

Sommaire / Contents

ENVIRONNEMENT ET TERRITOIRES / ENVIRONMENT AND TERRITORIES

147-148 Editorial

149-159 Adapter les élevages pastoraux d'Afrique tropicale de l'Ouest et du Centre aux changements globaux : synthèse de perspectives écologiques. *Adapting pastoral breeding to global changes in West and Central tropical Africa: Review of ecological views.* Hiernaux P., Assouma M.H. (in English)

161-167 Influence du pâturage et du gradient climatique sur la diversité floristique et la productivité des parcours naturels au Bénin. *Influence of grazing and climatic gradient on the floristic diversity and productivity of rangelands in Benin.* Idrissou Y., Mama Sambo Seidou Y., Assani Seidou A., Sanni Worogo H.S., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., Houinato M. (en français)

169-177 Système d'information et de modélisation de la vulnérabilité pastorale pour la gestion et la prévention des crises au Sahel. *Information and modeling system of pastoral vulnerability for crisis management and prevention in the Sahel.* Fillol E., Ham F., Orenstein A. (en français)

179-189 Caractérisation des ressources herbagères de l'enclave pastorale de Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) au Niger. *Characterization of grassland resources in the pastoral enclave of Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) in Niger.* Idrissa I., Soumana I., Alhassane A., Morou B., Mahamane A. (en français)

191-198 Usages des fourrages ligneux et pratiques pastorales dans la communauté rurale de Tèssékéré, Ferlo, Nord Sénégal. *Woody fodder uses and pastoral practices in the rural community of Tessekere, Ferlo, Northern Senegal.* Bakhom A., Sarr O., Ngom D., Diatta S., Ickowicz A. (en français)

199-205 Diversité herbacée dans les parcours du noyau de sélection du Centre de recherches zootechniques de Kolda en zone soudanienne du Sénégal. *Plant diversity in the rangelands of the breeding unit of Kolda Zootechnical Research Center in the Sudanian zone of Senegal.* Kâ S.L., Ly M.O., Diouf M., Diandy M., Guéye M., Mbaye M.S., Noba K. (en français)

207-212 Caractéristiques de la végétation herbacée d'une parcelle mise en défens dans le Ferlo Nord au Sénégal. *Characteristics of the herbaceous vegetation of an enclosure in North Ferlo in Senegal.* Bassène C., Diallo M.D., Diatè B., Diop A., Guissé A. (en français)

213-220 Caractéristiques de la végétation herbacée de trois jeunes plantations de baobabs (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance, Sénégal. *Characteristics of the herbaceous vegetation of three young baobab (*Adansonia digitata* L.) plantations in Middle and Upper Casamance, Senegal.* Mbaye T., Ndiaye A., Sow M., Diallo M., Fall D., Ngom D., Charrahbil M., Ndiaye S., Beye A. (en français)

221-229 Caractéristiques du peuplement ligneux de deux systèmes d'utilisation des terres dans la région de Kaffrine au Sénégal. *Characteristics of the woody stands of two land-use systems in Kaffrine Region, Senegal.* Dione A., Ngom S., Sarr O., Diallo A., Guissé A. (en français)

ISSN 1951-6711

Publication du
Centre de coopération internationale
en recherche agronomique pour le développement
<http://revues.cirad.fr/index.php/REMVT>
<http://www.cirad.fr/>

Directeur de la publication / *Publication Director:*
Michel Eddi, PDG / *President & CEO*

Rédacteurs en chef / *Editors-in-Chief:*
Gilles Balança, Denis Bastianelli, Frédéric Stachurski

Rédacteurs associés / *Associate Editors:*
Christian Corniaux, Guillaume Duteurtre, Bernard Faye,
Flavie Goutard, Vincent Porphyre

Coordinatrice d'édition / *Publishing Coordinator:*
Marie-Cécile Maraval

Secrétaire de rédaction / *Editorial Secretary:*
Carmen Renaudeau

Traductrices/*Translators:*
Marie-Cécile Maraval (anglais),
Suzanne Osorio-da Cruz (espagnol)

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

Maquettiste/*Layout:* Alter ego communication, Aniane, France

COMITÉ SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Hassane Adakal (NER), Nicolas Antoine-Moussiaux (BEL),
Michel Doreau (FRA), Mohammed El Khasmi (MAR),
Philippe Lescoat (FRA), Hamani Marichatou (NER),
Ayao Missohou (SEN),
Harentsoanina Rasamoelina-Andriamanivo (MDG),
Jeremiah Saliki (USA, CMR), Jeewantee Sunita Santchum (MUS),
Hakim Senoussi (DZA), Taher Srairi (MAR),
Hussaini Tukur (NGA), Jean Zoundi (BFA, FRA)

 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Cirad, Montpellier, avril 2021

Editorial

Ecologie pastorale au Sahel

Comment citer cet éditorial : Taugourdeau S., Mbaye T., 2020. Editorial, numéro thématique « Ecologie pastorale au Sahel ». *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3) : 147-148, doi : 10.19182/remvt.36316

L'élevage de ruminants en Afrique de l'Ouest repose principalement sur des ressources naturelles composées majoritairement de végétation spontanée. Cet élevage pastoral se déroule sur des zones de savanes alliant à la fois des communautés herbacées et ligneuses. L'alimentation du cheptel est fournie pour l'essentiel par le pâturage naturel d'herbacées annuelles complété par celui aérien des ligneux. Cette végétation dépend des précipitations tant sur le plan qualitatif que quantitatif et elle est gérée de manière collective comme un bien commun. En plus de fournir des ressources fourragères pour l'élevage de ruminants, elle rend de nombreux services pour les populations locales comme la production de bois, de produits forestiers non ligneux, de produits médicinaux, ou de services plus globaux comme la régulation du climat. Toutefois, la végétation de ces écosystèmes est soumise à de nombreux facteurs dont, en premier lieu, les variations du climat et de la pluviosité. En effet, les épisodes de sécheresse des années 1970–80 ont fortement impacté la végétation des zones pastorales. Néanmoins, depuis les années 1990, un retour à un régime de pluies plus favorable semble s'amorcer, ce qui induirait un reverdissement du Sahel. Les autres facteurs pouvant influencer la végétation pastorale sont les pratiques d'élevage, la politique d'implantation des forages, l'introduction de moyens et de techniques de développement inadaptés au milieu, les changements d'usage des terres liés à l'agriculture pluviale ou irriguée, l'exploitation des ressources forestières, les feux de brousse, ou encore l'urbanisation ; autant de facteurs qui ont contribué à la dégradation du milieu naturel et à la rupture des équilibres écologiques avec des effets socioéconomiques importants.

Les études ciblant cette végétation spontanée permettent de mieux appréhender les dynamiques à l'œuvre et leurs conséquences sur l'élevage des ruminants. C'est dans ce cadre que la Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux et le « Pôle pastoralisme et zones sèches » (PPZS) ont proposé ce numéro thématique sur l'écologie pastorale au Sahel. Ce numéro est introduit par un article de synthèse déclinant les réponses de la végétation aux différents facteurs climatiques et de gestion. Par ailleurs, un article présente un système d'information pour les pasteurs, cinq articles mettent en lumière des cas d'études sur l'impact de la gestion sur la végétation des pâturages dans des situations variées allant de la zone sahélienne du Sénégal à la zone soudanienne du Bénin, et deux articles reviennent sur deux approches en lien avec les sciences humaines et la gestion des espèces et des espaces avec les communautés des éleveurs pastoraux.

Ces travaux montrent que les activités d'élevage ont des impacts sur la végétation. Etant le plus souvent communs, les pâturages étudiés sont gérés collectivement à l'échelle d'un territoire où les actions, interactions et rétroactions entre l'influence des activités d'élevage et les modes de décisions de ces activités constituent des facteurs clés pour permettre un développement durable de l'élevage au Sahel.

