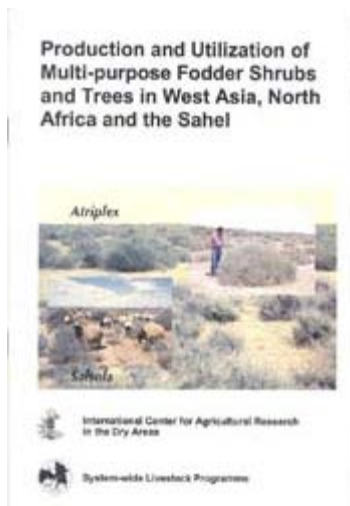


Production and Utilization of Multi-purpose Fodder Shrubs and Trees in West Asia, North Africa and the Sahel



[Table of Content](#)

The views expressed in these proceedings are those of the authors and not necessarily those of ICARDA or ILRI. Maps, if any, are reproduced as submitted by the authors; they are not intended to show political boundaries, and ICARDA and ILRI hold no responsibility whatsoever in this regard. Similarly the mention of trade names does not imply endorsement of or discrimination against any product by ICARDA and ILRI.

© 2000 ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), ILRI (International Livestock Research Institute).

All rights reserved. ILRI and ICARDA encourage the fair use of this material. Proper citation is requested.

ISBN 92-9217-095-4

Citation: G. Gintzburger, M. Bounejmate, C. Agola and K. Mossi (eds.). 2000. *Production and Utilization of Multi-purpose Fodder Shrubs and Trees in West Asia, North Africa and the Sahel*. ICARDA, Aleppo, Syria; ILRI, Nairobi, Kenya. viii+ 60 pp.

Table of Contents

[List of Acronyms and Principal Abbreviations](#)

[Preface](#)

[The System-Wide Livestock Programme](#)

[Fodder Shrubs in the Steppe Production Systems](#)

[Effect of Seedling Density on Survival and Production of Fodder Shrubs](#)

[Growth Performance of Sheep Fed on Mixed Diets Containing Shrubs](#)

[Les espèces fourragères forestières dans les systèmes de production au Burkina Faso: préférences et critères de choix des paysans](#)

[Foraging Behaviour of Cattle, Sheep and Goats in Sidi Koirra, Niger Rift Valley](#)

[Exploitation des arbres à usages multiples dans les systèmes d'élevage des zones soudanienne et sahélienne](#)

List of Acronyms and Principal Abbreviations

CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CIAT	International Center for Tropical Agriculture
CIMMYT	International Center for the Improvement of Maize and Wheat
CIP	International Potato Center
CP	Crude Protein
INRA	Institut National de Recherches Agronomiques (Morocco)
DM	Dry Matter
ICARDA	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
ICRAF	International Centre for Research in Agroforestry
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
IER	Institut d'Economie Rural
IFPRI	International Food Policy Research Institute
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
ILRI	International Livestock Research Institute
INERA	Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (Burkina Faso)
INRAN	Institut National de Recherches Agronomiques du Niger
INRAT	Institut National de Recherches Agronomiques de Tunisie (Tunisia)
IRRI	International Rice Research Institute
ISRA	Institut Sénégalais de Recherche Agricole (Senegal)
LAC	Latin America and the Caribbean
LPG	Livestock Programme Group
ME	Metabolizable Energy
OEP	Office de l'Elevage et des Pâturages
PEG	Polyethylene Glycol
SALWA	Semi-arid Lowlands of West Africa
SLP	System-wide Livestock Programme
SSA	Sub-Saharan Africa
TAC	Technical Advisory Committee
WANA	West Asia North Africa

Preface

The System-wide Livestock Programme (SLP) was established in 1995 as one of several system-wide programs that link the activities of the 16 research centres supported by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). Its objective is to improve the resources already invested in livestock-related research across the CGIAR system and the National Agricultural Research Systems (NARS) of the world. The SLP has received strong endorsement from the CGIAR's Technical Advisory Committee (TAC) and includes nine participating centres. The Inter-Centre Livestock Programme Group (LPG), consisting of a representative from each participating Centre, decides its research agenda and advises on its implementation. The SLP's research focuses on animal-feed resources, natural resources management, and related policies.

In 1995, the International Center for Agricultural Research in the Dry-Areas (ICARDA) joined colleagues from several CGIAR Centres and national collaborators to organize two special consultations (in Tunis, Tunisia, and in Tel Hadya, Syria) in order to shape a research proposal to be submitted to the LPG. In 1996, ICARDA hosted a workshop on fodder shrubs in Hammamet, Tunisia, attended by livestock owners from agropastoral communities, and agricultural scientists from North Africa, and West and Central Asia. The purpose of the workshop was to review the potential for a better integration of the crop–livestock systems in the region. The key role played by the rangelands and arid zones of the world in livestock diets and in sustaining the life of the poorest farming communities was clearly identified.

Covering vast areas of North Africa, Central and West Asia, these rangelands used to contribute a very large percentage of the diet of most ruminants in the region. But due to human and animal population growth, cropping and fuel wood harvesting have expanded into some of the most valuable rangelands. As a result, agro-pastoral communities now engage in agriculture in fragile environments with low rainfall and poor soils. This has gradually left only the poorest ranges for agro-pastoral communities and their flocks. Overgrazing and wood harvesting for fuel, combined with soil erosion, exacerbate the loss of natural resources and the desertification process. In view of these facts, scientists and agropastoralists are faced with the following question: "How can this land degradation be stopped and rangelands restored?"

In an attempt to help answer this question and fulfill requests for collaboration, ICARDA developed a joint proposal for a Multipurpose Shrub and Tree Project with the participation of the International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), the International Livestock Research Institute (ILRI), and national collaborators from Burkina Faso, Jordan, Mali, Morocco, Niger, Pakistan, Senegal, Syria, and Tunisia. The proposal was endorsed and funded by the LPG, and the collaborative research began in November 1997.

This report contains the preliminary results of this collaborative work that were presented at a workshop held in Rabat in February 1999, and attended by all the SLP collaborators in the Multipurpose Shrub and Tree Project. We hope that these results will help enhance the collaboration between agropastoralists and scientists, and that they will assist scientists in gaining a better understanding of the urgent needs and expectations of agropastoral communities living in these marginal areas.

That is the challenge that those of us working on research for development in international agricultural organizations and in the NARS must tackle to the best of our ability.

The System-Wide Livestock Programme

Jimmy Smith

International Livestock Research Institute (ILRI), P.O. Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia

Objectives

The SLP is a CGIAR-sponsored and ILRI-convened program whose objectives are:

- To build and strengthen linkages with plant-oriented centres so as to develop integrated and coherent strategic and applied research programs on livestock-feed development, natural-resource management and associated policies.
- To mobilize CGIAR resources invested in Centre programs, ecoregional initiatives and other system-wide programs in order to effectively support development-oriented and natural-resource management research.

Governance and Management

ILRI's Board assumes responsibility for the governance of the programme, and congruence with ILRI's programs is achieved through the institute's Sustainable Production Systems Programme. The SLP is guided by the Livestock Programme Group (LPG), constituted by designated representatives of the following centres:

- International Center for Tropical Agriculture (CIAT),
- International Center for the Improvement of Maize and Wheat (CIMMYT),
- International Potato Center (CIP),
- International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA),
- International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF),
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT),
- International Food Policy Research Institute (IFPRI),
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA),
- International Livestock Research Institute (ILRI), and
- International Rice Research Institute (IRRI).

Research Focus

The SLP focuses its research activities on feed resource production and utilization, natural resources management, and associated policies. These research foci are justified by the following facts:

- Between 60% and 80% of all livestock are raised in mixed crop–livestock systems
- In subhumid sub-Saharan Africa (SSA) crop residues currently provide 35–45% of livestock feed, and it is projected that by the year 2025, these numbers will increase to 60–75%.
- In India the sale of crop residues may account for 50% of a farmer's income
- Crop–livestock farmers usually do not adopt improved crop varieties (with a higher grain yield) if their feed attributes are inferior.
- In developing countries, crop residues provide about 25% of ruminants' energy requirements.

Project Development

To develop a project, LPG members and their ecoregional partners first identify important issues with research potential. Concept notes on these issues are then prepared and submitted to the LPG's review and approval. Following approval, the LPG authorizes financial support for the development of full proposals. This careful planning process insures that projects are well designed and promotes the concept of "acting locally but thinking globally".

Project Financing

The SLP/LPG programs seek financial support from both unrestricted (program) and restricted (project) sources. Those resources are used for project coordination, development, and research matching funds.

Current Project Portfolio

Projects are being executed in LAC, WANA, South and Southeast Asia, and SSA as shown below:

Number of Projects	Status	Lead Centres
3	In execution	CIAT, ICRAF, ICARDA
5	Proposal development	ICRISAT, IITA, CIMMYT, CIAT
4	Concept notes	CIP, ICRISAT, ILRI

Syria

Fodder Shrubs in the Steppe Production Systems

G. Gintzburger, M. Bounejmate and F. Ghassali

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)
P.O. Box 5466, Aleppo, Syria

Introduction

Marginal land and rangeland in western Asia and North Africa, representing up to 80% of the available land in the region, suffer from the encroachment of agriculture. As a result, grazing lands are shrinking, range biomass and available feed are reduced, and species biodiversity is being eroded. Range research activities are now oriented towards a clearer problem-solving approach in liaison with local authorities and, as much as possible, with the local agropastoralists. In an attempt to develop low-cost/low-input techniques using local plant material (especially indigenous drought-resistant shrubs), research is being conducted on the problems of marginal land and rangeland rehabilitation.

The ICARDA-Syria group is developing an integrated research approach based on the early selection of shrubs adapted to the cold and arid environment prevailing in the ICARDA-mandated region, their acceptability as fodder by small ruminants, their role in different production systems, and the establishment of techniques for rehabilitating degraded rangeland areas. Some activities conducted to respond to this objective are described below.

Screening fodder shrubs for environmental adaptation, including cold

A range nursery was established to diversify the plant material available for range rehabilitation and reseedling activities in the region. Most of these seedlings are now transplanted to a rainfed range environment at Obeisan Range, in Syria. The climate is Mediterranean with a mean annual rainfall 150–180 mm, and 25-35 days of frost to absolute minimum of -8 to -10°C.

Artemisia sp and *Salsola* sp collected in Syria are also undergoing test under rainfed conditions at Karnap-Taninchka Station of the Karakuld Sheep Breeding Institute (Samarkand, Uzbekistan), and in Quetta (Baluchistan, Pakistan) where climatic conditions are similar to those encountered in Syria but with lower winter temperatures.

Selection of most palatable *Atriplex* through vegetative propagation

Rationale and method

Fodder shrubs such as the indigenous saltbush (*Atriplex halimus*) display a great variability in their palatability. This experiment seeks to improve acceptance of the species by the local sheep and other small ruminants.

Cuttings were collected from very well-grazed individual *Atriplex halimus* shrubs for the production of adults shrubs from which seeds will be collected later for further multiplication

and introduction in various production systems in the arid zone of Syria.

On 5 May, 1997, one hundred 10 cm-long cuttings having several buds were collected from each of 15 saltbush shrubs at the Maragha Research Station (Aleppo Steppe, Syria). Rooting was stimulated by hormonal treatment (Hormex Rooting Powder, No. 8–0.8 IBA) and an 80% rooting rate was obtained. Four months later, (2 September 1997), leaves were stripped from one branch of each shrub to determine the percentages of M, ash, total nitrogen (N), Total Carbon Added (TCA-NPK), and the electric conductivity. The results of the analysis were used to classify the shrubs into 3 different groups.

Cuttings were exposed outside the greenhouse for hardening and transplanted in the field on 1 December 1997. About 900 cuttings obtained by vegetative propagation and 100 shrubs obtained from seeds were transplanted at Tel Hadya farm. Planting holes were prepared with a 10 cm diameter auger, and the seedlings watered after transplanting. The survival rate of the individual shrubs was assessed in the Fall of 1998 and found to be very low due to poor transplantation techniques, shallow and poor soils, and a very hot and dry summer. This experiment will be conducted again in the 1998-99 season.

As a follow-up, DNA characterization of shrubs will be conducted to confirm the homogeneity of each stand, and to better identify the origin of the shrubs. It is anticipated that sheep will be able to graze the plantation within two years, at which point the palatability of the selected shrubs will be evaluated and compared.

Mixed cultivation of *Atriplex* and barley

Objective and Rationale

The objective of this experiment was to evaluate the feasibility of introducing fodder shrubs in farmers' fields in marginal land currently sown to barley.

Barley cultivation is permitted by law in the marginal zone (above the 200 mm isohyet) adjacent to the steppe in Syria, but productivity is low because of erratic and low rainfall and poor soil physical and chemical characteristics. As a result, the barley crop is rarely harvested in these areas, but rather left in the fields for grazing. In the event of a good rainy season (occurring once every five to ten years), or when under-ground water is available for supplementary irrigation, the crop is harvested for grain before the stubble is grazed.

A hypothesis is made that shrubs established on barley fields could play an important role in improving the quantity and quality of feed in these marginal areas. Such mixed system could help stabilize soils and would also be a source of metabolizable energy (ME) for sheep grazing on stubble, since the shrubs are a rich source of nitrogen (N).

Materials and methods

Farmers were contacted and selected based on their willingness to spare 4 ha of land for the study, and on their ownership of sheep that could be used for the experiment. Indigenous *Atriplex halimus* were planted because of the large amount of biomass they produce. Each 4 ha barley field was divided in two 2 ha plots. In one plot, rows of shrubs were inter-planted with the barley at a density of 500 shrubs/ha. Inter-row distance was 10 m, and inter-shrub distance 2 m. The second 2 ha plot of the study area was sown to barley alone, as normally practiced by local farmers. Saltbush seedlings, barley seeds, and fertilizers were provided by ICARDA, while farmers provided the land, grew the barley crop, and added the fertilizer when applicable. ICARDA also compensated the farmers for the stubble, the cost of agricultural operations, and for guarding the study area.

The experiment began in the village of Al-Kurbatia in December 1996 with one farmer. The following season (December 1997), two new villages (Khanaser and Mugherat Khanaser) were included in the study. A comparison of the quantity and quality of available feed and of animal performance was made between the barley/*Atriplex* plots and the simple barley plots. The two plots in each study field were grazed and observations made on live weight changes as well as feed requirements of the grazing flock in each plot. The animals received the health and management treatments commonly practiced by farmers.

To estimate barley grain yield, spikes of barley issued from 1 m × 1 m quadrants were threshed, and their seeds weighed. Before and after-grazing stubble mass was assessed by weighing all plant material (stems, leaves, and barley spikes) within a 4.25 m × 0.47 m quadrant, an area determined by the width of the combine harvester.

Grazable portion and total biomass of each 2 ha plot were assessed by the “reference unit” method whereby the total area of saltbush is scored for the number of equivalent “units” it contained. Each sample was separated into grazable portion (leaves and soft twigs) and wood, then weighed. Sub-samples of feed will be analysed later to determine the N and mineral contents of feed.

Animal performance was assessed by using a farmers’ flock of 100 sheep, which were weighed and divided in two groups of 50. Each group was then colour-marked before the animals were introduced to the study plots (50 sheep to the barley/*Atriplex* plot and the other 50 to the simple barley plot). The sheep were allowed to graze from early morning until sunset for 15 days, after which period their owner decided to move them to another area.

The preliminary results presented in this report focus on the Al-Kurbatia village experiment since it was established two years ago.

Results

Average barley grain yield was 443 ± 42 kg/ha in barley/*Atriplex* plots and 360 ± 44 kg/ha for simple barley plots, confirming the fact that saltbush cultivation in barley fields increases the total amount of feed produced.

Before-grazing stubble mass averaged 547 ± 37.5 kg/ha for the barley/*Atriplex* plot and 539 ± 37.5 kg/ha for the simple barley plot, while after-grazing stubble mass averaged 424 ± 29.7 kg/ha for the barley/*Atriplex* plot, and 416 ± 24.5 kg/ha for the simple barley plot (Table 1).

The grazable portion of shrubs (leaves and soft twigs) averaged 127 ± 4.9 kg/ha before grazing and 16 ± 0.1 kg/ha after grazing. Average daily intake of stubble per animal was 0.16 kg on both barley alone and barley/saltbush plots. Animals on barley/saltbush plots consumed on average an additional 0.15 kg of saltbush. Therefore, the total daily intake per animal was 0.31 kg on barley/saltbush plots and only 0.16 kg for animals on fields sown to barley alone.

While sheep lost weight on both types of grazing, daily weight loss of sheep feeding on barley stubble alone was 110 g/head per day, over two times greater than that of sheep feeding on both barley stubble and saltbush which lost 50g/head per day.

Discussion

The advantage of the saltbush/barley mixed cultivation is that barley stubble is a good source of energy while saltbush is rich in nitrogen, an important element for animal growth. From the economic point of view, barley grain production in the experiment was the same in neighbouring areas, with or without saltbush (approximately 400 kg/ ha), an indication that growing saltbush in barley fields may not be disadvantageous for farmers. On the contrary, it

provided additional feed as demonstrated by the 160 g daily feed intake for animals on barley stubble alone compared to a 310 g daily feed intake for animals on the mixed stubble/saltbush diet (Table 1). The losses in live weight can be explained partly by the occurrence of foot and mouth disease in the area's flocks during the grazing period.

Animals consumed 23% of barley stubble and 88% of saltbush (Table 1). These results can be explained partly by the heavy rain experienced during the grazing period and which affected the stubble quality. However, stubble mass left after grazing could help protect the soil from wind erosion.

To obtain more information on daily intake and sheep performance, and to achieve better utilization of the stubble and saltbush, we need to extend the grazing period and reduce the stocking rate. It is also worth studying sheep performance when grazing on saltbush in the months of September and October.

