

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

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

BIBLIOTHÈQUE
IEMVT
10 rue P. Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex



DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

METHODES D'IMPLANTATION
ET D'ANALYSES DE LA VALEUR ALIMENTAIRE,
DE LA PRODUCTIVITE ET DE L'APPETABILITE
DES LIGNEUX FOURRAGERS EN ZONE TROPICALE

par

Eric FERMET-QUINET

INTRODUCTION :

Les ligneux fourragers (arbres et arbustes) ont suscité un intérêt scientifique et un début de vulgarisation depuis une petite vingtaine d'années. Le rôle qu'ils jouent dans l'alimentation animale pendant la saison sèche a été mis en évidence par de nombreux auteurs (apport minimal d'azote, de vitamine A, de minéraux, dans la ration), mais il existe également une grande variété d'espèces à usages multiples et variés : combustible, bois de construction, de marquetterie, de hachage (pâte à papier, panneaux agglomérés), haies vives, ombrage, alimentation humaine, rétention d'eau, lutte contre l'érosion des sols, fertilisation des sols, etc...

L'I.E.M.V.T. a consacré à ce sujet trois fiches techniques d'élevage tropical qui traitent :

- des types de plantations (4)
- des modes et méthodes d'exploitations (5)
- des espèces (6)

Nous nous devons également de rappeler que l'ouvrage édité par H.N. le Houérou en 1980 (16) constitue une référence essentielle à l'étude des ligneux fourragers en Afrique.

2

Notre étude bibliographique, qui se voudrait complémentaire des fiches de l'I.E.M.V.T. précitées, sera consacrée aux études qu'il est nécessaire d'effectuer avant de développer l'implantation d'un ligneux fourager dans un milieu donné.

I Etude des potentialités d'implantation de ligneux fouragers :

1/ Etude des peuplements existants.

a) recherches bibliographiques.

b) observation sur le terrain.

2/ Critères d'adaptation.

a) adaptation au milieu.

b) aptitude fouragère.

c) adaptation aux contraintes techniques, écologiques et sociales d'exploitation.

3/ Introduction d'espèces - Sélection.

II Estimation de la valeur nutritive des ligneux fouragers

1/ Le Rélevement

a) choix - description de l'échantillon.

b) conditionnement.

2/ Composition chimique des ligneux

3/ Etude de la digestibilité

III Estimation de la Productivité — Techniques de Production

- 1/ Estimation de la productivité .
- 2/ Variation de productivité selon le mode d'exploitation .
- 3/ Techniques de production .
 - a/ mélange de terreaux .
 - b/ gaines plastiques .
 - c/ planches suspendues .
 - d/ traitement des graines — semis — entretien des plants .
 - e/ gestion — suivi technique .

IV Consommation des fourrages ligneux .

- 1/ Estimation des quantités consommées .
 - a/ au pâturage .
 - b/ en stabulation .
- 2/ Critères d'appétabilité .
- 3/ Essai d'alimentation .

Conclusion .

I Etude des potentialités d'implantation de figueux fourragers.

1/ Etude des peuplements existants. (8) (9)

De nombreuses espèces de figueux fourragers sont connues, mais il est important, en vue d'une implantation, de posséder une connaissance précise des peuplements existants ; en effet ceux-ci présentent à priori le double avantage d'être adaptés au milieu et connus des éleveurs et des animaux.

a) recherches bibliographiques.

Il est important de faire une synthèse des données disponibles (liste bibliographique, cartes de répartition, de densité, identification des projets forestiers existants... souvent nombreuses, mais dispersées, redondantes et parfois contradictoires ; ce travail, fait sous une forme harmonisée, devrait permettre d'être utilisé par la suite grâce à l'établissement de définitions précises. Cela permet aussi, le cas échéant, de définir les relevés complémentaires indispensables.

b) observations sur le terrain

* inventaires :

ceux-ci doivent être nombreux et de préférence indiquer, entre les espèces identifiées,

les classes d'âges ou les mesures (diamètre de tronc, de couronne ...) et la répartition des espèces (toposéquence, espèces les unes par rapport aux autres ...). les méthodes utilisées peuvent être les suivantes :

- + comptage direct ou méthode des croissillons (g)
- + parcelles rondes ou carrées.
- + échantillonnage systématique ou stratifié.

* utilisation fourragère par les animaux.

la détermination de l'utilisation par les animaux peut se

faire : - soit au pâturage → traces de broutage.

→ traces d'émondage.

→ observation directe des animaux.

→ récolte du berger (g)

→ analyse microhistologique des fèces (g)

- soit par enquête auprès des éleveurs, sur les marchés, les bords de route, ... où l'on détermine facilement les espèces commercialisées et qui seront étudiées en priorité.

On doit noter que si ces observations sont répétées à intervalles réguliers, elles permettent de déterminer la dynamique des populations (régression ou régénération) en fonction des évolutions climatiques ou de l'intensité de consommation par les animaux ...