<i>Simon Taugourdeau</i>	<i>Tamsir Mbaye</i>
<i>Ecologue des pâturages</i>	<i>Forestier et géographe</i>
<i>CIRAD, UMR SELMET, F-34398</i>	<i>ISRA, Dakar, Sénégal</i>
<i>Montpellier, France</i>	<i>PPZS</i>
<i>PPZS</i>	

Editorial

Pastoral ecology in the Sahel

How to quote this editorial: Taugourdeau S., Mbaye T., 2020. Editorial, thematic issue 'Pastoral Ecology in the Sahel'. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 147-148, doi: 10.19182/remvt.36316

Ruminant breeding in West Africa is based on natural resources mainly composed of spontaneous vegetation. Pastoral livestock breeding takes place in savanna areas combining both herbaceous and woody communities. Livestock feed is mainly provided by natural grazing of annual herbaceous plants supplemented by aerial grazing of woody plants. This vegetation is dependent on rainfall both qualitatively and quantitatively and is managed collectively as a common good. In addition to providing fodder resources for ruminant livestock breeding, it supplies many services to local populations such as the production of wood, non-timber forest products, medicinal products, or more global services such as climate regulation. However, the plants in these ecosystems are subject to many factors, above all variations in climate and rainfall. Indeed, the drought episodes of the 1970s and 1980s had a strong impact on the vegetation of pastoral areas. Nevertheless, since the 1990s, a return to a more favorable rainfall regimen seems to be underway, which would induce Sahel's greening. Other factors that may influence pastoral vegetation are livestock husbandry practices, the policy of drilling boreholes, the introduction of development means and techniques unsuited to the environment, changes in land use linked to rainfed or irrigated agriculture, the exploitation of forest resources, bush fires and urbanization; all these factors have contributed to the degradation of the natural environment and the disruption of the ecological balance with significant socio-economic effects.

Studies targeting this spontaneous vegetation provide a better understanding of the dynamics at work and their consequences on ruminant livestock farming. It is within this framework that the Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux and the "Pastoralism and Drylands Pole" (PPZS) have proposed this thematic issue on pastoral ecology in the Sahel. This issue is introduced by a review describing the responses of vegetation to different climatic and management factors. In addition, one article presents an information system for pastoralists, five articles highlight case studies on the impact of management on pastoral vegetation in various situations ranging from the Sahelian zone of Senegal to the Sudanese zone of Benin, and two articles revisit two approaches related to human sciences and the management of species and spaces with pastoralist communities.

These works show that livestock activities have impacts on vegetation. Being most of the time commonly used, the pastures studied are managed collectively at the scale of a territory where actions, interactions and feedback between the influence of livestock activities and decision-making processes with regard to these activities are key factors for sustainable livestock development in the Sahel.

Simon Taugourdeau
Pasture Ecologist
CIRAD, UMR SELMET, F-34398
Montpellier, France
PPZS

Tamsir Mbaye
Forester and Geographer
ISRA, Dakar, Sénégal
PPZS

Adapting pastoral breeding to global changes in West and Central tropical Africa: Review of ecological views

Pierre Hiernaux^{1*} Mohamed Habibou Assouma^{2,3}

Keywords

Pastoralism, adaptation, climate change, social change, ecology, Africa South of Sahara

Submitted: 2 October 2018
Accepted: 11 December 2019
Published: 23 September 2020
DOI: 10.19182/remvt.31893

Summary

Pastoral livestock is defined as a reproduction-oriented, grazing-based familial livestock system with community-managed resources. Pastoral breeders differ from one another in the diversity of species and breeds raised, the size and management of herds and the extent of their regional mobility. The social, economic and environmental weight of pastoralist livestock in West and Central sub-Saharan Africa is evoked together with its imputation of environmental degradation. Global changes faced by pastoral livestock are sorted out by domains, climatic and societal, and by time scales, short or long. The incriminated impacts of livestock on ecosystems are assessed in the short and long terms. The functions of pastoral breeding already affected by global changes whether climatic or societal are analyzed. The capacity of two alternative livestock breeding systems, ranching and stall-feeding, to respond to these constraints is reviewed. Finally, pastoral breeding has been recognized as being able to adapt best to long-term climate change and to short- and long-term societal changes, provided that national and international investments are made. Civil security must be restored and pastoralists' access to water and fodder resources must be secured. Professional organizations and associations should be empowered to negotiate grazing rights, and their skills should be enhanced. There is the need to complete, rehabilitate and manage hydraulic and veterinary infrastructures, but also to invest significantly in adapted health, education and communication infrastructures in long-neglected pastoral areas.

■ How to quote this article: Hiernaux P., Assouma M.H., 2020. Adapting pastoral breeding to global changes in West and Central tropical Africa: Review of ecological views. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 149-159, doi: 10.19182/remvt.31893

■ INTRODUCTION

Pastoral breeding in West and Central sub-Saharan Africa, from the southern fringes of the Sahara to the northern fringes of the tropical forest, carries a mixed image. On one hand, the iconic longhorn zebu herds walk proudly in Sahel immensity, image of harshness and resilience. On the other hand, the dramatic spectacle of carcasses drying along livestock paths and the desperation of impoverished pastoral families trying to survive in urban suburbs offer images of failure and vulnerability. These contrasted images fuel a narrative on the adaptation crisis of a production system, a way of life and a culture,

all perceived as traditional (Gallais, 1975; Bonfiglioli, 1988; Ag Mahmoud, 1992), thrown into a world of changes: large societal changes and deep environmental changes. To the long-standing criticisms of disorganized activities that are the source of conflicts (Thebaud and Batterbrury, 2001), and poor productivity (Doutressouille, 1952; Krätli, 2005), pastoral breeding is also accused of contributing to ecosystem degradation, locally through overgrazing (Sinclair and Fryxell, 1985) or globally through its part in greenhouse gas emission, particularly enteric methane by ruminants (Gerber et al., 2013). Yet livestock production leads the agriculture economy of many states in the region by contributing 20–40% of the agricultural gross domestic product of the Sahelian states (de Haan et al., 2016). Pastoral livestock constitutes the main asset of millions of pastoral and agropastoral families (Kruska et al., 2003). It is essential to soil fertility maintenance (Bationo and Mokwunye, 1991). Moreover, the market demand for livestock products is rapidly increasing (Zoundi and Hitimana, 2008; de Haan et al., 2016) with the overwhelming urbanization in the whole region (Denis and Moriconi-Ebrard, 2009), the share of the sub-Saharan urban population reaching 40% in 2015 from 10% in 1950 (United Nations, 2018).

1. Pastoralisme Conseil, 30 chemin de Jouanal, 82160 Caylus, France.
2. CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.
3. SELMET, Univ Montpellier, CIHEAM-IAMM, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.

* Corresponding author
Email: pierre.hiernaux2@orange.fr



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Pastoral breeding is very diverse as a result of a long history of adaptation to diverse biophysical environments, and to particular social and political contexts in West and Central sub-Saharan Africa (Le Houérou, 1989; Raynaut, 2001). Livestock species include various local breeds of zebu and taurine cattle, hair and wool sheep, tall and dwarf goats, pack and dairy camels, horses and donkeys, diversely associated in each pastoral familial group (Ickowicz et al., 2012). Breeding also differs by the size of the herds, from a few head to several hundred, and by the seasonal herd mobility associated or not to family mobility. In addition, breeding is frequently associated with other economic activities within pastoral families including crop farming (agropastoralism), trade (e.g. caravans), craft, therapy and religion (Manoli et al., 2014). In pastoral breeding, animals are mostly fed by direct grazing and browsing (Lhoste et al., 1993). Cut and carry, hay and haulms, grains or agro-industrial feeds remain exceptional and are used to feed supplements to selected animals during limited periods. Privileging grazing and browsing to feed livestock establishes a strong dependence of the animal condition and production on the fodder availability and quality. Optimizing grazing selection is thus driving herd management: timing for grazing, drinking, resting along the daily grazing circuit, seasonal transhumance, and access-right negotiations (ZDF, 2008; Krätli and Schareika, 2010; Ayantunde et al., 2018).

A second trait shared by all pastoral breeding is that animal reproduction is the main objective, implying the dominance of reproductive females in the herd composition as in the example of pastoralist compared to agropastoralist herds in Western Niger (Figure 1), whereas young males prevail in sales (Wilson, 1986). The large share of reproductive females brings an opportunity for milk production. However, the breeds adapted to harsh conditions and poor seasonal forage resources have limited milk production (Sanogo, 2011). Only a fraction of that production is milked to satisfy the nutritional needs of pastoral families whereas seasonal surpluses are sold on local markets. However, feeding calves, kids, lambs or young camels is always privileged (Hiernaux et al., 2016a). The reproductive vocation of pastoral breeding provides the link with specialized and sedentary livestock production systems such as feedlots, fattening units, dairy farms, and animal draft units, by supplying these systems with young animals mostly via livestock markets (Wane et al., 2009). Yet, in the context of an ever-growing

population, along with the expansion of cropped areas and landscape fragmentation, pastoral and specialized husbandry increasingly compete for grazing resources (Turner et al., 2014).

Adapting further the diverse forms of pastoral breeding to global changes requires: i) to sort out and prioritize the components of changes relative to climate, water, vegetation, soil and society; ii) to evaluate the impact of grazing livestock on the ecosystems of West and Central tropical Africa; iii) to analyze the functions of pastoral breeding already affected by global changes, either climate or societal; and iv) to review the capacity of alternative livestock breeding systems to respond to these constraints. To conclude, the pathways for adapting pastoral breeding to global changes are discussed.