Table 1. Mean daily intake, percentage utilization and performance of sheep grazing¹ on barley stubble with or without saltbush², at Al-Kurbatia village, Khanaser area, May–June 1998

	Stubble alone	Stubble and Saltbush	
		Stubble	Saltbush
Initial mass (kg/ha)	539 ± 37.5	547 ± 37.5	127 ± 4.9
Final mass (kg/ha)	416 ± 24.5	424 ± 29	716 ± 0.2
Percentage utilization	23	23	88
Daily intake (kg/day)	0.16 ± 0.07	0.16 ± 0.060	.15 ± 0.01
Initial live weight (kg)	29.8 ± 1.02		36.8 ± 0.80–
Live weight changes (kg/day)	–0.11 ± 0.19		–0.05 ± 0.21–

1: Grazing period of 15 days at 25 sheep/ha

2: *Atriplex halimus*

Range Reseeding (collaborative work with the Aleppo Steppe Directorate)

Rationale

It is estimated that the rangeland within the Aleppo steppe provides as little as 10%– 15% of the diet of small ruminant in the area. A large part of this rangeland is degraded to the point where most of the year, flocks are generally hand-fed with *Tebeen* feed concentrates, and crop residues such as sugar beets and vegetable tops for most of the time they spend on the range. In addition to being costly to livestock owners, this method allows wind and water erosion to continue to take a toll on the steppe resources.

The Aleppo Steppe Directorate now protects many range sites by banning grazing. They plan to restore the vegetation in the entire area through shrub transplantation. Shrub seedlings are produced in the forestry nursery, then transported and planted on areas prepared by deep ripping, an expensive process.

Direct-seeding techniques using local plant material such as *Artemisia* and *Salsola* are being developed. Range-reseeding and rehabilitation activities focusing on low-cost and low-input methods readily acceptable by local authorities and agro-pastoral communities are also underway. To this end, the prototype of a pitting machine was designed at ICARDA and tested at the Maragha research station. Later, a second machine built on the same principle in

Australia was acquired and used in addition to other implements and techniques.

Materials and methods

Experimental site. The experiment was conducted at the Odame station in the Aleppo steppe, 20 km south of the village of Khanasser. The altitude is 324 m, and average yearly rainfall 160–180 mm, occurring in winter (from November to April).

The soil is a typical Gypsiorthid (deep gypsiferous deposit) with a 2 to 4 mm thick surface layer of dark organic deposits resulting from the decay of the native annual vegetation covering the site. The surface layer is often crusted and resistant to water infiltration, which leads to germination failure. Soil seed stock is completely depleted, and germination conditions are extremely difficult.

This site was traditionally used as a Bedouin campground. Local flocks grazed the sparse annual growth of vegetation in the spring (end of February until late April/early May). Extreme overgrazing and shrub collection have removed all perennial and woody shrubs from the site and surrounding area.

Today, the natural vegetation is a spring pasture of two geophytic plants, *Poa bulbosa* (Gramineae) and *Carex stenophylla* (Cyperaceae), resulting from the almost total elimination of the original *Artemisia herba-alba*–*Noaea mucronata* perennial range type. These remaining dominant species now provide a total vegetation cover not exceeding 5–10% and an above-ground biomass of 200–250 kg DM/ha per year in an average-to-good year. A small black moss also spreads over the crusted top layer and covers many places.

Land preparation and seeding techniques. Three common techniques were tested:

- Traditional broadcasting on the soil surface with no soil preparation.
- Harrowing before seeding using the Kimberley Harrow seeder, a large harrowing implement which slightly breaks the crusted soil surface to allow water infiltration so that seedlings can emerge
- Pitting to create a line of small basins (100 × 25 × 10 cm), potentially holding 10–25 litres of rainwater each. The material used was a pitting machine, a low-cost implement consisting of a single modified disc plough mounted on a two-wheeled trailer pulled by an ordinary vehicle. The pitting machine creates a string of shallow pits or holes where rainwater, organic matter, and seeds are trapped, thus creating a better environment for plant development. The size of the pits can be modified by changing the disc shape.

One control plot with no land preparation or re-seeding was allocated for each replicate. The seeds were freshly harvested from the Maragha and Odame range stations and used immediately for the re-seeding which was completed between 24 October and 8 December, 1997, depending on seed availability and harvest date. For each species, seeding was done at the same rate in all three treatments.

Experimental design. A randomized block design with three replications was used, with 75 m × 40 m plots.

Table 2. Origin and seeding rate of six species of shrubs

Plant Species	Origin	Seeding rate (kg/ha)
<i>Atriplex halimus</i>	Indigenous to area	30
<i>Atriplex canescens</i>	Seeds harvested locally, but originated from the USA	55
<i>Atriplex leucoclada</i>	Indigenous to area	35

<i>Artemisia herba-alba</i> *	Indigenous to area	0.24
<i>Salsola vermiculata</i>	Indigenous to area	40
<i>Haloxylon aphyllum</i>	Produced locally but originating from Central Asia	15

*: Only *Artemisia herba-alba* seeds were cleaned; all other seeds were neither cleaned nor dehulled.

Evaluation. We counted the emerging seedlings in late April 1998 to evaluate the establishment of the species with the different treatments. A second counting in the pits and in 100 cm × 20 cm quadrants was planned before the beginning of the rainy season at the end of the summer in 1998.

Results

The rainy season was average in terms of rainfall (140–160 mm), but there was an exceptional occurrence of snow in late April and an exceptional late heavy shower with hail at the end of the season in May only in the steppe of Aleppo (Saan–Maragha– Esseriye zone). This caused many pits to be filled with water.

Preliminary results indicate that pitting is significantly more efficient in terms of seedling emergence than the other seeding techniques. *Salsola vermiculata* gave the best emergence in terms of number of seedlings, followed by *Artemisia herba-alba*. The interaction is highly significant in the case of pitting combined with *Salsola* seeding, but not significant for the other interactions. These results need confirmation after the 1998 summer.

Jordan

Effect of Seedling Density on Survival and Production of Fodder Shrubs

Kamal Tadros and Yahya Nasr

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA),
Amman, Jordan

Introduction

Rangeland development in Jordan relies on protection from overgrazing by planting fodder shrubs. Recently, there has been increased interest in studying and evaluating water-harvesting techniques, especially on contour lines, in order to provide the maximum amount of moisture for seedlings of such fodder shrubs. To date, however, there has been no study in Jordan to determine the optimal planting density for survival and productivity of *Atriplex halimus* and *Atriplex nummularia* seedlings using water-harvesting techniques. This experiment was conducted at Khaldia Research Center, and area representative of the most deteriorated rangeland in Jordan. Its objectives were:

1. To study the effect of plant density on the survival of *Atriplex halimus* and *A. nummularia* shrubs,
2. To evaluate optimal planting density for the highest shrub productivity, and
3. To determine the optimal planting density for rangeland rehabilitation from an economic point of view.

Material and Methods

Study Site

The study was conducted at the Khaldia Research Center located in the eastern desert part of the country on a 92 ha land. The average annual rainfall is 140 mm, and altitude is 580 m above sea level. High summer temperatures reaching up to 43°C in August, and low winter temperatures falling to 9°C characterize the climate. The soils are of poor quality, alkaline, yellowish brown, heavy textured, moderately deep to shallow and with a low organic-matter content. Climatic data for 1997/98 are shown in Table 1.

Treatments

Two *Atriplex* species (*Atriplex halimus* and *A. nummularia*) were used at 5 plant densities: 500, 1000, 2000, 4000, and 8000 seedlings/ha.

Table 1. Climatic data for Khaldia Research Center, 1997–98

Month	Min. temperature (°C)			Max. temperature (°C)			Evaporation	Relative Humidity	Rainfall
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean			
1997									
September	11.4	18.8	15.6	21.2	37.5	32.2	216.1	80.8	0.0

October	7.5	18.5	13.0	22.2	36.5	29.2	162.9	73.0	15.8
November	5.0	14.0	8.2	17.5	24.4	21.9	89.3	81.3	14.7
December	0.7	8.0	4.6	14.2	22.4	16.3	55.4	26.4	33.2
1998									
January	-0.4	8.0	3.4	6.8	17.0	13.7	36.5	95.4	46.2
February	-0.8	8.8	4.0	10.2	19.0	16.0	116.0	78.4	18.6
March	1.5	13.7	5.3	11.5	23.4	17.8	122.7	65.4	42.8
April	4.6	20.4	10.2	16.0	38.1	26.8	189.8	59.3	1.5
May	6.7	24.9	14.0	24.4	39.1	31.2	242.8	67.3	0.0
June	12.1	18.6	15.6	19.0	37.4	34.5	317.5	51.6	0.0
July	15.0	21.7	18.6	34.0	39.0	36.6	342.5	31.6	0.0
August	16.2	25.3	19.5	35.4	45.0	38.5	327.1	64.0	0.0

Experimental Design

A split plot design with 3 replicates was used. The two *Atriplex* species (*A. halimus* and *A. nummularia*) were planted in the main plots, with plant density being varied within the subplots. The experiment covered a total area of 30 ha divided into 30 subplots (5 densities × 2 *Atriplex* spp × 3 replicates) of 1 ha each.

Results and Discussion

The number of dead seedlings was counted one month after planting (June 1998) and in the autumn (December 1998). *Atriplex halimus* has a higher survival rate and was more tolerant of the adverse conditions during summer than *A. nummularia* (Table 2).

Table 2. Survival rate of *Atriplex halimus* and *A. Nummularia* seedlings, May–December 1998

	<i>A. nummularia</i>	<i>A. halimus</i>
Survival at June 1998 (%)	81.6	83.6
Survival at December 1998 (%)	78.5	81.6

Table 3. The effect of planting density on survival, May–December 1998

	Plant density (seedlings/ha)				
	500	1000	2000	4000	8000
Survival at June (%)	87.8	86.4	84.9	76.9	76.9
Survival at December (%)	85.8	84.0	83.2	73.5	73.4
Death during summer (%)	2.0	2.4	1.7	3.4	3.5

The survival rate by spring (June 1998) and autumn (December 1998) decreased as plant density increased while seedling death in summer increased as plant density increased (Table 3). In general, for both *A. Halimus* and *A. nummularia*, there was a decrease in survival rate and an increase in seedlings mortality as plant density increased (Table 4).

Table 4. The effect of planting density on survival of *Atriplex halimus* and *A. Nummularia* seedlings, May-December 1998 (%)

	Plant density (seedlings/ha)	
	<i>A. nummularia</i>	<i>A. halimus</i>

	500	1000	2000	4000	8000	500	1000	2000	4000	8000
Survival at June (%)	85.9	87.1	76.9	81.7	76.2	89.6	85.7	92.9	72.1	77.5
Survival at December (%)	83.6	84.3	74.0	77.9	72.0	88.0	83.7	92.4	69.1	74.8
Death during summer (%)	2.3	2.8	2.9	3.8	4.2	1.6	2.0	0.5	3.0	2.7

The main reasons for the death of seedlings immediately after planting were a late planting date, a hot weather immediately after planting, and a nematode infestation.

Low temperatures during the 1997–98 season negatively affected most of the wild herbs at the Khaldia Rangeland Station, especially on 10 and 11 April, 1997 when the temperature reached -9°C at the soil surface. However, *Atriplex* shrubs were not severely affected. Temperature reached 34.9°C in the first ten days of May 1998, and averaged 26.8°C in April; as a result, all the seedlings in the project had to be irrigated.

Tunisia

Growth Performance of Sheep Fed on Mixed Diets Containing Shrubs (*Acacia*, *Atriplex*, *Cactus*) And Nitrogen/Energy Supplementation

H. Ben Salem and Ali Nefzaoui

INRAT, Rue Hedi Karray 22049, Ariana, Tunisia

Introduction

Shrubs are receiving increasing attention as potential livestock forage and valuable re-vegetation species on disturbed lands, especially in arid regions. Their potential for such use is being evaluated in many parts of the world, including Tunisia. Management and integration of shrubs require considerably more information than is presently available. *Acacia cyanophylla* Lindl. (Syn. *A. Saligna*), *Atriplex nummularia* L. and *Opuntia ficus-indica* var. *inermis* (spineless cactus) are present in large areas of arid and semi-arid Tunisia and are generally considered to be valuable fodder reserve during drought periods. The nutritive characteristics of these shrub species have been studied in our laboratory.

The nutritive value of acacia foliage is low, although its crude protein (CP) content is fairly high. Condensed tannins, which form insoluble complexes with proteins, were proved to be the major factor reducing the feed value of acacia. Several attempts were made to overcome this problem. While air-drying failed to improve the nutritive value of the acacia foliage, satisfactory results were obtained with the use of polyethylene glycol (PEG). This reagent has a strong affinity for acacia tannins and dissociates tannin–protein complexes to make acacia proteins available to rumen microflora and the animal host. Numerous studies have reported a significant improvement in the performance of sheep and goats on acacia diet. However, the use of PEG is limited by its high cost. Other alternatives should be investigated, and a question arises as to whether an increased supply of energy and nitrogen sources could improve the performance of sheep on acacia-based diets.

It is now well established that the palatability and energy value of the spineless cactus are high. In addition, its pads contain high amounts of water, ash and some vitamins. However, the CP concentration in the cactus dry matter (DM) is low. As in most halophytes, the ash content of *Atriplex* DM is relatively high compared to that of non-halophytic species. Consequently, *Atriplex* has a low energy value and animals that consume it must have a relatively high water intake in order to excrete the extra salt ingested with the plant. Because of these characteristics, combining cactus and *Atriplex* in feed seems to be justified.

Research is being conducted to test the feasibility of combining some shrubs species in animal diets and the effect of such mixed diets on sheep performance. This paper presents the preliminary results of two such experiments conducted in the SLP Multi- purpose Shrubs and Tree Project.

Experiment 1: Sheep growth and nutritive value of *Acacia cyanophylla*-based diets supplemented with barley, spineless cactus and saltbush

Objective

The objective of this experiment was to evaluate the effect of energy and nitrogen supply on the nutritive value of *Acacia cyanophylla*-based diets and on sheep growth. Barley and spineless cactus were used as energy sources, while *Atriplex* was used as a nitrogen source. The improvement of microbial activity in the rumen was expected to enhance the digestion of acacia.

Materials and methods

Experiment site. The experiment was carried out during the spring (March–May) of 1998 at the Office de l'Élevage et des Pâturages (OEP) farm at Jbibina (Central Tunisia), a semi-arid region with an average annual rainfall of 390 mm.

Plant material. *Acacia cyanophylla* foliage (leaves and twigs), consumable parts (leaves and small branches) of *Atriplex nummularia*, and current-year (terminal) and 2-year-old (sub-terminal) pads of *Opuntia ficus-indica* var. *inermis* were harvested every morning from the OEP farm plantations. The acacia plantation was established in 1989 and is cut every two years. Thus, acacia foliage used in this experiment corresponded to current-year and 2-year-old material. The *Atriplex* and cactus plantations were established in 1981 and 1965, respectively. Just before feeding, the cactus pads were cut into small pieces using a manual chopper. All shrubs were offered to animals as fresh material.

Animals and management. Twenty-eight Barbarine yearling lambs, c. 4 months old, with an average initial live weight of 22 kg (SD = 2.3) were used in a study comprising growth and balance trials. The sheep were drenched against internal parasites before the beginning of the experiment. During the 70 days long growth trial, animals were housed in individual pens indoors. At the end of the growth trial, they were transferred to metabolism cages and used in a digestibility and nitrogen-balance trial for a further 10 days.

Experimental design and treatments. The sheep were blocked by weight and within each block randomly allocated to 4 treatments, having 7 animals each. At 0800 h daily, the animals were offered acacia foliage *ad libitum*. Each day, the amount of feed given was adjusted to 20% more than the amount consumed on the previous day. Each animal block received one of the following four types of supplements: 0.3 kg barley (B), 4.5 kg cactus (C), 0.3 kg barley + 1.4 kg *Atriplex* (B+A), or 4.5 kg cactus + 1.4 kg *Atriplex* (C+A). In treatment B, the amount of barley offered was that needed to fulfil the maintenance requirements of the sheep on acacia. The amount of cactus (C) offered had an energy value equivalent to that provided by B. Diets supplemented with *Atriplex* (B + A and C + A) were offered so that they allowed an average daily weight gain of 50 g by the sheep. Feeds were offered in separate troughs. Fresh drinking water was available *ad libitum*.

Growth trial. To calculate daily feed intake, amounts of acacia and supplements offered to and refused by each individual animal were recorded daily. Samples of feed offered and refused were collected three times per week for DM determination (at 105°C for 48 h). Sub-samples of feed offered were dried at 50°C, ground to pass through a 1-mm sieve and stored for laboratory analysis. The sheep were weighed on two consecutive days at the start and at the end of the trial. Food and water were removed about 15 h before weighing.

Digestibility trial. After the growth trials, the sheep were transferred to metabolism cages for the digestibility trial, but feeding, management and treatments remained the same as during the growth trial. The animals were left to settle down in the cages for 5 days, after which time, total faeces and urine produced were collected for 8 days. The amounts of feed offered and refused were recorded daily and samples bulked separately for each animal for the entire

collection period. Individual daily total urine was collected over a 100 ml 10% sulphuric acid solution (urine pH <3) and 1% of the daily urine production was sampled, bulked and kept frozen (at -15°C) for N and allantoin contents determination. Samples of feed offered, feed refused, and faeces were collected daily from each animal and stored either at room temperature (barley) or at -5°C (shrubs and faeces). DM content of all three kinds of samples (feed offered, feed refused, and faeces) was estimated after drying the samples at 105°C for 24 h. At the end of the entire collection period, feed refusals and pooled animal faeces samples and representative samples were taken for laboratory analysis. Feed offered and refused and faeces samples were dried in a forced-air oven (50°C for 48 h) and ground to pass through a 1-mm sieve and stored until needed.

