi-aride)	Chèvres Matabele	multipares	3 derniers mois de gestation	14 x 3 lots	Foin de veld (56 %) Foin de luzerne (24 %) Maïs grain (20 %) Distribués à 3 niveaux EM ³ : H, M, B	<i>ad libitum</i> (refus collectés)	Poids naiss : +8 h 1 pesée/sem.	M et H : gain PV en gestation H: bon état corporel post-partum	Ingestion MS Dégradabilité des foins NEC ⁴ mères gestantes	(h)

¹ Naine d'Afrique de l'Ouest

² Non précisé

³ Energie métabolisable

⁴ Note d'état corporel

Pays	Race	Age / Poids	Période/durée	effectifs	Régimes	Distribution	Mesures	Résultats	Autres facteurs contrôlés	Ref.
USA (Texas)	Chèvres Angora	6 mois	sept-dec. 24 mois	98/4 lots 88/4 lots	1 : pâturage naturel 2 : 1 + maïs grain 3 : 2 + tourte coton / mélasse 4 : 3 + farine poisson	(refus non précisés) 25 % besoins MAT 100 % " 100 % "	1 pesée au début et à la fin	3 et 4: meilleurs gains poids et laine **	Ingestion MS Production et qualité de la laine	(i)
Mozambique	Boucs Landim x Alpine	12 kg	mars-dec. 24 mois	6 x 2 lots	1 : pâturage naturel au piquet 2 : pâturage cultivé libre, 12 t/ha 3 : 1 + <i>Leucaena</i> en vert (2 % PV en MS	(refus non précisés)	1 pesée/28 j. après 1 nuit sans eau et fourrage	1 : GMQ = 31-24 g/j 2 : GMQ = 70-51 g/j * 3 : GMQ = 38 g/j * 2 : ↗ poids et qualité carcasses *	Pluviométrie <i>Leucaena</i> et mode pâturage sur GMQ et carcasses	(j)
Zimbabwe (870 mm)	Chèvres P.A.E. ⁵	Multipares à 100 j. de gestation	gestation + 50 j lactation	6 x 2 lots	Tiges maïs hachées : Dolique 1 : 70 : 30 2 : 50 : 50	<i>ad libitum</i> (refus collectés)	Poids naiss : +2 h 1 pesée petits/sem.	1 : gestation ; 2 : lactation 2 vs 1: GMQ petits, 49 vs 22 g * dolique: ↘ anoestrus post-partum	Ingestion MS Lactation GMQ femelles	(k)
Mozambique	Boucs Landim	15 kg	mars-dec. 24 mois	6 x 4 lots	1 : pâturage naturel au piquet 2 : pâturage naturel libre, 15 t/ha Comp : feuilles <i>Leucaena</i>	(refus non précisés)	1 pesée/28 j. après 1 nuit sans eau et fourrage	Comp : + 168 à 184 % PV / 1 ** 1 et 2 : 54,6 à 59,7 % GMQ Comp	Pluviométrie <i>Leucaena</i> et mode pâturage sur GMQ et carcasses	(l)
Mexique (semi-aride)	Chèvres créoles	Multipares en deb. lactation	saison sèche 74 j	8-15 x 6 lots	1 : Pâturage naturel 2 : 1 + résidus cultures + 100 g tourteau soja + 10 g phosphore	résidus <i>ad libitum</i> (refus non précisés)	1 pesée mères+petits /2sem.	2 : ↗ poids jeunes ** : 9-10,5 kg ↘ pertes poids des mères	NEC mères Effet du site Lactation (lait tété)	(m)
Mali (sahel)	Chèvres sahéliennes	1-5 lactations	saison sèche	34	Pâturage naturel		Poids naiss. : dès que possible 1 pesée.sem. petits	GMQ jeunes : poids naiss *** et lactation **	Lactation : rang, niveau Taille portées Poids mères à mise-bas	(n)
Tanzanie (savane sèche)	Chèvres croisées		saison des pluies Sem. 5 à 8 de lactation	3 x 4 lots	1 : concentré + foin 2 : <i>Albizia harveyi</i> + foin 3 : <i>Delonix elata</i> + foin 4 : <i>Grewia similis</i> + foin foin : 1 kg ; comp : 0,7 kg	15 et 46 % refus 72 et 23 % " 66 et 33 % " 7 et 38 % "	Poids naiss. : +12 h 1 pesée mère+petit/sem.	1 = 4 : lactation et GMQ petits * 4 : GMQchèvres positif	Ingestion MS Digestibilité régimes Lactation	(o)
Ghana (Plaine d'Accra)	Caprins N.A.O.	M : 12,7 kg F : 8 kg	saison sèche 2 mois	7 x 4 lots	pâturage naturel + 1 : 100 % paille 2 : 60 % paille + 40 % mélasse 3 : 50 % paille + 40 % mélasse + 10 % FVD ⁶ 4 : 50 % paille + 40 % mélasse + 20 % FVD	pâturage <i>ad libitum</i> (refus non précisés)	1 pesée/sem.	1 : GMQ = 16.25 g/j 3 : GMQ = 241 g/j ** 4 : GMQ = 290 g/j	Ingestion MS Efficacité alimentaire	(p)

Références : (a), Ali et Mustafa, 1984 ; (b), Kouonmeioc *et al.*, 1992 ; (c), Reynolds (1989) ; (d), Bajhau et Kennedy, 1990 ; (e), Mtenga et Shoo, 1990 ; (f), Aregheore *et al.*, 1992 ; (g), Ikwuegbu et Ofodile, 1992 ; (h), Sibanda *et al.*, 1992 ; (i), Huston *et al.*, 1993 ; (j), Muir *et al.*, 1995 ; (k), Makembe et Ndlovu, 1996 ; (l), Muir et Massaete, 1996 ; (m), Salinas *et al.*, 1996 ; (n), Sangare et Pandey, 1996 ; (o), Gromela *et al.*, 1997 ; (p), Torto et Rhule, 1997.

* : significatif au seuil de 5 %

** : significatif au seuil de 1 %

⁵ Petite d'Afrique de l'Est

⁶ fientes de volailles deshydratées

Tableau VI : Dispositifs expérimentaux et résultats de production laitière.

Pays	Race	Effectifs	Ration	Mode d'alimentation	Lactation	Mesures	Période	Références
R.S.A.	Boer	15 : témoin 16 : régime	A : pât. naturel B : A + 760 g conc.	1,7 à 4,2 t/ha	2 114 g/j 2 357 g/j	Ocytocine 1 fois/sem.	SP	Raats, 1988
Australie	Férale X Anglo-nubienne Férale	"haut" : 56 "bas" : 61	pâturage "haut" : <i>Erodium crinitum</i> , <i>Medicago</i> spp. pâturage "bas" : <i>Lolium perenne</i>	2,3 t/ha 3,1 t/ha	114 ± 12 g/j 90 ± 7 g/j	double-pesée 2 fois/jour	6 sem	Bajhau <i>et al.</i> , 1990
Israël (steppe med.)	Damascus X local	5 x 3 lots	1 : <i>Atriplex nummularia</i> + pâturage naturel (75 %) 2 : <i>Atriplex nummularia</i> + pâturage naturel (50 %) 3 : 2 + 300 g conc.	8 h / j 8 h / j 10 t/ha	722 g/j 543 g/j 650 g/j	double-pesée et ocytocine 4 mesures/24 h.	début SS	König <i>et al.</i> , 1992
Mexique (sud-est)	Créole	8 x 3 lots	A : parcours naturel B : A + mélasse (380 g MS) + urée 3 % C : A + <i>Leucaena</i> en vert (460 g MS)	8 h / j	1 880 ± 50 g/j 2 640 ± 50 g/j 1 820 ± 40 g/j	1 fois/jour	SS	Espinal- Meneses <i>et al.</i> , 1996
Zimbabwe	P.A.E. ⁷	6 x 2 lots	Tiges maïs + dolique 70:30 Tiges maïs + dolique 50:50	<i>ad libitum</i> (refus collectés)	434,4 g/j 884,4 g/j	double-pesée 1 fois/sem.	SP	Makembe <i>et al.</i> , 1996
Mali (sahélien)	sahélienne	34	parcours naturel	8-9 h / j	709 g/j	traite manuelle double pesée 1 fois/sem.	SS	Sangare <i>et al.</i> , 1996
Inde (semi-aride)	Sirohi	6 x 4 lots	1 : parcours naturel 2 : 1 + 150 g conc. /j /t 3 : 1 + 300 g conc. /j /t 4 : 1 + 450 g conc. /j /t	8 h / j	670 ± 70 g/j 870 ± 50 g/j 880 ± 30 g/j 1130 ± 60 g/j	double-pesée 1 fois/mois	août-fev.	Singh, 1996
Guadeloupe	Créole	145 lactations	A : <i>Digitaria decumbens</i> à 35 j ou 1 800 kg PV/ha B : A + 30 kg conc./lactation C : A + 35 kg conc./lactation D : A + 42 kg conc./lactation	<i>ad libitum</i> (refus non précisés)	412 ± 156 g/j 728 ± 144 g/j 781 ± 140 g/j 1033 ± 368 g/j	Ocytocine 1 fois/sem.	année	Alexandre <i>et al.</i> , 1997
Tanzanie (savanne sèche)	55% Kamorai 30% Boer 15% P.A.E.	3 x 4 lots	foin (1 000 g) + conc. (700 g) foin + <i>Albizzia harveyi</i> foin + <i>Delonix elata</i> foin + <i>Grewia similis</i>	46 et 15 % refus 23 et 72 % " 33 et 66 % " 38 et 7 % "	139 ± 11 g/j 86 ± 11 g/j 89 ± 11 g/j 150 ± 11 g/j	traite manuelle : 1 trayon 2 fois/j	SP	Goromela <i>et al.</i> , 1997

⁷ Petite d'Afrique de l'Est

RESULTATS ET DISCUSSION

1. RESULTATS SUR PATURAGE LIBRE

Les éleveurs pour qui le pâturage libre (parcours ouverts, divagation, bords de routes) constitue la ressource principale ont adopté des stratégies qui ne les laissent pas totalement démunis vis-à-vis des aléas climatiques. La transhumance entre dans cette logique de gestion du risque climatique et fourrager mais ne suffit pas à elle seule à offrir aux troupeaux une alimentation équilibrée toute l'année et notamment lors des périodes critiques (fin de saison sèche, lutte, fin de gestation, début de lactation).

Une complémentation alimentaire s'impose alors, lorsqu'une exploitation optimale du parcours s'avère insuffisante pour assurer l'entretien ou permettre une production, l'éleveur choisissant en fonction de la ressource disponible et de ses moyens financiers.

Le objectif premier de la complémentation des fourrages pauvres est d'assurer les conditions physico-chimiques optimales à la flore microbienne pour qu'elle maximise la digestion cellulolytique des fourrages grossiers de la ration de base : 6-7 % MAT / MS ingérée quotidiennement (Devendra, 1989). L'efficacité alimentaire étant régulée par la " loi du minimum ", les matières azotées revêtent alors un rôle primordial dans la ration, et seront fournies aux animaux par les résidus de cultures, les feuilles de ligneux et les concentrés.

Le second objectif est d'assurer le maintien d'un état corporel couvrant les besoins d'entretien des animaux et/ou une production (lait, viande, laine).

