

Composition chimique et dégradabilité enzymatique et *in vitro* d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs de la Nouvelle Calédonie.

I. Typologie

C. Corniaux¹ N. Durand¹ J.M. Sarrahl² H. Guerin³

Mots-clés

Plante d'abrouissement - Valeur nutritive - Classification - Composition chimique - Digestibilité - Ruminant - Parcours - Nouvelle Calédonie.

Résumé

Cette étude, réalisée sur 45 espèces arbustives récoltées en Nouvelle Calédonie, a permis de mettre en évidence six groupes de ligneux fourragers caractérisés par leurs teneurs en éléments bruts et leurs dégradabilités enzymatiques et *in vitro*. Les espèces présentant des teneurs en matières azotées dégradables et des dégradabilités de la matière organique élevées sont les plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Il s'agit notamment de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, d'*Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, d'*Albizia lebbbeck*, d'*Erythrina sp.*, d'*Acacia farnesiana* et de *Sesbania grandiflora*. En revanche, les données pour *Desmanthus virgatus* et, dans une moindre mesure, *Acacia ampliceps* sont décevantes.

■ INTRODUCTION

En Nouvelle Calédonie, comme dans la plupart des pays de la zone Pacifique (Australie, Indonésie), la production de viande bovine a été sensiblement réduite depuis 1986 en raison de la diminution des ressources fourragères (16, 25). La raison majeure de cette diminution résulte de la régression importante de *Leucaena leucocephala*, ou faux mimosa, parasité par le psylle (*Heteropsylla cubana*) (7). Les solutions envisagées associent l'utilisation d'insectes prédateurs (8) et le recours à des arbustes fourragers résistants au psylle (7). Parmi ceux-ci figurent certaines espèces locales ou exotiques dont la nature et le mode d'exploitation sont actuellement à l'étude.

Ce projet établit une première évaluation des espèces locales identifiées soit comme étant utilisées couramment ou accidentellement par le bétail domestique ou sauvage, soit appartenant aux familles de légumineuses fixatrices d'azote, afin de compléter la gamme des espèces à tester sur les plans agronomiques et zootechniques.

Quarante-cinq espèces ligneuses répondant à ces critères ont été identifiées (12) et, afin d'avoir une première approche de leur valeur alimentaire, des échantillons de chacune d'entre elles ont été prélevés.

Ce travail présente les résultats de leur analyse ainsi qu'une typologie basée sur la teneur en composés organiques et minéraux et

les mesures de dégradabilité enzymatique ou de digestibilité *in vitro*. Dans un second article seront proposées des équations de prédiction des digestibilités *in vitro* et enzymatiques établies à partir de ces données.

■ MATERIEL ET METHODES

Les ligneux fourragers

Quarante-cinq échantillons d'organes d'espèces ligneuses arbustives ont été récoltés en juillet et août 1993 (12). En fonction du stade phénologique des plantes, ils étaient constitués de feuilles ou de fleurs, voire de fruits (tableau I). La collecte a été effectuée dans le sud de la Nouvelle Calédonie (Païta), sur la côte Ouest et la côte Est ainsi que sur les îles Loyauté. Les échantillons ont été séchés à l'étuve pendant 48 h à 70°C.

Les 45 ligneux fourragers appartiennent à 14 familles différentes. Seulement quatre d'entre elles comportent plus de trois espèces : les Mimosacées (18 échantillons), les Fabacées (9), les Caesalpiniciacées (3) et les Euphorbiacées (4). On ne s'intéressera donc aux familles que dans ces quatre cas.

Les mesures

Les laboratoires d'analyse

Trois laboratoires ont analysés nos échantillons ; le premier en Nouvelle Calédonie (Laboratoire d'Analyse des Aliments du Bétail, noté LAAB), le second en France (laboratoire d'alimentation CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort), le troisième en Allemagne (Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim).

1. CIRAD-Elevage, Port Laguerre, BP 186, Nouméa, Nouvelle Calédonie
2. CIRAD-Forêt, Montravel, BP 10 001, Nouméa, Nouvelle Calédonie
3. CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier, France