■ GLOBAL CHANGES

Global changes result from intricate and nested changes in climate and related soil and hydrology, and in society (Brooks et al., 2005).

Long-term climate change

Global changes first evoke climate change whose mention has become compulsory in any research or development project conducted in West and Central sub-Saharan Africa, including pastoral breeding (World Bank, 2015). As everywhere else on the globe, climate is affected by increasing air temperatures in relation with higher concentrations of greenhouse gases, especially CO₂, CH₄ and N₂O (IPCC, 2013). The mean annual temperature has increased by 1-2°C between 1950 and 2010. However, in the context of the West African monsoon that prevails in the region, the increase in temperature mostly affects the warmest months at the end of the dry season and shortly at its onset, and mostly by higher daily minimum temperatures (Guichard et al., 2017). It thus has little impact on most plants including crop products of the wet season. According to the projections of the global models used by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013), temperatures should keep increasing in the 21st century by 1.7°C under the optimistic scenario (Representative Concentration Pathway 4.5 Wm²) and by up to 4.3°C under the pessimistic scenario (RCP 8.5 Wm²).

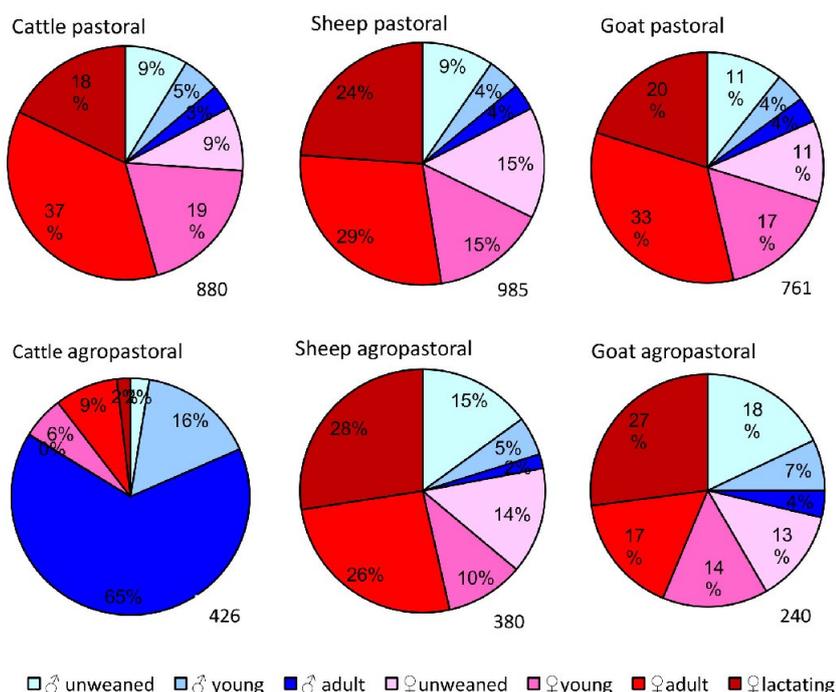


Figure 1: Relative distribution of cattle, sheep and goats by sex and age class in 63 pastoral and 115 agropastoral farms in the district of Dantiadou, Southwestern Niger. Bottom right of pie charts: total number of animals (source: Hiernaux et al., 2015).

The trend observed so far in rainfall distribution and the predictions based on global modeling contradict the popular and mediatic belief in an aridification (Lebel and Ali, 2009). After twenty-five years of poor rainfall starting in the late 1960s, with two major droughts in 1973-74 and 1984-85, annual rainfall has increased in Central Sahel since the mid-1990s, and since early 2000 in Western Sahel (Nicholson, 2013). Yet, this return to a higher mean rainfall is spatially uneven with large interannual variations and it has not reached the levels of the wet 1950–1967 period. In addition, the pattern of rainfall is changing with no more rainy days than during the dry period 1968–1993 (Ozer et al., 2017) but with a higher frequency of heavy rains increasing the risk of floods (Panthou et al., 2014). This trend is sometimes accompanied by a higher frequency of dry spells within the wet season, increasing the risk of failure in crop and rangeland growth (Bichet and Diedhiou, 2018). If these trends are confirmed and continue, together with high temperatures and CO₂ concentration in the atmosphere, C3 perennials including woody plants could tend to replace C4 herbaceous species leading to bush encroachment (Ghannoum et al., 2000; Poorter and Navas, 2003). Higher frequency of heavy rainfall events together with the reduction in the vegetation cover as a result of expanding cropped areas, roads and building infrastructures, and increased grazing pressure, will also promote runoff, ending in drastic changes in local water balances with higher shares of rainwater channeled to drainage lines, ponds and recharging aquifers (Favreau, 2002; Gardelle et al., 2010; Gal et al., 2017). Even the flood regime of the largest rivers have already been affected as in the case of Niger River in Niamey which developed an early flood peak fed by swollen local runoffs (Descroix et al., 2012).

Societal changes driven by demography

Storms, floods and droughts are spectacular events, but climate change is taking place over a longer period than concomitant societal changes that occur much faster and may have a larger impact in the short term. A major component of societal changes in West and Central sub-Saharan Africa is the rapid and lasting increase in population density at a rate of 3–4% annually since mid-20th century (Guengant and May, 2011). It first affected the rural population that used to prevail, then it accelerated urban population growth in coastal countries and more recently in inland countries (Denis and Moriconi-Ebrard, 2009). Among the consequences that affect pastoral breeding, cropped areas are expanding at a rate close to that of human demography, i.e. about 3% a year, and with little intensification of these cropping systems (Breman et al., 2001; Powell et al., 2004). Crop areas increased at the detriment of rangelands and fallows as in the example of the district of Dantiandou in Western Niger (Figure 2). This process resulted in the fragmentation of grazing lands, which access required more care, closer herding and more beforehand negotiation by pastoralists. In addition, rangelands converted into croplands were generally the most fertile, leaving the less productive lands to grazing (Schlecht et al., 2006). The expansion of cropped areas is often accompanied by changes in tenure in favor of more private use of croplands, restricting communal use, including grazing rights (Turner et al., 2016). In some countries such as Senegal, Burkina Faso and Nigeria, land grabbing by agro-industries adds to the privatization of croplands. Reduction in rangeland resources, area and access are all obstacles to the regional and season transhumance of pastoral herds. Especially in the late dry season, transhumance toward subhumid and wetland areas is essential to Sahel pastoral breeding to keep livestock nutrition at an acceptable level, while grazing resources are getting very poor in the Sahel belt (Hiernaux et al., 2015).

On one hand, the gap in dry season resources is all the more severe because the livestock population also increases with the human population, although at a lower rate than in cropped areas (Corniaux et al., 2012). On the other hand, the civil insecurity that affects the Sahel as well as the north of coastal countries raises additional obstacles to

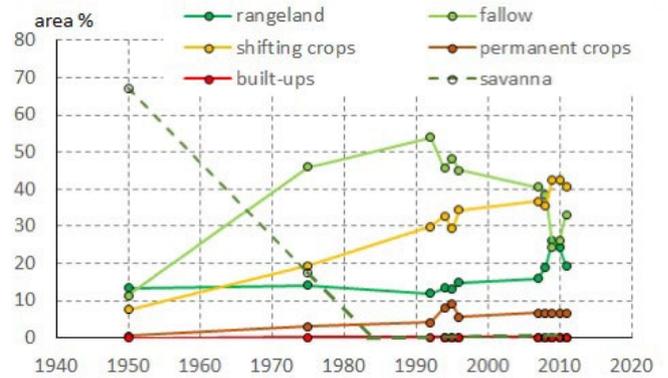


Figure 2: Example of change in land use over a 500-km² area in Dantiandou District in Western Niger. Areas are estimated from a classification of aerial photos (1950–1996) and supervised classifications of SPOT imagery (2007 onward). The savanna was cleared for cropping and became extinct in the mid 1980s. The cropland is categorized as either shifting crop fields or permanently cropped and manured fields (source: Hiernaux et al., 2018).

livestock mobility in the wet and dry seasons (Déclaration de Ndjaména, 2013). Moreover, policies toward land privatization with titling of land plots to individual farmers and the settlement of mobile populations conducted in some of the coastal countries have impaired further livestock mobility (Bassett, 1988; Maman Moutari and Giraut, 2013). A first adaptation by pastoral breeding families to the restricted access to vital pastoral resources was to diversify their economic activities, often through staple cropping to meet basic nutritional needs, which implied settling down part of the year and/or part of the family. Yet the enhanced economic activity agenda within pastoral families has also contributed to reduce the pastoral breeding skills of the young men in charge of herding and day-to-day livestock management, leading to shortages in skilled labor (Turner and Hiernaux, 2008). The increasing trend of crop farmers investing in livestock husbandry with a few head of small ruminants or cattle in addition to pack and draft animals does not compensate for the loss of skilled pastoral labor. The skilled labor shortage and civil insecurity in part result from a long history of public under investments in pastoral regions, starting in colonial time and pursued by the independent states. Except for recent electronic-communication services, pastoral areas are still poorly endowed with roads, health and education infrastructures in spite of their notable contribution to the domestic product.