1.1. Les pailles

Alors que le fourrage de saison sèche est de faible valeur nutritive (3,5 % MAT ; 37 % NDF), l'addition de 2,7 % d'urée à une ration déjà complétement en mélasse (10 %) et minéraux (3 %) réduit significativement ($P < 0,05$) la perte de poids (- 1,1 % poids vif vs - 8-10 % poids vif) de jeunes boucs sahéliens (Ali et Mustafa, 1984)*. L'incorporation de 25 % de tourteau de coton inversera la chute pondérale (+ 18 g/j) non enrayée par la mélasse et les minéraux seuls; Toutefois, cette solution trouve application si une valorisation commerciale des animaux s'en suit, compte tenu du surcoût occasionné par le tourteau.

Il en est de même du gain de poids enregistré sur des béliers Peul-peul en fin de saison sèche au Sénégal (110 g/j) ayant consommé une ration à base de paille de brousse traitée à l'urée, complétée par 500 g de concentré (50 % tourteau d'arachide, 50 % graines de coton). Cependant, précisent Cissé *et al.* (1996), la paille traitée seule peut constituer un bon aliment d'entretien en saison sèche si aucune perspective d'embouche n'est envisagée, mais également durant la gestation où les besoins sont relativement faibles (Nyarko-Badohu *et al.*, 1994 ; Dias-da-Silva, 1995).

Mais lors des phases de besoins élevés en nutriments, l'adjonction de concentré présente un intérêt, mis en évidence par Chermiti (1994) sur des brebis Barbarine au nord de la Tunisie durant quatre ans. Le lot témoin a été conduit sur pâturage naturel herbacé, en recevant selon l'année une complémentation (orge) en fin de gestation et début de lactation. La ration de base du lot expérimental était de la paille de blé dur traitée à l'ammoniac. Un concentré (70 % orge, 30 % féveroles) fut distribué à hauteur de 100 à 300 g/j/brebis, de la lutte à la fin de la gestation, et de 600 g/j/brebis de la mise-bas au sevrage. Les performances du lot expérimental étaient meilleures que celles du lot témoin les années sèches (300 mm), tandis que la situation s'inversait les années humides (500 mm).

Ceci justifie bien l'utilisation de la paille traitée au cours des périodes difficiles uniquement. D'autre part, l'apport d'une quantité suffisante de concentré (600 g) en début de lactation semble être plus efficace qu'un apport progressif pour des brebis en milieu méditerranéen.

Outre la distribution de concentré pour améliorer la valeur nutritive des pailles et des chaumes, les blocs multinutritionnels présentent l'avantage de fournir simultanément à la flore ruminale énergie, azote et minéraux (Nyarko-Badohu *et al.*, 1994). L'ingestion des pailles augmente alors très significativement chez les petits ruminants comme chez les bovins, entraînant ainsi un gain de poids significatif.

1.2. Les ligneux

Les parcours sont composés d'une strate herbacée mais également d'arbres et d'arbustes plus ou moins densément répartis dans l'espace, considérés comme fourragers s'ils sont broutés par les animaux (Dicko et Sikena, 1992). La valeur nutritive caractéristique de ces fourrages est leur teneur élevée en matières azotées et en minéraux, ce qui leur confère un statut particulier de complément naturel d'un pâturage herbacé d'annuelles principalement, à croissance et lignification rapide.

Ainsi, Mtenga et Shoo (1990)* ont mis en évidence l'intérêt d'une complémentation de jeunes caprins (6-7 mois) au pâturage par une combinaison de foin et de *Leucaena* (25,6 % MAT), grâce à un gain significatif ($P < 0,01$) de GMQ avec 200 g de *Leucaena* distribuées en saison sèche.

Pour la même saison et dans un cadre de steppe méditerranéenne en Israël, König *et al.* (1992)* concluent au bénéfice d'*Atriplex nummularia* (10,5 % MAT) lorsque le pâturage herbacé (5 % MAT) ne compte plus que pour 50 % de la MS ingérée, sur l'évolution du poids des chèvres durant trois mois : - 32 g/j, contre - 37 et - 40 g/j respectivement pour le régime à 75 % de MS d'herbacées et 50 % MS d'herbacées avec un concentré. En revanche, la croissance des chevreaux reste meilleure pour les deux derniers régimes. Appliqué à des petits ruminants, ce régime demeure mieux valorisé par les chèvres que les brebis ($P < 0,05$).

S'intéressant à la période critique de fin de gestation et de début de lactation de chèvres croisées en Tanzanie, Goromela *et al.* (1997)* testent l'effet des feuilles de trois ligneux (17 à 20,4 % MAT) sur la production laitière de chèvres nourries avec un foin de mauvaise qualité (2,7 % MAT ; 56,4 % ADF). Ainsi, certains ligneux se comportent au moins aussi bien qu'un concentré, tel *Grewia similis*, vu l'amélioration significative ($P < 0,05$) par rapport au témoin qu'il autorise en matière de production laitière et de GMQ des mères (14,3 vs -10,7 g/j) et de leurs petits (51 vs 46,5 g/j), au cours des trois mois de l'essai en saison des pluies.

Lors d'une complémentation d'un an en milieu villageois au Bangladesh, Alam (1996) associe les feuilles fraîches de trois ligneux¹ (100 g/j) et un concentré (100 g/j) en complément

¹ *Mangifera indica*, *Artocarpus integrifolia*, *Samanea saman*.

du pâturage naturel relativement pauvre (11,3 % MAT ; 82 % NDF) à des chèvres en fin de gestation et début de lactation (saison sèche) : il en résulte des femelles en meilleur état corporel en début de lactation ($P < 0,01$), un poids à la naissance et un GMQ jusqu'au sevrage significativement supérieur ($P < 0,01$) à ceux issus de mères non complémentées, un sevrage plus tardif ($P < 0,05$) donc des chevreaux plus lourds à trois mois et une absence de mortalité (contre 23 % sans complémentation).

Mais outre le bénéfice global de cette combinaison ligneux-concentré, l'expérimentation ne permet pas de distinguer l'effet du ligneux de celui du concentré sur ces performances. Il aurait fallu pour cela constituer des lots complémentés en concentré seul et en ligneux seuls. Yo (1994) s'y était employé en comparant l'effet de six espèces de ligneux fourragers à celui d'aliments concentrés pour compléter des graminées de qualité médiocre constituant la ration de base d'ovins Djallonké. Il conclut au bénéfice des ligneux seuls (gain de croissance, réduction de la mortalité) comme complément d'un fourrage à faible valeur nutritive (50-60 g MAT/kg MS) alors qu'ils ne permettent pas d'améliorer le gain de poids à partir d'une ration de meilleure qualité (140 g MAT/kg MS), les ligneux étant alors comparés au tourteau de coton.

1.3. Les concentrés

Le recours aux concentrés permet d'améliorer les performances de production (lait, viande, laine) et de reproduction (poids des jeunes à la naissance, GMQ, état corporel des femelles...) d'animaux sur parcours.

Distribué à des chèvres Sirohi en fin de gestation et début de lactation sur pâturage en zone semi-aride indienne, Singh (1996)* recommande 300 g/j d'un concentré à base de maïs et de tourteau d'arachide les 45 derniers jours de gestation et 450 g/j du même produit durant la lactation, afin d'obtenir une production de lait et une croissance des petits optimale.

Huston *et al.* (1993)* insistent sur la nature du concentré, dégradable dans le rumen ou riche en protéines "by-pass", chez de jeunes femelles Angora au Texas. Ils en déduisent une efficacité significative ($P < 0,01$) du composé (32,5 % MAT) à base de maïs, tourteau de coton et mélasse sur le gain de poids et la production de laine, tandis que l'ajout de farine de poisson (non dégradée dans la panse) n'améliore pas ces performances ($P = 0,99$).

2. RESULTATS SUR PATURAGE CONTROLE

En zones géographiques plus fermées (espace pastoral limité, animaux au piquet, en parcs) ou sur des propriétés bien définies (ranching), la conduite des troupeaux génère d'autres contraintes que celles rencontrées sur parcours.

La ration de base repose toujours sur un pâturage herbacé qui est cette fois-ci contrôlable en terme de charge animale et de biomasse végétale ; la complémentation devient plus systématique car plus facile pour l'éleveur qui dispose d'une gamme plus large d'aliments et/ou d'une assise financière plus solide.

Avant d'aborder les formes de complémentation, Bajhau et Kennedy (1990)* rappellent l'importance de la qualité du pâturage sur pied sur les performances de chèvres Angora et de leurs petits en Australie : une parcelle fortement pâturée au préalable d'un pâturage clairsemé de trois ans entraîne des jeunes plus légers à la naissance et à faible GMQ de 0 à 30 jours

($P < 0,01$), un taux de survie des petits et une production laitière réduite ($P < 0,05$) par opposition à une situation d'un pâturage jeune, riche, exploité à charge animale moindre.

D'autre part, une gestion raisonnée des pâturages (pâturages tournant par exemple) pourra concourir à réduire le parasitisme intestinal généralement très développé en zones humides, et aider les animaux à mieux exprimer leurs performances (Barger *et al.*, 1994).

2.1. Les ligneux

Pour de chèvres de la race Naine d'Afrique de l'Ouest en fin de gestation et début de lactation, nourries de *P. maximum* avec 50 g de pelures de manioc séchées, l'introduction d'un mélange de *Leucaena* et de *Gliricidia* à quatre doses influencera positivement et simultanément ($P < 0,05$) le taux de survie des jeunes (de 0,36 à 0,94) ainsi que leur GMQ jusqu'à 24 semaines (Reynolds, 1989).

Quelques années plus tard, Muir *et al.* (1995 et 1996)* quantifient le bénéfice de *Leucaena* sur la croissance de jeunes boucs au Mozambique en y ajoutant une contrainte de restriction de la surface broutée : une amélioration du GMQ ($P < 0,05$) des animaux complémentés sur leurs homologues attachés, 38 g vs 27,5 g/j (1995);

une progression du poids vif plus prononcée les années sèches (+ 184 %) que les années humides (+ 168 %) par rapport aux animaux non bénéficiaires de la légumineuse, ainsi qu'un gain de poids vif de 537 % et 271 % respectivement sur les animaux au piquet les mêmes années (1996).

Ces résultats corroborent ceux de Kouonmenioc *et al.* (1992)* sur les vertus d'une association d'essences ligneuses avec les principales graminées spontanées, pour des ovins de la race Naine d'Afrique de l'Ouest : la complémentation avec *Gliricidia sepium* permettait les meilleures performances, similaires à celles obtenues avec des aliments complémentaires composés de concentrés. Aucune incidence pathologique ou dépressive sur les animaux n'est enregistrée, contrairement au régime à base de *Leucaena leucocephala*. Les auteurs attribuent ces perturbations à une probable intoxication par la mimosine, les ovins ayant principalement délaissé le *Pennisetum* car très friands des feuilles de cette légumineuse. En effet, le danger ne peut être suspecté que lorsque *Leucaena* entre pour plus de 50 % dans la ration. Devendra (1992) et Hammond (1995) définissent un seuil de toxicité dès 30 % pour les ruminants non adaptés à ce fourrage ; par ailleurs, une complémentation minérale (Fe, Mg, Zn, S) supprimerait toute toxicité des dérivés ruminants de la mimosine sur des chèvres Angora (Puchala *et al.*, 1995).

Outre l'amélioration des performances zootechniques, la consommation du feuillage d'arbres et d'arbustes fourragers tels *Gliricidia* ou *Ficus* (Sukanten *et al.*, 1996) présente l'avantage de réduire les besoins en eau des animaux en saison sèche, ce qui constitue une économie appréciable de l'eau pour les ménages, et d'améliorer la qualité des carcasses.