TABLEAU I

Espèces arbustives récoltées en Nouvelle Calédonie

Espèces Nom latin	Famille	Organes prélevés	Code ACP (2)	Groupe ACP (2)
<i>Acacia ampliceps</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	aamp	5
<i>Acacia farnesiana</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	afar	6
<i>Acacia mearnsii</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	amea	3
<i>Acacia nilotica</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	anil	5
<i>Acalypha grandis</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	acag	6
<i>Acalypha pancheriana</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	acap	5
<i>Adenothera pavonina</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	aden	5
<i>Aglaia elaeagnoidea</i>	Meliacées	Feuilles, tiges (1)	agla	1
<i>Albizia lebbek</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	albl	6
<i>Albizia serianthes falcata</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	albs	3
<i>Archidendropsis granulosa</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	arcg	3
<i>Archidendropsis streptocarpa</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	arcs	3
<i>Breynia disticha</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges, fleurs	brey	1
<i>Delarbea sp.</i>	Araliacées	Feuilles, tiges (1)	delá	2
<i>Desmanthus virgatus</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges, fleurs	desm	4
<i>Desmodium umbellatum</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	deum	3
<i>Entada Phaseoloïdes</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	enta	1
<i>Erythrina indica var. fastigata</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	eryi	3
<i>Erythrina sp.</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	erys	6
<i>Ficus prolixa</i>	Moracées	Feuilles, tiges (1)	ficp	1
<i>Ficus sp.</i>	Moracées	Feuilles, tiges, fruits mûrs	fics	5
<i>Gliricidia sepium</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	glir	6
<i>Glochidion billardieri</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	gloc	3
<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	leuc	6
<i>Melochia odorata</i>	Sterculiacées	Feuilles, tiges (1)	melo	2
<i>Mimosa invisá</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges, fruits verts	mimo	5
<i>Morinda citrifolia</i>	Rubiacées	Feuilles, tiges (1)	moni	2
<i>Mucana sp.</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	muca	1
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges (1)	park	5
<i>Peltoforum ferrugineum</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges (1)	pelt	4
<i>Pipturus incanus</i>	Urticacées	Feuilles, tiges (1)	pipt	1
<i>Pithecellobium dulce</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	pith	6
<i>Podonephelium homei</i>	Sapindacées	Feuilles, tiges (1)	podo	3
<i>Premna integrifolia</i>	Verbenacées	Feuilles, tiges (1)	prem	2
<i>Prosopis pallida</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	pros	5
<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	pter	3
<i>Pueraria lobata</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	puer	6
<i>Samanea saman</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	sama	3
<i>Schlenitzia insularum</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	schl	5
<i>Serianthes satchetae</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	seri	1
<i>Sesbania grandiflora</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	sesb	HC
<i>Solanum mauritanum</i>	Solanacées	Feuilles, tiges (1)	sola	3
<i>Strobilopanax macrocarpae</i>	Araliacées	Feuilles, tiges (1)	stro	5
<i>Tamarindus indica</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges, fruits verts	tama	5
<i>Tipuana tipu</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	tipu	5

(1) feuilles vertes et tiges non chlorophylliennes

(2) cf. figure 5

Les analyses

Les principales méthodes d'analyses chimiques sont celles classiquement appliquées aux aliments du bétail et décrites par l'AFNOR (1) ou le BIPEA (6). Les références des autres méthodes sont indiquées ci-dessous.

■ Les critères chimiques déterminés sont :

- matière sèche, notée MS (p. 100 de la matière fraîche)
- matières minérales, notées MM (p. 100 MS)
- matières azotées totales, notées MAT (p. 100 MS)
- matières grasses, notées MG (p. 100 MS)
- cellulose brute, notée CB (p. 100 MS)

- neutral detergent fiber, notée NDF (p. 100 MS) (26)
- acid detergent fiber, notée ADF (p. 100 MS) (26)
- acid detergent lignin, notée ADL (p. 100 MS) (26)
- calcium, noté Ca (g/kg MS)
- phosphore, noté P (g/kg MS)
- MAadf : matières azotées liées à l'ADF (p. 100 MS) (20). Par différence, on obtient les matières azotées non liées à l'ADF (notées MAnadf).
- les teneurs en tanins précipitants et condensés (p. 100 MS) (13)

■ Les critères enzymatiques mesurés sont :

- la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase, notée SMO (p. 100 MS) (3)
- la dégradabilité des matières azotées par la pronase après une heure d'incubation, notée DE1 (p. 100 MAT) (5). On obtient ainsi les teneurs en matières azotées dégradées par la pronase (notées MApro, p. 100 MS).

■ Les critères de dégradabilité *in vitro* mesurés sont :

- la production de gaz mesurée lors du gastest de Hohenheim à partir de laquelle est estimée la digestibilité de la matière organique, notée dMOgt (p. 100 MS) (21) ainsi que les matières azotées dégradées *in vitro* (notées MAgt).

L'analyse statistique

Statistiques élémentaires

La moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation ont été calculés pour les 15 variables suivantes : MS, MM, MAT, MAadf, MG, CB, NDF, ADF, ADL, tanins précipitants, Ca, P, SMO, DE1 et dMOgt.

Analyse de données

■ Choix de l'analyse de données

Nous disposons de données quantitatives qui peuvent être traitées par analyse en composantes principales (ACP). Elle nous permet de déterminer des groupes d'individus (espèces végétales) proches pour les variables prises en compte (teneur en éléments bruts et dégradabilités) et ainsi de présenter une typologie.

■ Choix des variables

Les variables à prendre en compte dans l'ACP ont été sélectionnées à partir de la matrice de corrélations totales (choix de variables peu corrélées). Elles devaient également donner les informations les plus précises sur la valeur nutritionnelle des espèces arbustives à partir des critères chimiques, enzymatiques et de dégradabilité *in vitro*.