CONCERNS ABOUT RANGELAND DEGRADATION BY OVERGRAZING

There is a persistent concern among technical services and research institutions, relayed by the media and political circles, about the detrimental impact of ‘uncontrolled’ grazing by pastoral livestock on vegetation and soils (Sinclair and Fryxell, 1985; Dodd, 1994; Steinfeld et al., 2006). The ecosystem degradation due to pastoral breeding fits well in the largely shared and long-lasting paradigm of desertification (Aubréville, 1949; Boudet, 1972; Brabant, 2010). In addition, as previously mentioned, grazing ruminants have been recently accused of significantly contributing to greenhouse gas emission.

Short-term impact of livestock grazing

In Sahel, rangelands and fallows are dominated by annual herbaceous species with scattered woody plants (Hiernaux and Le Houérou, 2006). Herbage growth is controlled by rainfall distribution with large spatial heterogeneity related to patchy rain distribution and to rain redistribution

by runoffs (Mougin et al., 1995). This rainfall control also explains large interannual variations in yields (Figure 3a). Yet the productivity is strongly limited by the soil fertility, more specifically the poor content in both nitrogen and phosphorus as soils are generally sandy, acidic and poor in organic matter (Penning de Vries and Djiteye, 1982). The short-term impact of grazing on the annual herbaceous growth is limited to the wet season, especially when grazing occurs during the rapid growth at grass heading. However, this rapid growth only lasts two to three weeks about synchronal across Sahel (Figure 3a; Hiernaux et al., 2013). At worst, the herbaceous production repeatedly grazed is reduced by half (Hiernaux and Turner, 1996), but this mainly occurs very locally when livestock is concentrated during the wet season.

During the dry season, the annual herbaceous plants are dead so there is no impact on production (Figure 3b). The livestock at most ingests a third of the mass of standing straws at the onset of the dry season because of concomitant grass trampling, herbivorous insects and rodents, and organic decomposition (Hiernaux et al., 2015). It also entails that at least two thirds of the herbaceous mass standing at the onset of the dry season are recycled locally. In addition, about half of the forage intake by grazing livestock returns to soil as feces, as

the mean digestibility of the selected diet by grazing livestock during the dry season is about 50% (Ayantunde et al., 1999; Assouma et al., 2018). Livestock trampling changes standing straws into litter, then into buried litter pieces, dung and diaspores in the top soil. Trampling may enhance the subsoil density of fine-textured soils but has no impact on the subsoil density of the dominant sandy soils (Hiernaux et al., 1999). On the opposite, trampling enhances water infiltration and reduces soil erosion by cracking the top soil crust (Casenave et Valentin, 1992) while increasing surface roughness.

In subhumid and humid savannas in the south as well as in wetlands, herbaceous species are dominated by highly productive perennials, mostly tussock grasses. Similarly to annuals, these perennials are very sensitive to grazing during the rapid growth or grass heading (Cissé and Breman, 1975). However, the rapid lignification of the stem soon deters grazing (Fournier, 1996). After flowering and fruiting, the fodder value of the straws is very poor but the regrowth of perennials has good value in the dry season regardless of bushfires often lit to get rid of the mass of straw and litter, easing the access of livestock to the regrowth (César, 1981). Perennial grasses stand very well both regular fires and grazing of the dry season regrowth (Figure 4).

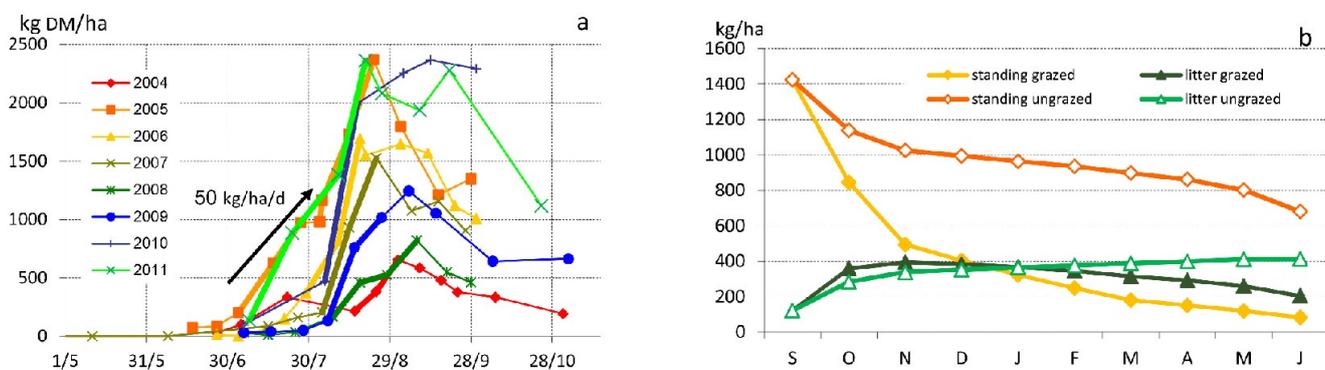


Figure 3: a) Herbage growth (x axis: day/month) in a rangeland site at Agoufou (Mali) from 2004 to 2011 showing the amplitude of interannual yield variations and the short duration of the rapid growth phase. b) Dry season decay of the mass of the standing straws and litter depending on grazing (source: Hiernaux et al., 2015). DM: dry matter



Figure 4: Grazing of perennial grass regrowth in the dry season. Left pictures: *Andropogon gayanus* in Dantiandou (Niger). Right pictures: *Echinochloa stagnina* at Moura (source: Inland Niger River Delta, Mali).

Their maximum production is achieved at the specific defoliation frequency of every 15 days for *Echinochloa stagnina* (Hiernaux, 1984; Léauthaud et al., 2018). The recycling of nutrients in dedicated organs (rhizomes, tillering plateau) to meet plant needs at the next growing season is the main causal process of their resilience (Abbadie, 1984).

In spite of the notable contribution of the leaves and pods of selected woody plant species to the nutrition of livestock (Guerin, 1994), especially browsing goats and camels, the rate of leaf and twig harvesting relative to the total mass of leaves and twigs produced annually reaches at most a few percent (Assouma et al., 2017a). Even woody plants subjected to intense browsing, as they grow in livestock concentration sites, survive thanks to the reactive dense and short branching, bonsai-like, that impedes further leaf browsing (Figure 5a). Instead, the short-term impact of livestock browsing on woody plants may be caused by the pastoral practice of lopping branches to feed livestock. Cut branches may only be branchlets, which requires for the herder to climb on the tree. Larger branches may be partially cut and bent toward the soil to ease access to animals, practice known as the 'umbrella cut'. However, even with severe cuts and heavy browsing many trees survive as is the case of an *Acacia raddiana* tree in a pastoral site in Gourma, Northern Mali, monitored since 1984 and still thriving in 2007 (Figure 5b).

Impact of livestock grazing on the longer term

On the longer term, the grazing impact on the Sahelian herbaceous layer results from the combination of short-term effects of wet season foraging on the production and seed dispersion, of trampling that accelerates organic matter decomposition and enhances water infiltration, and of feces and urine deposit, all repeated over years. Altogether, comparing the herbaceous growth of 25 rangeland sites in Gourma monitored from 1984 to 2011 indicated that mean daily growth rates between grass tillering and heading in sandy-soil rangelands increased with the intensity of grazing pressure from 30 to 45 kg ha⁻¹ d⁻¹ (Hiernaux et al., 2016). Long-term survey of rangelands in sandy soils in Senegal submitted to uncontrolled heavy grazing,

controlled moderate grazing, and protection from grazing, indicates higher yields in controlled grazing and higher species diversity in protected rangelands, but more stable growth rates under heavy grazing (Miehe et al., 2010). Moderate grazing tends to promote C4 grasses, whereas high grazing pressure either favors highly productive poorly palatable dicotyledons such as *Sida cordifolia* or *Cassia obtusifolia*, or less-productive short-cycle palatable species such as *Zornia glochidiata* and *Tribulus terrestris* (Valenza, 1984; Hiernaux and Le Houérou, 2006).