2/ Critères d'adaptation

a/ adaptation au milieu (17)(14)

L'utilisation de ligneux fourragers est d'un intérêt évident en zone sèche où ils constituent une réserve de saison sèche, mais leur intérêt est également très grand en zone humide où les fourrages graminéens perdent très rapidement leur valeur nutritive. Bien entendu le choix des espèces dépend des caractéristiques du milieu : pédologie, climat, végétation concurrente ... les inventaires réservent les espèces naturelles ou cultivées qui sont adaptées, cependant les espèces exotiques sont souvent indispensables ; elles doivent donc être l'objet d'études quant à leur utilisation sur le terrain. leurs caractéristiques doivent être :

- adaptation au sol : salinité, acidité, texture, topographie.
- " à la pluviosité : faible, forte, risque d'inondation.
- " à la sécheresse et aux basses températures.
- aptitude à se développer en milieu hostile.
- " à résister à la concurrence interspécifique.
- rapidité d'installation.

b) aptitude fourragère (2) (15) (18)

Outre les critères de productivité, de valeur nutritive et d'appétabilité, qui feront l'objet de l'étude des chapitres II, III et IV suivants, les critères d'aptitude fourragère sont déterminés par divers auteurs et peuvent être retenus comme critères de sélection en vue de l'amélioration génétique des espèces. Les critères sont les suivants :

- aptitude à la pâture directe en zone sylvo-pastorale (taille correcte, repousses, non nécessité de coupes de régénération ...)
- faibles teneurs en substances toxiques (cf ch. III)
- distribution saisonnière de la production en relation avec les périodes de besoins (ex/ Acacia albida fertilise le sol par chute des feuilles au début de la saison des pluies et se couvre de feuillage en dernière phase de saison sèche).
- fournir des feuilles vertes, de jeunes rameaux ou des fruits.
- être semable naturellement.
- être facilement reproductible (graines, marcotte, rejet et surgeron, plants ...)
- pouvoir supporter des coupes fréquentes et répétées, avoir une bonne repousse après émondage ou broutage.

- pouvoir être conduit en cèpée par coupe manuelle ou mécanique ou par broutage en zone de cultures.
- avoir d'autres usages que fourrager, en participant surtout à l'amélioration des sols (érosion, fixation d'azote, engrais vert...).

y adaptation aux contraintes techniques, écologiques et sociales d'exploitation. (17) (2) (10)

g) susciter l'intérêt des éleveurs ou agriculteurs.

Sensibiliser et faire participer les éleveurs ou les agriculteurs nécessite souvent de dépasser le simple aspect "affouragement complémentaire" qui est difficilement appréciable de manière pratique et rapide. On a donc tout intérêt à étudier les problèmes auxquels sont sensibilisés les populations locales et à promouvoir les usages multiples des ligneux fourragers en leur donnant un intérêt agronomique et mesurable (ombrage, haie, brise vent, bois, pâte, fixation du sable, lutte contre l'érosion, fertilisation azotée, engrais vert, marquetterie, apiculture, dérivés chimiques).

c2) lever les contraintes techniques et sociales (travail).

- en zone de cultures, les ligneux fourragers doivent se juxtaposer et non pas empiéter sur celles-ci. Ainsi les plantations strictes seront réservées aux surfaces non cultivées (appropriation, parcours) ou non cultivables (parcours). Dans les autres cas ils doivent s'adapter aux techniques culturales et intégrer les systèmes agaires pour avoir un impact chez le petit exploitant. L'exploitation des ligneux ne doit pas bouleverser le calendrier des récoltes.
- la technique doit être simple et se rapprocher des us locaux pour être renouvelable par les intéressés. Elle doit être économe en intrants pour pouvoir s'autofinancer.
- les espèces choisies doivent être robustes pour pouvoir, le cas échéant, supporter des erreurs de gestion.

c3) Préserver les équilibres écologiques (ss?) (10)(3)

Cette contrainte écologique est parfois éroquée pour l'implantation de ligneux en zone de cultures par le fait que ceux-ci

favoriseraient la multiplication des oiseaux (prédateurs des récoltes ou des semis) par l'abris de nids.

Néanmoins les contraintes écologiques apparaissent plus nettement en zone sylvo-pastorale. Ainsi la mise en défens permet une augmentation de la productivité des ligneux qui croissent en hauteur, mais surtout régénèrent leurs branches basses et les rejetts directement accessibles aux animaux sans intervention humaine (émondage souvent excessif d'ailleurs). Par contre, si la mise en défens se prolonge au delà de 2 ans, il risque de se produire une accumulation de litière formant un écran sous lequel se multiplient les rousperts; ces derniers s'attaquent alors aux racines et aux jeunes plants et sont la cause d'un accroissement de mortalité chez les ligneux. Il est donc nécessaire de définir la durée optimale de mise en défens et la durée, les dates et le taux d'exploitation.

Ici encore le taux d'exploitation doit tenir compte de l'espèce animale destinée au pâturage; en effet les bovins ont une action bénéfique sur la germination des graines (passage par le tube digestif), par contre les caprins en pâturage continu contribuent à l'élimination des formes de multiplication végétative et des graines ce qui peut être bénéfique s'il s'agit d'espèces ligneuses indésirables, mais néfaste pour des espèces fourragères intéressantes.

Ainsi l'implantation de ligneux fourragers en zone sylvo-pastorale se heurte à plusieurs difficultés de gestion de l'équilibre écologique ; en premier lieu ce sont les facteurs classiques de destruction des ligneux qui interviennent : surpâturage, émondages intempestifs, récolte intensive du bois en zones péri-urbaines, tentative d'accroissement de la surface agricole avec cultures itinérantes sur brûlis, feux de brousse tardifs et mortalités dues à la sécheresse avec peu ou pas de régénération naturelle.

De plus la gestion du "pâturage" ligneux est délicate puisqu'il ne peut constituer qu'un complément dans la mesure où la biomasse ligneuse diminue irréversiblement quand l'exploitation est trop élevée, et où l'on ne peut utiliser en pâturage les espèces les plus appréciées qui seraient donc rapidement détruites. On peut néanmoins jouer sur l'équilibre graminées - ligneux fourragers en pratiquant un pâturage intensif de l'herbe verte en saison humide, ce qui diminue leur concurrence vis à vis de la strate ligneuse et permet à cette dernière d'augmenter sa biomasse utilisable par la suite.