En ce qui concerne les critères chimiques, l'ADL, qui est indigestible, a été préféré pour caractériser les parois au NDF dont la digestibilité est variable suivant les proportions d'hémicellulose, cellulose et lignine qui le composent. La teneur en NDF des fourrages est en effet souvent considérée comme un meilleur prédicteur de l'ingestibilité (ou de l'encombrement) que de la digestibilité. Par ailleurs, sachant *a priori* que les MAT ne sont pas de bons estimateurs de la valeur nutritive des arbustes fourragers, on leur a adjoint un critère rendant mieux compte de leur fraction bloquée au niveau des parois végétales : MAadf. Les variables MM et MG n'ont, quant à elles, pas été retenues à cause de la possibilité de contamination exogène pour MM et, pour MG, de son caractère non déterminant pour la valeur nutritive des ligneux fourragers. Enfin, la teneur en tanins précipitants, malgré son faible pouvoir prédicteur de la digestibilité, a été gardée dans l'analyse parce qu'elle est corrélée négativement avec les dégradabilités enzymatiques et *in vitro* et parce qu'elle joue un rôle sur

l'appétabilité (par leur effet d'astringence qui ne peut être directement étudié en laboratoire).

Les dégradabilités enzymatiques de la matière organique (SMO) et des matières azotées (DE1) ont été retenues dans l'analyse. Le deuxième critère est notamment un bon estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen.

La dégradabilité *in vitro* de la matière organique (dMOgt), bien qu'elle soit très liée à la SMO, a été introduite dans l'analyse.

Ainsi, l'analyse de données est réalisée sur les sept variables suivantes :

- trois variables liées à la valeur azotée (MAT, MAadf et DE1)
- trois variables liées à la valeur énergétique (ADL, SMO et dMOgt)
- une variable relative aux facteurs antinutritionnels (tanins précipitants).

■ Observations supplémentaires

Les familles de ligneux fourragers comportant plus de trois individus parmi les 45 récoltés et analysés ont été choisies comme observations supplémentaires. Il s'agit des trois familles de légumineuses (Mimosacées, Fabacées et Caesalpiniciacées) et des Euphorbiacées.

■ RESULTATS

Composition chimique et dégradabilité enzymatique et *in vitro*

Les statistiques élémentaires (moyenne, coefficient de variation, minimum et maximum) figurent dans le tableau II.

TABLEAU II

Statistiques élémentaires sur les 45 échantillons

composition chimique	moyenne	coeff. de variation (%)	minim.	maxi.
matière sèche (% fraîche)	35,9	29	22,1	51,1
matières minérales (g/kg MS)	94	35	42	205
matières azotées (g/kg MS)	171	26	77	293
matières grasses (g/kg MS)	42	31	24	80
cellulose brute (g/kg MS)	268	27	145	411
NDF (g/kg MS)	493	20	270	751
ADF (g/kg MS)	384	28	205	671
ADL (g/kg MS)	186	46	64	391
tanins précipitants (g/kg MS)	8,6	228	0	103
calcium (g/kg MS)	22	57	9	40
phosphore (g/kg MS)	2,6	50	1,3	5,1
SMO (% mat. organique)	50,3	26	200	785
DE1 (% MAT)	24,3	44	7,2	59,7
MAadf (g/kg MS)	44	73	9	124
dMOgt (% MO)	49,6	18	32,4	68,2

En moyenne, on peut noter notamment :

- une richesse relative en MAT (17 p. 100 MS) comparable à celle des légumineuses et supérieure à celle des graminées tropicales au stade "jeune repousse" (11 p. 100 MS) (9, 19) ;
- une teneur en MAadf très variable (coefficient de variation de 77 p. 100) qui, comme pour les tanins (CV = 228 p. 100) est à mettre en parallèle avec la grande diversité botanique des ligneux (tableau I). Néanmoins, les espèces riches en MAT (> 20 p. 100 MS) ont généralement des teneurs faibles en MAadf, ce qui les rend d'autant plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Parallèlement, les espèces riches en MAT le sont généralement en MAadf (figure 1) ;

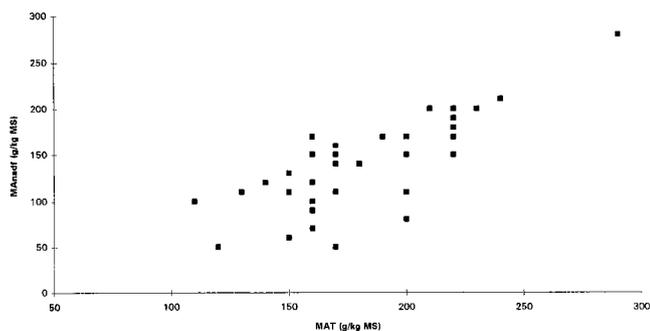


Figure 1 : MAadf fonction de MAT ($r = 0,79$).

- une dégradabilité de la matière organique de l'ordre de 50 p. 100 comparable à celle des pailles (15). Comme pour les fourrages herbacés, elle est négativement corrélée à la teneur en NDF (figure 2) ;

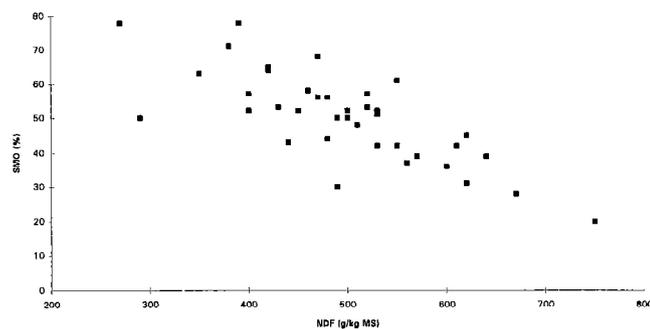


Figure 2 : SMO fonction de NDF ($r = -0,72$).