Remote sensing assessments of vegetation growth based on the normalized difference vegetation index (NDVI) confirm the regreening (i.e. increased production) of Sahel rangelands after the early 1980s' drought (Anyamba and Tucker, 2005; Dardel et al., 2014; Brandt et al., 2014). Remote sensing works also confirm higher NDVI values, and thus vegetation production, at the vicinity of water ponds and pastoral camps in relation with higher soil fertility due to livestock manure deposit adding organic matter, nitrogen and phosphorus among other minerals (Hanan et al., 1991; Brandt et al., 2018; Rasmussen et al., 2018).

In subhumid and humid savannas, moderate grazing on the long term tends to favor tussock perennial grasses, whereas heavy grazing promotes refusal of dicotyledons and woody plants, with a risk of bush encroachment unless the savanna is regularly burned (César et Zoumana, 1993). In flooded grasslands such as the iconic *burgu* (in Fulani generic word of *Echinochloa stagnina* here used for this type of wetland), the intense grazing pressure at the retreat of the flood stimulates regrowth during the dry season and helps maintain the grassland on the long term by forcing plant reproduction (Hiernaux, 1984). Yet, increasing irregularity in the flood regime in relation with climate change, upstream damming and water withdrawal put a stress on wetland vegetation, often promoting bush encroachment as was the case with the introduced *Prosopis juliflora* that invaded the northern half of Lake Chad during the 1970–1980s' droughts.



Figure 5: Top left: *Balanites aegyptiaca* bonsai shaped by browsing near Gourma-Rharous (Mali). Right: same *Acacia raddiana* in the foreground in 1984 (top) and in 2007 (bottom).

The impact of livestock on woody plant populations is indirect, either favoring woody plants in the competition with more intensely used grass species, or helping seed dispersion of species such as *Balanites aegyptiaca* and most *Acacia*. On the opposite, repeated browsing and trampling of seedlings may slow the recruitment or preferred species. However, high grazing pressure around water ponds and pastoral camps has not impeded woody plant recruitment after the 1980s' drought (Hiernaux et al., 2009). Remote sensing confirms that the woody plant cover has been globally increasing since the 1980s in pastoral lands (Brandt et al., 2016) and is most often higher close to livestock concentration sites, with fewer bushes and more large trees (Rasmussen et al., 2018).

Impact of grazing livestock at ecosystem scale

At the ecosystem scale, grazing livestock accelerates the recycling of vegetation organic matter, its decomposition and mineralization (Manlay et al., 2004). It thus stimulates soil biological activity and activates nutrient cycling by excretion deposit and litter burying. Incidentally, this process reduces the risk of fires and thus the loss of carbon and nitrogen due to fires. The concentration of feces and urine deposit during resting/rumination generates a spatial transfer of organic matter and nutrients from wide grazing areas to the smaller areas of camps and corrals, and next to water ponds (Landaïs and Lhoste, 1993). In agropastoral ecosystems, this transfer is the major way to increase the soil fertility of selected crop fields. This is achieved by corralling livestock at night in the field during the dry season and in the neighboring fallow during the wet season, or by collecting manure in paddocks and carrying it to the field by cart (Schlecht et al., 2004). In creating these hot spots of soil fertility, the grazing livestock plays a major role in crop diversification and intensification (Hiernaux and Diawara, 2014).

The environmental cost of the recycling function could be the contribution of ruminants to greenhouse gas emission, e.g. enteric CH₄, or CO₂, N₂O and CH₄ during the decomposition of deposited excreta on the soil or surface water. First assessments of these contributions raised concerns about the responsibility of pastoral breeding in climate change processes. Concerns intensified as the estimated emissions were reported relative to animal production, which is quite low (Gerber et al., 2013) and calculated based on generous (+ 40%) estimates of the forage intake (Assouma et al., 2018). Recent works conducted in a pastoral breeding system in Northern Senegal downsized these emissions and concluded that the carbon cycle of pastoral breeding was seasonally contrasted but annually neutral (Assouma et al., 2017b; 2019a; 2019b).

■ COMPARING THE CHALLENGES OF CLIMATE AND SOCIETAL CHANGES

Regardless of the increase in atmosphere temperature and CO₂ concentration, and of the direction of rainfall changes, the climate in sub-Saharan West and Central Africa should remain monsoonal with a summer rainy season of decreasing duration with latitude, regularly alternating with a fall to spring dry season of increasing duration with latitude. Rainfall should continue to be provided by convective storms moving from east to west and thus remain patchy and variable within the season. Thus, the quality of the forage offer should remain highly seasonal and patchily distributed. Besides, the severe livestock losses caused by the two main droughts (Toulmin, 1987) have been mostly compensated (Corniaux et al., 2012) although the average size of herds decreased (Colin de Verdière, 1994). This livestock population reconstitution was, however, less effective in the harshest Northern Sahelian areas and brought about changes in species and herd breed composition with a relative increase in small ruminants to

the detriment of cattle (Turner, 1999), and a progression of camels to the South (Bourn and Wint, 1994; Anderson and Monimart, 2009). Both trends have been interpreted as adaptations to either more arid climates or the reduction in grazing resources and access to these resources (Serpantié et al., 1988). They may also respond to changes in the market demand (Wane et al., 2009), skilled labor availability or other social traits within pastoralist families (Turner, 1999). For example, the intensified market demand for sheep sacrificed during Muslim religious celebrations, particularly in wealthier urban areas, has stimulated the relative increase in sheep breeding during the last decades in Senegal (Wane et al., 2009). In the short term, social and institutional changes appear to shape pastoral breeding more than climate change does. The historical shrinkage of rangeland space, and area fragmentation and access restriction, while pastoralist families and livestock are growing, is pushing pastoral breeding to limits of animal production viability (Lesnoff et al., 2012). The benefit of herd mobility and mixed species and breed complementarity in selecting the best fodder resources offered by Sahel immensity during time of abundance (wet and early dry seasons) only holds if the gains made can be supported by limited losses during the dry season. This is particularly true for livestock reproduction performances based on female condition over longer periods than just one season. Fertility rates of adult females are already low, which strongly affects pastoral breeding productivity (Wilson, 1986). The quality of optimizing livestock grazing selection by organizing daily grazing circuits and season transhumance is acknowledged in pastoral breeding (Ayan-tunde et al., 1999). Communal management appears more efficient and less costly to adapt to the variable and patchy fodder resources. Yet, pastoralists' reduced access to water and grazing resources, especially during the dry season in the agropastoral subhumid zone, questions the sustainability of pastoral breeding. Alternative production systems have been suggested to overcome the constraints faced by pastoral breeding.

■ ALTERNATIVES TO PASTORAL BREEDING: HOW THEY FACE GLOBAL CHANGES

Ranching

One alternative to pastoral breeding is ranching, which is also reproduction oriented and livestock fed mostly by grazing-browsing, but rangelands are privately managed instead of being pastoral commons. It requires fencing, which involves costly initial investments from external funding, then high maintenance and social costs that are difficult to meet on the long term. It implies a reduction in herd mobility even when sophisticated paddock rotation is planned (Savory, 1983). With its private access and use of fences, ranching impedes seasonal herd mobility at regional scale. Control of the stocking rate often sustains ranching but the lack of flexibility leads to the under-use of resources in some places with enhanced risks of bush encroachment or fire, and overuse in other places with the risk of favoring invasive refusals. These risks are reinforced by breeding a single species, often a single breed, as observed in most ranches, thus losing the benefits of complementary feeding behaviors in multispecies breeding. Socially, the high investment needed to set up and manage a ranch excludes local pastoral families and isolates the often distant owner from the manager and waged herders. This can cause rapid erosion of herders' labor skills as they lose full responsibility. Attempts to develop ranching from the colonial time have generally failed in the region (Boutrais, 1990) with a few exceptions relying on institutional and environmental peculiarities (Achar and Chanono, 2006). An interesting trial to introduce a scientifically controlled ranching, funded by German Cooperation, was conducted in the Ferlo in Senegal starting in 1981. It failed both technically and economically in spite of free investments for the few selected pastoralists who benefited from

the project (Thébaud et al., 1995). If ranching were to be developed, supported by policies of tenure privatization and investments in live-stock production by the wealthy, national or foreigners, it would raise yet other obstacles to the remaining pastoral breeders. In addition, the ecosystem benefit of transhumance, especially the transfer of soil fertility in the visited agropastoral ecosystems, would be lost as well as the provision of cheap young animals to sedentary specialized live-stock production units.

Stall feeding

Another alternative to pastoral breeding is to reduce seasonal and regional mobility, at least during the dry season, by feeding livestock substantial quantities of either collected and conserved forages such as hay, haulms, cereal stubble, or even agro-industrial by-products. This trend is already present in pastoral breeding system facing severe cuts in dry-season access to rangelands (Fernandez-Rivera et al., 2005). As a result, seasonal and regional herd mobility has been reduced or suppressed, achieving to decouple stocking rates and forage availabilities with the risk of overgrazing during the growing season, leading to reduced forage resources all year round. In addition, pastoral breeders are not best placed to produce or import livestock fodder or agro-industrial by-products, as they are generally in remote, badly connected areas, and landlocked. The high cost of production, storage and transportation requires investments that only wealthy people or external funding can support. As with ranching, the benefits of dry season transhumance for soil fertility and provision of cheap young animals to the markets will be lost.