D'autre part, même s'il est vrai que les feuillages de nombreux ligneux fourragers comportent des facteurs anti-nutritionnels, risque potentiel de toxicité (Kumar, 1992 ; Hammond, 1995), les tanins ont aussi l'intérêt d'empêcher une dégradation totale des protéines dans le rumen, officiant alors comme générateur de protéines "by-pass" (Devendra, 1992).

En revanche, la composition minérale relativement riche du feuillage demeure un attrait pour les animaux et l'éleveur. Or, dans ce cas, les tanins peuvent bloquer l'assimilation du soufre et du fer notamment (Devendra, 1992) avec des risques de toxicité si la consommation de feuilles riches en tanins est prolongée.

Cependant, le bénéfice de l'exploitation de pâturages naturels ponctués de ligneux fourragers (Muir *et al.*, 1995 et 1996)* confirme les conclusions tirées d'une expérimentation

en Colombie sur des vaches laitières complémentées en *Erythrina poeppigina* (Kass *et al.*, 1992) : une augmentation de la capacité de charge du pâturage, suite à l'effet de substitution des feuilles d'arbres sur l'ingestion d'herbe et permise par un recyclage accru des nutriments dans les surfaces broutées grâce aux excréments enrichies.

Enfin, l'usage de cette source de protéines et de minéraux pour les animaux est appelé à se développer et à s'intégrer de plus en plus aux systèmes de production des exploitations d'agro-éleveurs, car ils sont à usages multiples (Reynolds *et al.*, 1988 ; Devendra, 1989 ; Devendra, 1992 ; Preston, 1992 ; Smith, 1992 c) :

- alimentation animale,
- fertilité du sol,
- contrôle de adventices,
- contrôle de l'érosion,
- haies vives,
- source de combustible : bois de cuisine, charbon de bois,
- bois de construction.

2.2. Pâturages cultivés

Un pâturage cultivé disponible 24 heures par jour (*Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Macroptilium atropurpureum* et *Stylosanthes guianensis* : 6.6 % MAT) comportant des plants de *Leucaena* (15,9 % MAT) permet naturellement des croissances satisfaisantes sur des jeunes boucs en saison sèche (Muir *et al.*, 1995)* : 70 et 51 g/j en année humide et sèche respectivement.

L'accès à des petites banques fourragères de *Stylosanthes* a été préalablement testé en milieu paysan par Ikwuegbu et Ofodile (1992)* en saison des pluies. Or, la conduite traditionnelle des caprins à cette époque des cultures est l'alimentation au piquet sur pâturage naturel. Le bienfait de la consommation de la légumineuse s'est senti sur la viabilité des jeunes surtout à partir d'un an ($P < 0,05$) et sur la perte de poids ralentie des femelles vides, donc sur les performances de reproduction.

Dans le contexte actuel de pression foncière croissante conjointement à une démographie en forte expansion, la solution technique des banques fourragères compense le temps de jachère réduit, voire supprimé, par une restauration naturelle de la fertilité des sols (Smith, 1992 c). De plus, ce système peut s'intégrer progressivement aux systèmes culturels existants pour une productivité animale et agricole améliorée (Ikwuegbu et Ofodile, 1992)*.

La pérennité de cette culture réside dans sa gestion, devant assurer une productivité élevée et une prédominance des légumineuses à la fin de la saison des pluies, à travers la maîtrise de la charge animale, de la fertilité du sol et de la fertilisation, des exportations d'azote, des autres espèces fourragères et de l'époque des premières pluies (Saleem *et al.*, 1986, cité par Smith, 1992 c).

A l'interface entre les fourrages naturels et les qualités nutritionnelles de ligneux ou d'espèces cultivées, le bourgou (*Echinochloa stagnina*) constitue un pâturage particulièrement intéressant en saison sèche (10 % MAT : Adebowale, 1988) : très apprécié des ruminants, il permet à des chèvres de la race Naine d'Afrique de l'Ouest de satisfaire leurs besoins d'entretien, sachant que l'azote sera mieux utilisé par les chèvres ($P < 0,05$).

2.3. Sous-produits agricoles et agro-industriels

Selon les systèmes de production, les résidus de récoltes pourront être distribués en saison sèche (ration de base pauvre) ou en saison des pluies (disponibilité réduite par claustration).

La cas rapporté par Salinas *et al.* (1996)* de chèvres en fermes commerciales au Mexique est tout à fait évocateur : un mélange équivalent de résidus de cultures et de foin d'avoine, accompagné de 100 g de tourteau de soja et d'un apport de phosphore permet une croissance significative des petits ($P < 0,01$). Ainsi, les mères en début de lactation, conduites au pâturage en saison sèche et complémentées développent une bonne conversion de la ration en lait.

Makembe et Ndlovu (1996)* ont apprécié quant à eux la composition de deux régimes à base de tiges de maïs et de dolique, distribués à des chèvres en fin de gestation et début de lactation lors de la saison des cultures, et ayant un accès limité à la végétation spontanée. Ils statuent sur une ration équilibrée à 70:30 qui minimise les pertes de poids pendant la gestation, par rapport au second régime équilibré à 50:50 mieux adapté à la lactation : 49 g/j de GMQ des petits, 884 g/j de lait, 22,2 g/j de GMQ des mères ($P < 0,05$).

Dans les deux cas, la dolique améliore l'état nutritionnel des femelles et réduit notoirement l'anoestrus post-partum à 49 jours (150 jours en moyenne pour une conduite traditionnelle). Les auteurs précisent que ce système maintient la productivité des chèvres pendant la période des cultures, sans compromettre la disponibilité en main-d'œuvre pour les activités agricoles.

En effet, les performances de reproduction étant directement liées à l'état nutritionnel, Smith *et al.* (1990) apportent un complément d'information à ce comportement en statuant sur l'augmentation de l'ingestion totale de matière sèche de jeunes moutons, grâce à l'incorporation de trois légumineuses (*Lablab purpureus* : dolique, *Vigna unguiculata* : niébé, *Cajanus cajan* : pigeon pea) séparément (100 g, 200 g ou 300 g) ou mélangées (300 g) dans une ration à base de tiges de maïs ; l'azote consommé et fixé ayant augmenté ($P < 0,01$), les animaux développent de meilleures dispositions à toute activité de croissance et de production. Dans tous les cas (Beever, 1989 ; Nolan et Leng, 1989), l'ingestion de MS, la digestibilité et la rétention de l'azote s'accroît avec l'apport de protéines (140 g de tourteau de coton à 42,5 % MAT : Smith *et al.*, 1990). Yilala (1990) confirme ce constat pour des moutons Bali Bali au Burkina Faso de tiges de maïs avec 60 g/kg MS de tourteau de coton (48 % MAT).

L'importance de la complémentation protéique a également été soulevé par Oswagwuh (1989) qui attribue le haut taux d'avortement de chèvres entre 90 et 120 jours nourries à base de graminées et de pelures séchées de manioc à un état sous-nutritionnel élevé des mères à ce stade de gestation correspondant à la période de croissance accélérée du fœtus. La mortalité à 30 jours (40 %) est attribuée à l'état chétif des jeunes à la naissance et pas suffisamment forts pour téter leurs mères.

Toutefois, même si ce sous-produit ménager ne convient pas pour des femelles en gestation, combiné à de l'urée et un concentré (17,7 % MAT), il permet une croissance significative ($P < 0,01$) du GMQ de jeunes agneaux et de jeunes boucs (60 g et 57 g respectivement) alimentés à base de napier, à concurrence de 40 % de la MS ingérée (Van Eys *et al.*, 1987). La croissance diminue à partir de 50 % de MS de la ration.

Cet effet dépressif a été constaté par Abdul Latief et Johana (1994) sur des jeunes chèvres Kacang nourries de feuilles de cacao avec 200 g de concentré. Les feuilles de cacao ont certes le potentiel pour améliorer le poids des femelles de par leur teneur relative en

matières azotées par rapport au pâturage naturel (15,09 vs 8,38 %). Néanmoins, leur usage doit être réduit pour éviter la mortalité à cause de la présence supposée de substances toxiques.

Dans un milieu où le tourteau de soja est accessible, celui-ci permet un GMQ de 63,5 et 66 g/j chez de jeunes boucs (15-18 mois) affouragés en vert (2 kg) et complétés à hauteur de 10 et 15 % de MS de la ration de base. La distribution de tourteau d'arachide industriel dans les mêmes proportions permet des GMQ de 71,3 et 72,4 g/j respectivement (Ogundola, 1990). Ainsi, un fourrage riche en fibres (33 % dans cet exemple) sera mieux digéré grâce à l'apport de protéines digestibles.

2.4. Concentrés

Ils représentent une source énergétique et protéique permettant d'optimiser l'utilisation digestive de la ration de base généralement fibreuse et pauvre en matières azotées. Le ratio Energie/Protéines de ces aliments pourra être modulé selon les stades physiologiques des animaux.

Les conséquences d'un équilibre variable des niveaux énergétiques et protéiques d'une ration (1,5 kg foin + 1,5 kg concentré) a été apprécié par Aregheore *et al.* (1992)* sur des chèvres de la Vallée de Gwembe (Zambie) en fin de gestation ; trois régimes sont testés : HB (14,3 % MAT ; 12,2 MJ EB/kg), MM (13,4 % MAT ; 13,3 MJ EB/kg) et BH (13,2 % MAT ; 13,7 MJ EB/kg). Seul le régime MM couvrait les besoins pour l'entretien et la croissance des chèvres, le régime BH réduisant l'ingestion de MS tandis que le poids des chevreaux à la naissance était plus faible avec le régime HB. Les auteurs soulèvent donc l'importance de l'énergie sur les protéines pour la reproduction et la meilleure réponse de ces chèvres à l'énergie plutôt qu'aux protéines.

Cet aspect nutritionnel est repris par Sibanda *et al.* (1992)* qui valident l'efficacité d'une ration élevée en énergie (52 MJ EM/kg^{0.75}) sur le maintien de l'état corporel des mères après la mise bas, alors qu'aucun effet n'est relevé sur le poids des petits à la naissance (P<0,05).

Il va sans dire que l'efficacité de la complémentation dépend de la qualité de la ration de base, et c'est ce que Raats (1988)* met en évidence au cours des 12 premières semaines de lactation de chèvres Boer : alors que chaque femelle consomme 625 g/j d'un concentré dosé à 19,8 % MAT, la production laitière fluctuera selon la période d'occupation des champs (pâturage dominé par *Sporobolus fimbriatus* et *Digitaria eriantha*), indépendamment du niveau de complémentation, suivant le niveau de production de biomasse effective par rapport à la production potentielle maximale de la parcelle.

Plus en détail, Scanlan et Roger (1992) étudient l'impact de la fréquence de l'apport d'énergie (620 MJ EM) au cours de 9 semaines de gestation : soit une distribution en deux fois à 5 semaines ①, soit en 6 fois ② d'une ration d'herbes séchées, de gluten de maïs et de tourteau de soja non deshuilé. Les petits nés de mères au régime ② étaient significativement (P<0,05) plus lourds à la naissance (2,68 vs 2,43 kg), alors que les chèvres nourries au régime ① affichaient un meilleur état corporel (P<0,01). Dans les deux cas, aucune difficulté de mise bas n'est enregistrée et les poids des chevreaux au sevrage ne différaient plus significativement.

2.5. L'azote non protéique

A la base d'un enrichissement des pailles, l'urée est aussi incorporée en tant que complément azoté, mais associé à une source d'énergie (sucres fermentescibles).