Laboratory analysis. The samples were analysed for DM, ash, and CP contents. Extractable total and condensed tannins in feeds offered were determined as described by Makkar and Goodchild (1996). Nitrogen in urine was determined by the Kjeldahl N method (AOAC 1990). Urinary excretion of allantoin and estimated microbial nitrogen supply were determined.

Statistical analysis. Within each trial (growth or digestibility), the effects of treatments were compared by analysis of variance using the Statistical Analysis System (SAS) general linear models procedure for a completely randomised design. Orthogonal contrasts were used to compare the mean effect of barley to that of cactus (B vs. C) and to compare the mean effect of diets supplemented with *Atriplex* (+A) or not (-A).

Results and discussion

Composition of feeds. There was great variability between shrub species with regard to their composition (Table 1). Both *Atriplex* and cactus had a high content of ash compared to acacia. *Atriplex*, and to a lesser extent acacia, exhibited a high content of CP compared to cactus. However, while the great proportion of the nitrogen in *Atriplex* and cactus is soluble, the solubility of nitrogen in acacia is low. This may be ascribed to the high content of condensed tannins in acacia foliage. It is well known that these secondary plant compounds form insoluble complexes with proteins, rendering them unavailable to rumen micro flora and, thus, to the animal host. The barley grain had two times higher CP content than cactus.

Table 1. Chemical composition of feeds (g/kg DM)¹

	Acacia	<i>Atriplex</i>	Cactus	Barley
Dry matter DM (g/kg)	382	270	130	935
Organic matter OM	913	754	746	969
Crude protein CP	131	169	50	103
total phenols ²	55	3	10	3
total tannins ²	48	<1	1	5
condensed tannins ²	36	<1	<1	1
soluble nitrogen (g/kg) ³	317	659	865	373

1. Each value is a mean of 9 representative samples (8 in the growth trial and 1 pooled sample in the digestibility trial).
2. Total phenols and total tannins are expressed as g tannic acid equivalent/kg DM. Condensed tannins are expressed as g leucocyanidin equivalent/kg DM
3. Soluble nitrogen content is expressed as g/kg of total nitrogen.

Food Intake and Growth Performance. The OM intake from acacia was low (in the 24.4–35.2 g/kg W^{0.75} range). Cactus significantly reduced the OM intake from acacia by sheep whether it was provided alone or with *Atriplex*. *Atriplex* had no effect on acacia intake (Table 2).

Supplementation had a great effect on daily weight gains. With or without *Atriplex* in the diet, replacing barley with cactus significantly reduced the growth rate of sheep. Using cactus as the sole supplement for acacia resulted in weight loss. Sheep receiving both barley and *Atriplex* as supplements to acacia gained more than those fed under the other dietary regimes. Thus, providing *Atriplex* as a source of N seems to be important in improving sheep

Diet digestibility. OM digestibility of experimental diets was in the 52% -59% range (Table 3). Replacing barley with cactus resulted in a significant decrease of OM digestibility in treatment (B). However, *Atriplex* supply had no effect on OM digestibility. Overall, CP digestibility of the diets was low, ranging between 24% and 45%. Highest CP digestibility was registered with the *Atriplex*-containing diets (B+A and C+A). As with OM, cactus supply significantly reduced CP digestibility of the diet.

Table 2. Food intake and growth rates of sheep fed barley (B), cactus (C), barley and *Atriplex* (B+A), and cactus and *Atriplex* (C+A) as supplement to acacia foliage

	Supplements				SE	Contrasts		
	B	C	B+A	C+A		P	(B vs. C)	+A vs. -A
OM intake (g/day)								
Barley	270.0	–	270.0	–				
<i>Atriplex</i>	–	–	261.0	234.0				
Cactus	–	208.0	–	329.0				
Acacia	319.0	228.0	383.0	245.0	16.8	***	***	*
Diet	587.0	435.0	913.0	809.0	20.9	***	***	***
OM intake (g/kg W^{0.75})								
Barley	28.9	–	24.9	–				
<i>Atriplex</i>	–	–	23.9	23.3				
Cactus	–	24.0	–	32.8				
Acacia	33.6	25.1	35.2	24.4	1.58	***	***	ns
Diet	62.4	50.4	84.0	80.4	1.79	***	***	***
Daily gain (g/day)	15.0	-46.0	54.0	28.0	7.5	***	***	***

SE = standard error of the mean; P: * = 0.05, *** = 0.001, ns = P>0.05

(B vs. C): mean effect of barley supply as compared to the mean effect of cactus supply; (+A vs. -A) mean effect of diets supplemented with *Atriplex* (+A) as compared to the mean effect of diets without *Atriplex* (-A).

ns = not significant

Table 3. Nutrient digestibility of acacia-based diets supplemented with barley (B), cactus (C) and *Atriplex* (A)

	Supplements				SE	P	Contrasts	
	B	C	B+A	C+A			(B vs. C)	(+A vs. -A)
Diet digestibility (%)								
OM	57.3	51.6	58.6	54.9	1.10	**	***	ns
CP	29.1	24.1	43.2	40.3	1.77	***	*	***

Feed value ¹ (g/kgW ^{0.75})								
DOMi	37.7	26.1	49.2	44.2	1.22	***	***	***
DCPi	2.9	1.7	5.6	4.5	0.28	***	***	***

1. DOMi: digestible organic matter intake; DCPi: digestible crude protein intake

Nitrogen balance. Faecal and urinary N outputs and N retention were higher with *Atriplex*-containing diets because of the large amount of N provided by this species (Table 4). Cactus supply had a great effect on N balance. N retention was proportionately about 61% and 32% lower with treatments C and C+A than with treatments B and B+A respectively. Such a trend cannot be ascribed to an increase of N losses in the sheep fed cactus instead of barley, but more likely to the low N content of the cactus supplement.

Urinary Excretion of Allantoin and Microbial Nitrogen Supply. Replacement of barley with cactus as a supplement to acacia had no effect upon the urinary excretion of allantoin (Table 4). However, allantoin excretion was significantly increased ($P < 0.001$) when *Atriplex* was provided in addition to barley or cactus. Estimated microbial N supply to the small intestine was not affected by the replacement of barley with cactus (Table 4). The efficiency of microbial protein synthesis was significantly improved in sheep receiving *Atriplex*. Compared with B, B+A significantly increased microbial N supply, by 4.8 g ($P < 0.001$).

Table 4. Nitrogen balance and microbial synthesis by sheep given acacia-based diets supplemented with barley, cactus and *Atriplex*.

	Supplements				SE	P	Contrasts	
	B	C	B+A	C+A			(B vs. C)	(+A vs. -A)
N intake (g/day)	12.6	8.9	22.5	18.1	0.5	***	***	***
faecal N (g/day)	8.3	6.7	12.8	11.2	0.63	***	*	***
urine N (g/day)	2.0	1.3	5.1	3.8	0.33	***	**	***
N retained (g/day)	2.3	0.9	4.6	3.1	0.38	***	**	***
faecal N, % Ni1	64.9	75.9	56.8	61.9	3.52	*	*	**
urine N, % Ni	16.3	14.2	22.6	20.8	1.74	*	ns	**
N retained, % Ni	18.9	9.9	20.6	17.3	2.95	ns	ns	ns
allantoin (mg/kg W ^{0.75})	32.0	28.4	48.3	56.7	4.08	***	ns	***
Microbial N (g/kg DOMi)	3.5	3.2	8.3	11.4	1.23	***	ns	***

1. Ni: nitrogen intake

ns = not significant

Conclusion

The preliminary results of this experiment suggest that *Acacia cyanophylla* has a fair nutritive value. The protein-sparing action of condensed tannins could provide a possible explanation. Thus, nitrogen supply seems to be more important than energy supply. A barley-supplemented diet (B) was able to maintain the sheep. However, due to its low CP content, supplementing acacia exclusively with cactus resulted in weight loss. Increasing the amount of CP in the diet by also supplying *Atriplex* resulted in an improvement in the nutritive value of acacia-based diets and resulting sheep performance.

Experiment 2: Sheep growth and nutritive value of *Atriplex*

nummularia-based diets supplemented with barley or spineless cactus

Objective

The objective of this study was to assess the effect of energy supply on the nutritive value of *Atriplex nummularia*-based diets and sheep growth. Barley and spineless cactus were used as energy sources. Because of the characteristics of *Atriplex*, energy supplementation was expected to improve the efficiency of microbial synthesis, and thus sheep performance.

Material and methods

Experiment Site. The experiment was carried out during the summer months (June– August) of 1998 at the Office de l'Élevage et des Pâturages (OEP) farm at Saouef in central Tunisia, a semi-arid region with an average annual rainfall of 350 mm.

Plant material. Consumable parts (leaves and small branches) of *Atriplex nummularia* and current-year (terminal) and 2-year-old (sub-terminal) pads of *Opuntia ficus-indica* var. *inermis* (spineless cactus) were harvested every morning from the OEP farm plantations established in 1991 for *Atriplex* and in 1980 for cactus. Just before feeding, the cactus pads were cut into small pieces using a manual chopper. Both shrub species were offered to experimental animals as fresh material.

Animals and management. Twenty-four Barbarine yearling lambs, c. 8 months old, with an initial average live weight of 26 kg (SD = 1.5) were used in a study comprising growth and balance trials. The animals were drenched against internal parasites before the start of the experiment, and housed indoors in individual pens during the 70-day long growth trial. At the end of the growth trial, the animals were transferred to metabolism cages and used in a digestibility and nitrogen-balance trial for a further 10 days.

Experimental design and treatments. The sheep were blocked by weight, and within each block randomly allocated to 3 treatments, giving 7 animals per treatment. Each day at 0800 h, the animals were offered *Atriplex ad libitum* and 200 g barley straw. The amount of *Atriplex* offered each day was adjusted to about 20% more than the amount consumed on the previous day. One animal block was supplemented with 0.3 kg barley (B) and another received 4.5 kg cactus (C). The amount of cactus offered was equivalent in terms of energy to that provided by barley. Feeds were offered in separate troughs. Fresh drinking water was available *ad libitum*.

Growth Trial. The same procedure as described in Experiment 1 was used.

Digestibility Trial. The same procedure as described in Experiment 1 was used.

Laboratory Analysis. The feeds offered in the growth and digestibility trials, as well as individual refusals and faeces, were analysed for DM, ash, crude protein (CP) (AOAC 1990). Nitrogen solubility was also analysed.

Statistical Analysis. Within each trial (growth or digestibility), the effects of the various treatments were compared by analysis of variance using the SAS general linear models procedure of the Statistical Analysis Systems (1987) for a completely randomised design.

Results and discussion

Chemical components. Ash concentration was relatively high both in the *Atriplex* and in the

cactus DM offered (267 and 230 g/kg, respectively). Nitrogen concentration was 24.5 g/kg in the *Atriplex* DM and 22.2 g/kg in the barley DM, but only 6.2 and 4.2 g/kg in the straw and cactus DM, respectively. About 30% of the *Atriplex* N is soluble (Table 5).

Table 5. Chemical composition of feeds (g/kg DM)¹

	<i>Atriplex</i>	Cactus	Straw	Barley
DM	352	206	941	953
OM	733	770	947	965
CP	153	26	39	139
Soluble N (g/kg total N)	692	–	–	–

1. Each value is the mean of 9 representative samples (8 samples in the growth trial and one pooled sample in the digestibility trial).

Nitrogen Balance. N intake from the un-supplemented diet was about 16 g/day. It was significantly influenced by barley ($P < 0.001$), but not with cactus supplementation due to differences in food intake and N content of these supplements. Of the nitrogen excreted, about 68%, 61% and 40% was in the urine in the control group, the barley treatment and in the cactus treatment respectively (Table 6).

Table 6. Nitrogen balance in sheep given *Atriplex*-based diets supplemented with barley or cactus

	Type of supplement			SE	P
	control	barley	cactus		
N intake (g/day)	16.4	21.6	16.8	0.75	***
Faecal N (g/day)	2.9	4.2	3.9	0.23	**
Urine N (g/day)	6.3	6.6	2.7	0.51	***
N retained (g/day)	7.2	10.8	10.2	0.73	**
Faecal N (% Ni)	17.7	19.4	23.1	1.34	*
Urine N (% Ni)	24.0	21.4	11.5	2.74	*
N retained (% Ni)	43.8	49.6	60.8	3.15	**

Faecal and urinary N were not affected by barley supplementation. However, cactus supplementation significantly increased faecal N and significantly decreased urinary N. Overall, the nitrogen balance obtained with the three treatments was positive. Barley and cactus supplementation increased the amount of N retained by sheep, which was fairly high. This trend will be fully discussed when all laboratory results are available.

Growth Performance. Sheep given *Atriplex* and a small amount of straw as the sole diet lost weight at an average rate of 40 g/day (Table 7). Adding barley or cactus to this diet resulted in weight gain. The two supplements had the same effect on sheep growth (19 and 24 g/day, respectively).

Food Intake and Digestibility. The OM intake of *Atriplex* by sheep given the control diet (without supplement) was proportionately 19% and 24% lower respectively ($P < 0.01$) than that by sheep receiving barley and cactus. Replacing barley with cactus had no effect on *Atriplex* intake ($P > 0.05$). However, supplementation of *Atriplex* with either barley or cactus significantly increased the total diet OM intake.

Table 7. Organic matter (OM) intake and growth rates by sheep fed barley or cactus as supplements to *Atriplex*

	Type of supplement
--	--------------------

	control	barley	cactus	SE	P
OM intake (g/day)					
Barley	–	274	–	–	–
Cactus	–	–	576	–	–
Straw	178	178	178	–	–
<i>Atriplex</i>	372	352	31	18.5	ns
Total	550	804	1064	24.3	***
OM intake (g/kg W ^{0.75})					
Barley	–	23.6	–	–	–
Cactus	–	–	52.1	–	–
Straw	17.9	15.3	16.1	–	–
<i>Atriplex</i>	37.4	30.4	28.2	1.74	**
Total	55.4	69.2	96.4	2.38	***
Daily gain (g/day)	40	19	24	6.7	***

The differences between DM and OM mean digestibility of unsupplemented and supplemented diets were significant. The differences between barley and cactus supplemented diets were not significant ($P>0.05$). Barley supply had no effect on CP digestibility. However, cactus supply significantly reduced CP digestibility. Using barley or cactus as supplements to *Atriplex*-based diets had no major effect on the N value of the diet, but it significantly improved the energy value of the diet, as indicated by the amount of DOMi (Table 8).

Table 8. Digestibility of *Atriplex*-based diets supplemented with barley or cactus

	Type of supplement			E
	Control	Barley	Cactus	
Diet digestibility (%)				
DM	71.0	76.0	76.8	1.38
OM	67.8	75.1	79.4	2.00
CP	82.2	80.5	76.9	1.34
Feed value (g/kg W ^{0.75}) ¹				
DOMi	37.5	52.0	76.7	2.58
DCPi	8.5	9.4	7.3	0.45

1. DOMi: digestible organic matter intake; DCPi: digestible crude protein intake.

In conclusion, the preliminary results obtained in this study suggested that extra energy supply is necessary for improving the nutritive value of *Atriplex*-based diets. Animals on an unsupplemented diet (control) lost weight despite a positive nitrogen balance during the last 8 days of the experiment. The loss in body weight was primarily due to an insufficient supply of energy. Additionally, owing to its high nitrogen solubility, *Atriplex* cannot provide bypass protein. In this case, the amount of amino acids at the level of the intestine might be low, resulting in a significant decrease in animal growth. We cannot discount the possibility that the large amount of sodium (and probably oxalates) provided by *Atriplex* affected nutrient metabolism and thus sheep performance. The further analyses being conducted in our laboratory (fibre digestibility, ash balance, N balance, water intake, microbial synthesis) may provide consistent explanations for some trends observed in this experiment.

References

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA

Makkar P.S.H., and Goodchild V. A. 1996. *Quantification of Tannins: A Laboratory Manual*. ICARDA, Syria.

SAS. 1987. Procedures guide for personal computers, version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Burkina Faso

Les espèces fourragères forestières dans les systèmes de production au Burkina Faso: préférences et critères de choix des paysans

Sibiri Jean Ouedraogo, Catherine Ky/Dembele et Aimé J. Nianogo

INERA, BP 7192, Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé

L'avenir des écosystèmes forestiers et de leurs composantes repose sur leur capacité à couvrir les besoins fort évolutifs des utilisateurs. Leurs potentialités s'apprécient par rapport à leur robustesse et à leur souplesse à satisfaire les réalités sociales, économiques et culturelles auxquelles sont confrontés les producteurs des pays de la zone soudano-sahélienne. De nombreux travaux de botanistes, d'ethnobotanistes, de sylviculteurs, de biologistes ont été conduits sur les espèces locales par diverses équipes au Burkina Faso. Ces travaux relativement disparates se sont intensifiés dès les années 80 avec la recherche agroforestière. Quelques acquis sont enregistrés dans ces domaines, notamment sur les usages, les techniques sylvicoles, les préférences paysannes par rapport aux espèces autochtones, aux besoins d'amélioration et d'enrichissement des populations d'espèces. Cela a permis, au niveau national, d'élaborer des programmes prioritaires de conservation et d'amélioration génétique des espèces d'intérêt. Parmi les préférences et les besoins des producteurs, les préoccupations d'autosuffisance alimentaire et d'augmentation des revenus monétaires pèsent sur la hiérarchisation des espèces d'intérêt agroforestier. En ce qui concerne la sylviculture, la technique de production en pépinière est maîtrisée pour de nombreuses espèces. Cependant, les techniques de gestion des arbres et les connaissances biologiques restent très insuffisantes. Quant à l'amélioration génétique, les travaux sont à leur début et les stratégies restent à affiner pour répondre aux exigences à la fois de la production et de la protection.

Mots clés : Burkina Faso; parc agroforestier; espèce agroforestière; priorités paysannes.