X

La gestion du pâturage implique donc une rigueur dans le rythme d'exploitation et l'alternance ou la mixité des espèces animales consommatrices.

En zone aride, la priorité serait au reboisement à but fourrager et alimentaire, aussi les espèces locales semblent les plus adaptées.

En zone humide, la priorité semblerait être la protection des sols et leur fertilisation, aussi les espèces exotiques cultivées sont tout à fait justifiées.

Dans la zone intermédiaire, le défrichement entraîne une fragilisation du milieu et la reimplantation nécessaire doit prendre en compte le devenir de ces zones.

3) Introduction d'espèces - sélection. (17) (15) (18)

Une fois reconnus les critères d'adaptation au milieu à l'exploitation fourragère et à la gestion locale, les espèces adaptées (locales ou exotiques) doivent faire l'objet de listes sélectives classées par zones, productives et de qualité. Par la vulgarisation des espèces on peut soutenir une nouvelle sélection visant à l'amélioration génétique; en effet la variabilité intraspécifique est souvent très grande selon les variétés et les cultivars.

Les critères de sélection principaux doivent porter sur :

- la productivité.
- le rapport feuille/tige élevé.
- un port accessible.
- l'appétabilité.
- un rythme de végétation élevé.
- une grande aptitude à la repousse.
- évaluation et amélioration de l'activité du rhizobium des légumineuses.
- la digestibilité.

La technique de sélection repose sur la production de graines, la multiplication végétative, le testage sur descendance, ou même la multiplication par culture de tiges à des millions d'exemplaires.

On doit mettre au point des techniques d'implantation de culture et d'utilisation, notamment pour permettre de créer un équilibre pérenne entre légumineuses et graminées. Enfin ces techniques doivent assurer le maintien de la variabilité génétique et la protection des espèces en voie de disparition.

Les variétés doivent faire l'objet d'études de la valeur alimentaire notamment en ce qui concerne la variation de matière sèche volontairement ingérée au cours de l'année selon les espèces animales ou la relation entre gain moyen quotidien, matière sèche digestible ingérée et protéines brutes etc...

Ainsi les plantations ou la conservation des ligneux fourrageux, nécessitent au préalable une étude pluridisciplinaire qui doit déterminer les contraintes agronomiques, écologiques et socio-économiques locales. Cette nécessité est le reflet des usages multiples des ligneux fourragers et de leur parfaite intégration dans les écosystèmes dont ils sont les seuls à en préserver la pérennité. L'effort demandé n'est ni de nature financière car les coûts restent modestes, ni en temps de travail excessif, par contre il impose une vision globale à moyen et long termes ce qui n'est que rarement la caractéristique principale des populations locales accablées à la gestion quotidienne de leurs ressources vivrières ou des programmes de développements aux crédits accordés pour des périodes trop courtes qui nécessitent une rentabilité rapide généralement non intégrée totalement dans l'écosystème. Enfin, cette gestion se heurte surtout à la non-responsabilisation foncière, et nécessite peut-être une amorce de modification des pratiques pastorales en promouvant la culture fourragère et les enclos ; néanmoins il convient de considérer avec assez de défiance les actions normatives et de leur préférer les solutions qui, comme les ligneux, s'adaptent le mieux possible au milieu considéré.

II Estimation de la valeur nutritive des fourrages ligneux.

La valeur alimentaire des ligneux est caractérisée par une très grande variété inter-spécifique et une grande variabilité intraspécifique sous l'influence notamment du milieu ; aussi, si les teneurs en matière azotée totale (M.A.T.) sont toujours assez importantes, la variété des constituants et les proportions d'azote soluble, rendent insuffisante l'estimation de la valeur alimentaire par un simple dosage de l'azote. Ainsi si le taux de matière azotée est supérieur à celui des fourrages herbacés pendant une grande partie de l'année, la détermination de la valeur alimentaire nécessite des essais de digestibilité in vivo avec analyse des constituants pariétaux, or ces essais sont rendus complexes par la faible digestibilité des ligneux à l'auge.

La détermination de la valeur alimentaire des ligneux passe donc par la détermination de relations entre les valeurs données par l'analyse chimique assez facilement réalisable, et les résultats des essais de digestibilités beaucoup plus lourds à mettre en œuvre. Ces relations, une fois établies, permettront de déterminer des rations alimentaires contenant des ligneux et de donner les productions permises ; notons que les valeurs nutritives des ligneux étant très variées, il serait alors possible de constituer des rations équilibrées à base de ligneux par compensation entre 2 ou 3 espèces.

En effet les liques peuvent probablement couvrir des plages très larges de dégradabilité de l'azote dans le rumen et de digestibilité dans l'intestin.

Cependant, avant de se lancer dans une demande d'analyse, toujours coûteuse, on aura toujours intérêt à consulter la bibliographie assez riche en ce domaine.

1) Le prélèvement. (8)

a) choix de l'échantillon.

Il est important de ne prélever que la partie effectivement consommée par l'animal ; en effet, donner un rameau à analyser n'a aucun sens si seules les feuilles sont consommées.

On devra donc identifier l'échantillon non seulement par le nom d'espèce, mais aussi l'organe, le stade de développement et la position sur l'arbre.