- une dégradabilité enzymatique des matières azotées de l'ordre de 25 p. 100 ;
- une teneur en MAadf fonction de la teneur en ADL (figure 3) ;
- globalement, une grande variabilité de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique. En particulier, on peut noter des coefficients de variation de 228 p. 100, 73 p. 100, 57 p. 100 et 46 p. 100 respectivement pour les teneurs en tanins précipitants, MAadf, calcium et ADL. Ces résultats sont d'ailleurs conformes aux travaux de Guerin (14) et Ickowicz (18).

Typologie

Le plan principal

Les pourcentages de variation expliqués par les axes principaux de l'ACP sont les suivants :

- axe 1 : 43,3 p. 100
- axe 2 : 20,0 p. 100

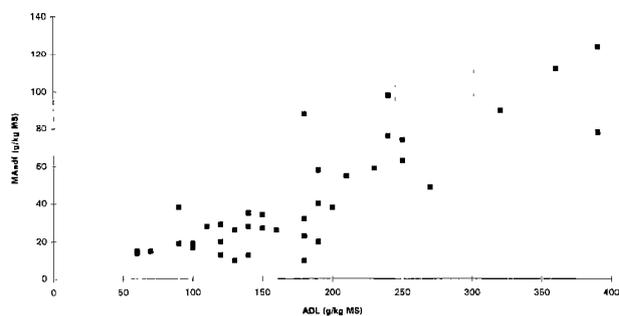


Figure 3 : MAadf fonction de ADL ($r = 0,83$).

- axe 3 : 17,8 p. 100
- axe 4 : 9,3 p. 100
- axe 5 : 4,7 p. 100

La part d'information expliquée par les axes 1 et 2, qui forment le plan principal, est donc de 63,3 p. 100.

Compte tenu de cette représentativité et afin de ne pas compliquer la typologie, la projection des variables (teneurs en MAT, ADL, MAadf et tanins précipitants, SMO, dMOgt et DE1) et des observations (45 espèces ligneuses) ne sera étudiée que sur le plan principal.

Les variables

L'information représentée sur le plan principal est de :

- 90 p. 100 pour MAadf "très bien représentée" (24)
- 85 p. 100 pour ADL "très bien représentée"
- 80 p. 100 pour dMOgt "très bien représentée"
- 75 p. 100 pour SMO "bien représentée"
- 61 p. 100 pour DE1 "bien représentée"
- 37 p. 100 pour tanins précipitants "mal représentée"
- 14 p. 100 pour MAT "mal représentée".

La discrimination des observations projetées sur le plan principal se fera donc par les teneurs en ADL et en MAadf ainsi que par la digestibilité *in vitro* de la matière organique. Les valeurs DE1 et SMO interviennent dans une moindre mesure. Les teneurs en tanins précipitants et en MAT n'ont par contre qu'une très faible incidence (figure 4).

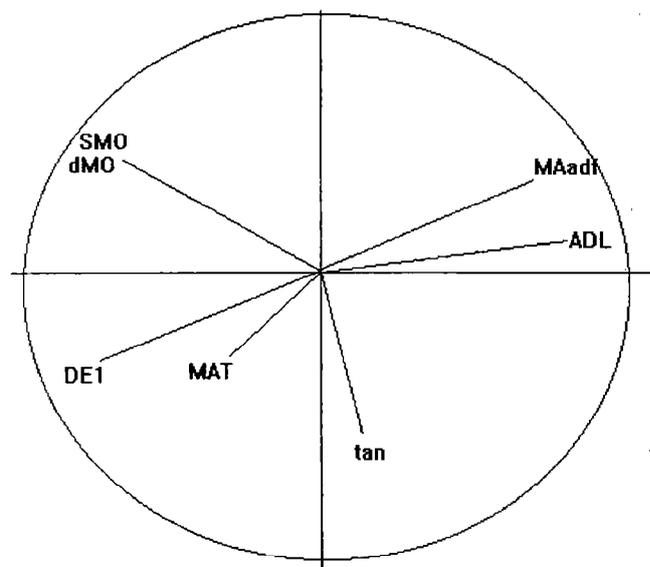


Figure 4 : cercle des corrélations.

La typologie

La figure 5 présente la projection des 45 arbustes fourragers de cette étude sur le plan principal de l'ACP.