Abstract

The future of forestry ecosystems and their components rest on their capacity to meet the changing needs of the users. Their potential benefits are appreciated in relation to the strength and adaptability of the system with regard to the social, economic and cultural realities facing producers in the soudano-sahelian zone. Many studies by botanists, ethnobotanists, forest plant breeders and biologists have been carried out on local species by various teams in Burkina Faso. These studies, though not always well connected were intensified by the early 80s with agroforestry research. As a result, a number of achievements have been noted in these areas, especially on indigenous plant utilization, forestry technology, producers' preferences with regard to local plant species, genetic improvement needs, and plant population diversity. These were used to elaborate priority programs for conservation and improvement of species of interest at national level. Investigations on producers' preferences and needs indicate that their classification is mostly based on food security and cash income concerns. Regarding forest plant production, people are very familiar with plant nursery techniques for some species. However, tree management techniques and knowledge in biology remain quite scanty. As far as genetic improvement is concerned, research is just beginning and strategies need to be refined to meet both production and protection demands.

Key words: *Burkina Faso; agroforestry park, agroforestry species, farmers' priority.*

1. Introduction

En zone soudano-sahélienne, la politique forestière est restée longtemps marquée par des stratégies de protection (forêts classées, parcs nationaux et réserves de faune, etc.). Les sécheresses des années 70 ont entraîné la mise en œuvre de programmes de plantation d'espèces à croissance rapide pour répondre aux besoins de production de bois d'énergie.

Ces dernières années, l'accent porte de plus en plus sur les rôles multiples de l'arbre par la prise en compte des préoccupations et du savoir-faire paysans dans les différents domaines de la recherche forestière.

Ainsi, la contribution du secteur forestier n'est plus limitée au seul rôle de sauvegarde du patrimoine

phytogénétique par la protection ; elle touche aussi à une conciliation étroite des objectifs d'autosuffisance alimentaire, de sources de revenu et de lutte contre la désertification. En effet, ces formations végétales et plus particulièrement la composante « arbre », regorgent d'énormes potentialités d'amélioration des conditions économiques, sociales et environnementales des populations locales. Parmi ces espèces, on note les ligneux fourragers qui semblent de plus en plus adaptés à la satisfaction de ces besoins, contribuant ainsi à l'amélioration des conditions de production et des conditions de vie des producteurs de la zone soudano-sahélienne.

Les graminées foisonnent en saison pluvieuse et constituent l'essentiel de l'alimentation du bétail. En revanche, en saison sèche, ces herbacées deviennent non seulement rares (feu de brousse, surcharge des pâturages, etc.) mais aussi peu nutritives. A cette période de l'année, les ligneux constituent un appoint alimentaire extrêmement important pour le bétail.

Cependant, la mise en œuvre de ces nouvelles stratégies se heurte à divers obstacles dont certains ont trait à l'insuffisance de connaissances en phase avec les priorités et au niveau du savoir faire des utilisateurs des produits, la paysannerie ou les industriels. La question essentielle, à ce jour, est de savoir quelles espèces ou quels caractères améliorer en vue de répondre aux besoins des utilisateurs.

Ainsi, dans le cadre des activités du réseau SALWA, des enquêtes ont été réalisées en 1997 pour la mise en place de programmes prioritaires de conservation, de valorisation et d'amélioration des espèces agroforestières.

La présente communication est consacrée aux résultats enregistrés sur les espèces fourragères.

2. Zone d'étude

L'étude a été conduite au Burkina Faso dans les trois zones écologiques (GUINKO 1984), à savoir:

- La zone sahélienne caractérisée par une pluviométrie annuelle inférieure à 600 mm ; les parcs agroforestiers sont marqués ici à côté de l'habitat par la présence de *Faidherbia albida*, *Acacia raddiana*, *Balanites egyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*.
- La zone nord-soudanienne caractérisée par une pluviométrie comprise entre 600 mm et 850 mm, l'omniprésence d'un couvert arboré dans les champs ou système parc.
- La zone sud-soudanienne où la pluviométrie annuelle oscille entre 900 mm et 1300 mm avec des paysages parcs diversifiés caractérisés par les parcs à rônier, à karité, à néré et des vergers.

3. Méthodologie et choix des sites

L'approche retenue pour la conduite de l'étude est la méthode d'enquête par questionnaires semi-structurés. Trois critères de stratification ont été retenus pour le choix des sites, à savoir la densité de la population, la fréquentation du marché et le groupe ethnique dominant. Compte tenu de ces paramètres, l'étude a porté sur :

- un échantillon de 20 villages dans la zone nord-soudanienne dominée par les parcs à *Faidherbia albida*, à *Parkia biglobosa* (nééré) et à *Vitellaria paradoxa* (karité) ;
- un échantillon de quatre villages dans la zone sahélienne dominée par les parcs à épineux et à *Hyphaene thebaica*;
- un échantillon de trois villages dans la zone sud-soudanienne où dominent les parcs à néré, à karité et à rônier (*Borassus aethiopicum*).

4. Collecte et analyse des données

Les enquêtes formelles ont été conduites par une équipe pluridisciplinaire composée d'un agronome, d'un sociologue, d'un écologue, d'un forestier et d'un ethnobotaniste.

Dans chaque village, trois groupes (personnes âgées, adultes et femmes) ont été constitués pour les enquêtes. Chaque groupe interviewé fournit une liste de 15 espèces agroforestières les plus importantes puis en classe les 10 plus importantes.

Le formulaire d'enquête comprend 4 volets sur la «prioritisation des espèces agroforestières» :

- l'identification et le classement des ligneux prioritaires;
- la diversité et l'intensité des usages des espèces suivant huit types d'usage : alimentation, fourrage, médecine, fertilisation, énergie, construction, artisanat et autres; et
- les souhaits d'amélioration de la production des dix premières espèces agroforestières et les critères

de choix.

- l'évaluation des connaissances traditionnelles des paysans sur les espèces fourragères et fruitières dans le but de définir les critères de sélection

Les données recueillies ont été saisies et interprétées par village, par province et par zone d'étude.

5. Résultats et discussions

5.1. Hiérarchisation des espèces ligneuses dans les terroirs enquêtés

Les enquêtes conduites dans les trois zones écologiques ont permis de recenser plus de 70 espèces agroforestières. Ainsi, au niveau du système nord-soudanien, 63 espèces ont été citées, contre 41 et 37 respectivement dans les systèmes sud-soudanien et sahélien .

Les notes (de 1 à 10) attribuées aux 10 premières espèces par les enquêtés ont permis de dresser la liste des espèces prioritaires par ordre d'importance au niveau de la province, puis au niveau de la zone (Tableau 1).

La hiérarchisation des espèces, effectuée sur la base de la note totale de chaque espèce dans la province, montre que les 10 premières espèces dépendent de chaque province (Tableau 1).

Ce classement constitue une vision d'ensemble de la situation. Des variations s'observent souvent dans l'ordre établi par les groupes d'interview (femmes, vieux et jeunes) et dans les terroirs. Dans le sud-ouest par exemple, où le système est marqué par le parc à rônier, celui-ci ne fait partie des six premières espèces prioritaires des femmes que dans un seul terroir (Lebroudougou). Cela s'explique par la proximité d'un centre commercial, la ville de Banfora, où les produits de l'artisanat, notamment la vannerie à base de palmes de rônier, activité féminine, est une source importante de revenu.

Au Sahel, dans un terroir comme Korea situé à une dizaine de km de Dori, *F. albida*, *Hyphaene thebaica* et *Adansonia digitata* sont, dans l'ordre, les espèces prioritaires. Les deux premières constituent de véritables sources de revenu pour ce terroir proche de la ville de Dori ; les gousses de *Faidherbia* sont utilisées pour l'embouche ou vendues directement, le palmier doum, très utilisé dans l'artisanat et ses fruits comestibles, sont vendus dans le commerce.

Tableau 1. Hiérarchisation des 15 espèces de parc suivant les préférences des paysans par zone

N°	None Sahel	Zone Centre	Zone sud-soudanienne
1	<i>Adansonia digitata</i> *	<i>Vitellaria paradoxa</i> *	<i>Parkia biglobosa</i>
2	<i>Ziziphus mauritiana</i> *	<i>Parkia biglobosa</i> *	<i>Vitellaria paradoxa</i>
3	<i>Balanites aegyptiaca</i> *	<i>Lannea microcarpa</i>	<i>Borassus aethiopium</i>
4	<i>Acacia nilotica</i>	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Mangifera indica</i>
5	<i>Faidherbia albida</i>	<i>Adansonia digitata</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
6	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Bombax costatum</i>	<i>Anacardium occidentale</i>
7	<i>Diospyros mespiliformis</i> **	<i>Acacia albida</i>	<i>Tamarindus indica</i>
8	<i>Sclerocarya birrea</i> **	<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Adansonia digitata</i>
9	<i>Boscia senegalensis</i> ***	<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Citrus sp</i>
10	<i>Hyphaene thebaica</i> ***	<i>Diospyros mespiliformis</i>	<i>Faidherbia albida</i>
11	<i>Piliostigma reticulatum</i> ****	<i>Detarium microcarpum</i>	<i>Blighia sapida</i>
12	<i>Acacia senegal</i> ****	<i>Sclerocarya birrea</i>	<i>Vitex doniana</i>
13	<i>Bauhinia rufescens</i> ****	<i>Saba senegalensis</i>	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>
14	<i>Grewia sp</i> ****	<i>Acacia macrostachya</i>	<i>Pterocarpus erinaceus</i>
15	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	<i>Ceiba pentandra</i>

* espèces ex aequo dans les notes

Ce cas indique combien les potentialités endogènes sont parfois des facteurs importants de variation des préférences de la population. La demande (disponibilité de marché) et l'accessibilité aux produits de l'espèce constituent des facteurs qui s'influencent mutuellement et conditionnent le choix de chaque groupe social.

Dans les terroirs de Wolonkoto et de Siniama du sud-soudanien, les femmes ne classent pas le rônier parmi les espèces de haute priorité ; cela s'explique par le fait que l'homme gère et est propriétaire de la quasi-totalité des productions de cette espèce. La commercialisation des produits issus des palmes est peu

développée dans ces terroirs.

5.2. Espèces fourragères importantes dans les zones soudano-sahélienne et sahélienne

Trente trois (33) espèces ont été citées sur l'ensemble des trois sous-systèmes d'utilisation des terres du Plateau central. Voici la classification établie en fonction de la fréquence de citation (tableau 2) :

Tableau 2. Principales espèces fourragères du Plateau central

Espèces	Fréquence de citation		
	Centre	Est	Ouest
<i>Acacia albida</i> *	22	–	1
<i>Acacia nilotica</i> *	3	–	–
<i>Acacia pennata</i>	1	4	1
<i>Acacia senegal</i> *	1	1	–
<i>Acacia seyal</i> *	6	1	–
<i>Acacia sieberiana</i>	4	–	–
<i>Adansonia digitata</i>	–	1	–
<i>Azizelia africana</i>	7	–	–
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	–	2	–
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5	4	–
<i>Bombax costatum</i>	3	–	1
<i>Butyrospermum paradoxu</i>	1	–	–
<i>Capparis corymbosa</i>	1	–	–
<i>Celtis integrifolia</i>	2	–	–
<i>Diospyros mespiliformis</i>	1	–	1
<i>Ficus capensis</i>	1	1	–
<i>Ficus iteophylla</i>	4	–	–
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	11	3	–
<i>Ficus glumosa</i>	1	–	–
<i>Guiera senegalensis</i> *	–	1	–
<i>Khaya senegalensis</i> *	–	–	1
<i>Lannea microcarpa</i>	10	1	–
<i>Mitragyna inermis</i>	3	–	0-
<i>Parkia biglobosa</i> *	4	–	–
<i>Piliostigma reticulatum</i> *	1	–	1
<i>Pterocarpus erinaceus</i> *	2	–	–
<i>Pterocarpus lucens</i> *	8	–	–
<i>Sclerocarya birrea</i>	7	–	–
<i>Securidaca longepedunculata</i>	3	–	–
<i>Stereospermum kunthianum</i>	–	1	–
<i>Tamarindus indica</i>	1–	2	–
<i>Vitex doniana</i>	1	1	–
<i>Ziziphus mauritiana</i> *	10	1	–

* Espèce améliorante

Il ressort de ce tableau que les espèces les plus importantes sont:

- pour le sous-système du centre: *Acacia albida*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Ziziphus mauritiana*, *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens*;
- pour le sous-système de l'est: *Balanites aegyptiaca*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*; et

pour le sous-système de l'ouest: *Acacia albida*, *Piliostigma reticulatum*, *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Ficus iteophylla*, *Bombax costatum* et *Acacia pennata*.

Toutes ces espèces sont actuellement utilisées. Par ailleurs, on constate que les espèces fourragères sont plus importantes dans les systèmes du centre et de l'est.

Les producteurs reconnaissent l'existence d'une variation intraspécifique de la qualité fourragère. Cette variation s'observe par la différence d'appétibilité, la taille des feuilles et des graines, la niche, l'âge des arbres, l'importance du feuillage et la production fruitière.

Suivant les usages des espèces fourragères, *Ziziphus mauritiana*, *Balanites aegyptiaca*, *F. albida* et *Acacia nilotica* présentent les plus fortes fréquences dans les zones nord-soudanienne et sahélienne (tableaux 3 et 4). On note la multitude des usages reconnus par les producteurs pour des espèces telles que *Ziziphus*, *Balanites aegyptiaca* et *Adansonia digitata*.

Tableau 3. Fréquence des usages cités par espèce fourragère dans la zone nord-soudanienne (en % des enquêtés)

Espèces/Usages	Alimentaire	Fourrage	Médicinal	Fertilisation	Energie	Construction	Artisanat	autres
<i>Faidherbia albida</i>		18	19	18	8			2
<i>Adansonia digitata</i>	52	17	25	8	5	2	13	8
<i>Balanites aegyptiaca</i>	25	14	14	12	8	1	11	7
<i>Bombax costatum</i>	35	18	30	10	10	1	20	11
<i>Tamarindus indica</i>	45	15	51	8	23	10	17	25
<i>Z. mauritiana</i>	29	14	18	7	12	6	5	9

Tableau 4. Fréquence des usages cités par espèce fourragère pour la zone sahélienne (en % des enquêtés)

Espèces/Usages	Alimentaire	Fourrage	Médicinal	Bois de feu	Artisanat
<i>Acacia Acacianilotica</i>	0	61	61	23	46
<i>Acacia senegal</i>	23	15	15	0	0,7
<i>A. digitata</i>	85	23	85	0	31
<i>Balanites aegyptica</i>	100	77	100	38	38
<i>Boscia senegalensis</i>	38	23	38	0	0
<i>D. mespiliformis</i>	46	23	31	0	0
<i>F. albida</i>	0	77	61	15	15
<i>S. birrea</i>	31	31	23	0	0,7
<i>T. indica</i>	54	31	54	0	0,7
<i>Z. mauritiana</i>	100	92	92	15	0,7

5.3. Critères d'évaluation et de choix des espèces fourragères par les paysans

Les principaux critères de choix pour une bonne espèce fourragère sont par ordre d'importance :

- l'appétibilité (100 % des enquêtés)
- la réponse animale (52 %)
- les vertus médicinales (22 %)
- la pérennité des feuilles (22%)
- la non toxicité des parties consommées (17 %)
- la consommation importante d'eau après ingestion du fourrage de l'espèce (13 %)
- et la production de lait (13 %) (tableau 5).

Tableau n° 5: Fréquence des critères de choix des espèces fourragères par sous-système

Critères de choix F	Fréquence/Plateau central
Croissance de l'animal	2
Stimulation de l'appétit	1
Bon rendement	1
Appétibilité	19
Fertilisation du sol	1
Affluence des animaux	3

Facilité d'accès	2
Chute facile des feuilles et des fruits	1
Non toxicité	3
Vertus médicinales	4
Fréquence	1
Qualités nutritives	2
Constant par tradition	1
Grosseur et force des animaux	12
Nombre élevé de branches et de feuilles	3
Production élevée de fruits	1
Absence ou rareté des épines	1
Perennité des feuilles	4
Embellissement de l'apparence physique	1
Bois de feu	1
Production de lait	2
Disponibilité de l'espèce	1
Forte consommation d'eau après consommation de l'espèce	3

Mais au-delà du choix, ces espèces ligneuses n'ont pas été plantées en vue de la production de fourrage. Les principales raisons évoquées pour expliquer cet état de choses sont les suivantes:

- leur présence en brousse ou dans les champs
- le manque d'information sur les possibilités de plantation
- la non disponibilité de plants
- les problèmes de protection
- la non maîtrise des techniques de production.

D'autres problèmes sont rencontrés par les producteurs, tels que le dessèchement consécutif au manque d'eau, la pratique des feux de brousse, la coupe abusive des arbres et les conflits liés à la divagation des animaux.

Les résultats présentés au tableau 5 indiquent que les critères les plus discriminants sont l'appétibilité des espèces, la vigueur ("grosueur" et force) des animaux, la vertu médicinale et la pérennité des feuilles.

6. Conclusion

Les résultats enregistrés sur les préférences paysannes en matière d'espèces agroforestières fourragères indiquent que les paysans peuvent définir clairement leurs préférences et leurs besoins d'amélioration en ce qui concerne les ligneux.

Si des espèces comme le karité ou le néré sont de première priorité en zone soudanienne, les paysans de la zone sahélienne allient intimement fruitiers, fourragers et production « légumière ». *Adansonia digitata*, *Ziziphus mauritiana* et *Balanites aegyptiaca* sont considérées comme les espèces les plus importantes.

Cependant, cette hiérarchisation peut évoluer suivant de nombreux facteurs tels que les nouvelles données économiques, le poids social et le statut foncier si des mesures d'accompagnement telles que la meilleure connaissance scientifique, la sécurité foncière, la valorisation des produits, etc. ne permettent une sauvegarde de ce patrimoine végétal.