Même si l'animal consomme l'ensemble d'une plante on a intérêt à pratiquer des analyses différentes selon les organes et à en connaître les proportions, de façon à pouvoir réutiliser et comparer les résultats et déterminer par additivité la valeur d'autres régimes sans à nouveau passer par l'analyse.

Pour les espèces les plus appréciées, on peut prélever des échantillons à différents stades pour étudier la variation de leur valeur alimentaire, ceci est surtout

valable pour les espèces cultivées ou commercialisées qui n'auraient pas encore fait l'objet de publications.

b) conditionnement.

Il se fait en sacs de 500 g, séchés à 60°C pendant 24 heures à l'étuve ou à l'air libre à l'ombre et à l'abri des contaminations (sable) ; on fractionne généralement l'échantillon en deux parties pour permettre, le cas échéant, des analyses complémentaires. Il existe des conditions particulières de conditionnement définies par les laboratoires (à contacter) pour les dosages particuliers tels que les tanins.

L'échantillonnage et le conditionnement nécessitent de prévoir avant la sortie botanique, le matériel nécessaire (coupe, sacs, étiquettes ...).

2) Composition chimique des ligneux (11)(12)

La composition chimique des ligneux est éminemment variable, cependant il nous a semblé intéressant de reproduire ici les grandes caractéristiques moyennes de ces valeurs. Elles ne constituent pas en elles-mêmes des données précises sur lesquelles fonder un calcul précis, mais donnent une information sur les potentialités alimentaires des ligneux. Elles sont données par les méthodes classiques d'analyse chimique en alimentation.

a) cendres

on note ici de très grandes variations, mais les analyses laissent paraître une carence globale en Cu, Zn et P. Par rapport aux graminées les taux en Ca et Mg sont supérieurs, mais il en est de même pour la silice (Si).

b) constituants pariétaux des fourrages ligneux

- par rapport aux herbacées les teneurs en cellulose brute et en NDF sont inférieures, et supérieures en ADF.
- Chez les légumineuses arborescentes il existe une différence entre les constituants des feuilles et des gousses qui sont plus riches en cellulose brute, ADF, NDF et moins riches en lignine que les feuilles.
- Il n'existe pas de différences notables entre les constituants pariétaux des feuilles de légumineuses arborescentes et celles des autres ligneux; en effet la variabilité est supérieure entre les espèces qu'entre les groupes ou familles.
- les analyses montrent une corrélation positive entre :
 - la cellulose brute et les ADF chez les légumineuses.
 - la cellulose brute et les NDF chez les autres ligneux.

c) matières azotées

La teneur et la composition des matières azotées est le principal facteur limitant de l'alimentation du bétail en zone intertropicale pendant une grande partie de l'année.

Il est donc nécessaire de connaître d'une part les H.A.T. mais surtout d'autre part la solubilité de l'azote et la teneur en matière azotée de l'ADF (Maadf) qui diminue d'autant la disponibilité en matière azotée pour l'animal. Là encore il existe une grande variabilité dans les résultats, mais on peut considérer les moyennes comparées suivantes :

- H.A.T. : moyenne 13%
 - . inférieure à celle des herbacées en saison des pluies mais supérieure en saison sèche sauf en climat sud-soudanien et guinéen où se produisent des repousses de graminées.
 - . celles des gousses et feuilles de légumineuses sont équivalentes.
- solubilité :
 - . inférieure chez les ligneux par rapport aux herbacées.
 - . chez les légumineuses elle est supérieure pour les gousses par rapport aux feuilles.
 - . supérieure chez les feuilles des autres ligneux par rapport à celles des légumineuses.
- MAadf supérieure chez les feuilles de légumineuses que chez leurs gousses car l'azote est bloqué de manière importante par la lignine.

En moyenne on trouve les résultats suivants : (12)

	Légumineuses	Autres ligneux
matière azotée soluble :	41%	21%
matière azotée non soluble :	67%	88%
matière azotée liée à l'ADF :	18%	16%

Ainsi la complexité de composition chimique des ligueurs due notamment à la répartition variable des fractions azotées entre le contenu cytoplasmique et les parois, implique de connaître leur digestibilité.

Il convient de noter qu'en dehors des analyses alimentaires classiques, qui n'ont pas été détaillées ici, on étudie actuellement une méthode de prévision des constituants chimiques des fourrages ligneux par spectrométrie dans le proche infra-rouge (10) et une détermination de la valeur énergétique de la ration par analyse de la production de gaz par digestion *in vitro* dans le jus de rumen. (12).

3.) Etude de la digestibilité (12)

La digestibilité des ligueurs fourragers varie selon certains auteurs (12) de 10 à 82% selon les espèces mais surtout les variétés, les saisons, les conditions climatologiques et pédologiques et même selon les individus. Il ne s'agit pas ici de décrire les méthodes utilisées pour déterminer la digestibilité mais plutôt d'en montrer l'intérêt.

De fait la méthode de référence reste l'étude in vivo d'un animal dans une cage à métabolisme ; cette méthode, très lourde, présente en outre le désavantage de n'utiliser souvent que le mouton mâle castré assez commode à utiliser, or les résultats obtenus sont parfois peu extrapolables aux autres espèces animales, voire simplement aux autres races ou souches que celles utilisées pour l'expérimentation.

Cette méthode nécessite par ailleurs une période d'adaptation de l'animal, et d'avoir également à priori une idée (analyses préliminaires, bibliographie...) sur l'apport azoté de l'aliment étudié pour déterminer une complémentarité indispensable.