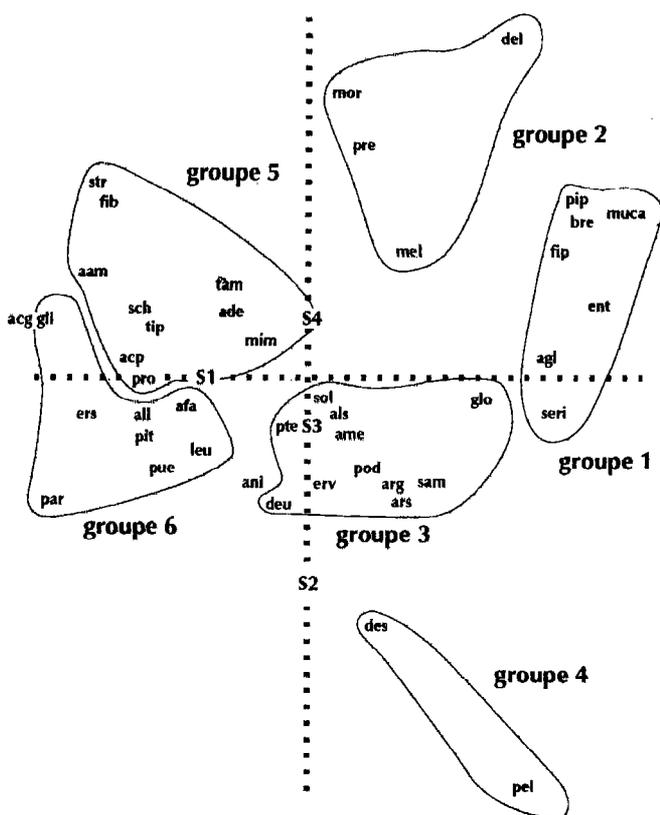


Figure 5 : projection des observations sur le plan principal.

L'échantillon de *Sesbania grandiflora*, de par la grande dégradabilité enzymatique *in vitro* de sa matière organique et de par sa forte teneur en azote très soluble chimiquement ou par voie enzymatique, est apparu très isolé sur le plan principal. En conséquence, afin de ne pas déséquilibrer la projection des observations, cette espèce a été exclue de l'analyse.

Six groupes ont été identifiés à partir du dendogramme de l'analyse. Leurs critères et les espèces concernées sont les suivants :

■ groupe 1 :

Espèces (7) : *Entada phaseoloïdes* (ent), *Mucuna platyphylla* (muc), *Serianthes sachetae* (ser), *Aglaiia elaeagnoïdea* (agl), *Ficus prolixa* (fip), *Pipturus incanus* (pip), *Breynia disticha* (bre).

Caractérisation du groupe 1 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	faible	faible	faible	élevée
moyenne	34,3	41,2	12,9	9,4
écart-type	9,3	4,7	5,1	2,5

Le groupe 1 se caractérise aussi par sa richesse en fibres (ADL > 30 p. 100 MS).

■ groupe 2 :

Espèces (4) : *Melochia odorata* (mel), *Premna integrifolia* (pre), *Morinda citrifolia* (mor), *Delarbrea paradoxa* (del).

Caractérisation du groupe 2 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	élevée	élevée	faible	élevée
moyenne	56,4	57,7	13,3	8,5
écart-type	6,1	5,7	3,6	1,1

■ groupe 3 :

Espèces (11) : *Samanea saman* (sam), *Archidendropsis granulosa* (arg) et *streptocarpa* (ars), *Pterocarpus indicus* (pte), *Erythrina variegata* (erv), *Desmodium umbellatum* (des), *Albizia serianthes* (als), *Solanum mauritianum* (sol), *Acacia mearsii* (mea), *Podonophelium homei* (pod), *Glochidion billardieri* (glo).

Caractérisation du groupe 3 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	faible	faible	variable	variable
moyenne	41,9	40,8	26,4	4,0
écart-type	5,0	2,7	7,5	1,6

■ groupe 4 :

Espèces (2) : *Desmanthus virgatus* (des), *Peltoforum ferrugineum* (pel).

Ce groupe se caractérise essentiellement par sa richesse en tanins précipitants (>) et dans une moindre mesure par sa pauvreté en MAT.

■ groupe 5 :

Espèces (11) : *Schlenitzia insularum* (sch), *Adenanthera pavonina* (ade), *Ficus sp.* (fis), *Tipuana tipu* (tit), *Prosopis pallida* (pro), *Strobilopanax macrocarpae* (str), *Acacia ampliceps* (amp), *Acacia nilotica* (ani), *Tamarindus indica* (tam), *Mimosa invisa* (mim), *Acalypha pancheriana* (acp)

Caractérisation du groupe 5 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	élevée	élevée	moyenne	variable
moyenne	60,4	55,8	25,0	1,9
écart-type	8,9	3,7	6,7	1,0

Le groupe 5 se caractérise de plus par des teneurs en ADL inférieures à 19 p. 100 MS).

■ groupe 6 :

Espèces (9) : *Acalypha grandis* (acg), *Pueraria lobata* (pue), *Albizia lebbek* (all), *Erythrina sp.* (ers), *Gliricidia sepium* (gli), *Acacia farnesiana* (far), *Leucaena leucocephala* (leu), *Pithecellobium dulce* (pit), *Parkinsonia aculeata* (par).

Caractérisation du groupe 6 :

	SMO	dMOgt	DE1	MAadf
	% MS	% MS	% MAT	% MS
caractérisation	élevée	élevée	variable	variable
moyenne	57,9	55,9	32,7	2,4
écart-type	7,7	4,9	11,1	0,5

Il faut également noter que les teneurs en MAT de ces espèces sont relativement élevées (MAT > 20 p. 100 MS). Les teneurs en ADL sont inférieures à 15 p. 100 MS.