En effet, il est nécessaire que l'héritabilité des différents caractères de ces espèces (adaptation, production et qualité des produits) soit évaluée afin d'asseoir un programme de sélection approprié et de mise en place de banques de gènes pour ces espèces importantes. De telles mesures nous mettront à l'abri des érosions génétiques qui peuvent compromettre la survie de quelques espèces de valeur économique et écologique.

Enfin, il paraît important de souligner l'impérieuse nécessité de valoriser et d'acquérir une maîtrise technique de la gestion durable de ce patrimoine. Cela suppose la mise en œuvre d'une stratégie concertée à l'échelle de l'aire de répartition des espèces pour l'espace géographique d'actions.

Références bibliographiques

Aubreville A., 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne. Société d'éditions géographiques, maritimes et

coloniales, Paris, 523 pages.

Bernard A., 1937 - Afrique septentrionale et occidentale. 3è partie : L'Afrique Occidentale - Les conditions naturelles. Géo. Univer. Tome XI. Ed. Armand Colin Paris. pp 395-419.

Depommier D., 1995 - Arbres et arbustes à usages multiples des parcs à Faidherbia de Dossi et de Watinoma, Burkina Faso: Fiches synthétiques des 30 principales espèces associées à Faidherbia albida. CIRAD-FORET/IRBET.

Deverin-Kouanda Y., 1992 - Le corps de la terre - *moose* de la région de Ouagadougou. Représentations et gestion de l'environnement. Thèse, Paris 11, Vol 1, 357pages.

Guinko S., 1998 - La diversité des ressources génétiques forestières du Burkina Faso, Quelques aspects de leur conservation et de leurs utilisations. Communication à l'Atelier régional sur les ressources génétiques forestières en Afrique sahélienne et Madagascar, Ouagadougou, IPGRI/CNSF, mars 1998

Kaboré Oger, 1987 - L'arbre dans la pensée symbolique chez les *moose*: l'exemple du néré, du karité et de l'*Acacia albida*. Communication au Séminaire national sur les essences forestières locales. Ouagadougou. : 34–45.

Nikiema N., Ouédraogo S. J. Et Boussim J., 1998 - Conservation et utilisation des ressources génétiques forestières. Rapport national. MEE. 24 pages. Document de travail.

Ouédraogo S.J., 1994 - Dynamique et fonctionnement des parcs agroforestiers traditionnels du Plateau-central burkinabè : influence des facteurs biophysiques et anthropiques sur la composante arborée. Thèse Univ. Paris 6. 207 p.

Annexe 1.

Espèces importantes, leurs principaux usages et les menaces qui pèsent sur elles (Nikiema et al. 1998)

Eespèce	Alimentaire	Médicinale	Fourragère	Mellifère	Bois d'œuvre et service	Associé aux cultures	Autres	Facteurs de menaces
<i>Balanites aegyptiaca</i> **	xx	x	x			xx	xx	Sécheresse, bétail
<i>Faidherbia albida</i> ***	xx	x		x				Sécheresse, feux
<i>Sclerocarya birrea</i> *	xx	x	x		x	xxx	x	Sécheresse, champ
<i>Ziziphus mauritiana</i> *	xxx		xx			xxx		Sécheresse, exploitation
<i>Bombax costatum</i> +*	xx	x	x	x	x	x		Sécheresse, exploitation
<i>Boscia senegalensis</i> *	xx	x	x					Sécheresse, pratiques, élevage
<i>Vitex doniana</i> **	x	x	x	x				Désertification

* espèce très sollicitée

** espèce qui sera très sollicitée dans l'avenir

*** espèce très exploitée aujourd'hui

X espèce utilisée localement

XX espèce localement menacée

XXX espèce faisant l'objet de commerce transfrontalier

Annexe 2.

Usages et sylviculture de quelques espèces fourragères forestières importantes au Burkina Faso

1. *Balanites aegyptiaca* (Linn.) DELL

Famille: Simaroubaceae

Nom bwamu: N'yétemou
Nom moré: Keglega
Nom français: Dattier du Sahel

Produits et usages de l'espèce (Depommier 1995)

Fruits

L'espèce est généralement conservée pour ses fruits dont on consomme la pulpe et l'amande. Ceux-ci, à la fois sucrés et amers, sont sucés comme des bonbons par les enfants mais aussi par les adultes. Ils sont également donnés aux vaches et brebis en période de lactation. Les gaines, riches en huile, sont comestibles et parfois ajoutées aux noix de karité, le tout étant transformé en beurre.

Feuilles et fleurs

Dans certains terroirs, l'exploitation des feuilles, et parfois des fleurs, peut être plus importante que celle des fruits. Les feuilles sont récoltées jeunes, consommées comme légumes ou en sauce avec le petit mil ; elle entrent également dans la préparation de pâte à beignet. La production est quelque fois partiellement vendue, procurant des revenus monétaires supplémentaires aux femmes (quelque 2000 à 3 000 francs CFA/arbre). Les feuilles de *Balanites aegyptiaca* sont bien appréciées par le bétail et l'arbre est fréquemment émondé à des fins fourragères (les plus jeunes feuilles servent à l'alimentation humaine, les autres sont consommées par le bétail).

Bois et rameaux

Le bois, jaune clair, dense et résistant de l'arbre a de multiples usages en artisanat et en construction : manches d'outils, pilons, poutres de charpente. C'est un excellent bois de feu. Les branches et rameaux épineux servent à la construction de haies mortes très efficaces contre le bétail en divagation.

2. *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. (synonyme : *Acacia albida* Del.)

a. Importance et usages

Acacia albida est un arbre de 15 à 25 m (MAYDEL 1983). Il a un rythme phénologique inversé par rapport aux autres espèces caducifoliées des zones climatiques à saison sèche marquée. Il perd ses feuilles en saison pluvieuse et les retrouve en saison sèche. Il occupe essentiellement les zones semi-arides de l'Afrique occidentale où il se retrouve de préférence sur les espaces de culture, et de l'Afrique australe et orientale où il fait partie des nombreuses espèces de la végétation naturelle des bords de mares et de cours d'eau (BONKOUNGOU 1987 et CTFT 1988).

Outre ses propriétés de plante légumineuse fixatrice d'azote (FELKER 1978 cité par BONKOUNGOU 1987), *F. albida* aide à promouvoir le fonctionnement du cycle biogéochimique à travers la décomposition de sa litière, fournit une ombre bienfaitrice aux petits ruminants en période chaude de l'année et sert de perchoir privilégié aux oiseaux, contribuant ainsi à l'augmentation significative des rendements agricoles de 18 à 169 % pour le sorgho, les gains étant plus faibles sur sols fertiles (CTFT-GERES 1965 cité par DEPOMMIER (1992), de DEPOMMIER 1992a) et de SANOU (1993) et à l'amélioration des propriétés physico-chimiques des sols (POULAIN et DANCETTE 1968, DEPOMMIER 1992a). Son feuillage et ses fruits constituent un supplément fourrager d'excellente qualité pour les aux herbivores domestiques d'élevage (augmentation de 10 % de la capacité de charge -GERES cité par KHOLER 1971-) en période de disponibilités fourragères médiocres (CISSE et KONE 1991). En Afrique occidentale, ces mérites agronomiques sont connus depuis des siècles (IZARD-HERITIER et IZARD M. 1959; BONKOUNGOU 1987) par les agropasteurs, mais les services techniques s'y sont tardivement intéressés (BONKOUNGOU 1987). Il a fallu attendre jusqu'en 1984 pour voir naître au Burkina Faso un programme de recherche à long terme sur cette espèce.

Autres sages

- bois de chauffe et cendre utilisée pour la potasse.
- rôle d'ombrage au moment des grandes chaleurs quand les autres espèces ont perdu leur feuillage.
- qualités médicinales remarquables. *A. albida* semble élevé dans certaines localités uniquement à cette fin. C'est notamment le cas des villages gourounsi du Nazinon où l'on trouve de gros spécimen souvent solitaires à proximité des villages.

b. Sylviculture de l'espèce

Le mode d'élevage de *F. albida* en pépinière est aujourd'hui bien maîtrisé. Il en est de même de la technique de plantation en sachets plastiques. Considéré jusque-là comme une essence à croissance médiocre, quelques données semblent aujourd'hui prouver qu'il n'en est rien. En témoignent les hauteurs moyennes de 60 cm environ à 6 mois enregistrées à Gonsé pour les meilleures provenances (essai provenance 1986 Gonsé) et de plus de 2 m de à 12 mois de plantation pour des individus très vigoureux (essai agroforesterie).

3. *Ziziphus mauritiana* (Diblioni, 1997)

Famille: Rhamaceae

Nom moré: Mouniga

Nom français: Jujubier

Ziziphus mauritiana, fruitier sauvage à usages multiples, est une espèce ligneuse bien connue des paysans sahéliens et soudano-sahéliens du Burkina Faso. Elle fournit aux populations des fruits consommables directement ou sous forme de galettes et constitue également une source importante de revenus monétaires pour les populations du nord du pays qui acheminent des sacs pleins de fruits vers les centres commerciaux. En plus de son rôle alimentaire, *Ziziphus mauritiana* est utilisé en pharmacopée et ses feuilles constituent de bons fourrages.

L'espèce fait l'objet de recherche dans les stations et pépinières de recherche expérimentale situées dans les domaines phytogéographiques sahéliens et soudaniens à pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 800 mm.

Des essais comparatifs sont ainsi menés en vue de l'identification des provenances les mieux adaptées aux zones nord-soudanienne (Gonsé) et sahélienne (Djibo).

Les résultats enregistrés après 42 mois de suivi à Gonsé ont montré un excellent taux de levée en pépinière comme en station (plus de 90 %) pour toutes les provenances testées.

Les différentes provenances ont également présenté une bonne vigueur de croissance et le suivi phénologique a permis de noter les résultats suivants :

Feuillaison: La feuillaison se déroule de mi septembre à fin octobre et la défeuillaison va de mi décembre et à fin janvier.

Floraison: Le système de floraison varie selon la provenance. Les provenances d'Afrique fleurissent plus tôt (avec une abondante floraison) que celles originaires de l'Inde.

Fructification: Elle varie suivant les provenances. Les premières provenances débutent leur floraison la dernière décade d'août et atteignent la pleine floraison dès la 2ème décade de septembre. Les autres provenances débutent pendant la dernière décade de septembre pour atteindre la pleine floraison à la deuxième décade de novembre.

Production fruitière: Quelques individus de la plantation installée à Gonsé en 1989 ont commencé à fructifier un an après la plantation. En 1992, les meilleures provenances étaient en production à 80 p. cent.

En conclusion, les travaux menés à présent sur l'espèce visent à identifier des clones performants et à essayer de fixer des caractères héréditaires en vue d'établir des banques de clones (greffés ou bouturés) d'arbres sélectionnés dans le peuplement semencier pour la mise en place d'une nouvelle population d'amélioration.

Niger

Foraging Behaviour of Cattle, Sheep and Goats in Sidi Koira, Niger River Valley

S. Issa, M. B. Yakouba, O. A. Djibrillou, O. Bachir, N. Abdou and M. Korao

Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger

Introduction

Fodder trees and shrubs are a vital element of livestock productivity in arid and semi-arid zones. In the Sahel, they supply the bulk of the nutritive requirements for goats and camels and complement cattle and sheep diet with protein, vitamins and mineral elements, especially during the dry season. The contribution of browse to animal feeding could partly be evaluated by studying the feeding behaviour of animals. This paper presents the results of a study on the feeding behaviour of cattle, sheep and goats in their natural environment.

Materials and methods

Experiment site

The study was carried out in Sidi Koira, a settled Fulani village in the Niger River valley, 50 km west of Niamey. The mean annual rainfall is 600 mm, with most of the rain occurring between June and September and the remaining months normally being dry. In this area, the main rangeland components are natural fallow with herbaceous plants, and cultivated fields where animals graze millet and sorghum straw after harvest.

Method

A mixed herd of 22 heads of cattle, 15 sheep and 12 goats was chosen for the study. Dicko-Touré (1980) and Dicko et al (1983) have described the methodology of this type of study in detail. It consists of following a mixed flock of cattle, sheep and goats over 5 consecutive days and recording the duration of grazing, ruminating, walking, resting and drinking by four animals of each species. The focal animals are randomly chosen and each one identified by a piece of coloured cloth. The observations are made always on the same animals.

Each focal animal was followed by one observer from 0800 h to 1800 h, and data on the animal behaviour was recorded at 15 minute intervals during grazing periods. The distance covered in 1 minute by each focal animal was recorded. The observers' steps, calibrated for each person's average stride length over 1 km, were used to calculate the distance covered by each animal in 1 minute. Thereafter, the distances were converted to speed (km/h). During the study, the pasture biomass was also estimated by cutting the herbaceous biomass in 5 squares of 1m² each, within the same path.

Results and discussion

Feeding Behaviour of the Herd

In this study, cattle, sheep, and goats devote an average of 8h15 minutes to grazing, walking,

drinking, ruminating and resting activities. The amount of time spent on these different activities was significantly different between the animal species $\alpha = 0.05$, $K_i^2 = 47.17$). For example, goats devoted more time to grazing and walking than cattle and sheep, cattle and sheep devoted more time to ruminating than goats, sheep and goats devoted more time to resting than cattle (Table 1).

Table 1. Time devoted to different activities by cattle, sheep and goats at Sidi Koira, November 1998

Activity	Cattle		Sheep		Goats	
	h:min	%	h:mim	%	h:min	%
Walking	0:59	11.8	1:00	12.62	1:34	18.88
Grazing	5:43	68.86	5:26	66.58	5:50	70.00
Drinking	0:12	2.44	0:06	1.34	0:07	1.49
Ruminating	1:16	15.38	1:09	14.15	0:32	6.54
Resting	0:07	1.50	0:27	5.62	0:15	3.17
Total	8:19	100.00	8:09	100	8:21	100

Feeding preferences of animals

The 3 animal species devoted an average of 5 hours and 40 minutes to grazing in the day (0800 h to 1800 h). The time devoted to grazing different types of forage was significantly affected by animal species $\alpha = 0.05$, $K_i^2 = 445.43$). Sheep grazed herbs more than cattle and goats. Cattle devoted more than one-third of their grazing time to cereal straw, while goats devoted 30.29% of their grazing time to fodder trees, particularly *Balanites aegyptiaca* and *Acacia* spp.

Table 2. Time devoted to grazing different types of fodder by cattle, sheep and goats at Sidi Koira, Say

Activity	Cattle		Sheep		Goats	
	h:min	%	h:mim	%	h:min	%
Herbs	3:18	57.7	24:47	88.30	3:24	58.29
Straw	1:57	34.10	0:05	1.54	0:03	0.86
<i>Sida cordifolia</i>	0:11	3.20	0:21	6.46	6:46	5.14
<i>Balanites aegyptiaca</i>	–	–	–	–	1:03	18.00
<i>Acacia</i> spp	–	–	–	–	0:43	12.29
<i>Guiera senegalensis</i>	0:17	4.95	0:12	3.69	0:19	5.43
Total	5:43	100.00	5:25	100.00	5:50	100.00

Speeds and distances covered

The mean walking speed was 2.996 km/h for cattle, 2.420 km/h for sheep and 1.796 km/h for goats. The mean grazing speed was 0.710 km/h for cattle, 0.682 km/h for sheep and 0.49 km/h for goats. The results show that distances covered by cattle during grazing and walking are greater than those covered by sheep and goats (Table 3). The findings on grazing and walking speeds in cattle are similar to those of Dicko and Sangaré (1991) who studied foraging behaviour of cattle in semi-arid Mali.

Table 3. Speed (km/h) and distance covered (km) by cattle, sheep and goats in Sidi Koira, Niger, November 1998

--	--	--	--	--	--

Activity	Cattle		Sheep		Goats	
	speed	distance	speed	distance	speed	distance
Walking	2.996	2.942	2.420	2.428	1.796	2.834
Grazing	0.710	4.069	0.682	3.710	0.490	2.870
Mean	0.842	7.015	0.715	6.130	0.682	5.254

Description of rangelands in the study area

Browse. Shrubs constitute the main component of browse, with *Guiera senegalensis* predominating. With a density of 408 stems/ha, this species represents 98.75% of browse biomass (Table 4). The second and third largest biomass components were provided by *Hyphaene thebaica* and *Balanites aegyptiaca*, with densities of 1.94 and 1.72 stems/ha, respectively.

Species such as *Boscia senegalensis*, *B. angustifolia* and *Piliostigma reticulatum*, although known to be palatable, are scarce in this rangeland. Woody species like *Acacia nilotica*, *A. albida*, *Combretum glutinosum* and *Sclerocarya birrea* are very sparse in cultivated fields.

Table 4. Density of woody species in rangelands (stems/ha)

Species	Total	Shrubs	Trees	Density	%
<i>Guiera senegalensis</i>	7266	7266	0	403.66	98.75
<i>Balanites aegyptiaca</i>	31	23	8	1.72	0.42
<i>Combretum glutinosum</i>	11	1	10	0.61	0.0015
<i>Acacia nilotica</i>	6	1	5	0.33	0.0008
<i>A. albida</i>	4	1	3	0.22	0.0005
<i>Hyphaene thebaica</i>	35	33	2	1.94	0.0048
<i>Boscia angustifolia</i>	1	0	1	0.05	0.0001
<i>B. senegalensis</i>	1	0	1	0.05	0.0001
<i>Piliostigma reticulatum</i>	1	0	1	0.05	0.0001
<i>Sclerocarya birrea</i>	2	2	0	0.10	0.0003
Total	7358	7327	31	408.70	100.0000

Browse vegetative cover. Cover rate, height and diameter of browse varied considerably between species, with shrubs providing a large amount of biomass. Their diameter and their height ranged respectively from 2.36 to 2.93 m and from 2.07 to 2.79 m (Table 5).