Devant ces difficultés on a cherché à mettre au point des méthodes de digestibilité in vitro :

- incubation dans du jus de rumen (nécessitant un animal fistulé).
- digestion enzymatique par un cocktail d'enzymes glycolytiques (amylase, hémicellulase, cellulase...) et protéolytiques (pepsine, protéases...).

Cependant il apparaît que, pour les ligneux, les résultats obtenus par ces méthodes ne sont guère plus satisfaisants et précis que ceux obtenus par l'analyse chimique classique.

La méthode d'étude de la digestibilité dite "in sacco" consistant à incuber, dans la panse d'un animal fistulé, un sachet de nylon contenant l'échantillon analysé, semble la plus efficace ; elle permet en effet de déterminer la dégradabilité de la matière azotée dans le rumen, ce qui constitue le principal facteur de variation de la valeur alimentaire des ligneux.

Elle permet par ailleurs une comparaison valable entre les laboratoires pour peu qu'ils utilisent le même type de sachet, la même quantité d'échantillon et le même type de broyage.

Il est également possible de superposer à cette méthode une étude cinétique des quantités de matière sèche volontairement ingérée puisque l'on n'est plus tenu de rationner l'animal comme par la méthode in vivo.

Ces études de digestibilité, fiables bien qu'assez lourdes, tentent d'établir des relations avec les analyses chimiques classiques de façon à ce qu'on puisse utiliser ces dernières pour déterminer grâce à elles-seules, mais de manière précise, la valeur alimentaire des ligneux.

Cependant, face à la variabilité des facteurs qui influent sur la digestibilité, les relations établies sont encore limitées. En conséquence on peut avancer que :

☒ la digestibilité :

- diminue avec le degré de lignification de la lignocellulose, soit $\frac{ADL}{ADF}$.
- diminue si la teneur en azote des parois augmente.
- diminue avec la présence et la quantité croissante de facteurs antinutritionnels (tanins ...).
- varie en fonction de la solubilité de l'azote selon le régime alimentaire.

☒ les analyses chimiques les plus utiles sont :

- le dosage des constituants des parois selon Van Soest.
- le dosage de l'azote soluble.
- le dosage de la matière azotée résiduelle de l'ADF.

Il y a nécessité de mieux connaître :

- les proportions d'azote dégradé respectivement dans le rumen (in sacco) et l'intestin grêle (introduction de deux canules en amont et en aval de l'intestin, passage et récupération de microsachets analysés).
- les quantités de protéines microbiennes synthétisées.

Ainsi on pourrait déterminer, par exemple, si les protéines de haute qualité contenues dans certaines feuilles de légumineuses sont "digérées" dans le rumen, en augmentant la production de protéines microbiennes, ou directement dans l'intestin ; il est intéressant de savoir si les protéines passant directement dans l'intestin (effet by-pass) ont une composition en acides aminés supérieure aux protéines synthétisées par la flore microbienne.

La détermination de la valeur nutritive des ligneux passe par la sélection et la mise au point de méthodes simples, fiables et standardisées permettant de comparer les résultats et d'établir peu à peu une banque de données additives servant de base à des calculs de rationnement.

III Estimation de la productivité - Techniques de production.

1/ Estimation de la productivité des ligneux.

La difficulté à évaluer la biomasse aérienne des ligneux tient au fait qu'elle comporte différents organes (tiges, feuilles, fleurs, fruits), qu'il y a une grande hétérogénéité dans les peuplements ligneux (espèces nombreuses, variations individuelles) ce qui rend nécessaire de multiplier les mesures directes, et que les variations interannuelles imposent de renouveler dans le temps les estimations.

Divers techniques, étudiées ci-après, permettent d'évaluer le rendement en feuilles déjà rendu difficile par l'étalement de la production dans le temps. Par contre, les fruits, présents sur l'arbre souvent 2 à 3 mois de plus, sont rarement estimés ; ils constituent généralement moins de 10 % de la biomasse aérienne, mais certaines espèces d'Acacias ont une biomasse en fruits qui représente 25 % du total et ne peut donc être négligée. De même les jeunes rameaux sont souvent consommés avec les feuilles dans une proportion variant de 8 à 45 % selon les espèces ligneuses. Enfin on peut citer que la consommation d'écorces est non négligeable par les rongeurs et les chèvres et constitue un facteur de destruction des ligneux. (12)

Des divergences d'appréciation portent sur la difficulté des méthodes nécessaires pour approcher la productivité qui varie en fonction de nombreux facteurs externes.

Les études ne distinguent pas toujours biomasse, productivité, biomasse accessible à une population animale donnée ... etc (8). De plus la productivité est souvent estimée au maximum de végétation, or les animaux ne consomment les feuilles qu'en saison sèche où la biomasse utilisable n'est parfois plus que de 30-35% de la production maximale (7); aussi certains auteurs préfèrent mesurer la production de feuilles en période de soudure (9). On considère généralement que la biomasse maximale est celle de l'arbre et de ses feuilles au st.

les techniques d'estimation sont diverses (9):

- destruction : abattage au maximum de végétation.
- pesée de rameaux calibrés.
- récolte manuelle des feuilles disponibles jusqu'à la hauteur atteinte par les animaux.
- suivis de peuplements avec un nombre minimal de 12 sujets/espèce et une observation mensuelle minimum en zone sahélienne ou une observation trimestrielle en zone guinéenne (8).
- mesures diverses telles que circonférences des trunks au collet ou au sommet, de la couronne, hauteur, ... pour rechercher des relations mathématiques avec la biomasse produite.
- essai en cours d'étude de la part de la biomasse totale ligneuse d'une région dans l'indice de végétation analysé par les satellites.