Les observations supplémentaires

Les Fabacées (S1) et les Euphorbiacées (S4) sont à rapprocher du groupe 5. Par contre les Mimosacées (S3) et les Caesalpiniacées (S2) sont mal représentées sur le plan principal, ce qui reflète l'hétérogénéité de composition au sein d'une même famille.

■ DISCUSSION

Cette étude a pour objet de mettre en évidence les espèces ligneuses potentiellement intéressantes sur le plan nutritionnel. Elle est basée uniquement sur leur composition chimique et leurs dégradabilités enzymatiques ou *in vitro*. Les facteurs pédo-climatiques (type de sol, pluviométrie, résistance à la sécheresse), agronomiques (possibilité de bouturage, présence d'épines, vitesse de croissance, production au cours de l'année, restitution d'azote dans le sol...) et d'utilisation par l'animal (appétabilité, ingestibilité...) ne sont pas abordés.

Critères de choix

Il n'y a pas actuellement de méthode fiable de prédiction de la valeur énergétique (UF) et de la valeur azotée (PDI) des ligneux fourragers. Leur valeur alimentaire ne sera donc approchée que par hiérarchie suivant leur composition chimique et leurs dégradabilités enzymatiques et *in vitro*.

Hormis leur intérêt agronomique, les arbustes fourragers peuvent représenter une ressource protéique conséquente, notamment en saison sèche. C'est donc d'abord sur leur valeur azotée que les espèces seront sélectionnées. Cependant, du fait probablement de la grande diversité botanique des ligneux fourragers, la fermentescibilité de l'azote est très variable (distribution différente des matières azotées partiellement bloquées au niveau des parois indigestibles) (2, 14, 22). La simple teneur en MAT est donc insuffisante pour apprécier la valeur azotée des ligneux fourragers. C'est pourquoi on s'attachera d'avantage à la dégradabilité de l'azote (DE1) et à sa disponibilité (MAadf) qui donnent une idée beaucoup plus fiable de l'utilisation réelle par l'animal.

Le second critère est la valeur énergétique. Tout comme pour la valeur protéique, la digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMOgt) et la solubilité enzymatique (SMO), inversement proportionnelles à la teneur en fibres, seront des critères privilégiés par rapport aux teneurs en éléments bruts. Les teneurs en fibres (en particulier NDF et ADL), corrélées négativement avec la valeur énergétique d'un fourrage (22), interviendront comme éléments explicatifs. Il faut d'ailleurs noter que, si la teneur en NDF des ligneux fourragers est plus faible que chez les espèces herbacées, il n'en est pas de même pour leur teneur en lignines (14). Ceci explique, au moins en partie, la moindre solubilité de l'azote des fourragers ligneux comparativement à celle des herbacées (4).

Les facteurs antinutritionnels (tanins) constituent le troisième critère. Comme pour les lignines, leur teneur et leur répartition selon

l'origine botanique de l'arbuste (famille, espèce) sont très variables (23), d'où leur intérêt pour discriminer les ligneux fourragers. Toutefois, il faut noter que la présence de tanins dans les feuilles des arbustes fourragers peut être bénéfique pour leur valeur alimentaire, qu'ils soient ingérés seuls ou en complément d'autres fourrages. Ils peuvent en effet favoriser la formation de protéines *bypass* et, ainsi, permettre le passage direct dans l'intestin de protéines digestibles (22). Des études complémentaires sur la nature et le mode d'action des tanins sont néanmoins nécessaires pour mieux interpréter la valeur azotée des arbustes fourragers.

Les teneurs en matières minérales (MM, Ca et P) et en matières grasses (MG), qui jouent un faible rôle sur la valeur énergétique des fourrages, seront prises en compte en dernier.

■ En résumé, dans des conditions de pâturage de parcours extensifs (ration de base riche en fourrages lignocellulosiques), les meilleures espèces ligneuses sont celles riches en matières azotées fermentescibles (DE1 élevée, MAadf faible) et pauvres en fibres indigestibles (ADL faible, dMOgt et SMO élevées).

Espèces ligneuses "à retenir"

Les espèces du groupe 6 entrent dans le cadre défini ci-dessus : elles sont riches en matières azotées disponibles (MAT > 20 p. 100 MS, MAadf < 15 p. 100 MAT) avec des dégradabilités élevées (SMO > 50 p. 100; DE1 > 25 p. 100 MAT), pauvres en fibres et pauvres en tanins. Il n'est pas surprenant d'y trouver trois espèces largement exploitées en zones tropicales : *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* et *Albizia lebbbeck* (11, 17, 25). En Nouvelle Calédonie, *Acalypha grandis* avait d'autre part déjà été signalée comme un arbuste fourragère à multiplier sur les îles Loyauté (10). Par leur teneur en éléments bruts et leur SMO (78 p. 100 MS!), il faut également souligner la qualité des feuilles de *Sesbania grandiflora*, bien qu'elles ne semblent pas être consommées par les animaux (15).