Table 5. Browse vegetative cover rate for different species in Sidi Koira, Niger

Species	Shrubs	Trees	Diameter	Cover rate (%)	Height
<i>Guiera senegalensis</i>	7266	0	2.36 ± 1.04	0.052 ± 0.045	2.073 ± 0.49
<i>Balanites aegyptiaca</i>	23	8	2.93 ± 2.1	0.101 ± 0.143	2.79 ± 1.48
<i>Combretum glutinosum</i>	1	10	4.63 ± 0.99	0.175 ± 0.075	5.75 ± 1.32
<i>Acacia nilotica</i>	1	5	4.51 ± 1.79	0.18 ± 0.138	4.49 ± 1.43
<i>A. albida</i>	1	3	6.44 ± 2.12	0.426 ± 0.406	7.82 ± 3.83
<i>A. albida</i>	1	3	6.44 ± 2.12	0.426 ± 0.406	7.82 ± 3.83
<i>Hyphaene thebaica</i>	33	2	2.23 ± 1.13	0.045 ± 0.056	1.81 ± 1.83
<i>Boscia angustifolia</i>	0	1	3.30 ± 0.00	0.09 ± 0.00	5.15 ± 0.00
<i>B. senegalensis</i>	0	1	4.40 ± 0.00	0.15 ± 0.00	–
<i>Piliostigma reticulatum</i>	0	1	11.10 ± 0.00	0.97 ± 0.00	–

<i>Sclerocarya birrea</i>	2	0	2.40 ± 0.14	0.05 ± 0.005	–
---------------------------	---	---	-------------	--------------	---

Use of browse by animals. In spite of being extremely abundant, *Guiera senegalensis* was not very palatable to the animals. Goats devote 30% of their grazing time to eating *Balanites aegyptiaca* and *Acacia spp*, which represent less than 1% of all available browse.

Table 6. Availability and use of browse

Species	%	Cattle	Sheep	Goats
<i>Acacia spp</i>	0.0014	0.0	0.0	12.3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0.4200	0.0	0.0	18.00
<i>Hyphaene thebaica</i>	0.4800	0.0	0.0	0.0
<i>Guiera senegalensis</i>	98.7500	4.9	3.7	5.4

Pasture. The herbaceous flora is mainly composed of *Mitracarpus villosus*, *Eragrostis tremula*, *Ceratotheca sesamoïdes*, *Sida cordifolia*, *Andropogon gayanus*, *Schizachyrium exile*, *Evolvulus alsinoides*, *Sporobolus festivus*, *Alysicarpus ovalifolus*, *Aristida stipoïdes*, and *A. longiflora*.

In cultivated fields, the main species are *Eragrostis tremula* and *Mitracarpus villosus*, and in fallow areas *Sida cordifolia*, a weed which invades rangelands, and *Mitracarpus villosus*. In conclusion, another study should be conducted in the wet season to compare the animal activities during the different seasons and to obtain significant results.

References

- Blancou, J. et al (1978). 'Composition du pâturage naturel consommé par les bovins en milieu tropical : note sur une technique nouvelle'. Colloque international de recherche sur l'élevage bovin en zone tropicale humide. Bouaké, Côte d'Ivoire, pp.10.
- Dicko, M.S. 1980. The contribution of browse to cattle fodder in the sedentary system of the Office du Niger. In: Le Houerou, H.N. (cd). *Colloque international sur les ligneux en Afrique*. Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA), Addis Ababa, Ethiopia. pp. 307–313.
- Dicko, M.S. 1992. Nutrition and body condition of cattle. In: *Cattle production in the wetlands of Western Province of Zambia: a system analysis*. Royal Tropical Institute (KIT), Amsterdam, The Netherlands, p. 11.
- Dicko, M.S., J. Lambourne, P.N. de Leeuw, and C. de Haan. 1983. Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali: resultants preliminaries. CIPEA rapport de recherche no. 5. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. P. 96–101.
- Dicko, M.S. and M. Sangaré. 1991. Foraging behaviour of cattle in their natural environment in semi-arid Mali: speed of grazing and rate of mouthfuls. IV^e Congrès International des terres de parcours, Montpellier, France, 1991. 625–628 p.
- Gourgoudou, H. 1998. Mémoire de fin d'étude. Thème: Développement d'une méthode d'appréciation de l'état corporel des bovins au Niger. Institut Polytechnique Rural / Institut de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA). p. 36
- Guerin, H. 1988. Régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins et caprin) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire: facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnels. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* (4) : 427–440.

Genetic Variation in Fodder Quality Traits of *Combretum aculeatum* Foliage

Salvador Fernández-Rivera^{1,2} and John Weber³

¹ International Livestock Research Institute, BP 12404, Niamey, Niger

² Current address: ILRI, PO Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia

³ International Centre for Research in Agroforestry, AP 410121, Lima 41, Peru

Introduction

Planting trees and shrubs as wind-breaks, live fences or fodder banks can contribute to the improvement of soil fertility and crop, fuel-wood, food and fodder production in the Sahel. The benefits from such intervention would be enhanced if the introduction of trees and shrubs is based on adapted germplasm with superior performance for desired traits. This approach is supported by the genetic variation observed for phenological and fodder quality traits in trees (Arya *et al.*, 1995; Dangasuk *et al.*, 1997). The potential impact of planting fodder trees and shrubs on livestock production can be substantial, since these plants are important sources of nutrients for animals, in particular at the end of the dry season when herbaceous forages are exhausted. *Combretum aculeatum* is a broadly distributed indigenous species in the Sahel (von Maydell, 1983). It is appreciated for its nutritive value (Le Houérou, 1980; von Maydell, 1983; Ouedrago, 1992) and also for its palatability to stall-fed (Höfs, 1992) and browsing (M. Sangare, ILRI-Niger, unpublished data) sheep. However, little is known about the factors influencing its forage quality and the potential for selecting superior provenances or genotypes. The objective of this study was to evaluate the provenance and genetic variability in fodder quality traits of *C. aculeatum* for the purpose of identifying geographic sources of tree genotypes with superior fodder quality.

Materials and methods

Seeds of 60 trees of *C. aculeatum* were collected during 1993 in a 100-km long and 20-km wide area along the Niger river, as part of a germplasm collection and evaluation program led by the International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). According to their collection site, the 60 trees were grouped into seven Provenances. Half-sib families were produced from the seeds of each tree by growing them in a nursery. Three trees of each half-sib family were transplanted to each of six fields (replicates) in Sadore, Niger. In order to evaluate feed quality of the leaves, all trees in three replicates were completely defoliated during the dry season of 1994, and all trees in the six replicates were completely defoliated in the following rainy season. This report presents the results obtained from the defoliation during the dry season. Since at the time of defoliation not all trees had survived, only the provenances that had at least two families represented by at least one tree in at least two replicates were included in the evaluation. In total, four provenances (1, 2, 3 and 5) including 36 families represented by 268 trees across the three replicates met this condition. The distribution of families within provenances that were included in this study is shown in Table 1.

Table 1. Number of provenances and half-sib families of *Combretum aculeatum* evaluated for fodder quality traits

Provenance Number	No. of families	Families represented in each replicate		
		1	2	3
1	12	11	9	12
2	9	9	7	9
3	8	8	7	8

	5	7	7	5	7
Total:	4	36	35	28	36

The leaves were placed in an ice container immediately after defoliation and then frozen until they were dried at 55°C for 48 h and ground to pass through 1 mm sieve. Samples of individual trees were analyzed in duplicate for dry (DM) and organic (OM) matter, crude protein, phosphorus and neutral detergent fiber (NDF) (Technicon, 1977; van Soest *et al.*, 1991). Duplicate sub-samples per tree were also evaluated for gas release *in vitro* (Menke *et al.*, 1979). Organic matter digestibility (OMD) was determined from the volume of gas released by incubating samples of standard fodder trees for which *in vivo* OMD was known and regressing *in vivo* OMD (g/kg) on volume of gas (ml/g OM) produced at 96 h of incubation. The equation estimated from the four tree standards in three incubations and used to predict OMD from gas released at 96 h was:

$$\text{OMD (g/kg)} = 0.01 (\pm 9.59) + 2.07 (\pm 0.05) \text{ Gas (ml/g OM)}; r^2=0.99, P<0.01$$

This equation was also used to estimate the proportion of OM digested at 4, 8, 12, 20, 24, 28, 32, 44, 48, 52, 56, 68, 72, 76, 80 and 96 h from the volume of gas released *in vitro* at these incubation times. For each individual tree, the values of OMD (Y, g/kg) estimated at each time of incubation (X, h) were fitted to the model:

$$Y = a + b (1 - e^{-cX})$$

where “a” (g/kg) is the fraction of the OM that is readily digested and “b” (g/kg) is the less soluble fraction of the OM digested at rate “c” (h^{-1}) (Ørskov and McDonald, 1979). The variance of crude protein, phosphorus, NDF, OMD, fractions “a” and “b” and the rate of digestion of fraction “b” was analyzed using the model:

$$Y_{ijk} = u + R_i + P_j + (R^*P)_{ij} + F(P)_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}$$

where Y_{ijk} is each of the response variables, R_i is the effect of Replicate, P_j is the effect of Provenance, $(R^*P)_{ij}$ is the effect of the interaction between Replicate and Provenance (used as error term to test the effect of Provenance), $F(P)_{k(j)}$ is the effect of half-sib Family nested within Provenance, and ε_{ijk} is the random experimental error used to test the effect of Family within Provenance. Simple correlation analysis was also performed with Family means among all quality traits and the amount of leaf dry matter produced at defoliation time. All statistical analyses were performed with SAS, using the NLIN (Marquardt) procedure for curve fitting and the GLM procedure for analyses of variance (SAS Institute, 1990).

Results

Across the 36 half-sib families (Table 2), the concentration (g/kg DM) of crude protein varied from 119 to 169 (mean 139) and that of phosphorus from 1.2 to 1.9 (mean 1.5). The relatively high concentrations of protein and phosphorus are due in part to the young age of leaves at defoliation time and indicate the importance of *C. aculeatum* as source of these nutrients for livestock in the dry season. Organic matter digestibility varied from 418 to 551 g/kg (mean 482 g/kg) and this was associated with a variation in the soluble fraction (fraction “a”) from 54 to 130 g/kg (mean 75 g/kg), in the slowly degraded fraction (fraction “b”) from 366 to 444 g/kg (mean 412 g/kg) and in the digestion rate of fraction “b” from 0.0328 to 0.0487 per h (mean 0.0412 per h). Across families, organic matter digestibility was correlated with fraction “a” ($r=0.47$, $P<0.01$), fraction “b” ($r=0.84$, $P<0.01$) and digestion rate ($r=0.24$, $P<0.02$), but not with protein ($P>0.34$). The concentration of NDF (269 to 315 g/kg DM, mean 298 g/kg DM) was relatively low, possibly due to the young age of the leaves at defoliation and to the presence of soluble poly-phenols (Hofs, 1992). Yield of dry matter at defoliation was not correlated

($P > 0.52$) with protein, phosphorus, organic matter digestibility, fraction “a”, fraction “b” or digestion rate (“c”).

Table 2. Overall, minimum and maximum means and standard error of the means for fodder quality traits in 36 half-sib families of *Combretum aculeatum*

Quality trait	Overall mean	Minimum mean	Maximum mean	SEM ^a
Protein ^d	139	119	169	7
Phosphoru ^{bd}	15	1.2	1.9	0.2
NDF ^{bd}	298	269	315	10
Fraction a ^e	75	54	130	9
Fraction b ^e	412	366	444	17
Dig. rate (c) ^f	0.0412	0.0328	0.0487	0.0030
OMD ^{ce}	482	418	551	19

a: Standard error of the means with 3 replicates per family

b: Neutral detergent fiber

c: Organic matter digestibility

d: g/kg dry matter

e: g/kg

f: Proportion per h

Provenance accounted only for 1 to 5% of the variation in fodder quality traits (Table 3). However, Family within Provenance accounted for 44% of the variation in protein and in the readily digested fraction (fraction “a”), 33% of the variation in organic matter digestibility and between 21 to 26% of the variation in other traits (Table 3). Although the effects of Family within Provenance on quality traits were significant ($P < 0.05$) only for protein and fraction “a”, the results from this study support the hypothesis that tree genotypes with superior fodder quality can be identified and used to improve the supply of nutrients for livestock.

Table 3. Proportion of the total variation accounted for by Provenance and Family within Provenance for fodder quality traits of *Combretum aculeatum*

Trait	Provenance		Family within Provenance	
	PTV – P ^a	P>F ^c	PTV – F(P) ^b	P>F ^c
Protein	0.05	0.39	0.44	<0.01
Phosphorous	0.03	0.20	0.23	0.34
NDF ^d	0.04	0.34	0.26	0.77
Fraction “a”	0.01	0.91	0.44	0.05
Fraction “b”	0.03	0.07	0.21	0.58
Digestion rate	0.01	0.60	0.24	0.28
OMD ^e	0.04	0.22	0.33	0.21

^a Proportion of the total variation accounted for by Provenance

^b Proportion of the total variation accounted for by Family within Provenance

^c Probability of Type I error

^d Neutral detergent fiber

^e Organic matter digestibility

References

- Arya S., Bisht R. P., Tomar R., Toky O. P. and Harris P. J. C. 1995. Genetic variation in minerals, crude protein and structural carbohydrates of foliage in provenances of young plants of *Prosopis cineraria* (L.) Druce in India. *Agroforestry Systems* 29:1–7.
- Dangasuk O. G., Seurei P. and Gudu S. 1997. Genetic variation in seed and seedling traits in 12 African provenances of *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. At Lodwar, Kenya. *Agroforestry Systems* 37:133–141.
- Höfs S. 1992. *Evaluation of various indigenous supplements in millet leaves based diets for sheep in the Sahel*. Ph D Dissertation, University of Berlin 239 p.
- Le Houérou H. N. (ed). 1980. *Browse in Africa: the current state of knowledge*. International Livestock Center for Africa, Addis Ababa, Ethiopia, 491 p.
- Menke K. H., Raab A., Salewski A., Steingass H., Fritz D. and Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 93:217–222.
- Ørskov E. R. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 92:499–503.
- Ouedrago S. 1992. Phenologie, composition chimique et digestibilité de quelques ligneux fourragères: *Acacia machrostachya* Reich. ex Benth., *Acacia seyal* Del., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Combretum aculeatum* Vent., *Ziziphus mauritiana* Lam. Université de Ouagadougou, Inst. Du Développement Rural, Ouagadougou, Burkina Faso, 64 p.
- SAS Institute. 1990. *SAS/STAT user's guide, version 6, fourth edition, Volumes 1 and 2*, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1686 p.
- Technicon. 1977. *Determination of nitrogen in BS digests*. Technicon Industrial Method 334–74WB. Technicon Industrial Systems, Tarrytown, NY.
- Van Soest P. J. Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583–3597.
- Von Maydell H. J. 1983. *Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations*. GTZ, Eschborn, 531 p.

Senegal

Exploitation des arbres à usages multiples dans les systèmes d'élevage des zones soudanienne et sahélienne

Safiétou T. Fall¹, Samba A. N'Diaye¹ et E. Traoré²

¹ISRA BP 2057 Dakar ; ²SONACAS Dakar, Sénégal

Résumé

L'importance des ligneux fourragers dans le système d'alimentation des ruminants domestiques au Sahel demande la maîtrise des méthodes d'exploitation pour optimiser leur utilisation mais aussi pour les protéger et stimuler leur croissance. Cette stratégie soulève un certain nombre de questions quant au choix des espèces à protéger, aux méthodes d'émondage, à la conservation du fourrage et au rationnement des animaux dans le cadre d'objectifs de production définis. Des recherches ont été menées à l'ISRA pour identifier les meilleures méthodes d'exploitation. Toutes les espèces présentées ont des teneurs en parois compatibles avec une bonne digestion chez les ruminants, avec en plus pour *C. procera*, l'avantage d'une teneur en NDF plus faible. *L. leucocephala* a de fortes teneurs en MAT, ce qui confirme son intérêt en alimentation du bétail. *A. digitata* est une bonne source de calcium et de phosphore. Pour les espèces étudiées, le début de la saison sèche semble être une période favorable pour la récolte du fourrage de bonne qualité au moment où il est le plus riche en nutriments comme les MAT et le phosphore mais où sa teneur en tanins condensés, quoique élevée, n'est pas dangereuse (< 5% MS) pour les animaux. L'influence de la fréquence et de la hauteur de coupe sur la survie, la croissance et la capacité de rejet de différentes espèces ligneuses recommande une exploitation modérée. La méthode de conservation a globalement eu une influence significative ($P < 0.01$) sur la qualité du fourrage. Le séchage au soleil ou à l'ombre a peu modifié la valeur nutritive du produit. Ce sont des méthodes simples de conservation à promouvoir en milieu traditionnel. L'étude de l'influence du taux de ligneux sur la digestibilité de la ration a permis de mettre en évidence des phénomènes d'interactions digestives. Il convient donc de limiter l'incorporation des ligneux dans le régime des ruminants domestiques. Les taux recommandés sont de 15, 15, 30, 50 et 75 % respectivement pour les feuilles de *G. senegalensis*, les fruits de *F. albida*, les feuilles de *A. digitata*, de *P. dulce* et de *C. procera*.