Le système le plus courant concerne le mélange mélasse-urée, dont Kassim et Alimon (1996) rapportent les performances de chèvres alimentées en *P. maximum* au pâturage ou fauché en vert, au cours d'un cycle sexuel de reproduction : un taux de conception de 80 % avec 25 % de naissances gemellaires et 75 % de simples, contre 60 % de conception avec un complément (200 g/j) de maïs-soja ou 20 % sans complément.

Par contre, les blocs mélasse-urée n'améliorent en rien l'ingestion, la digestibilité des nutriments et donc la croissance de chèvres Black Bengal broutant l'herbe des bords de route et recevant de la farine de poisson (protéines "by-pass") (Huq *et al.*, 1996).

Toutefois, l'urée intervient favorablement sur le contrôle parasitaire des petits ruminants, comme le soulignent Knox et Steel (1996) : à Fidji, la complémentation en blocs mélasse-urée a permis un accroissement du poids des agneaux au sevrage, augmenté le taux de reproduction des brebis primipares et réduit l'excrétion fécale d'œufs de parasites des brebis au pâturage : un animal mieux nourri avec de l'urée notamment, résiste donc mieux à une invasion parasitaire. Pour de jeunes caprins, l'urée seule n'a pas permis de gain de poids, mais l'ajout d'un concentré (100 g/j de tourteau de coton) a révélé un changement significatif du poids.

Alors que la complémentation protéique et la prophylaxie sanitaire réduisent classiquement la mortalité, de meilleurs résultats peuvent être obtenus par la synergie des deux actions, la complémentation améliorant l'effet des traitements sanitaires (Njoya *et al.*, 1997).

Pour les éleveurs ayant accès aux déchets des élevages de volailles industriels, les fientes de volailles deshydratées (FVD) peuvent se substituer à l'urée pour enrichir la valeur alimentaire d'une ration fibreuse et peu digestible. Elles interviennent avec la même efficacité qu'un mélange mélasse-urée distribué avec des bagasses de canne à sucre sur la production laitière de chèvres croisées au Venezuela (Sanchez et Garcia, 1994).

Une étude récente au Ghana (Torto et Rhule, 1997)* a bien mis en évidence l'effet des FVD d'un complément sur la croissance de jeunes caprins élevés sur pâturage de *Digitaria decumbens* en saison sèche ; distribué à concurrence de 2,6 % poids vif, le complément à base de paille de *P. maximum* est enrichi de 40 % de mélasse ou de 40 % de mélasse avec 10 et 20 % de FVD. Les performances de croissance sont significativement ($P < 0.01$) améliorées avec ces deux derniers régimes par rapport à celui de paille seule : 241 - 290 g vs 16,25 g par semaine. L'incorporation jusqu'à 20 % de FVD dans la composition d'un complément est possible si la ration contient assez d'énergie pour une utilisation efficace des fientes.

Kayongo *et al.* (1992) ont mesuré une augmentation significative ($P < 0,01$) de la dégradabilité de résidus de récoltes (tiges et rafles de maïs, paille de blé) jusqu'à 40 % de fientes de volailles, sur des chèvres au Kenya. D'autre part, la nature du traitement de ces déjections (séchage au soleil, ensilage, empilage ou fumigation) conditionne leur efficacité sur la dégradation des résidus fibreux, avec un effet supérieur ($P < 0,01$) de l'ensilage et de l'empilage.

Le niveau de fientes séchées dans un complément à base d'issues de blé et de tourteau d'arachide ne semble pas en revanche influencer la croissance de brebis (Adegbola *et al.*, 1990) alimentées en pelures séchées de manioc *ad libitum*. En effet, ni le niveau d'ingestion, ni le taux de croissance ne présentent de différences statistiques significatives. Ainsi, les

brebis de la race Naine d'Afrique de l'Ouest peuvent être élevées avec des fientes de volailles (20,7 % MAT) comme unique complément protéique, et de pelures de manioc (4,2 % MAT) constituant 40 à 60 % de la ration.

Par contre, Chandrasekharaiah *et al.* (1996) mettent en évidence un meilleur effet bénéfique d'une complémentation de tiges de maïs traitées à l'urée, par *Leucaena* plutôt qu'un concentré contenant 30 % de fientes de volailles, sur la croissance et l'utilisation des nutriments par 18 jeunes moutons et chèvres de la race Nellore, durant 150 jours en Inde.

L'intérêt des fientes de volailles en tant que fournisseur d'azote non protéique repose sur leur apport en acide urique, dégradé plus lentement que l'urée, qui crée un milieu favorable pour une utilisation efficace de l'azote dans le rumen (Oltjen *et al.*, 1968, cité par Murthy *et al.*, 1995). En outre, la forme deshydratée (Torto et Rhule, 1997)* limite les pertes d'azote ammoniacal par fermentation rapide des fientes fraîches et supprime les germes pathogènes potentiels (*Clostridium* spp., *Corynebacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Salmonella* spp., *Pasteurella* spp., *E. coli*...).

3.4. LES MINÉRAUX

Les fonctions des minéraux sont multiples et fondamentales pour le bon fonctionnement de l'organisme. Ils présentent notamment les rôles suivants (Hamon, 1983) :

plastique : Ca, P et Mg dans les os,

physico-chimiques : pression osmotique, neutralité électrique, excitabilité neuro-musculaire,

physiologique : P et Ca \Leftrightarrow croissance et reproduction,

Cl \Leftrightarrow suc gastrique,

I \Leftrightarrow hormone thyroïdienne,

Fe \Leftrightarrow hémoglobine,

enzymatique : constituant et catalyseur.

Or, les pâturages tropicaux manifestent des carences spécifiques en certains minéraux qui provoquent des troubles divers chez les ruminants au pâturage.

Après avoir résumé (Annexe 3) les symptômes des carences et leurs effets probables chez les ovins, Masters (1996) dresse l'inventaire des facteurs contribuant aux déficiences minérales :

- le type de sol (âge, pH, MO) : Little et McMeniman (1973) avaient déjà montré l'influence de la nature de la végétation et du sol sur le taux de phosphore osseux de brebis à différents stades physiologiques.
- le stade végétatif des plantes,
- la nature et la quantités d'engrais,
- l'introduction d'espèces fourragères améliorées,
- les précipitations,
- la nature et la quantité des compléments fourragers : le foin est pauvre en phosphore et potassium, les grains (céréales et légumineuses) le sont moins.
- la proximité de l'océan (Na, I).

Suttle (1996) précise qu'une infection du pâturage en nématodes augmente les besoins en minéraux (Cu, Na, P) accentuant alors l'effet de la carence naturelle des fourrages.

La complémentation trouve son intérêt en optimisant l'efficacité d'exploitation du pâturage, car la déficience minérale se matérialisera par une réduction de l'ingestion (Masters, 1996), avec pour corollaire les faits suivants : une plus grande proportion de l'ingéré sera utilisée pour l'entretien du poids et des fonctions non productives telles que la thermorégulation, les déplacements et l'excrétion, d'où un ralentissement du gain de poids. La conséquence directe est l'augmentation de la charge animale pour exploiter tout le pâturage disponible, ce qui diminue la production totale par hectare, accentue la dégradabilité des parcours (compactage du sol, surpâturage, érosion) et accroît donc les coûts.

La consommation de feuilles de ligneux fourragers pourrait être qualifiée de première source d'apports minéraux (voir § 2.2.1), outre leur richesse en protéines. Un apport extérieur (Fe, Mg, Zn, S) reste toutefois recommandé pour empêcher toute toxicité des dérivés ruminants de la mimosine en cas d'ingestion de *Leucaena* par des chèvres Angora (Puchala *et al.*, 1995).

Cependant, la distribution de minéraux peut revêtir d'autres formes :

- les blocs multinutritionnels, tels les blocs mélasse-sol de riz enrichis progressivement en sel, phosphate de calcium et condiment minéral pendant 9 mois ont permis un accroissement ($P < 0,05$) des gains de poids pré et post-sevrage et une réduction de la mortalité dans les troupeaux de petits ruminants de deux villages de Java (Van Eys *et al.*, 1985).

L'importance d'une source d'énergie, telle la mélasse, dans un apport minéral a déjà été évoquée par McMeniman et Little (1974) pour son effet positif du phosphore sur la croissance de brebis sur parcours et sur la minéralisation du squelette.

- la dissolution dans l'eau de boisson pour des chèvres naines de l'Afrique de l'Ouest conduites traditionnellement sans expérience préalable des blocs de sel (Ogebe *et al.*, 1996) permet une meilleure assimilation des minéraux.
- les déjections de volailles constituent une source alternative de phosphore pour les ruminants au pâturage (Castellanos, 1987) : la solubilité moyenne du phosphore dans le rumen d'ovins Pelibuey est largement compensée par le prix réduit des déjections concluent les auteurs.
- les engrais pour fertiliser le sol et la pulvérisation des pâturages pour répondre aux carences en oligo-éléments notamment (Judson, 1996).

Parmi les principaux éléments déficients, une interaction du calcium existe sur l'assimilation du phosphore et du soufre, un excès de calcium aggravant les effets d'une carence en phosphore (Boxebeld *et al.*, 1983) du fait d'une réaction hormonale (calcitonine et hormone parathyroïdienne) bloquant la résorption des os. D'où l'intérêt de compléter en phosphore un pâturage de Stylosanthes (plus riche en calcium que les graminées) pour une bonne croissance. Un ratio calcium-phosphore de 2/1 est recommandé (Solaiman *et al.*, 1994).

Une liste des composés minéraux existants figure en Annexe 4.

CONCLUSION

La complémentation peut être considérée comme un outil pour assurer la couverture des besoins, améliorer la production ou maintenir le niveau de production (Narjisse *et al.*, 1991). Cependant, même si l'énergie, les protéines, les minéraux et les vitamines sont utilisés comme compléments (Devendra, 1987), les protéines restent de loin les plus importantes (Devendra, 1981 ; Devendra, 1987) pour la production caprine de viande principalement, dans la plupart des zones tropicales.

Les besoins en compléments se justifient dans les situations extrêmes suivantes (Devendra, 1987 ; Upton, 1995) : - alimentation de période sèche, rare et pauvre, - faible niveau nutritionnel des animaux à hauts besoins physiologiques (lutte, fin de gestation, début de lactation), et par des objectifs de production pilotés par le souci d'optimiser économiquement l'utilisation des ressources végétales et animales.

L'expérimentation en stations et en ferme permet de quantifier et d'évaluer les effets des compléments sur les performances des animaux, avec toutes les difficultés associées à la rigueur des protocoles.

En effet, de nombreux facteurs de variations conditionnent la validité des essais, tels l'origine, le nombre et la préparation des animaux, la nature et la qualité des aliments distribués, la période et la durée d'application des régimes, l'environnement pédoclimatique ainsi que les techniques de mesures employées. Il importe donc à l'expérimentateur (chercheur ou éleveur) de les contrôler au sein du dispositif expérimental sinon de les intégrer dans l'interprétation des résultats.

Ceci soulève l'importance du choix du lieu de recherche qui doit être représentatif des conditions agro-écologiques particulières et du (ou des) système(s) de production(s) des exploitations cibles ; toutefois, la garantie d'une bonne collaboration de l'éleveur et un meilleur contrôle expérimental compensent largement la représentativité du site (Van Eys, 1985).

L'application de ces résultats expérimentaux en milieu réel pour atteindre les objectifs de la complémentation présuppose la disponibilité en compléments à un coût comparable avec la rentabilité des productions et leur délivrance dans un délai requis, sous une forme qui sera consommée en quantité suffisante pour satisfaire les objectifs de complémentation, avec une plus-value marchande pour le producteur (Osuji, 1987).