Ranching and stall feeding

The two alternatives could be combined with ranching in pastoral areas supported by stall feeding in the dry season. Actually, it would be the only option to maintaining ranching in the long run as shown by the management of the few successful ranch exceptions (Achard and Chanono, 2006). The high cost of each alternative management cumulates reinforcing the dependence on external funding and related social costs. The risks of wet-season overgrazing degradation are reinforced by the external sources of dry-season feeding.

■ PERSPECTIVES: NEW DEAL TO ADAPT PASTORAL BREEDING TO GLOBAL CHANGES

By comparison with the two alternative strategies alone or combined, pastoral breeding with rangelands managed as commons and with seasonal mobility at regional scale appears the most adapted option to cope with the seasonality and interannual variability of forage availability and quality, both likely to become even more variable and patchy with climate change. Pastoral practices can be improved by offering flexible optimization of livestock grazing and by decentralizing the organization of daily grazing circuits and seasonal transhumance (Chirat et al., 2014). Communal management also appears as a more efficient and less costly solution to adapt to the variable patchiness of resources (Krummel and Dritschilo, 1977; Cossins, 1985). It ensures the most reactive livestock mobility, key to control the risks of degradation by overgrazing during the wet season and promote ecosystem resilience in the face of monsoonal climate vagaries (Breman and de Wit, 1983). Moreover, pastoral breeding has a long history of connection with specialized livestock production systems in sub-humid and periurban areas, providing young animals through direct contracts as well as livestock markets (Touré et al., 2012). This provision includes young males either for drafting (Vall et al., 2003) or fattening, and young females to renew dairy herds in periurban units. The dry season transhumance in subhumid and wetland agropastoral areas also benefits cropland soil fertility management by accelerating

the organic matter recycling and transferring fertility to selected manured fields (Landais and Lhoste, 1993; Hiernaux and Diawara, 2014).

Yet maintaining or reviving pastoral breeding in West and Central Africa would require a proactive policy addressing the main constraints faced by pastoral breeders. Civil insecurity, terrorism and banditry in several pastoral regions not limited to the Sahara deserve urgent national and international investment (Bonnet, 2013). However, on the longer term, only large infrastructure investments in education, health, roads and communication will ensure security, and help pastoral breeding to adapt to societal changes. More specific policies are also necessary to ensure the future of pastoral breeding, starting by the recognition of its access to water and forage resources (Lavigne-Delville and Chauveau, 1998; Bonnet and Héroult, 2011), the empowerment and capacity building of professional organizations and herders' associations. First steps in the political recognition of the economic and social contribution of pastoral breeding were initiated as recommendations in a series of conferences (Déclaration de D'Njaména, 2013), and political agreements (Déclaration de Nouackchott, 2013). This renewed interest revived the funding of dedicated development projects such as the Regional Pastoralism Support Project in the Sahel (PRAPS), Regional Investment Program for Livestock Development in Coastal Countries (PRIDEC), Livestock Development Support Project (PADEL) (de Haan et al., 2016). In pastoral regions, the objective is to complete, rehabilitate and manage hydraulic and veterinary infrastructures in consultation with the pastoral breeders' associations and territorial authorities (Bonnet et al., 2005). In agropastoral regions, the objective is to set frameworks for local and regional consultation and contractual agreements between pastoralists, agropastoralists and crop farmers on the organization and by building the needed infrastructures (water points, livestock pathways, grazing areas, corralling sites, shelters...) to make dry season transhumance more efficient and mutually beneficial (Oxby, 1985).

Acknowledgments

The illustrations come from field work in Mali and Niger funded by ILRI (International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya). More recent data collection was funded by AMMA-CATCH Observatory (www.amma-catch.org). The results on the carbon balance of pastoral livestock in Senegal were obtained by SELMET (Tropical and Mediterranean Animal Production Systems) research unit of CIRAD (French Agricultural Research Centre for International Development) and PPZS (Project Pastoralism in Arid Lands, Dakar, Senegal).

Author contributions statement

PH and MHA wrote the article.

Conflicts of interest

The study was conducted without any conflict of interest.

REFERENCES

- Abbadie L., 1984. Evolution saisonnière du stock d'azote dans la strate herbacée d'une savane soumise aux feux en Côte d'Ivoire. *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum*, 5 (19): 321-334
- Achard F., Chanono M., 2006. Exemple d'une gestion pastorale réussie au Sahel : la station d'élevage de Toukounous (Niger). *Sécheresse*, 17 (1-2): 76-82
- Ag Mahmoud M., 1992. Le Haut Gourma central (V^e région de la République du Mali). Présentation générale. CEFE/CNRS, Montpellier, France, 2^e édition révisée, 133 p.
- Anderson S., Monimart M., 2009. IIED, Recherche sur les stratégies d'adaptation des groupes pasteurs de la région de Diffa, Niger oriental, 102 p.