2) Variation de la productivité en fonction du mode d'exploitation

Que les espèces de ligneux fourragers soient pâturées ou cultivées, leur productivité dépend essentiellement de l'intensité et du mode d'exploitation, une fois que les facteurs génétiques et de milieu sont définis.

Ainsi pour chaque espèce des essais de hauteur de coupes, de techniques diverses (l'émondage des ramilles semble être fréquemment la meilleure technique), de fréquence, de dates et de pourcentage de biomasse coupée, doivent être entrepris. En effet selon les espèces la défoliation partielle peut avoir un effet dépressif ou stimulant (17), les espèces exotiques semblent souvent moins vulnérables à la coupe que les espèces locales (9), chez certaines autres un effeuillage à 100% sans ablation du bourgeon terminal ne modifie pas la croissance, mais d'autres encore ne se régénèrent pas si on les coupe en saison sèche (9).

De même on aura intérêt à vulgariser très rapidement des techniques de coupe non destructives; alors que celles pratiquées couramment défilacent les tissus, la conservation des ligneux nécessite, pour assurer leur régénération, de couper un nombre restreint de branches par coupe franche : incision inférieure à mi-bois complétée par une incision supérieure provoquant une cassure nette ce qui assure un grand nombre de repousses vigoureuses. (9).

la coupe doit viser à situer les repousses au niveau des animaux ou du cueilleur ; on essayera aussi d'obtenir le maximum de jeunes pousses en élagant après les ramifications.

3) Techniques de production

Si la mise en défens semble la technique la plus appréciable pour régénérer un pâturage dégradé, les légumineux fourragers cultivés nécessitent une technique de production précise.

Cette production nécessite souvent l'installation d'une pépinière dont nous décrivons un modèle bien adapté (15).

a) mélange de terreau simple à réaliser.

$\frac{1}{3}$ de sable grossier (densité $\approx 1,5$)

$\frac{1}{3}$ de sable fin (densité $\approx 1,4$)

$\frac{1}{3}$ de mélange à 50% de foin sec de mouton

50% de paille hachée (densité 0,5-0,7)

on rajoute au mélange par m^3 en malaxant:

- 100-200 g de superphosphate triple à 48% de P_2O_5 .

- 50 g d'ammontiate à 32% d'azote.

- 100 g de dieldrin à 2%.

- un nématicide

- un fongicide

} aux doses indiquées par le fabricant.

b) mise en gaines plastiques.

le terreau est mis dans une gaine plastique cylindrique ouverte aux deux bouts (pas de problème de tenue avec ce mélange), ce qui permet un parfait drainage et l'habillage automatique des racines en évitant leur chignonnage; il est inutile de perforer le plastique.

Dimensions: épaisseur 0,03-0,05 cm; longueur 30 cm; circonférence 22 cm.

c) disposition sur les planches suspendues.

les gaines sont disposées verticalement sur un fond grillagé à 80-100 cm de hauteur pour permettre une aération, l'accès à la lumière (arrêt de la croissance longitudinale des racines et développement d'un charciu dense) et un bon drainage. le fond grillagé doit pouvoir supporter 550 kg/m² (on utilise du petit fer à béton croisé ----). le tout doit être recouvert d'une ombrière arrêtant environ 88% de radiations directes (filets plastiques des cultures maraichères ---).

A défaut, ce système peut être remplacé par un bon lit de gravier moyen (1-5 cm Ø) de 12-20 cm d'épaisseur.

d) traitement des graines - semis - entretien des plants - plantation

les graines "dures" de nombreuses espèces sont traitées à l'eau bouillante retirée du feu, en proportion $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ de graines pour $\frac{3}{4}$ - $\frac{2}{3}$ d'eau en volume,

et laissées à tremper pendant 24-48 heures. D'autres traitements par les acides sont très efficaces mais plus difficiles à manipuler.

Le semis doit avoir lieu de façon à ce que les plants aient 3 à 4 mois au moment de la plantation ; en effet les plants de plus de 6 mois sont souvent sujets à échec et il est préférable alors de les détruire. On doit "endurcir" les jeunes plants en évitant d'arroser excessivement lorsqu'ils sont en gèrme.

La suite de l'entretien dépend du mode d'exploitation et des données bibliographiques ou des expérimentations sont alors nécessaires pour la fertilisation, l'élimination ou non des adventices, l'approvisionnement en eau ... (cf adaptations).

On doit garder à l'esprit que la plantation fourragère dans un système sylvo-pastoral ou agropastoral doit pouvoir s'intégrer et demander un minimum d'investissement financier et de travail.

Le coût de la technique en pépinières peut passer de 1 à 10 si l'on pratique un semis direct de graines prétraitées ou prégermées dans un sol préparé plusieurs mois à l'avance. Cependant à notre avis, s'il est judicieux de vulgariser une telle méthode, la technique de la pépinière, qui produit de jeunes plants, est plus sensibilisante auprès des intéressés qui entreprennent tout de suite une plantation dont ils peuvent voir la progression et les effets plus rapidement que par semis.

Nous retiendrons qu'en zone de cultures la technique de culture en allées de légumineuses arborescentes (4) semble s'intégrer parfaitement dans l'écosystème, puisqu'elle permet une fertilisation des sols (fixation d'azote), le pâturage des animaux en saison sèche et un affouragement à l'auge en saison des pluies ; ces allées sont réalisées avec du Leucaena leuccephala, elles sont séparées de 4 à 5 m et les plants environ tous les 50 cm sur la ligne. Il est important de noter que la technique de pépinière et la connaissance des rhizobium de légumineuses actives nécessitent d'apporter aux intéressés un minimum de formation.