Les aliments de complément existent alors sous quatre formes (Devendra, 1987) :

- les fourrages (herbacés et ligneux)
- les protéines d'origines végétales traditionnelles : tourteaux, issues de céréales...
non conventionnelles : feuilles de cacao, pulpes d'agrumes...
- l'azote non protéique :
 - l'urée, généralement associée à la mélasse, ou incorporée aux pailles de céréales
 - les déjections de volailles, dont l'emploi demeure moins généralisé que ne peut le laisser croire les nombreuses publications à ce sujet.
- les blocs multinutritionnels (support des minéraux).

En terme de perspectives de la production caprine, les essais relatent les améliorations potentielles des modes de gestion traditionnels des ressources fourragères, notamment en période de restriction (saison sèche pour les parcours, saison des pluies pour les animaux en zones de cultures), qui conditionnent généralement les performances zootechniques.

Ces progrès passent par une réorganisation des systèmes de production actuels (Ademosum, 1988), une intégration des ligneux fourragers aux systèmes mixtes agriculture-élevage (Reynolds *et al.*, 1988 ; Devendra, 1989 ; Johnson et Djajaregara, 1989), une intensification complète de l'élevage caprin (Bosman *et al.*, 1988).

Ainsi, dans une optique de pérennisation de l'élevage caprin allaitant, la reproductibilité en milieu réel des régimes évalués en station constitue un préalable nécessaire aux essais de complémentation, sachant que l'étude de la faisabilité économique est difficilement abordable en station. Le milieu paysan peut également devenir le support de la promotion de paquets techniques jugés intéressants en mettant en place des essais démonstratifs (Knipscheer, 1985).

BIBLIOGRAPHIE

1. ABDUL LATIEF T., JOHANA C.L., 1994. Feeding cocoa leaf to Kacang goat. *In* : Sustainable animal production and the environment. Proceedings of the 7th AAAP Animal Science Congress, Bali, Indonesia, 11-16 July 1994. Vol. 3 : poster papers, p. 195-196. (Abstract)
2. ADEBOWALE E.A., 1988. Performance of young West African Dwarf goats and sheep fed the aquatic macrophyte *Echinochloa stagnina*. *Small Ruminant Research*, **1** : 167-173.
3. ADEGBOLA A.A., SMITH O.B., OKEUDO N.J., 1990. Responses of West African Dwarf sheep fed cassava peel and poultry manure based diets. *In* : Dzowela B.H., Said A.N., Asrat Wendem-Agenehu, Kategile J.A. (eds), *Utilization of research results on forage and agricultural by-products materials as animal feed resources in Africa*. Proceedings of the first joint workshop held in Lilongwe, Malawi, 5-9 December 1988. PANESA/ARNAB, ILCA, Addis-Ababa, Ethiopia, p. 357-366.
4. ADEMOSUM A.A., 1988. Appropriate management systems for the West African Dwarf goat in the humid tropics. *In* : Smith O.B. and Bosman H.G. (eds), *Goat production in the humid tropics*. Proc. Int. Workshop, University of Ile-Ife, Nigeria, 20-24 July 1987, p. 21-28.
5. ALAM M.R., 1996. Potentials of improving system in Bangladesh. *In* : VI International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 1, p. 84-87.
6. ALEXANDRE G., AUMONT G., FLEURY J., MAINAUD J.C., KANDASSAMY T., 1997. Performances zootechniques de la chèvre Créole allaitante de Guadeloupe : Bilan de 20 ans dans un élevage expérimental de l'INRA. *INRA Prod. Anim.*, **10** (1) : 7-20.
7. ALI K.E., MUSTAFA E.E., 1984. Utilization of supplemented desert grass by goats. *World Review of Animal Production*, **20** (4) : 15-20.
8. AREGHEORE E.M., CHIBANGA C.O.C., LUNGU J.C.N., 1992. Effect of plane of nutrition on body weight of pregnant Gwembe Valley goats in Zambia. *Small Ruminant Research*, **9** : 201-208.
9. AVNER BAR-HEN, 1998. Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers. CIRAD-FORET, Montpellier, 120 p. (à paraître)

10. BAJHAU H.S., KENNEDY J.P., 1990. Influence of pre- and postpartum nutrition on growth of goats kids. *Small Ruminant Research*, **3** : 227-236.
11. BARGER I.A., SIALE K., BANKS D.J.D., LE JAMBRE L.F., 1994. Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*, **53** : 109-116.
12. BEEVER D.E., 1989. Dietary manipulations for improving productivity in ruminant livestock. *In* : Feeding strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries : Proceedings held in Vienna, 13-17 March 1989, p. 129-148.
13. BENAVIDES J., 1991. Integracion de arboles y arbustos en los sistemas de alimentacion para cabras en America Central : Un enfoque agroforestal. *El Chasqui*, **25** : 6-11.
14. BENAVIDES J., RAMLAL H., PEZO D.A., 1992. Feeding resources for goats in Central America and the caribbean region. *In* : Lokeshwar R.R. (ed), V International conference on goats, New Delhi, India, March 1992, Invited papers, vol II, part I, p. 134-142.
15. BERGER Y. et GINISTY L., 1980. Bilan de 4 années d'études de la race ovine Djallonké en Côte-d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **33** (1) : 71-78.
16. BERGONZINI J.Q., 1995. Analyse et planification des expériences : les dispositifs en blocs. Eds Masson, Paris, 353 p.
17. BOSMAN H.G., ADEMOSUM A.A., ROESSEN P.L., HUIJSMAN A., 1988. Is there scope for intensive dwarf goat production in the humid tropics ? The Ife experience. *In* : Smith O.B. and Bosman H.G. (eds), Goat production in the humid tropics. Proc. Int. Workshop, University of Ile-Ife, Nigeria, 20-24 July 1987, p. 145-153.
18. BOSMAN H.G., ADEMOSUM A.A., KOPER-LIMBOURG H.A.G., 1996. Goat feeding practices and options for improvement in six villages in southwestern Nigeria. *Small Ruminant Research*, **19** : 201-211.
19. BOUDET G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Ministère des Relations Extérieures de la Coopération et du Développement, IEMVT, Paris, 266 p. (coll. Manuels et précis d'élevage, n°4)
20. BOXEBELD A., GUEGUEN L., HANNEQUART G., DURAND M., 1983. Utilization of phosphorus and calcium and mineral maintenance requirement for phosphorus in growing sheep fed a low-phosphorus diet. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **23** (6) : 1 043-1 053.
21. CASTELLANOS-RUELAS A., 1987. Evaluation des déjections de volaille comme source de remplacement du phosphore pour les ruminants au pâturage. *In* : Xande A., Alexandre G. (eds), Paturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide. 1^{er} Symp. sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical. INRA- Centre Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, p. 117-126.
22. CHANDRASEKHARAIHAH M., REDDY M.R., REDDY G.V.N., 1996. Effect of feeding urea treated maize stover on growth and nutrient utilization by sheep and goats. *Small Ruminant Research*, **22** (2) : 141-147. (Abstract)

23. CHERMITI A., 1994. Développement de systèmes d'alimentation des ovins à base de paille traitée à l'ammoniac dans les conditions sud-méditerranéennes. *In* : Tisserand J.L. (ed), Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne. CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, Série Etudes et Recherches n.° 6, p. 109-123.
24. CISSE M., FALL A., SOW A.M., GONGNET P., KORREA A., 1996. Effet du traitement de la paille de brousse à l'urée et de la complémentation sur la consommation de paille, le poids vif et la note d'état corporel des ovins sahéliens en saison sèche. *Ann. Zootech.*, 45, Suppl : 124.
25. DEVENDRA C., 1981. Feeding systems for goats in te humid and the sub-umid tropics. *In* : Morand-Fehr P., Bourbouze A., De Simiane M. (eds) : Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre : Symp. Int. Tours, 12-15 mai 1981. ITOVIC-INRA, Paris, 1, 394-410.
26. DEVENDRA C., MARCA BURNS, 1983. Goat production in the tropics. CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux), London, p. 183.
27. DEVENDRA C., 1987. Feed resources and their relevance in feeding systems for goats in developing countries. *In* : Proc. of the IV International Conference on Goats, Brasilia, Brazil, 8-13 March 1987, p. 1 037-1 062.
28. DEVENDRA C., 1989. Ruminant production systems in developping coutries : resources utilization. *In* : Feeding strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries : Proceedings held in Vienna, 13-17 March 1989, p. 5-30.
29. DEVENDRA C., 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 95-114.
30. DIAS-DA-SILVA A., 1995. Response of small ruminants to supplementation ot treated and untreated straw. *In* : 46th annual meeting of the EAAP, Praha, Rep. Tchèque, 4-7 September 1995, p. 1-18.
31. DICKO M.S., SIKENA L.K., 1992. Fodder trees and fodder shrubs in range and farming systems in dry tropical Africa. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 27-42.
32. EL AICH A., LANDAU S., NAPOLEONE M., BOURBOUZE A., 1995. Goat production systems in the Mediterranean : a comparative study. *In* : El Aich A., Landau S., Bourbouze A., Rubino R., Morand-Fehr P. (eds), Goat production systems in the Mediterranean. Results of an FAO/CIHEAM working group on goat production. EAAP publication No. 71, Wageningen Pers, Netherlands, p. 222-237.
33. ESPINAL-MENESES L., RIOS-ARJONA G., TORRES-ACOSTA J.F., 1996. The effect of molasses or *Leucaena L.* supplementation on milk production of criollo goats. *In* : VI

International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 2, p. 625.

34. FAYE B. et GRILLET C., 1984. La carence en cuivre chez les ruminants domestiques de la région d'Awash (Ethiopie). II- Origine de la carence en cuivre dans la région d'Awash. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** (1) : 45-48.
35. GOROMELA E.H., LEDIN I., UDEN P., 1997. Indigenous goat browse leaves as supplements to dual purpose goats in central Tanzania. *Livestock Production Science*, **47** (3) : 245-252.
36. HAMON P., 1983. La complémentation minérale dans l'alimentation des ovins. Thèse Doct. Vét., Université Paul Sabatier de Toulouse, France, 72 p.
37. HAMMOND A.C., 1995. *Leucaena* toxicosis and its control in ruminants. *J. Anim. Sci.*, **73** (5) : 1 487-1 492.
38. HUQ M.A., AKHTER S., HASHEM M.A., HOWLIDER M.A.R., SAADULLAH M., HOSSAIN M.M., 1996. Growth and feed utilization in Black Bengal goats on road side grass based diet supplement with fish meal and urea molasses block. *Asian Australian Journal of Animal Science*, **9** (2) : 155-158. (Abstract)
39. HUSTON J.E., TAYLOR C.A., LUPTON C.J., BROOKS T.D., 1993. Effects of supplementation on intake, growth rate and fleece production by female Angora kids grazing rangeland. *J. Anim. Sci.*, **71** (11) : 3 124-3 130.
40. ICKOWICZ A., 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du sahel tchadien. Thèse doct., Université de Paris XII, Paris, 472 p.
41. IKWUEGBU O.A., OFODILE S., 1993. Wet season supplementation of West African Dwarf goats raised under traditional management in the subhumid zone of Nigeria. In : Lebbie S.H.B., Rey B., Irungu E.K. (eds), *Small ruminant research and development in Africa*. Proceedings of the second biennial conference of the African Small Ruminant Research Network, AICC, Arusha, Tanzania, 7-11 December 1992. ILCA (International Livestock Centre for Africa)/CTA (Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation). ILCA, Addis-Ababa, Ethiopia, p. 179-182.
42. JOHNSON W.L., VAN EYS J.E., FITZHUGH H.A., 1986. Sheep and goats in tropical and subtropical agricultural systems. *J. Anim. Sci.*, **63** : 1 587-1 599.
43. JOHNSON W.L., DJAJANEGARA A., 1989. A pragmatic approach to improving small ruminant diets in the Indonesian humid tropics. *J. Anim. Sci.*, **67** (11) : 3 068-3 079.
44. JUDSON G.J., 1996. Trace element supplements for sheep at pasture. In : Masters D.G., White C.L. (eds), *Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep*. Australian Centre for International Research, Canberra, Australia, p.57-80.
45. KATAMALI P., 1985. Complémentation de *Setaria sphacelata* avec des ligneux ou des concentrés pour les petits ruminants au Rwanda. In : Wilson R.T. et Bourzat D. (eds), *Les petits ruminants dans l'agriculture africaine*. CIPEA, Addis-Abeba, Ethiopie, p. 76-81.