Abstract

The importance of browse plant in Sahel ruminant feeding systems requests an appropriate control of exploitation methods for optimal utilization, protection and growth. This strategy raises a number of issues related to the choice of species, pruning methods, forage conservation, and levels in animal diets given production objectives. Research has been carried out at ISRA to identify optimal utilization methods. All browse species used in this study had cell wall concentration levels compatible with good feed digestibility in ruminants; however, *C. procera* had the lowest NDF content. *L. leucocephala* had the highest CP level – which confirms its value as animal feed – while *A. digitata* appeared to be a good source of calcium and phosphorus. For these species, early dry season seems to be the best period for harvesting good quality forage as it coincides with the highest phosphorus and CP concentrations while tannin levels, though high, are not dangerous (< 5% DM) for animals. The impact of cutting frequency and height on survival, growth and forage quality would suggest

moderate exploitation of tree forages. Overall, conservation methods had a significant effect ($P < 0.01$) on forage quality. Air drying under the sun or indoors had little effect on plant nutritive value and should be promoted on farm. Studies of the influence of browse proportion in the diet highlighted some digestive interactions mechanisms suggesting the need to limit browse levels in ruminant diets. Recommended levels are 15 %, 15 %, 30% and 50 % respectively for *Guiera senegalensis* leaves, *Faidherbia albida* pods, *Adansonia digitata*, *Pithecellobium dulce*, and *Calotropis procera* leaves.

1. Introduction

L'évolution régressive de la pluviométrie dans les écosystèmes soudano-sahéliens accroît le rôle de l'arbre qui devient de plus en plus une composante majeure du milieu. Optimiser son utilisation pour divers objectifs demeure donc l'une des plus grandes préoccupations des stratégies d'exploitation des ressources naturelles, base de l'agriculture dans ces systèmes de production.

En ce qui concerne l'élevage, près de 80% du cheptel sénégalais est nourri sur pâturage naturel. La biomasse pâturable d'origine ligneuse atteint les 35% (Breman et Ridder 1994) et dans certaines conditions, en saison sèche chaude, représente la quasi-totalité du matériel végétal disponible sur les sols sableux de la zone sahélienne.

Le système d'alimentation des ruminants domestiques est largement tributaire de l'état de la végétation arborée qui, en dépassant 80% du régime des ruminants domestiques (Dicko et Sangharé 1984; Guérin 1987), constitue la base de l'alimentation des petits ruminants en saison sèche.

Plusieurs contraintes limitent l'utilisation de ce potentiel. Différentes sources de déperdition comme les feux de brousse détruisent chaque année une importante partie de la biomasse arbustive (CSE 1992). L'absence de plan de gestion est aussi un facteur de dégradation qui empêche les animaux domestiques de tirer pleinement parti des fourrages arbustifs. Il devient donc urgent de définir un système d'exploitation permettant d'optimiser l'utilisation des arbres par le cheptel tout en stimulant leur croissance.

Dans les systèmes extensifs, il importe de définir les espèces à développer, les densités arbustives optimales, la meilleure période d'émondage. Pour ce qui est des systèmes intensifs, la sédentarisation des troupeaux pose, en plus du problème du choix des espèces, ceux de la période et de la hauteur de coupe, de la conservation du fourrage et du rationnement des animaux dans le cadre d'objectifs de production définis.

Les recherches menées à l'ISRA dans le cadre de ces travaux visaient à :

- Sélectionner des espèces ligneuses à recommander en élevage ;
- Identifier la meilleure période de récolte après une étude de la variation saisonnière de leur qualité ;
- Définir un plan de prélèvement basé sur une maîtrise de l'impact de la hauteur de coupe sur la qualité du fourrage et la survie des espèces ligneuses ;
- Identifier, dans les conditions réelles des systèmes d'élevage traditionnel, des méthodes de conservation appropriées pour permettre de préserver la qualité du fourrage ; et
- Définir le taux optimal d'intégration des fourrages ligneux dans le régime des animaux domestiques.

2. Choix des espèces fourragères à exploiter

Le choix des espèces fourragères à exploiter est orienté par leur appétibilité, leur valeur nutritive et leur résistance à la sécheresse. Certaines espèces sont très recherchées par le

bétail alors que d'autres n'offrent que peu d'intérêt dans l'alimentation animale. Ce choix semble devoir obéir à deux influences contradictoires, à savoir la concentration des espèces cibles en nutriments digestibles d'une part et d'autre part, la présence de facteurs antinutritionnels dans le fourrage de ces espèces.

D'une manière générale cependant, on estime à une vingtaine le nombre d'espèces qui contribuent significativement au régime alimentaire des animaux domestiques dans les zones sahélienne et soudanienne.

Leur composition chimique est caractérisée par une importante concentration en matières azotées totales qui peut atteindre 35% (Rivière 1978; Kearl 1982). En zone sahélienne, elles représentent sans aucun doute la principale source d'azote pour les ruminants domestiques en saison sèche. La teneur en parois totales peut varier de 25 à plus de 70% MS. La plupart des espèces existantes en zone sahélienne sont déficientes en phosphore, mais peuvent être des sources intéressantes de calcium pour le bétail (Diagayété et Schenkell 1986).

Toutes les espèces étudiées ici ont des teneurs en parois compatibles avec une bonne digestion chez les ruminants, et *C. procera* a en plus l'avantage d'une teneur en NDF plus faible (Fig 1). *L. leucocephala* a de fortes teneurs en MAT, ce qui confirme son intérêt pour l'alimentation du bétail. *A. digitata* est une bonne source de minéraux dans les zones agropastorales.

Ces ligneux sont également remarquables par la présence de facteurs antinutritionnels (D'Mello 1992) parmi lesquels les tanins condensés semblent être les mieux connus (Mc Leod 1974). On sait cependant qu'à des taux modérés, de l'ordre de 5%, ces polyphénols peuvent être tolérés et même favoriser l'absorption des acides aminés dans l'intestin grêle en les protégeant des effets du suc gastrique. La teneur en tanins de *C. procera* était la plus faible alors que celles des autres espèces dépassaient la limite supérieure (tableau 1). Cette concentration en tanins condensés est fortement influencée par le stade phénologique et donc par la période de récolte (figure 4).

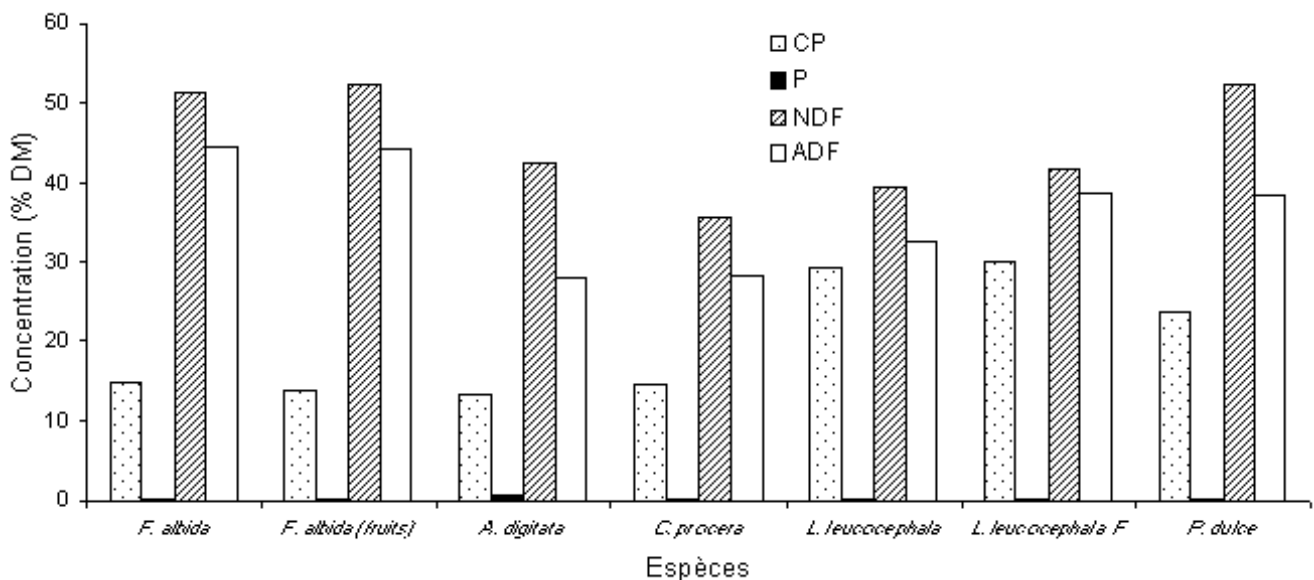


Figure 1: Composition chimique de fourrages ligneux du Sahel

Tableau 1: Teneurs (% MS) en tanins condensés des fourrages ligneux (exprimées en acide gallique (AG) et en acide tannique (AT)).

Espèce	N, organe	Minimum		Maximum		Moyenne	
		AG	AT	AG	AT	AG	AT
<i>A. alb.</i>	13, feuilles	0,93	0,75	5,08	6,36	2,37± 1,56	3,32 ±1,83

<i>A. alb.</i>	07, gousses	0,96	3,00	5,95	7,00	2,53± 1,74	4,30 ±1,57
<i>A. dig.</i>	10, feuilles	0,05	0,13	6,73	7,85	2,55 ±2,33	2,74 ±2,60
<i>C. pro.</i>	12, feuilles	0,09	0,35	2,20	2,50	0,79 ±0,75	1,54 ±0,87
<i>L. leuc.</i>	21, feuilles	1,19	1,55	8,07	9,80	3,55 ±1,67	4,56± 1,57
<i>L. leuc.</i>	04, gousses	2,25	3,20	3,80	5,60	3,12 ±0,53	4,20 ±1,01
<i>P. dul.</i>	12, feuilles	0,05	0,43	4,52	6,36	2,36± 2,05	3,51 ±3,03

3. Variations saisonnières de la composition chimique des ligneux

La composition chimique des principales espèces ligneuses du Sahel est caractérisée par de fortes variations dans la littérature (Fall 1993). Si les provenances peuvent être des sources majeures de fluctuations, l'organe et le stade phénologique lié à la période de prélèvement semblent être des facteurs à considérer davantage dans la caractérisation chimique du matériel végétal.

Pour les feuilles de *F. albida* et d'*A. digitata*, le début de la saison sèche correspond aux plus fortes teneurs en MAT et en phosphore et à la plus faible concentration en ADF, principal facteur responsable de la faible digestion chez les ligneux (figures 2 et 3). Les mêmes observations sont valables pour *L. leucocephala* (Traoré 1998).

Pour les espèces étudiées, le début de la saison sèche semble être la meilleure période pour la récolte du fourrage de bonne qualité au moment où il est le plus riche en nutriments comme les MAT et le phosphore.

Les teneurs en facteurs anti-nutritionnels comme les tannins condensés varient également en fonction de la saison. Elles sont plus élevées en saison sèche (figure 4), mais les concentrations globalement faibles enregistrées (< 5% MS) autorisent la récolte en début de saison sèche pour profiter des fortes teneurs en nutriments qui caractérisent cette période.

Si au plan technique, le début de la saison sèche peut être recommandé pour les espèces étudiées, son application dans le système de gestion traditionnel des troupeaux pourrait être entravée par un faible besoin en fourrages complémentaires en cette période caractérisée par une disponibilité encore acceptable du tapis herbacé. Il se pose alors le problème de la conservation d'un fourrage exposé à la dégradation.

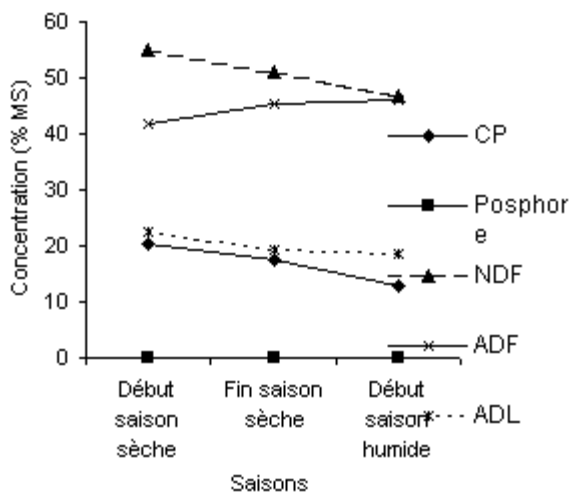


Figure 2: Variations saisonnières de la composition chimique de feuilles de *F. albida*

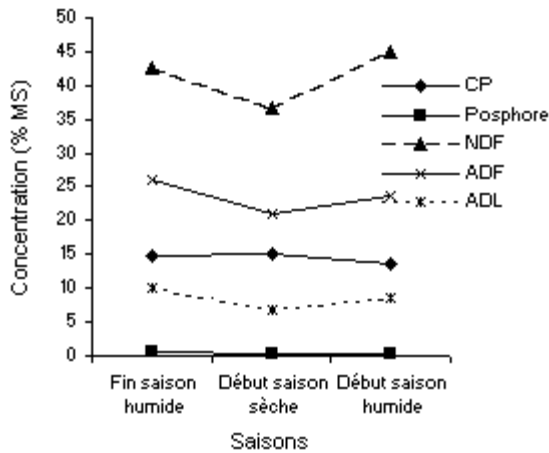
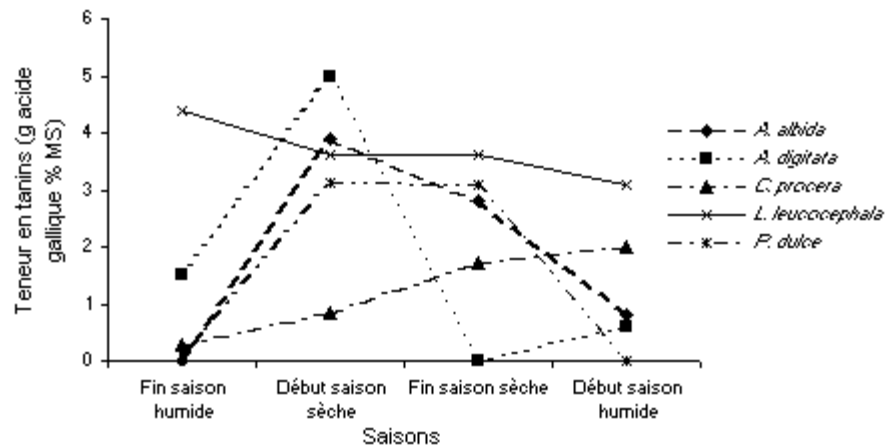


Figure 3: Variations saisonnières de la composition chimique de feuilles d'*A. digitata*

4. Effet de la coupe sur le comportement de diverses espèces fourragères dans le bassin arachidier

Des essais ont été menés dans le bassin arachidier pour étudier (i) le comportement (croissance et survie) de diverses espèces fourragères et (ii) l'influence des hauteurs de coupe sur la survie, la croissance et la capacité de rejet de ces espèces. Deux lots ont été testés: le premier était composé d'*Acacia seyal*, *A. mellifera*, *Bauhinia rufescens* et *Zizyphus mauritiana* et le second d'*Acacia ataxacantha*, *A. bivenosa*, *A. polyacantha*, *A. sieberiana* et *Piliostigma reticulatum*

Avant les coupes de gestion effectuées en juin, soit 24 mois après les plantations, les taux de survie et la croissance en hauteur et en diamètre du houppier ont été mesurés. Après les coupes, en plus de ces variables, le nombre de rejets et la hauteur de la première branche ont



été évalués 6 mois après.

Figure 4: Variations saisonnières de la teneur en tanins des ligneux

4.1. Influence de la coupe sur la croissance en hauteur

Dans le premier lot, *Acacia seyal* a eu la hauteur la plus élevée (120 cm) après 16 mois. Les hauteurs des autres espèces n'ont pas été statistiquement différentes selon le test de Newman-Keuls (tableau 2). A 24 mois, *Acacia seyal* et *Bauhinia rufescens* ont eu les meilleures croissances en hauteur avec respectivement 250 et 233 cm suivies de *Zizyphus mauritiana* et *Acacia mellifera* (tableau 3). Six mois après la coupe, une différence hautement significative a encore été notée entre les espèces. *Acacia seyal* avait encore eu la hauteur la

plus élevée, suivie de *Zizyphus mauritiana* et *Bauhinia rufescens*. *Acacia mellifera* avait par contre enregistré la plus faible hauteur (tableau 3). Les hauteurs de croissance obtenues 6 mois après la coupe, réalisée à 30 cm de haut, ont ainsi été de 136 cm pour *Acacia seyal*, 119 cm pour *Zizyphus mauritiana*, 83 cm pour *Bauhinia rufescens* et 39 cm pour *Acacia mellifera*.

Dans le deuxième lot, la hauteur totale a varié en fonction de l'interaction espèce-niveau de coupe ($P = 0,032$). La coupe a amélioré la croissance en hauteur de *A. bivenosa* quel que soit le niveau d'application: le niveau 25 cm a cependant donné la meilleure croissance chez l'espèce avec une augmentation de 150% par rapport au témoin et de 100% par rapport aux niveaux 50 et 75 cm (figure 6). Pour *A. ataxacantha*, les coupes réalisées à 50 et 75 cm ont augmenté la croissance en hauteur de 19% par rapport au témoin alors que la coupe effectuée à 25 cm a donné une croissance similaire à celle du témoin non coupé. Chez *A. sieberiana*, la coupe à 75 cm a amélioré la croissance de 22% par rapport au témoin et aux autres traitements. Les coupes n'ont eu aucune influence significative sur la croissance de *A. polyacantha* et de *Piliostigma reticulatum* qui ont eu par ailleurs des croissances similaires.

4.2. Influence de la coupe sur le taux de survie

Au sein du premier lot, à 16 et 24 mois, le taux de survie n'a pas varié entre les espèces ($P < 0,0787$) avec des valeurs relativement élevées qui ont varié entre 71% et 83%. Six mois après la coupe, le taux de survie des espèces est sensiblement resté le même.