IV Consommation des fourrages ligneux.

1/ Estimation des quantités consommées

a) au pâturage

Il existe diverses méthodes d'observation des animaux selon le système de la "collette du berger" ou des "coups de dents" ; elles nécessitent environ 400 observations par animal.

Cependant les résultats ne sont valables que pour les conditions de l'étude car trop de facteurs simultanés interviennent, notamment la présence d'autres espèces végétales.

La méthode "microhistologique" consistant en l'analyse des constituants des débris végétaux des fèces nécessite un programme de longue haleine pour sa mise en place, notamment la constitution d'un herbier de référence, l'amélioration des traitements des épidermes et de la conservation des fèces.

La méthode la plus précise est bien évidemment celle du pâturage contrôlé, mais elle est coûteuse.

b) en stabulation.

Le broyage des ligneux fourragers distribués à l'auge introduit un biais important dans les quantités ingérées et s'éloigne des

conditions naturelles de consommation.

De nombreuses expériences ont montré la nécessité d'une présentation en rameaux feuillés malgré les difficultés rencontrées : récolte quasi-journalière, pesée difficile, nécessité d'attacher les rameaux aux clôtures, pesées des rameaux avant et après consommation, débris par terre

2) Critères d'appétabilité

Parmi les 7 à 10000 espèces connues on peut estimer que 75% sont broutées (3) à des degrés divers.

L'appétabilité est une notion complexe dont les critères sont difficiles à analyser et varient en fonction des espèces végétales considérées (cf ch I et II), de leur milieu, de la présence d'autres espèces à disposition des animaux et bien sûr des animaux eux-mêmes en fonction de leur espèce et de leurs besoins.

On préfère donc classer les ligneux fourragers en très appréciés, moyennement appréciés et consommés occasionnellement.

Les espèces très appréciées sont généralement commercialisées.

L'appétabilité des ligneux fourragers peut être reliée au taux de cellulose brute mais d'autres facteurs interviennent au premier rang desquels figurent les facteurs antinutritionnels (tanins) et antimétaboliques (ex mimosine, glucosides cyanogénétiques, oxalates) (17). On peut ainsi introduire, à cause de la mimosine que 40% de Leucaena leucocephala dans une ration (14) de ruminants.

Ces facteurs sont limitants des quantités ingérées et empêchent de maximaliser l'utilisation de ces fourrages sur une ration de base.

Les plus pénalisants sont les tanins qui diminuent l'ingéré volontaire et la digestion des glucides et de l'azote.

Il existe des variations importantes en quantité et en variétés de tanins ; à cause de ceux-là on doit déterminer les quantités maximales d'utilisation dans la ration qui sont souvent éloignées de quantités optimales permises par les autres éléments (20).

On s'est aussi posé la question de savoir si la consommation de ligneux fourragers constituerait, selon les quantités ingérées, une supplémentation ou une substitution aux autres éléments de la ration ; en effet, par leur caractère fibreux, les ligneux ont un volume d'encombrement important qui diminue l'ingéré de la ration de base et ce phénomène est encore accru si ces ligneux ont une appétibilité supérieure à celle de la ration de base (pailles de saumon sèche), on a donc assez facilement possibilité de substitution. La nécessité du rationnement s'impose en stabulation car au pâturage la dispersion des ligneux entraîne un rationnement de fait. Ainsi en limitant la consommation des ligneux fourragers, on produit l'effet d'une véritable supplémentation, à savoir,

une meilleure utilisation de l'énergie digestible de la ration de base par diminution des pertes de la fermentation ruminale puisque les ligneux apportent de l'azote et par augmentation des nutriments by-pass dans l'intestin grêle. Il y a alors renouvellement plus rapide du contenu ruminal par accroissement de la digestibilité globale de la ration et cela explique sans doute l'augmentation de matière sèche volontairement ingérée constatée.

L'appétabilité, enfin, est un critère qui varie dans le temps chez un même animal ; il est très important d'habituer les animaux aux ligneux fourragers, on indique ainsi (15) qu'en 3-4 mois des moutons peuvent s'accoutumer à une ration entièrement à base de ligneux fourragers en multipliant par 4 leur ingéré volontaire initial. On cite souvent les exemples des rations de zone sahélienne à 60% et 85% constituées de ligneux respectivement pour les zébus et les chèvres ; mais les chiffres, retrouvés dans la bibliographie, sont très divers et ne peuvent que montrer l'importance des ligneux fourragers dans la ration sans objectivement pouvoir définir un rationnement. On doit enfin préciser que les mélanges de ligneux fourragers accroît généralement l'appétibilité globale de la ration.

3/ Essais d'alimentation

les essais sont encore peu nombreux ils devraient permettre d'établir des rations, ce qui est le but de toute étude en alimentation animale, en vue de déterminer les productions permises.

A titre indicatif, le Houérou (15) propose globalement qu'en zone sahélienne et en l'absence d'autre complément, les fourrages ligneux soient introduits à hauteur de 30% dans la ration des ruminants.

Des études plus précises (19) ont été faites sur les monogastriques et les genres ligneux Leucaena et Glyricidia:

- la farine de Leucaena leucocephala peut être utilisée à hauteur de 5% maximum (mimosine) chez le porc et les volailles (apport de protéines et carotène)
- la farine de feuilles de Glyricidia peut être incorporée à 3% de la ration en matière sèche des volailles, mais est non appréciée, voire répulsive pour les porcs.