46. KASS M., BENAVIDES J., ROMERO F., PEZO D., 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 161-176.
47. KASSIM H., ALIMON A.R., 1996. Reproductive performance of the local goats fed on grass and supplementation. *In* : VI International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 2, p. 686.
48. KAYONGO S.B., WANYOIKE M.M., MBUGUA P.N., NYAGAH PN, MAITHO T.E., 1992. The role of caged layer waste as a nitrogen supplement to fibrous crop residues commonly fed to sheep and goats. *In* : Rey B., Lebbie S.H.B., Reynolds L. (eds), *Small ruminant research and development in Africa*. Proceedings of the first biennial conference of the African Small Ruminant Research Network, ILRAD, Nairobi, Kenya, 10-14 December 1990. ILCA, Nairobi, Kenya, p. 419-422.
49. KAYOULI C., 1989. A strategy for animal nutrition in the subtropics. *In* : Galal E.S.E., Abdoul-Ela M.B., Shafie M.M. (eds), *Ruminant production in the dry subtropics : constraints and potentials*. Proc. Int. Symp. on the constraints and possibilities of ruminant production in the dry subtropics (MOA of Egypt, EASP, EAAP, FAO, ICAMAS, WAAP), Cairo, Egypt, 5-7 November 1988. Pudoc Wageningen, Netherlands, p. 201-206.
50. KNIPSCHER H.C., 1985. Définition des problèmes de recherche.). *In* : Nordblom T.L., Ahmed A.K.H. et Potts G.R. (eds), *Méthodes de recherche applicables aux essais zootechniques en ferme*. Compte rendu de l'atelier tenu à Alep (Syrie) du 25 au 28 mars 1985. Ottawa, Ont., CRDI, 1988, 299-304.
51. KNOX M., STEEL J., 1996. Nutritional enhancement of parasite control in small ruminant production systems in developing countries of South-east Asia and the Pacific. *Int. J. Paras.*, **26** (8/9) : 963-970.
52. KÖNIG R.C.W., BECKER K., BENJAMIN R.W., SOLLER H., 1992. Performance of sheep and goats with offsprings on semi-arid saltbush (*Atriplex nummularia*) grassland ranges in the early dry season. *In* : Stares J.E.S., Said A.N., Kategile J.A. (eds), *The complementary of feed resources for animal production in Africa*. Proceedings of the joint feed resources networks workshop held in Gaborone, Botswana, 4-9 March 1991. African Feeds Research Network. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 62-74.
53. KOUONMENIOC J., LACOSTE A., GUERIN H., 1992. Etude de l'influence de quatre fourrages ligneux sur l'évolution pondérale des ovins de la race Naine d'Afrique de l'Ouest. *In* : Stares J.E.S., Said A.N., Kategile J.A. (eds), *The complementary of feed resources for animal production in Africa*. Proceedings of the joint feed resources networks workshop held in Gaborone, Botswana, 4-9 March 1991. African Feeds Research Network. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 97-110.
54. KUMAR R., 1992. Anti-nutritional factors. The potential risks of toxicity and methods to alleviate them. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian

Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 145-160.

55. LHOSTE P., DOLLE V., ROUSSEAU J., SOLTNER D., 1993. Zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage. Ministère de la coopération, CIRAD, Paris, 288 p. (coll. Manuels et précis d'élevage)
56. LITTLE D.A., McMENIMAN N.P., 1973. Variation in bone composition of grazing sheep in south-western Queensland, related to lactation and type of country. *Aust. J. Exp. agric. Anim. Husb.*, **13** (62) : 229-233.
57. McDOWELL L.R., 1996. Free-choice mineral supplements for grazing sheep in developing countries. In : Masters D.G., White C.L. (eds), *Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep*. Australian Centre for International Research, Canberra, Australia, p. 81-94.
58. McMENIMAN N.P., LITTLE D.A., 1974. Supplementary feeding of sheep consuming mulga I. Provision of phosphorus and molasses supplements under grazing conditions. *Aust. J. Exp. agric. Anim. Husb.*, **14** : 316-321..
59. MAKEMBE N.E.T., NDLOVU L.R., 1996. Dolichos lablab (*Lab Lab purpureus* cv. "Rongai") as supplementary feed to maize stover for indigenous female goats in Zimbabwe. *Small Ruminant Research*, **21** : 31-36.
60. MASTERS D.G., 1996. Mineral deficiency problems in grazing sheep-an overview. In : Masters D.G., White C.L. (eds), *Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep*. Australian Centre for International Research, Canberra, Australia, p.1-14.
61. MEURET M., BOZA J., NARJISSE H., NASTIS A., 1991. Evaluation and utilization of rangelands feeds by goats. In : Morand-Fehr (ed), *Goat nutrition. Results of an FAO/EAAP/CIHEAM/CTA working group on goat production*. EAAP publication No. 46, Pudoc Wageningen, Netherlands, p. 160-171.
62. MOULIN C.H., 1993. Performances animales et pratiques d'élevage en Afrique sahélienne : la diversité du fonctionnement des troupeaux de petits ruminants dans la Communauté Rurale de Ndiagne (Sénégal). Thèse doct. Ing. Agronomie, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, p. 259.
63. MTENGA L.A., SHOO R.A., 1990. Growth rate, feed intake and feed utilization of Small East African goats supplemented with *Leucaena leucocephala*. *Small Ruminant Research*, **3** : 9-18.
64. MUIR J.P., JORDAO C., MASSAETE E.S., 1995. Comparative growth characteristics of goats tethered on native pasture and free-ranged on cultivated pasture. *Small Ruminant Research*, **17** : 111-116.
65. MUIR J.P., MASSAETE E., 1996. Effect of physical restriction and supplementation with *Leucaena leucocephala* on goat growth. *Small Ruminant Research*, **23** : 103-108.

66. MURTHY K.S., REDDY M.R., REDDY G.V.N., 1995. Utilization of cage layer droppings and poultry litter as feed supplements for lambs and kids. *Small Ruminant Research*, **16** : 221-225.
67. NARJISSE H., 1991. Feeding behaviour of goats on rangelands. *In* : Morand-Fehr (ed), Goat nutrition. Results of an FAO/EAAP/CIHEAM/CTA working group on goat production. EAAP publication No. 46, Pudoc Wageningen, Netherlands, p. 13-24.
68. NARJISSE H., NAPOLEONE M., UBERT B., SANTUCCI P.M., 1991. Goat breeding and feeding systems in Mediterranean sylvo-pastoral areas. *In* : Morand-Fehr (ed), Goat nutrition. Results of an FAO/EAAP/CIHEAM/CTA working group on goat production. EAAP publication No. 46, Pudoc Wageningen, Netherlands, p. 225-239.
69. NEFZAOUI A. et CHERMITI A., 1991. Place et rôles des arbustes fourragers dans les parcours des zones arides et semi-arides de la Tunisie. *In* : Tisserand J.L. et Alibes X. (eds), Fourrages et sous-produits méditerranéens. Actes du séminaire de Montpellier (France) 5-6 juillet 1990. CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, Série Séminaires n.° 16, p. 119-125.
70. NEFZAOUI A. et ABDOULI H., 1995. Les systèmes d'élevage caprin en Tunisie. *In* : El Aich A., Landau S., Bourbouze A., Rubino R., Morand-Fehr P. (eds), Goat production systems in the Mediterranean. Results of an FAO/CIHEAM working group on goat production. EAAP publication No. 71, Wageningen Pers, Netherlands, p. 166-183.
71. NJOYA A, AWA N.D., BOUCHEL D., 1997. Influence de la complémentation et de la prophylaxie sur la viabilité des ovins Foulbé au Nord-Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** (3) : 227-233.
72. NOLAN J.V., LENG R.A., 1989. Manipulation of the rumen to increase ruminant production. *In* : Feeding strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries : Proceedings held in Vienna, 13-17 March 1989, p. 149-166.
73. NOUWAKPO F., CODJO A.B., SEKPE C., 1988. Effets d'apports complémentaires de légumineuses fourragères ou de sous-produit agro-industriel sur les performances zootechniques de chevreaux nains d'Afrique de l'ouest entretenus sur pâturage naturel. *In* : Smith O.B. and Bosman H.G. (eds), Goat production in the humid tropics. Proc. Int. Workshop, University of Ile-Ife, Nigeria, 20-24 July 1987, p. 76-82.
74. NYARKO-BADOHU D.K., KAYOULI C., BA A.A., GASMI A., 1994. Valorisation des pailles de céréales en alimentation des ovins dans le nord de la Tunisie : traitement à l'urée et à l'ammoniac et complémentation par des blocs mélasse-urée. *In* : Tisserand J.L. (ed), Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne. CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, Série Etudes et Recherches n.° 6, p. 129-141.
75. OGEBE P.O., OGUNMODEDE B.K., McDOWELL L.R., 1996. Acceptability of mineral supplements by West African Dwarf goats. *Small Ruminant Research*, **19** (3) : 193-200.
76. OGUNDOLA F.I., 1990. Effect of soybean and groundnut meal supplementation. *World Review of Animal Production*, Vol **XXV**, No. 2, April-June : 93-96.