- Anyamba A., Tucker C. J., 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. *J. of Arid Envir.*, **63** (3), 596-614
- Assouma M. H., Lecomte P., Corniaux C., Hiernaux P., Ickowicz A., Vaysières J., 2019a. Pastoral landscapes in the Sahel: a carbon balance with unexpected potential for climate change mitigation. Montpellier, CIRAD, *Perspective* 52, doi: 10.19182/agritrop/00083
- Assouma, M.H., Hiernaux, P., Lecomte, P., Ickowicz, A., Bernoux, M., Vaysières, J., 2019b. Contrasted seasonal balances in a Sahelian pastoral ecosystem result in a neutral annual carbon balance. *J. Arid Envir.*, **162**: 62-73, doi: 10.1016/j.jaridenv.2018.11.013
- Assouma M.H., Lecomte P., Hiernaux P., Ickowicz A., Corniaux C., Decruyenaere V., Diarra A.R., et al., 2018. How to better account for livestock diversity and fodder seasonality in assessing the fodder intake of livestock grazing semi-arid sub-Saharan Africa rangelands. *Livest. Sc.*, **216**: 16-23, doi : 10.1016/j.livsci.2018.07.002
- Assouma M.H., Mottet A., Lecomte P., Velascogil G., Hiernaux P., Vaysières J., 2017a. Browsed trees and shrubs fodder by pastoral herds efficiency in the sahelian rangeland. In: Proc. Int. Conf. on Pastoralism in current global changes, Dakar, 20-24 Nov. 2017, PPSZ, Dakar, Senegal, 235-236
- Assouma M.H., Serça D. Guérin F., Blanfort V., Lecomte P., Touré I., Ickowicz A., et al., 2017b. Livestock induces strong spatial heterogeneity of soil CO₂, N₂O, CH₄ emissions within a semi-arid sylvo-pastoral landscape in West Africa. *J. of Arid Land*, **9**: 210-221, doi: 10.1007/s40333-017-0001-y
- Aubréville A., 1949. Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, France, 351 p.
- Ayantunde A.A., Hiernaux P., Fernandez-Rivera S., van Keulen H., Udo H.M.J., 1999. Selective grazing by cattle on spatially and seasonally heterogeneous rangelands in the Sahel. *J. Arid Envir.*, **42**: 261-279, doi : 10.1006/jare.1999.0518
- Ayantunde A.A., Hiernaux P., Fernandez-Rivera S., Sangare M., 2018. Nutrient management in livestock systems in West Africa Sahel with emphasis on feed and grazing management. In: Improving the profitability, sustainability and efficiency of nutrients through site specific fertilizer recommendations in West Africa agro-ecosystems. (Eds. Bationo, A., Ngaradoum, D., Youl, S., Lompo, F. and Fening, J.). Springer Intern. Publ., Cham, Suisse : 11-23, doi 10.1007/978-3-319-58789-9_2
- Bassett T.J., 1988. The Political Ecology of Peasant-Herder Conflicts in the Northern Ivory Coast. *Ass. M. Geog. Annals*, **78** (3): 453-472, doi: 10.1111/j.1467-8306.1988.tb00218.x
- Bationo A., Mokwunye A.U., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fertilizer Res.*, **29**: 117-125, doi: 10.1007/BF01048993
- Bichet A., Diedhiou A., 2018. West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent. *Climate Res.* **75** (2): 155-162, doi :10.3354/cr01515
- Bonfiglioli A.M., 1988. Duda. Histoire de famille et histoire de troupeau chez un groupe de Wodaabé du Niger. Ed. Maison des Sc. De l'Homme/ Cambridge Univ. Press. Paris, France, Cambridge, UK, 293p.
- Bonnet B., 2013. Vulnérabilité pastorale et politiques publiques de sécurisation de la mobilité pastorale au Sahel. *Mondes dév.*, **164**: 71-91, doi: 10.3917/med.164.0071
- Bonnet B., Héroult D., 2011. Gouvernance du foncier pastoral et changement climatique au Sahel. *Land Tenure J.*, **2**: 157-187
- Bonnet B., Marty A., Demante M.J., 2005. Hydraulique et sécurisation des systèmes pastoraux au Sahel. Appui à la gestion locale. Démarches et méthodes, IRAM, Paris, France, 28 p.
- Boudet G., 1972. Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia*, sér. 2, **12** (4): 505-524
- Bourn D., Wint W., 1994. Livestock, land-use and agricultural intensification in sub-saharan Africa. Pastoral Development Network Paper 37a, ODI London, UK, 24 p.
- Boutrais J., 1990. Derrière les clôtures... Essai d'histoire compare de ranchs africains. *ORSTOM Cah. sc. Hum.*, **26** (1-2): 73-95
- Brabant P., 2010. A land degradation assessment and mapping method. A standard guideline proposal. Les dossiers thématiques du CSFD 8, Agropolis International, Montpellier, France, 52 p.
- Brandt M., Hiernaux P., Rasmussen K., Mbow C., Kergoat L., Tagesson T., Ibrahim Y. Z., et al., 2016. Assessing woody vegetation trends in Sahelian drylands using MODIS based seasonal metrics. *Rem. Sens. Envir.*, **183**: 215-225, doi: 10.1016/j.rse.2016.05.027
- Brandt M., Rasmussen K., Hiernaux P., Herrmann S., Tucker C.J., Tong X, Tian F., et al., 2018. Reduction of tree cover in West African woodlands and promotion in semi-arid farmlands. *Nat. Geosc.*. doi: 10.1038/s41561-018-0092-x
- Brandt M., Verger A., Diouf A.A., Baret F., Samimi C., 2014. Local vegetation trends in the Sahel of Mali and Senegal using long time series FAPAR satellite products and field measurements (1982-2010). *Rem. Sens.*, **6**: 2408-2434, doi: 10.3390/rs6032408
- Breman H., de Wit C.T., 1983. Rangelands productivity and exploitation in the Sahel. *Science*, **221** (4618):1341-1347, doi: 10.1126/science.221.4618.1341
- Breman H., Groot J.J.R., van Keulen H., 2001. Resource limitations in Sahelian agriculture. *Gl. Envir. Change*, **11**: 59-68, doi: 10.1016/S0959-3780(00)00045-5
- Brooks N., Di Lernia S., Drake N. Chiapello I., Legrand M., Moulin C., Prospero J., 2005. The environment-society nexus in the Sahara from pre-historic times to the present day. *J. North Afr. Stud.*, **304**, 253-292, doi: 10.1080/13629380500336680
- Casenave A., Valentin, C., 1992. A runoff capability classification system based on surface features criteria in the arid and semi-arid areas of West Africa. *J. Hydrol.*, **130**: 231-249, doi: 10.1016/0022-1694(92)90112-9
- César J., 1981. Cycles of the biomass and regrowths after cutting in savanna (Ivory Coast). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **34** (1): 73-81, doi : 10.19182/remvt.8286
- César J., Zoumana C., 1993. Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le nord de la Côte d'Ivoire. In: La jachère en Afrique de l'Ouest. (Eds. Floret C., Serpantié G.), Orstom, Paris, France 415-434
- Chirat G., Groot J.C.J., Messad S., Bocquier F., Ickowicz A., 2014. Instantaneous intake rate of free-grazing cattle as affected by herbage characteristics in heterogeneous tropical agro-pastoral landscapes. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **157**: 48-60, doi: 10.1016/j.applanim.2014.06.003
- Cissé M.I., Breman H., 1975. Influence of the intensity of exploitation on the productivity of grasslands. In Evaluation and mapping of tropical African rangelands. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 207-212
- Colin de Verdière P., 1994. Investigation sur l'élevage pastoral. Rapport final du projet STD2. Hohenheim Univ., Stuttgart, Germany/ Cirad-EMVT, Maisons-Alfort, France, 249 p.
- Corniaux C., Lesnoff M., Ickowicz A., Hiernaux P., Diawara M.O., Sounon A., Aguilhon M., et al., 2012. Contribution de l'élevage à la réduction de la vulnérabilité des ruraux et à leur adaptabilité aux changements climatiques et sociétaux en Afrique de l'Ouest au sud du Sahara. ECLIS, livrable 3.1, GET, Toulouse, 43 p.
- Cossins N.J., 1985. The productivity and potential of pastoral systems. *ILCA Bull.*, Addis Ababa, Ethiopia, **21**: 10-15
- Dardel C., Kergoat L., Mougou E., Hiernaux P., Grippa M., Tucker C. J., 2014. Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger). *Remote Sens. Envir.*, **140**: 350-364, doi: 10.1016/j.rse.2013.09.011
- De Haan C., Dubern E., Garancher B., Quintero C., 2016. Pastoralism Development in the Sahel: A Road to Stability? World Bank, Washington DC, USA, 43 p.
- Déclaration de N'Djamena, 2013. Elevage pastoral. Une contribution durable au développement et à la sécurité des espaces saharo-sahéliens. Coll. Régional 27-29 Mai 2013, N'Djaména, Tchad, 7 p. http://www.hubrural.org/IMG/pdf/declaration_de_n_djamena_29_mai_2013.pdf
- Déclaration de Nouakchott, 2013. Mobilisons ensemble un effort ambitieux pour un pastoralisme sans frontières, 29 Oct. 2013, 4 p., www.oie.int/doc/ged/D12969.pdf
- Denis E., Moriconi-Ebrard F., 2009. La croissance urbaine en Afrique de l'Ouest : De l'explosion à la prolifération. *La Chronique du CEPED*, 1-5
- Descroix L., Genthon P., Amogu O., Rajot J.L., Sighomnou D., Vauclin M., 2012. Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region. *Glob. Planet. Chang.*, **98-99**: 18-30, doi: 10.1016/j.gloplacha.2012.07.009
- Dodd J. L., 1994. Desertification and degradation in Sub-Saharan Africa—The role of livestock. *Bioscience*, **44** (1): 28-34, doi : 10.2307/1312403