CONCLUSION :

les ligneux fourragers constituent sans doute un aspect primordial dans l'alimentation des ruminants en zone tropicale. le développement de leur utilisation peut s'intégrer parfaitement dans les écosystèmes sylvo et agropastoraux en assurant leur pérennité. le choix d'une implantation requiert une étude approfondie de la globalité et des contraintes de ces systèmes. la variété des espèces ligneuses constitue à la fois une énorme difficulté pour en estimer la valeur nutritive, la productivité et l'appétabilité, mais cette variété est également le facteur qui permettra de réussir l'implantation, puis la sélection dans le milieu considéré.

BIBLIOGRAPHIE.

- (1) Alta-Krah, A.N.; Sunberg, J.E.; Reynolds, L.
Leguminous fodder trees in farming system: an over-view of research at the humid zone programmes of ILCA in south western Nigeria.
Haq, I. (ed.); Jukzi, S. (ed.); Neate, P.J.H. (ed.). Potential of forage legumes in farming systems of sub-saharian Africa. Addis Ababa (ETH). 1986 307-329.
- (2) Audin, J. la culture des ligneux fourragers dans les systèmes d'exploitation traditionnelles. Une production fourragère simple à promouvoir.
Guérin, H. (ed.); Rippstein, G. (ed.). Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants du 16 au 20 Novembre 1987. N'Goundéré (Cameroon) Tome I. Etude et synthèses de l'IEHUT (FRA) 1989 30 251-253.
- (3) Bertrand, A. Evolution de l'élevage et politique forestière en zone soudanienne: l'exemple de la 8^e région du Mali.
Séminaire du département de systèmes agricoles du CIRAD.
Montpellier (FRA) 10-13 Sept 1985. p 278-282.
- (4) CIRAD / IEHUT / Ministère de la Coopération et du Développement.
Les ligneux fourragers et fruitiers en zones tropicales et subtropicales. Les types de plantations possibles dans les systèmes d'exploitations traditionnelles. Tauxat Affort. IEHUT
Fiches Techniques d'Elevage Tropical (FRA) 1989 3 8p.

- (5) idem . Fiche Technique d'élevage tropical 1989 . 6 , 8p .
- (6) — . — . — . — . 1989 - 10 , 8p .
- (7) Coulomb, G. Etudes des conditions physiques, biologiques et humaines de la lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Burkina). Dynamique et possibilité de régénération d'un écosystème pâturé sahélien . Thèse Albert. IEMVT 85 p rapport n°21.
- (8) Guérin, H. Rapport de mission au Sénégal, au Mali, en Côte d'Ivoire au Cameroun et au Tchad . 1^{re} mission de coordination du 13 Fév au 28 Mars 90 . Thèse Albert (FRA) . IEMVT . 1990
- (9) Guérin, H. (ed) Rippstein, G. (ed.) Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants du 16 au 20 novembre 1987 . N'Gaoundéré (Cameroun) Tome 1 . Etude et synthèse de l'IEMVT (FRA) 1989 . 30 , 251-253 .
- (10) Klein, H.D. . Institut National de Recherches agronomiques du Niger Rapport d'exécution . Fin de 1^{re} année : 14 Juin 1978 . Thèse Albert (FRA) IEMVT 1978 6p .
- (11) Koné, A.R. Valeur nutritive des légumineuses fourragères des zones sahélo-soudanaises et soudanaises d'Afrique occidentale . Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée . Thèse Doctorat 3^e cycle spécialité sciences naturelles option nutrition . Université Paris 6 . PARIS (FRA) 1987 177p .

- (12) Koné, A.R.; Richard, D.; Guerin, H. Tenue en constituants parietaux et en matière agotée de lignaux fouragers d'Afrique occidentale. IN.R.A. Versailles. 16^e congrès international des herbages du 4 au 11 octobre 1989, Nîmes (FRA) 1990. 947-948.
- (13) Kouonmonise, J. Les lignaux fouragers au Cameroun. Productivité et intérêt. Thèse Doctorat B-sciences. Orsay (FRA). Université Paris-Sud. 1990. 194 p.
- (14) Kudadji K. Les légumineuses fouragères arborescentes : production et utilisation en Afrique tropicale : synthèse bibliographique. Thèse Agr (FRA) IETWT 1989 37p.
- (15) Le Houérou, H.N.; Pontavice, R. Les plantations agro-pastorales dans la zone aride de Tunisie. Paris (FRA). UNESCO. Notes techniques du TLAB (FRA). 1987. 81p.
- (16) Le Houérou, H.N. CIPRA/ILCA 1980 Les lignaux fouragers d'Afrique
- (17) Tiranda, R. Rôle des lignaux fouragers dans la nutrition des ruminants en Afrique subsaharienne : étude bibliographique CIPRA Monographie (ETH) 1982. 7 48p

- (18) Morandini, R. (ed.) Les espèces ligneuses à usages multiples des zones arides méditerranéennes. Saragosse (ESP) Luxembourg (LUX) CCE Agriculture 1988 278 p.
- (19) Pterkon. Pâcs et folailles sous les tropiques. Utilisation des ressources alimentaires locales. Wageningen (NL) CTA 1987. 27p.
- (20) Van Eys, J.E. ; Johnson, W.L. Tree leaves and agricultural by-products as supplements to low quality roughage diets for sheep and goats. Revista Técnico-Científica do Programa de Apoio a Pesquisa Colaborativa de Pequenos Ruminantes. Sobral, Brasília (BRA) EMBRAPA 1986 243-257.