77. OLTJEN R.R., SLYTER L.L., KOZAK A.S., WILLIAM E.E., 1968. Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NPN source for cattle. *J. Nutr.*, **94** : 193.
78. ONAFIDE O.S., AGISHI E.C., 1990. A review of a forage production and utilization in Nigeria savanna. *In* : Dzowela B.H., Said A.N., Asrat Wendem-Agenehu, Kategile J.A. (eds). Proceedings of research results on forage and agriculture by-products material as animal feed resources in Africa. ILCA, Addis-Ababa, p. 114-125.
79. ONWUKA C.F.I., ADETILOYE P.O., AFOLAMI C.A., 1997. Use of household wastes and crop residues in small ruminant feeding in Nigeria. *Small Ruminant Research*, **24** : 233-237.
80. OSUAGWUH A.I.A., 1989. The effects of cassava (*Manihot esculenta*) peels as supplement to grass (*Cynodon nlemfuensis*) on reproduction in West African Dwarf goats. *In* : Pathologie caprine et productions. 2^o Colloque International de Niort, France 26-29 juin 1989. CNEVA, CIRAD-EMVT, Etudes et synthèses de l'IEMVT 42, p. 191-197.
81. OSUJI P.O., 1987. Complémentation des fourrages et utilisation des sous-produits agro-industriels. *In* : Xande A., Alexandre G. (eds), Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide. 1^{er} Symp. sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical. INRA- Centre Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, p. 77-100.
82. PEYRE B., 1995. Exploitation traditionnelle des parcours sahéliens dans le sud-ouest de la Mauritanie : Etats, Blocages, Améliorations. *Parcours Demain*, numéro spécial juin 1995 : 29-33.
83. PLAYNE M.J., 1969. The effect of dicalcium phosphate supplements on the intake and digestibility of Townsville lucerne and spear graas by sheep. *Aust. J. Exp. agric. Anim. Husb.*, **9** (37) : 192-195.
84. PRESTON T.R., 1992. The role of multipurpose trees in integrated farming systems for the wet tropics. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 193-210.
85. PUCHALA R., SAHLU T., DAVIS J.J., HART S.P., 1995. Influence of mineral supplementation on 2,3-dihydropyridine toxicity in Angora goats. *Animal Feed Science and technology*, 3-4, 253-262. (Abstract)
86. RAATS J.G., 1988. The effect of supplementation on milk yield in Boer goat ewes. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **18** (3).
87. REYNOLDS L., 1989. Effects of browse supplementation on the productivity of West African Dwarf goats. *In* : Wilson R.T., Melaku A. (eds), *African small ruminant research and development*. Proceedings of a conference held at Bamenda, Cameroon, 18-25 January 1989. African small ruminant research network, ILCA, Addis-Ababa, Ethiopia, p. 237-250.
88. REYNOLDS L., ADEDIRAN S.O., 1988. The effects of browse supplementation on the productivity of West African Dwarf sheep over two reproductive cycles. *In* : Smith O.B. and

Bosman H.G. (eds), Goat production in the humid tropics. Proc. Int. Workshop, University of Ile-Ife, Nigeria, 20-24 July 1987, p. 83-91.

89. REYNOLDS L., ATTA-KRAH A.N., FRANCIS P.A., 1988. A strategy for improving goat productivity under village production systems in the humid tropics. *In* : Smith O.B. and Bosman H.G. (eds), Goat production in the humid tropics. Proc. Int. Workshop, University of Ile-Ife, Nigeria, 20-24 July 1987, p. 29-37.
90. SALEEM M.A., SULEIMAN H., OTSYINA R.M., 1986. Fodder banks : for pastoralists or farmers. *In* : Haque I., Jutzis S., Weate P.J. (eds), *Potential of forage legumes in farming systems of sub-saharan Africa*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 307-329.
91. SALINAS H., RAMIREZ R.G., KAWAS J., GUAJARDO R., 1996. Crop residues supplementation to goats during critical feeding season at Zacatecas, Mexico. *In* : VI International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 2, p. 633-634.
92. SANCHEZ C., GARCIA DE H.M., 1994. Effect of substitution of grass hay with sugarcane bagasse enriched with molasses and urea or poultry manure on the productive performance of goats. *Zootechnia Tropical*, **12** (2) : 225-240. (Abstract)
93. SANGARE M., PANDEY V.S., 1996. Milk production of local goats grazing on natural sahelian pastures in Mali. *In* : VI International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 2, p. 612.
94. SANSOUCY R., 1990. Problèmes généraux de l'utilisation des sous-produits agro-industriels en alimentation animale dans la région méditerranéenne. *In* : Tisserand J.L. et Alibes X. (eds), Fourrages et sous-produits méditerranéens. Actes du Séminaire de Montpellier (France) 5-6 juillet 1990. CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, Série Séminaires n.° 16, p. 75-79.
95. SCALAN S., ROGER L.C., 1992. The effect of two feeding patterns on performance of bred doe kids in late pregnancy. *Animal Production*, **54** (3). (Abstract)
96. SELIGMAN N.G., BENJAMIN R.W., LAVIE Y., FORTI M., MILLS D., 1986. Estimation of the standing biomass of fodder shrubs under grazing conditions. *In* : Dovrat A. (ed), *Fodder production and its utilization by small ruminants in arid regions*. Fourth annual report No BGUN-ARI-61-86. Institute for Applied Research, Ben Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israël, p. 46-58.
97. SIBANDA L.M., NDLOVU L.R., BRYANT M.J., 1992. Veld hay as feed for Matabele goats during the last trimester of pregnancy. *In* : Stares J.E.S., said A.N., Kategile J.A. (eds), *The complementary of feed resources for animal production in Africa*. Proceedings of the joint feed resources networks workshop held in Gaborone, Botswana, 4-9 March 1991. African Feeds Research Network. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 205-213.
98. SINGH N.P., 1996. Effects of supplementary concentrate during pregnancy and lactation in Sirohi goats. *In* : VI International conference on Goats, Beijing, China, 6-11 May 1996. IAP (International Academic Publishers), vol 2, p. 646-648.

99. SMITH T., MANYUCHI B., MIKAYIRI S., 1990. Legume supplementation of maize stover. *In* : Dzwela B.H., Said A.N., Asrat Wendem-Agenehu, Kategile J.A. (eds), *Utilization of research results on forage and agricultural by-products materials as animal feed resources in Africa*. Proceedings of the first joint workshop held in Lilongwe, Malawi, 5-9 December 1988. PANESA/ARNAB, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 302-320.
100. SMITH O.B., 1992 a. Alley farming and protein banks for tropical Africa. *In* : Speedy A., Pugliese P.L. (eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 October 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 245-256.
101. SMITH O.B., 1992 b. Feed resources for goats : recent advances on availability and utilization in Africa. *In* : Lokeshwar R.R. (ed), V International conference on goats, New Delhi, India, March 1992, Invited papers, vol II, part I, p.121-133.
102. SMITH O.B., 1992 c. Small ruminant feeding systems for small-scale farmers in humid West Africa. *In* : Stares J.E.S., said A.N., Kategile J.A. (eds), *The complementary of feed resources for animal production in Africa*. Proceedings of the joint feed resources networks workshop held in Gaborone, Botswana, 4-9 March 1991. African Feeds Research Network. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 363-376.
103. SOLAIMAN S.G., CASTALDO Ph.D., 1994. Feeding programmes for goats. *Feed International*, May 1994 : 28-56.
104. SUKANTEN I.W., NITIS I.M., UCHIDA S., PUTRA S., LANA K., 1996. Performance of the goat fed grass, shrub and tree fodders during the dry season in Bali, Indonesia. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 9 (4) : 381-387. (Abstract)
105. TADMOR N.H., BRIEGHET A., NOY-MEIR J., BENJAMIN R.W., EYAL E., 1975. An evaluation of the calibrated weight-estimate method for measuring production in annual vegetation. *Journal of Range Management*, 28 : 65-69.
106. TEAGUE W.R., TROLLOPE W.S.W., AUCAMP A.J., 1981. Veld management in the semi-arid bush-grass communities of the Eastern Cape. *Proc. Grassld. Soc. S. Afr.*, 16, p. 23.
107. TORTO R., RHULE S.W.A., 1997. Performance of West African Dwarf goats fed dehydrated poultry manure as a dry season supplement. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 29 : 180-184.
108. UPTON M., 1995. Integrated resource management report. *In* : Sustainable range-dependent small ruminant production systems in the Near East region. FAO Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt, p. 199-272.
109. VAN EYS J.E., SILITONGA S., MATHIUS I.W., JOHNSON W.L., 1985. Essais de complémentation minérale pour petits ruminants dans l'ouest de Java (Indonésie). *In* : Nordblom T.L., Ahmed A.K.H. et Potts G.R. (eds), Méthodes de recherche applicables aux essais zootechniques en ferme. Compte rendu de l'atelier tenu à Alep (Syrie) du 25 au 28 mars 1985. Ottawa, Ont., CRDI, 1988, 163-183.

- 110.VAN EYS J.E., PULUNGAN H., RANGKUTI M., JOHNSON W.L., 1987. Cassava meal as supplement to napier grass diets for growing sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology*, **18** : 197-207.
- 111.YILALA Y., 1990. The effect of supplements of oilseed by-products on the utilization of low_nitrogen fibrous diet by sheep. *In* : Dzowela B.H., Said A.N., Asrat Wendem-Agenehu, Kategile J.A. (eds), *Utilization of research results on forage and agricultural by-products materials as animal feed resources in Africa*. Proceedings of the first joint workshop held in Lilongwe, Malawi, 5-9 December 1988. PANESA/ARNAB, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 416-435.
- 112.YO T., 1994. Essais d'alimentation de moutons avec des fourrages ligneux – Chapitre XI. *In* : Guérin H. éd., *Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'ouest*. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F, Maisons Alfort, France, CIRAD-EMVT, 13 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Les principaux sous-produits alimentaires avec taux d'extraction approximatif en Asie et en Extrême-Orient (Devendra, 1981).

Sous-produits mineurs de sources variées, avec taux d'extraction approximatif en Asie et en Extrême-Orient (Devendra, 1981).

ANNEXE 2 : Exemples de quelques feuilles d'arbres et de jeunes pousses des régions tropicales humides

ANNEXE 3 : Résumé des rôles des minéraux, des symptômes des carences minérales sévères et marginales et des origines potentielles de ces déficiences (Masters, 1996).

ANNEXE 4 : Composés minéraux disponibles sur le marché : pourcentage d'élément minéral et disponibilité pour la plante (McDowell, 1996).

ANNEXE I

Les principaux sous-produits alimentaires avec taux d'extraction approximatif en Asie et en Extrême-Orient (Devendra, 1981)

Crop <i>Culture</i>	By-product/feed <i>Sous-produit</i>	Approximate extraction rate (%) <i>Taux d'extraction approximatif (%)</i>
I. Tree Crops <i>Cultures arboricoles</i>		
1. Cocoa (<i>Theobroma cacao</i>) <i>Cacao</i>	Cocoa bean waste <i>Déchets de fèves de cacao</i>	5 - 10
	Cacao husk <i>Pelures de fèves de cacao</i>	70
2. Coconut (<i>Cocos nucifera</i> L.) <i>Noix de coco</i>	Coconut meal <i>Tourteau de coco</i>	35 - 40
3. Oil palm (<i>Elais guineensis</i>) <i>Huile de palme</i>	Oil palm sludge (dry) <i>Déchets de palme séchés</i>	2
	Palm press fibre <i>Résidu de la pression de la palme</i>	12
	Palm kernel meal <i>Tourteau de palmiste</i>	2
4. Rubber (<i>Hevea brasiliensis</i>) <i>Caoutchouc</i>	Rubber seed meal <i>Tourteau de graines de caoutchouc</i>	55 - 60
5. Sago (<i>Metroxylon sago</i>) <i>Sagoce</i>	Sago refuse <i>Déchets de sagoce</i>	55
II. Field Crops <i>Cultures de plein champ</i>		
6. Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) <i>Manioc</i>	Cassava waste <i>Déchets de manioc</i>	55 - 59
7. Castor (<i>Ricinus communis</i> L.) <i>Ricin</i>	Castor meal <i>Tourteau de ricin</i>	45 - 50
8. Cotton (<i>Gossypium</i> spp.) <i>Coton</i>	Cotton seed meal <i>Tourteau de graine de coton</i>	40 - 45
9. Maize (<i>Zea mays</i>) <i>Maïs</i>	Maize bran <i>Son de maïs</i>	8 - 10
	Maize germ meal <i>Tourteau de germe de maïs</i>	16 - 18
	Maize stover <i>Paille de maïs</i>	70 - 75
10. Rice (<i>Oryza sativa</i>) <i>Riz</i>	Broken rice <i>Brisures de riz</i>	4 - 5
	Rice bran <i>Son de riz</i>	10
	Rice husk <i>Pelures de riz</i>	15 - 17
	Rice straw <i>Paille de riz</i>	100*
11. Sugarcane (<i>Saccharum officinarum</i>) <i>Canne à sucre</i>	Bagasses <i>Bagasses</i>	12 - 15
	Green tops <i>Extrémités vertes des cannes</i>	15 - 20
	Molasses <i>Mélasses</i>	3 - 4
12. Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) <i>Blé</i>	Wheat straw <i>Paille de blé</i>	100*

* Implies equivalent weight to the yield of grains.
Indique le poids équivalent par rapport au rendement de grains.