Pour les mêmes raisons, les espèces du groupe 5 sont intéressantes sur le plan nutritionnel bien qu'elles soient moins riches en protéines disponibles. Elles sont notamment pauvres en NDF (NDF < 50 p. 100 MS) et, par conséquent, leur SMO est élevée (SMO > 55 p. 100 MS). Enfin, si *Acacia ampliceps* a une teneur très faible en MAT (10,8 p. 100 MS), en revanche la dégradabilité enzymatique de l'azote est élevée (DE1 = 35,7 p. 100 MAT).

Dans le groupe 3, les espèces sont riches en protéines (MAT > 17,5 p. 100 MS). Cependant, leur intérêt est limité compte tenu de leur richesse en parois (NDF > 55 p. 100 MS, ADL > 18 p. 100 MS) et de leurs faibles dégradabilités enzymatiques (SMO < 40 p. 100 MS). Par sa teneur en matières azotées, *Samanea saman* paraît néanmoins prometteuse bien que sa valeur DE1 ne soit que de 19,4 p. 100 MAT.

Espèces ligneuses "à écarter"

Sur le plan nutritionnel, les espèces des groupes 1 et 2 ont peu d'intérêt parce qu'elles sont pauvres en matières azotées disponibles (MAT < 15 p. 100 MS, teneur en MAadf élevée, DE1 ≤ 25 p. 100 MAT) et pauvres en énergie (NDF > 45 p. 100 MS, dMOgt < 40 p. 100) (groupe 1). Parmi les espèces des groupes 1 et 2, les moins intéressantes sur le plan de la valeur nutritive sont *Ficus prolixa* et *Pipturus incanus*.

Les deux espèces du groupe 4 sont particulièrement riches en tanins précipitants. On peut citer en exemple la variété locale de *Desmanthus virgatus* (tanpt = 7,35 p. 100 MS). Ces espèces sont peu intéressantes sur le plan nutritionnel.

Limites et prolongements de l'étude

Les teneurs en éléments bruts résultent de l'analyse d'un seul échantillon par espèce. Leur valeur statistique est donc limitée. De la même façon, les récoltes ont été faites sur une courte période de l'année (deux mois). Non seulement les stades phénologiques des ligneux arbustifs étaient différents (tableau I), mais leur teneur en éléments bruts aurait sûrement varié pour une autre saison, dans des proportions qu'il conviendrait de déterminer. Des études menées en Afrique et en Australie (16, 18, 25) montrent d'ailleurs des variations de composition au cours de l'année ou selon les types de sols.

Aussi, bien que l'enquête de terrain et l'analyse des échantillons prélevés illustrent la démarche relativement rapide qui peut être adaptée pour une première identification des espèces fourragères ayant la meilleure valeur nutritionnelle dans une région donnée, convient-il de préciser et de consolider les résultats notamment en matière :

- de production et de disponibilité saisonnière des fourrages
- d'appétabilité
- d'utilisation digestive.

CONCLUSION

Cette étude, réalisée sur 45 espèces arbustives, a permis de mettre en évidence six groupes de ligneux fourragers caractérisés par leurs teneurs en éléments bruts et leurs dégradabilités enzymatiques. Les espèces présentant des teneurs élevées en matières azotées dégradables et faibles en fibres et tanins sont les plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Il s'agit notamment de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, d'*Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, d'*Albizia lebbbeck*, d'*Erythrina sp.*, d'*Acacia farnesiana* et de *Sesbania grandiflora*. Les données pour *Desmanthus virgatus*, *Parkinsonia aculeata* et, dans une moindre mesure, *Acacia ampliceps* sont en revanche décevantes.

Mais cette étude n'est qu'une étape dans notre programme de recherches, l'objectif final étant l'implantation chez les éleveurs d'espèces adaptées à leurs conditions pédoclimatiques, valorisées par les ruminants et permettant le maintien de la fertilité des sols. Aussi des travaux complémentaires sont-ils actuellement menés en Nouvelle Calédonie pour déterminer la productivité, le pouvoir de fixation de l'azote et l'appétabilité de ligneux arbustifs. Des essais de gestion de cette ressource fourragère sont également à l'étude.