Au sein du deuxième lot, le taux de survie a varié en fonction de l'interaction espèce-niveau de coupe ($P = 0,0022$). Les coupes effectuées à 25, 50 et 75 cm ont toutes eu le même effet sur *A. bivenosa* et sur *A. polyacantha*. L'augmentation relative du taux de survie par rapport au témoin a été d'environ 220% pour *A. bivenosa* et de 37% pour *A. polyacantha* quelle que soit la hauteur de coupe (figure 5). Pour *Piliostigma reticulatum*, les coupes à 50 et 75 cm n'ont pas modifié le taux de survie par rapport au témoin, contrairement à la coupe à 25 cm qui l'a réduit de 15%. *A. ataxacantha* et *A. sieberiana* ont été plus sélectives pour les niveaux de coupe. *A. ataxacantha* a enregistré les meilleurs taux de survie de l'essai après des coupes réalisées à 50 cm (88%) et à 25 cm (78%), le témoin et les plants coupés à 75 cm ayant eu des taux de survie de 67%. *A. sieberiana* s'est mieux comportée après la coupe à 75 cm avec un taux de survie de 57% contre 50% pour la coupe à 50 cm. Le recépage à 25 cm de haut n'a statistiquement pas modifié le taux de survie de cette espèce par rapport au témoin (46%).

4.3. Influence de la hauteur de coupe sur la capacité de rejet

Dans le premier lot, *Acacia mellifera* a mieux répondu à la coupe avec 31 rejets produits. Les productions de rejets des autres espèces (entre 7 et 10) n'ont pas été statistiquement différentes selon le test de Newman-Keuls.

En ce qui concerne le deuxième lot, le nombre de rejets produits après les coupes a varié suivant les espèces ($P < 0,0329$). *Acacia sieberiana* a, avec 7 rejets par souche, été supérieure aux autres espèces (figure 8). *Acacia ataxacantha* et *P. reticulatum* venaient en deuxième position avec une même capacité de rejet selon le test de Newman-Keuls alors que *A. bivenosa*, avec seulement 2 rejets par souche a eu la plus faible capacité de rejet. Ni le facteur coupe ($P < 0,071$), ni l'interaction entre les facteurs coupe et espèce ($P < 0,210$) n'ont eu d'effet significatif sur la production de rejets.

4.4. Influence de la coupe sur la hauteur de la première branche

Dans le premier lot, la hauteur de la première branche après la coupe à 30 cm a varié entre

les espèces ($P < 0,0002$). Cette hauteur est très faible (4 cm) pour *Acacia mellifera*, moyenne pour *Z. mauritiana* et *B. rufescens* (13 et 14 cm respectivement) et relativement élevée (41 cm) pour *Acacia seyal*.

4.5. Influence de la hauteur de coupe sur la croissance en diamètre du houppier

Dans le deuxième lot, le diamètre du houppier a varié en fonction de l'interaction espèce-niveau de coupe ($P = 0,012$). Le diamètre du houppier d'*A. ataxacantha* et *A. sieberiana* a augmenté respectivement de 23 % et 26 % avec la coupe effectuée à 75 cm, les autres hauteurs de coupe ayant produit la même croissance que le témoin non coupé (figure 3). Pour *A. polyacantha*, les coupes à 50 et 75 cm ont produit le même effet sur les plants en améliorant de 8% la croissance en diamètre du houppier par rapport aux témoins non coupés. La coupe à 25 cm a par contre réduit de 25%, par rapport au témoin, la croissance en diamètre du houppier de l'espèce. Pour *Piliostigma reticulatum*, les plants coupés à 25, 50 et 75 cm ont eu une croissance similaire et supérieure de 10% à celle du témoin. Quel que soit son niveau, la coupe augmente la croissance du diamètre du houppier de *A. bivenosa*. Le meilleur résultat avait été obtenu au niveau 25 cm avec une augmentation de la croissance en diamètre du houppier de 114% par rapport au témoin.

Tableau 2. Hauteurs et taux de survie des espèces à 16 et 24 mois et 6 mois après une coupe de gestion réalisée à 30 cm de haut

Espèces	Hauteur (cm)			Taux de survie (%)
	A 16 mois	A 24 mois	6 mois après une coupe à 30 cm	à 16 et 24 mois et 6 mois après la coupe à 30 cm
<i>Acacia seyal</i>	112a	250a	166a	83a
<i>Zizyphus mauritiana</i>	79b	200b	149b	71a
<i>Acacia mellifera</i>	76b	102c	69c	76a
<i>Bauhinia rufescens</i>	72b	233a	113b	74a

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Newman-Keuls).

Tableau 3. Hauteurs moyennes des espèces après la coupe de gestion et test de Newman-Keuls

Espèces	Témoin sans coupe (24 mois)		Six mois après la coupe à 30 cm	
	Moyenne (cm)	Groupes homogènes	Moyenne (cm)	Groupes homogènes
<i>Acacia seyal</i>	250	A	166	a
<i>Zizyphus mauritiana</i>	200	B	149	b
<i>Acacia mellifera</i>	102	C	69	c
<i>Bauhinia rufescens</i>	233	A	113	b

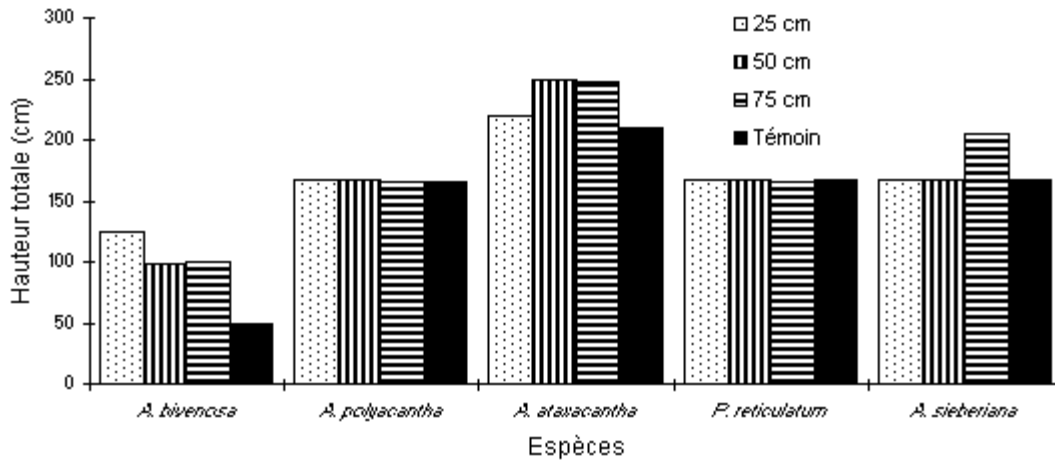
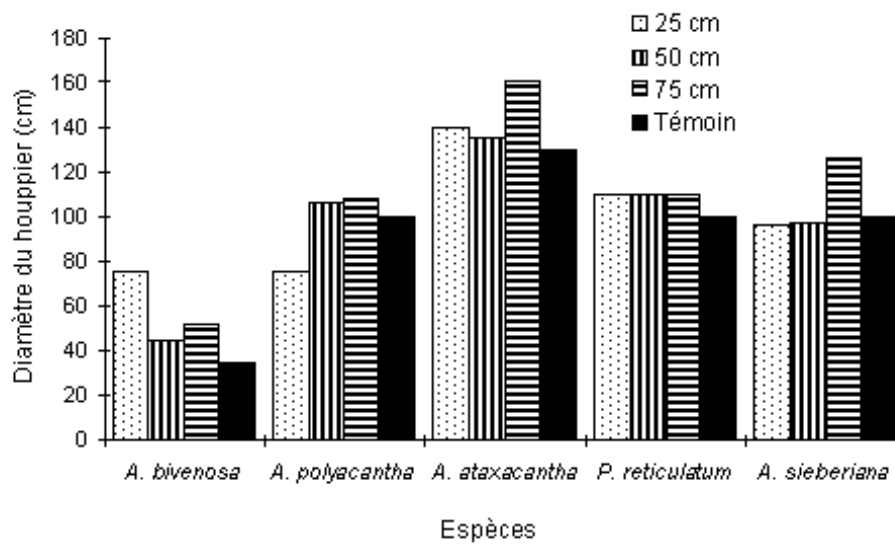


Figure 5. Taux de survie ($P = 0,0022$) de cinq espèces fourragères après des coupes de gestion réalisées en fin d'hivernage (juin) à 25, 50 et 75 cm de haut sur des plants âgés de 24



mois.

Figure 6. Hauteur totale coupe ($P = 0,032$) de cinq espèces fourragères après des coupes de gestion réalisées en fin d'hivernage (juin) à 25, 50 et 75 cm de haut sur des plants âgés de 24 mois.

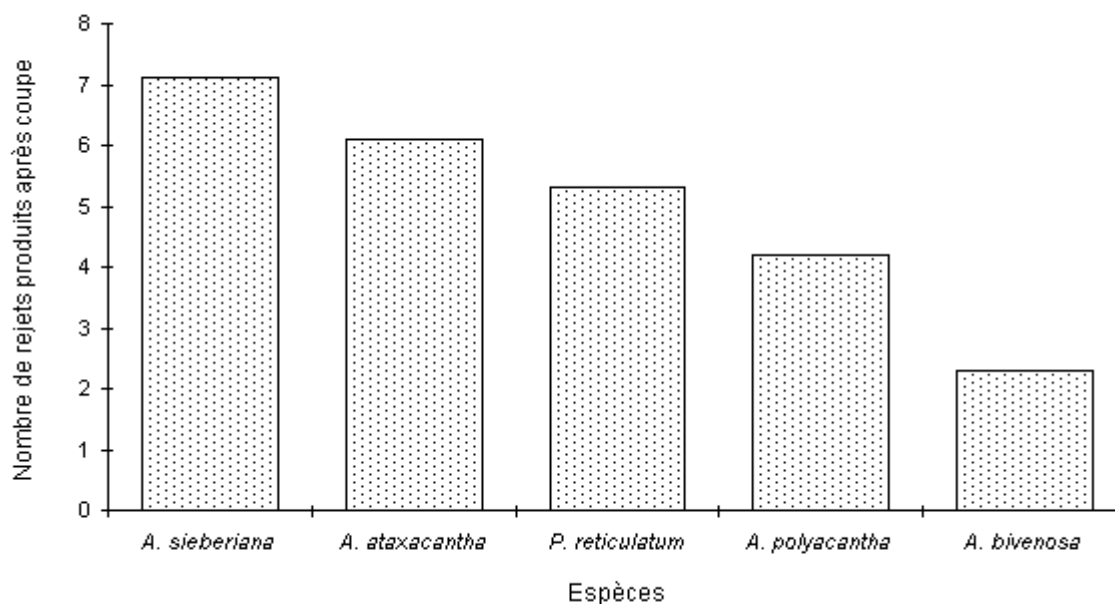


Figure 7. Diamètre du houppier ($P = 0,012$) de cinq espèces fourragères après des coupes de gestion réalisées en fin d'hivernage (juin) à 25, 50 et 75 cm de haut sur des plants âgés de 24 mois.

5. Conservation des ligneux

La variation saisonnière de la qualité des fourrages ligneux donne une importance particulière à leur conservation. Il s'agit de récolter le matériel végétal au moment où il est le plus riche en nutriments digestibles et de le conserver dans un état stable pour son utilisation en période de soudure. L'identification de méthodes de conservation efficaces et réalisables sera importante dans la définition de stratégies de réserve fourragère. Différentes méthodes de conservation ont été testées sur les feuilles de *L. leucocephala*.

Il s'agissait d'apprécier l'influence comparative du séchage au soleil, à l'ombre, à l'étuve (à 60 et 80 °C) et de l'ensilage sur la valeur nutritive des feuilles de *L. leucocephala*. Ces différentes méthodes ont significativement modifié ($P < 0,01$) la valeur nutritive de feuilles de leucaena appréciée par leur teneur en parois totales (NDF et ADF), en protéines brute (CP) et en protéines liées dans l'ADF (CP-ADF) ainsi que par la digestibilité de la matière organique (OMD).

La méthode de conservation n'a eu aucun effet significatif ($P < 0,05$) sur la teneur des feuilles de *L. leucocephala* en protéines brutes. Par contre, le traitement à la chaleur a eu pour effet une augmentation des parois, notamment le séchage à l'étuve et l'ensilage ; notons pour ce dernier la prévalence de fortes températures à l'intérieur du silo. Les mêmes tendances ont été observées en ce qui concerne les MAT liées à l'ADF, traduisant ainsi une diminution de leur digestibilité. La chaleur a également entraîné une baisse de la digestibilité de la matière organique et donc de la valeur énergétique du fourrage. Le séchage au soleil ou à l'ombre a peu modifié la valeur nutritive du fourrage. Ce sont des méthodes simples et faciles qui permettent une bonne stabilisation du fourrage et peuvent donc être recommandées dans les systèmes traditionnels des zones sahéliennes.

6. Utilisation des fourrages ligneux dans l'alimentation des ruminants

L'étude de l'influence du taux de ligneux sur la digestibilité de la ration a permis de mettre en

évidence l'existence de phénomènes d'interactions digestives (Fall *et al.* 1998).

L'incorporation de quantités croissantes de ligneux dans le régime des ovins a eu un effet variable en fonction de l'espèce végétale (figure 9). Cette influence peut être positive, mais elle peut aussi être négative au-delà d'une certaine quantité. Des observations comparables ont été faites par Nastis et Malechek (19981), Preston et Leng (1992) et Traoré *et al.* (1995). Ces réponses variables peuvent être attribuées à un effet positif des MAT contrebalancé par un effet négatif des facteurs antinutritionnels comme les tannins, lesquels ont un effet dépressif sur la digestibilité de la ration (figure 10). Il convient donc de limiter l'incorporation des ligneux dans le régime des ruminants domestiques. Les taux recommandés sont de 15, 15, 30, 50 et 75 % respectivement pour les feuilles de *G. senegalensis*, les fruits de *F. albida*, les feuilles d'*A. digitata*, de *P. dulce* et celle de *C. procera*. Pour ces dernières, une adaptation graduelle a permis de maintenir leur niveau de consommation par les ovins sans entraîner de risques pathologiques.

7. Conclusion

La synthèse des résultats disponibles permet de sélectionner des espèces à privilégier dans le développement de banques fourragères. Mais la définition d'un plan d'exploitation du couvert arbustif requiert la prise en compte de critères multiples. L'évaluation du potentiel alimentaire doit être associée à des indicateurs agronomiques pour opérer un choix permettant d'améliorer le statut nutritionnel des ruminants mais aussi de stimuler la régénération des espèces forestières. Dans ce sens, les essais menés actuellement ont pour but de confirmer les choix opérés pour l'élevage et la foresterie.

Références bibliographiques

Afrena, 1990. Potentialité agroforestières dans les systèmes d'utilisation des terres de la zone semi-aride du Sénégal. Réseau Africain de Recherche Agroforestière. ICRAF., 33: 194p.

Breman H. et de Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO DLO eds. 485p.

CSE, 1992. Suivi de la production végétale en 1992: situation des parcours naturels. Centre de suivi écologique du Sénégal. Dakar Document NT92, 8p.

Devendra C., 1989. *The use of shrubs and tree fodders by ruminants. In: C. Devendra Ed. Shrubs and tree fodders for farm animals. Proc. workshop Denpasar, Indonesia: 42-60.*

Diagayété M. et Schenkel H., 1986. Composition minérale des ligneux consommés par les ruminants de la zone sahélienne. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 1986, 39: 421-424.

Dick B.L. and Urness P.J., 1991. *Nutritional value of fresh Gambel oak browse for Spanish goats. J. Range Manage., 44: 361-364.*

Dicko M.S. et Sangharé M., 1984. Le comportement alimentaire des ruminants domestiques en zone sahélienne. In: Proc. Ind Int. Range. Congr. Adelaïde (Australie) : 13-18. D'Mello J.P.F., 1992. *Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. Anim. Feed Sci. Technol., 38: 237-261.*

Badiane A. N., Dia I., Fall S. T., Gaye A., Kébé I., N'Diaye A., 1995. Pratiques d'utilisation des ressources naturelles au Sénégal. ISRA-CILSS, Novembre 1995 75p

Fall T. S. , B. M. Doreau , Traoré E., Friot D., Richard D., 1998. *Occurrence of digestive interactions in tree forage based diets for sheep Anim. Feed Sci Technol. 74: 63–78.*

Fall T. S., Traoré E., N'Diaye K., N'Diaye N. S., Sèye B. M., 1997. Utilisation des fruits de

Faidherbia albidapour l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. *Liv Res. For Rur. Dev.* Vol 9 N° 5: 117.

Guérin H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels Sahéliens et Sahélo-Soudaniens: Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse Doct. ing. Agro. ENSA Montpellier. 211p.

Kearl L.C., 1982. *Nutrient requirements of ruminants in the developing countries.* International Feedstuff Institute Publ. Utah Agriculture Experiment station. Utah State University, Logan, UT. 381p

McLeod M.N., 1974. *Plant tannins - Their role in forage quality.* *Nutr. Abstr. Rev.*, 44: 803-815.

Nastis A.S. and Malechek J.C., 1981. *Digestion and utilization of nutrient in oak browse by goat.* *J. Anim. Sci.*, 53: 283-290.

Nitis I.M., 1992. *Fodder shrubs and trees in smallholder farming systems in the tropics.* In: *Natural resource development and utilization. Proc. workshop IAC Wageningen, Netherlands:* 6-51.

Rivière R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, Min. Coop, Manuels et Précis d'Elevage N°9: 472-481.

Traoré E., 1998. Facteurs de variations de la composition chimique et de la digestibilité des ligneux consommés par les ruminants domestiques au Sahel? Thèse Doct. 3^{ème} Cycle Fac Sciences; Dpt biol. Anim. UCAD soutenu le 25 11 98. N° 036 95p.

Traoré E, Fall T. S. et Friot D., 1995. Influence du taux de *Leucaena leucocephala* sur la croissance et l'ingestion des ruminants; comportement des bovins Et des ovins. In Fall S. T. et Faye A. editeurs Actes du séminaire - atelier sur la production intensive De viande en Afrique Subsaharienne. Saly 13 - 17 Mars 1995. Sous presse.