Sous-produits mineurs de sources variées, avec taux d'extraction approximatif en Asie et en Extrême-Orient (Devendra, 1981)

Crop <i>Culture</i>	By-product feed <i>Sous-produit</i>	Approximate extraction rate (%) <i>Taux d'extraction approximatif (%)</i>
I. Plants <i>Végétaux</i>		
1. Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) <i>Manioc</i>	Cassava leaves <i>Feuilles de manioc</i>	6 - 8
2. Dhupa (<i>Vateria indica</i>) <i>Dhupa</i>	Dhupa meal <i>Farine de Dhupa</i>	70 - 73
3. Groundnut (<i>Arachis hypogaea</i>) <i>Arachide</i>	Groundnut vines (stems + leaves) <i>Fanes d'arachide (tiges + feuilles)</i>	41 - 57
	Groundnut meal <i>Tourteau d'arachide</i>	53 - 57
4. Guar (<i>Cyamopsis psoraloides</i> DC) <i>Guar</i>	Guar meal <i>Farine de Guar</i>	70 - 80
5. Kakan (<i>Salvadoza oleoides</i>) <i>Kakan</i>	Kakan meal <i>Farine de Kakan</i>	55 - 58
6. Karanj (<i>Pongomia pinnata</i>) <i>Karanj</i>	Karanj meal <i>Farine de Karanj</i>	55 - 60
7. Kakum (<i>Garcinia indica</i> Choisy) <i>Kakum</i>	Kakum meal <i>Farine de Kakum</i>	40 - 42
8. Kusum (<i>Schleichera oleosa</i>) <i>Kusum</i>	Kusum meal <i>Farine de Kusum</i>	67 - 70
9. Mahura (<i>Madhuka indica</i>) <i>Mahura</i>	Mahura meal <i>Farine de Mahura</i>	35 - 40
10. Mango (<i>Mangifera indica</i>) <i>Mangue</i>	Mango kernel <i>Amandes de mangue</i>	50 - 55
11. Nahor (<i>Mesua ferrea</i> Linn.) <i>Nahor</i>	Nahor meal <i>Farine de Nahor</i>	60 - 62
12. Neem (<i>Azadirachta indica</i>) <i>Neem</i>	Neem meal <i>Farine de Neem</i>	45 - 50
13. Oak (<i>Quercus dilatata</i>) <i>Glands</i>	Oak meal <i>Farine de glands</i>	60 - 62
14. Pineapple (<i>Ananas comosus</i>) <i>Ananas</i>	Pineapple waste <i>Déchets d'ananas</i>	60 - 80
15. Pisa (<i>Actinodaphne hooperi</i>) <i>Pisa</i>	Pisa meal <i>Farine de Pisa</i>	40 - 42
16. Sal (<i>Shorea robusta</i> Gaertn.) <i>Sal</i>	Sal seed meal <i>Tourteau de Sal</i>	35 - 40
17. Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) <i>Sésame</i>	Sesame cake <i>Tourteau de sésame</i>	60
18. Soyabean (<i>Glycine soya</i>) <i>Soja</i>	Soya bean <i>Graine de soja</i>	70 - 75
19. Sweet potatoes (<i>Impomoea batatas</i>) <i>Patates douces</i>	Sweet potato vines (stems + leaves) <i>Fanes de patate douce (tiges + feuilles)</i>	24 - 35
	Tamarind seed hulls <i>Coques de graines de Tamarind</i>	30 - 35
20. Tamarind (<i>Tamarindus indica</i>) <i>Tamarind</i>	Tamarind seed kernels <i>Amandes de graines de Tamarind</i>	60 - 65
II. Animals <i>Animaux</i>		
21. Poultry <i>Volailles</i>	Poultry litter (dry) <i>Déjections de volaille (sec)</i>	26.0*
	Blood meal <i>Farine de sang</i>	0.6*
22. Ruminants <i>Ruminants</i>	Meat and bone meal (dry) <i>Farine de viande et d'os (sec)</i>	25 - 30**
	Rumen contents (wet) <i>Contenus du rumen (humide)</i>	0.8***

* Based on a daily faecal production of 110 g adult bird.
Basé sur une production journalière de fiente de 110 g par volaille adulte.

** Of the weight of wet offals / *En poids d'abats humides.*

*** Of the live weight / *En poids vif.*

ANNEXE 2

Exemples de quelques feuilles d'arbres et de jeunes pousses des régions tropicales humides

1- CARAÏBES		3- ASIE DU SUD-EST
<i>Alnus</i> spp.	<i>Malvaviscus arborescens</i>	<i>Handwiczia binnata</i>
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	<i>Acacia arabica</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Mimosa</i> spp.	<i>Musa</i> spp.
<i>Enterolobium cyclocarpus</i>	<i>Pithecolobium dulce</i>	<i>Ficus bengalensis</i>
<i>Ficus</i> spp.	<i>Senecio saligna</i>	<i>Ziziphus jujuba</i>
<i>Crescianta alata</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Maniot essulenta</i> Crantz
<i>Spondias purpurea</i>	<i>Pisonea culeata</i>	<i>Gliciridia maculata</i>
<i>Cnidocolus acotunifolium</i>	<i>Sippia</i> spp.	<i>Ficus glomerata</i>
<i>Gliciridia sepium</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
<i>Libidibia coriaria</i>	<i>Morus</i> spp.	<i>Leucaena latisiliqua</i> (L) Gillis
<i>Cordia dentata</i>	<i>Sambucus canadiensis</i>	<i>Artocarpus heterophyllus</i>
<i>Erythrina</i> spp.	<i>Sambucus mexicanus</i>	<i>Artocarpus integrifolia</i>
<i>Roupala complicata</i>		<i>Morus indica</i>
		<i>Cajanus cajan</i>
		<i>Ficus religiosa</i>
		<i>Azadirachta indica</i>
		<i>Albezzia lebbeck</i>
2- AFRIQUE		
<i>Acacia radiana</i>		
<i>Amaranthus spinosus</i>		
<i>Baphia rutida</i>		
<i>Euphorbia heterophylla</i>		
<i>Flemingea congesta</i>		
<i>Grifforia simplicifolia</i>		
<i>Tridax procumbens</i>		

(D'après Devendra, 1981 ; Benavides, 1991 cité par Benavides *et al.*, 1992).

ANNEXE 3

Résumé des rôles des minéraux, des symptômes des carences minérales sévères et marginales et des origines potentielles de ces déficiences (Masters, 1996)

Summary of function and signs of severe and marginal mineral deficiencies and likely incidence of deficiencies.

Element	Function	Manifestation of deficiency		Likely occurrence of deficiency
		Severe	Marginal ^a	
Calcium	Mineralisation of bones and teeth. Nerve conduction. Muscle contraction. Blood clotting. Hormone secretion. Message transmission.	Lameness and stiffness of gait. Enlarged painful joints. Malformed teeth and jaws. Milk fever, including muscle tremors, general inertia, inappetance and death. ^b	Reduced growth. Reduced milk production.	High grain diet especially during drought. Increased requirements in lactation. Low calcium, acid soils in the tropics. Low vitamin D.
Phosphorus	Bone formation. Energy metabolism. Component of DNA, RNA. Acid-base balance.	Softening of bones, lameness. Depressed appetite. Abnormal appetite causing botulism.	Reduced growth. Reduced reproductive rates.	Low soil phosphorus. Prolonged dry period with dead pasture.
Sodium	Maintenance of osmotic pressure. Acid-base balance. Water metabolism. Rumen microbial growth.	Abnormal appetite, licking of soil. Depressed appetite. Loss of weight. Decreased milk production.	Abnormal appetite (pica). Reduced growth. Decreased milk production.	Tropical or dry arid climates. Rapidly growing or lactating sheep. High grain diets.
Sulfur	Component of amino acids methionine and cysteine. Component of biotin and thiamine. Sulfated polysaccharides in cartilage and joint lubrication. Removal and/or storage of toxic elements and compounds.	Reduced feed intake. Reduced dry matter digestibility. Reduced production of sulfur amino acids by rumen microbes. Possible accumulation of copper in animal tissues and copper toxicity.	Reduced feed intake. Reduced wool growth.	Low sulfur soils. Dry pastures.
Cobalt	Essential for the production of vitamin B ₁₂ by rumen microbes. Use of volatile fatty acids for energy (as vitamin B ₁₂). Recycling of methionine (as vitamin B ₁₂).	Loss of appetite. Loss of weight, reduced wool growth. Watery discharge from eyes. Anaemia. Poor reproductive performance. White (fatty) liver disease.	Reduced growth/ unthriftiness. Reduced wool production.	Occurs under range of soils and climatic conditions. Sandy or volcanic soils. Green lush pasture. Young growing or reproducing sheep.

Continued on next page.

ANNEXE 4

Composés minéraux disponibles sur le marché : pourcentage d'élément minéral et disponibilité pour la plante (McDowell, 1996)

Table 1. Percentage of mineral element and relative bioavailability.²

Element	Source compound	Element in compound (%)	Bio-availability
Calcium	Steamed bonemeal	29.0 (23-37)	High
	Defluorinated rock phosphate	29.2 (19.9-35.7)	Intermediate
	Calcium carbonate	40.0	Intermediate
	Soft phosphate	18.0	Low
	Ground limestone	38.5	Intermediate
	Dolomitic limestone	22.3	Intermediate
	Monocalcium phosphate	16.2	High
	Tricalcium phosphate	31.0-34.0	—
	Dicalcium phosphate	23.2	High
	Hay sources	23.3	Low
Cobalt	Cobalt carbonate	46.0-55.0	— ^b
	Cobalt sulfate	21.0	— ^b
	Cobalt chloride	24.7	— ^b
Copper	Cupric sulfate	25.0	High
	Cupric carbonate	53.0	Intermediate
	Cupric chloride	37.2	High
	Cupric oxide	80.0	Low
	Cupric nitrate	33.9	Intermediate
Iodine	Calcium iodate	63.5	High
	Ethylenediamine dihydroiodide	80.0	High ^c
	Potassium iodide, stabilised	69.0	High
	Cuprous iodide	66.6	High
Iron	Iron oxide	46.0-60.0	Unavailable
	Ferrous carbonate	36.0-42.0	Low ^d
	Ferrous sulfate	20.0-30.0	High
Magnesium	Magnesium carbonate	21.0-28.0	High
	Magnesium chloride	12.0	High
	Magnesium oxide	54.0-60.0	High
	Magnesium sulfate	9.8-17.0	High
	Potassium and magnesium sulfate	11.0	High

Continued on next page.

LISTE DESTABLEAUX

<i>Tableau I : Types de systèmes d'élevage et zones bioclimatiques pour les caprins</i>	9
<i>Tableau II : Les principaux résidus de cultures et sous-produits agro-industriels en Afrique tropicale humide</i>	10
<i>Tableau III : Teneur en matières azotées totales de quelques ligneux fourragers</i>	13
<i>Tableau IV : Composition minérale de quelques ligneux fourragers</i>	13
<i>Tableau V : Dispositifs expérimentaux et résultats de croissance.</i>	21
<i>Tableau VI : Dispositifs expérimentaux et résultats de production laitière.</i>	23