D'autre part, des études complémentaires sur la nature et le mode d'action des lignines et des tanins semblent nécessaires compte tenu de leur diversité et de leur importance dans la valeur nutritive des arbustes fourragers. Ce travail doit notamment s'intéresser à leur identification (méthodes chimiques ou enzymatiques) et à leur caractérisation. En outre, cette étape permettra d'établir plus précisément des équations de prédiction de la valeur alimentaire des ligneux fourragers.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme de la CEE-DGXII/ST2-0215. Aussi tenons-nous à adresser nos sincères remerciements aux trois laboratoires (laboratoire d'analyse des aliments du bétail, Nouméa; laboratoire d'alimentation CIRAD-EMVT de Maisons-Alfort; Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim) qui nous ont aidés dans cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR, 1980. Recueil de normes françaises des méthodes générales d'analyse des produits agro-alimentaires. Chimie-microbiologie-analyse sensorielle. Paris, France AFNOR, 278 p.
2. ARBELOT B., 1993. Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. Mémoire DEA, université d'Aix Marseille II et III/Paris-Grignon INA, France, 25 p.
3. AUFRERE J., DEMARQUILLY C., 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods. In: Proceedings of the 16th International Grassland Congress, Nice, France, 4-11 octobre 1989, p. 877-878.
4. AUFRERE J., GUERIN H., 1996. Critical review of chemical and enzymatic methods for the estimation of nutritive value in roughages. *Ann. Zoot.*, **45**, suppl. : 11-28.
5. AUFRERE J., MICHALET-DOREAU B., 1990. Nouvelles méthodes d'estimation de la valeur alimentaires des fourrages. II. Méthodes enzymatiques. *Fourrages*, **122** : 203-217.
6. BIPEA, 1976-81. Recueil des méthodes d'analyse des Communautés européennes. Paris, France, ITCF.
7. BRAY R.A., 1994. The *Leucaena psyllid*. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
8. CHAZEAU J., CAPART I., BONNET de LARBOGNE L., 1992. Amélioration de l'état phytosanitaire du faux-mimosa *Leucaena leucocephala* en Nouvelle Calédonie par le renforcement du complexe des ennemis naturels du psylle ravageur *Heteropsylla cubana*. Nouméa, Nouvelle Calédonie, ORSTOM, 24 p. (Sciences de la Vie, Zoologie appliquée, Conventions n°6)
9. CIRAD EMVT, 1994. Caractéristiques et valeurs alimentaires des fourrages en Nouvelle Calédonie. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-EMVT, 150 p.
10. CORNIAUX C., 1991. Recherche sur Maré des espèces ayant un intérêt fourrager. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-Elevage, 11 p.
11. DEVENDRA C., 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. In : Speedy and Pugliese eds, Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Rome, Italy, FAO, p. 95-113.
12. DURAND N., 1993. Identification d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs en Nouvelle Calédonie. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-EMVT, 8 p. + 45 fiches.
13. GRILLET C., VILLENEUVE F., 1994. Les tanins dans les fourrages ligneux. Ch. VI, 34 p. In : Guerin H. éd., Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 393 p.
14. GUERIN H. éd., 1994. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés européennes, DGXII, programme ST2.A/89/215.F, Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 393 p.
15. GUTTERIDGE R.C. 1994. Other species of multipurpose forage tree legumes. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
16. GUTTERIDGE R.C., SHELTON H.M., 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
17. HUMPHREYS L.R., 1980. A guide to better pastures for the tropics and sub-tropics, 4th ed. Australia, Wright Stephenson & Co, 95 p.
18. ICKOWICZ A., 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse doc., université Paris XII, Créteil, France, 471 p.
19. INRA, 1989. Ruminant Nutrition. Jarrige R. ed. London, United Kingdom, John Libbey Eurotext, 389 p.
20. MASON V.L., 1969. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. *J. agric. Sci. Camb.*, **73**: 99-111.
21. MENKE H., STEINGASS H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel.*, **28**: 7-55.

22. NORTON B.W., 1994. The nutritive value of tree legumes. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

23. NORTON B.W., 1994. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

24. PHILIPPEAU G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Paris, France, ITCF, 63 p.

25. SHELTON H.M., BREWBAKER J.L., 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used forage tree legume. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

26. VAN SOEST P.J., WINE R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. Ass. Off. Anal.*, **50**: 50-55.

Reçu le 23.5.95, accepté le 24.6.96

Summary

Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H. Chemical components and enzyme and *in vitro* digestibility of woody shrubs used by ruminants in New Caledonian rangelands. I. Typology

This study, performed on 45 shrubs from New Caledonia, helped define six fodder shrub groups characterized by their chemical components and their enzyme and *in vitro* digestibility. Species with highly digestible crude protein contents and organic matter digestibility are the most interesting from a nutritional point of view. The best results are obtained with *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Acalypha grandis*, *Samanea saman*, *Albizia lebbeck*, *Erythrina sp.*, *Acacia farnesiana* and *Sesbania grandiflora*. On the other hand, data on *Desmanthus virgatus* and, to a lesser degree, *Acacia ampliceps* are disappointing.

Key words: Browse plant - Protein value - Classification - Chemical composition - Digestibility - Ruminant - Rangeland - New Caledonia.

Resumen

Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H. Composición química y degradación enzimática e *in vitro* de las especies de arbustos leñosos utilizados por los rumiantes en los trayectos extensivos de Nueva Caledonia

Este estudio, realizado en 45 especies de arbustos recolectados en Nueva Caledonia, permitió demostrar seis grupos de forrajes leñosos caracterizados por su contenido en elementos brutos y por su degradación enzimática e *in vitro*. En estas especies, el contenido de materias nitrogenadas degradables y un alto grado de degradación de materia orgánica son los puntos de mayor interés nutricional. Se trata de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, de *Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, de *Albizia lebbeck*, de *Erythrina sp.*, de *Acacia farnesiana* y de *Sesbania grandiflora*. Por otro lado, los datos correspondientes a *Desmanthus virgatus* y, en menor grado, *Acacia ampliceps* no son satisfactorios.

Palabras clave : Planta de ramoneo - Valor proteínico - Clasificación - Composición química - Digestibilidad - Rumiante - Tierra de pastos - Nueva Caledonia.