- Doutressoulle G., 1952. L'élevage au Soudan Français. Ed. Larose, Paris, France, 298 p.
- Favreau G., 2002. Le déboisement : origine d'une hausse durable de la recharge et des nitrates en aquifère libre semi-aride (Sahel, Niger). *Pangea*, **37/38**: 25-34
- Fernandez-Rivera S., Hiernaux P., 1995. Effect of stocking rate and herd composition on goats and sheep output in Sahelian rangelands. Presented at the annual meeting of the American Society of Animal Sciences in Orlando, Florida, 25-28 July 95. *J. Anim. Sc.*, **73** (1), 206
- Fernandez-Rivera S., Hiernaux P., Williams T.O., Turner M.D., Schlecht E., Salla A., 2005. Nutritional constraints to grazing ruminants in the millet-cowpea-livestock farming system of the Sahel. In: Coping with feed scarcity in smallholder livestock systems in developing countries (Eds. A. A. Ayantunde A.A., Fernandez-Rivera S., McCrabb G.), ILRI, Nairobi, Kenya, 157-182
- Fournier A., 1996. Dans quelle mesure la production nette de matière végétale herbacée dans les jachères en savane soudanienne est-elle utilisable pour le pâturage ? In La jachère, lieu de production, (Ed. Floret C.), CNRST, Bobo Dioulasso, Burkina Faso/Orstom: 101-111
- Gallais J., 1975 – *Pasteurs et paysans du Gourma. La condition sahélienne*. Mémoire CEGET, CNRS, Paris, France, 239 p.
- Gal L., Grippa M., Hiernaux P., Pons L., Kergoat L., 2017. The paradoxical evolution of runoff in the pastoral Sahel. Analysis of the hydrological changes over the Agoufou watershed (Mali) using the KINEROS-2 model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **21**: 4591-4613, doi: 10.5194/hess-21-4591-2017
- Gardelle J., Hiernaux P., Kergoat L., Grippa M., 2010. Less rain, more water in ponds: A remote sensing study of the dynamics of surface waters from 1950 to present in pastoral Sahel (Gourma region, Mali). *Hydrol. Earth Syst. Sc.*, **14**: 309-324, doi: 10.5194/hess-14-309-2010
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., 2013. Tackling Climate Change through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy, 139 p.
- Ghannoum O., von Caemmerer S., Ziska L.H., Conroy J.P., 2000. The growth response of C4 plants to rising atmospheric CO₂ partial pressure: a reassessment. *Plant, Cell Envir.*, **23**: 931-942, doi: 10.1046/j.1365-3040.2000.00609.x
- Guengant J.P., May J.F., 2011. L'Afrique subsaharienne dans la démographie mondiale. *Études*, **415**: 305-316
- Guerin, H., 1994. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Cirad-emvt, Maisons-Alfort, France, 451 p.
- Guichard F., Kergoat L., Hourdin F., Léauthaud C., Barbier J., Mougin E., Diarra B., 2017. Le réchauffement climatique observé depuis 1950 au Sahel. In : Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest (Eds. Sultan B., Lalou R., Sanni M.A., Oumarou A., Soumaré M.A.), IRD éditions, Marseille, France, 23-42
- Hanan N.P., Prevost Y., Diouf A., Diallo O., 1991. Assessment of desertification around deep wells in the Sahel using satellite imagery. *J. Appl. Ecol.*, **28**: 173-186, doi: 10.2307/2404123
- Hiernaux P., 1984. Is it possible to improve the traditional grazing management in the flood plain of the Niger river in central Mali ?. In: Rangelands: a resource under siege. (Ed. Joss P.J.) Proc. of the 2d Int. Rangeland Cong., Aust. Acad. of Sc., Canberra, Australia, 201-204
- Hiernaux P., Adamou K., Moumouni O., Turner M.D., Tong X., Savadogo P., Tong X., Mougin E., Malam Issa O., 2019. Expanding networks of field hedges in densely populated landscapes in the Sahel. *For. Ecol. Manag.*, **440**: 178-188, doi: 10.1016/j.foreco.2019.03.016
- Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G., 2016. Milk offtake of cows in smallholder farms of semiarid Sahel: low yields with high value! *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (4): 143-153, doi: 10.19182/remvt.31199
- Hiernaux P., Biélders C.L., Valentin C., Bationo A., Fernandez-Rivera S., 1999. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soil in sahelian rangelands. *J. Arid Envir.*, **41**: 231-245, doi:10.1006/jare.1998.0475
- Hiernaux P., Dardel C., Kergoat L., Mougin E., 2016. Desertification, adaptation and resilience in the Sahel : lessons from long-term monitoring of agro-ecosystems. In: The end of desertification? (Eds. Behnke R.H., Mortimore M.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 147-178, doi: 10.1007/978-3-642-16014_6
- Hiernaux P., Diarra L., Trichon V., Mougin E., Soumaguel N., Baup F., 2009. Woody plant population dynamics in response to climate changes from 1984 to 2006 in Sahel (Gourma, Mali). *J. Hydrol.*, **375**: 103-113, doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.01.043
- Hiernaux P., Diawara M.O., 2014. Livestock: Recyclers that promote the sustainability of smallholder farms. *Rural*, **21**(4): 9-11
- Hiernaux P., Diawara M.O., Kergoat L., Mougin E., 2015. La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agro-pastoraux du Sahel. Adaptations et perspectives. In : Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest (Eds. Sultan B., Lalou R., Sanni M.A., Oumarou A., Soumaré M.A.). IRD éditions, Marseille, France, 171-192, doi : 10.4000/books.irdeditions.9631
- Hiernaux P., Le Houérou H.N., 2006. Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, **17**(1-2) : 51-71
- Hiernaux P., Mougin E., Soumaguel N., Diawara M., Auda Y, Le Dantec V., 2013. Do seasonal maximum growth rates explain the large variations in annual yields of the herbaceous in Sahel rangelands? Doc. Trav. ECLIS, GET, Toulouse, France, 27 p.
- Hiernaux P., Turner M.D., 1996. The effect of clipping on growth and nutrient uptake of Sahelian annual rangelands. *J. Appl. Ecol.*, **33**: 387-399, doi: 10.2307/2404760
- Ickowicz A., Ancey V., Corniaux C., Duteurtre G., Pocard-Chappuis R., Touré I., Vall E., et al., 2012. Crop-livestock production systems in the Sahel: Increasing resilience for adaptation to climate change and preserving food security. In: Building resilience for adaptation to climate change in the agricultural sector. (Eds. Meybeck A., Lankoski J., Redfern S., Azzu N., Gitz V.), Proc. of FAO/OECD workshop 23-24 April 2012: 261-294
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical science basis. Summary for policymakers. IPCC 5th assessment report, 36 p.
- Krätili S., 2005. Animal science and the representation of local breeds: looking into the sources of current zootechnical knowledge on the Bororo zebu. Conf. 'Veterinary Science, Disease, and Livestock Economies' St. Anthony's College, Oxford, UK
- Krätili S., Schareika N., 2010. Living Off Uncertainty: The intelligent animal production of dryland pastoralists. *Eur. J. Dev. Res.*, **22**: 605-622, doi: 10.1057/ejdr.2010.41
- Kruska R.L., Reid R.S., Thornton P.K., Henninger N., Kristjanson P.M., 2003. Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agric. Syst.*, **77**: 39-63, doi: 10.1016/S0308-521X(02)00085-9
- Krummel J., Dritschilo S., 1977. Resource cost of animal protein production. *World Anim. Rev.* **21**(6)
- Landais E., Lhoste P., 1993. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. II. Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cah. Agric.*, **2** : 9-25
- Lavigne-Delville P., Chauveau J.P., 1998. Quels fondements pour des politiques foncières en Afrique francophone ? In : Quelles politiques foncières pour l'Afrique rurale ? Réconcilier pratiques, légitimité et légalité. Ed. Lavigne-Delville P., Karthala/Coopération française, Paris, France, 721-736
- Leauthaud C., Kergoat L., Hiernaux P., Grippa M., Musila W., Duvail S., Albergel J., 2018. Modelling the growth of floodplain grasslands to explore the impact of changing hydrological conditions on vegetation productivity. *Ecol. Model.*, **387**: 220-237, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2018.09.015
- Lebel T., Ali A., 2009. Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *J. Hydrol.*, **375** (1-2): 52-64, doi : 10.1016/j.jhydrol.2008.11.030
- Le Houérou H.N., 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. Springer-Verlag, Cham, Switzerland, 281p., doi : 10.1007/978-3-642-74457-0
- Lesnoff M., Corniaux C., Hiernaux P., 2012. Sensitivity analysis of the recovery dynamics of a cattle population following drought in the Sahel region. *Ecol. Model.*, **232** : 28-39, doi : 10.1016/j.ecolmodel.2012.02.018
- Lhoste P., Dollé V., Rousseau J., Soltner D., 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage, coll. Précis d'Élevage, Min. de la Coop., Paris, France, 288 p.
- Maman Moutari E., Giraut, F., 2013. Le corridor de transhumance au Sahel : un archétype de territoire multisitué *Espace Géog.*, **42** (4): 306-323 doi:10.3917/eg.424.0306

- Manlay R.J., Ickowicz A., Masse D., Feller C., Richard D., 2004. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of a village of the West African savanna—II. Element flows and functioning of a mixed farming system. *Agric. Syst.*, **79**: 83-107, doi: 10.1016/S0308-521X(03)00054-4
- Manoli C.V., Ancey C., Corniaux A., Ickowicz B., Moulin C.H., 2014. How Do Pastoral Families Combine Livestock Herds with Other Livelihood Security Means to Survive? The Case of the Ferlo Area in Senegal. *Pastor. Res., Policy Pract.*, **4** (3): 11 p., doi: 10.1186/2041-7136-4-3
- Miehe S., Kluge J., Von Wehrden H., 2010. Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of field study in Senegal. *J. Appl. Ecol.*, **47**(3): 692-700, doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01815.x
- Mougin E., Lo Seen D., S. Rambal, Gaston A., Hiernaux P., 1995. A regional Sahelian grassland model to be coupled with multispectral satellite data. 1: validation. *Remote Sens. Environ.*, **52** (3): 181-193, doi: 10.1016/0034-4257(94)00126-8
- Nicholson S.E., 2013. The West African Sahel: A review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability. *ISRN Met.*, 32 p., doi: 10.1155/2013/453521
- Oxby C., 1985. Settlement schemes for herders in the subhumid tropics of West Africa: issues of land rights and ethnicity. Pastoral Development Network, ODI, London, UK, 19f, 16 p.
- Ozer P., Laminou Manzo O., Tidjani A.D., Djaby B., de Longueville F., 2017 Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014) *Geo-Eco-Trop* **41** (3): 375-384
- Panthou G., Vischel T., Lebel T., 2014. Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel. *Intern. J. Clim.*, **34** (15): 3998-4006, doi: 10.1002/joc.3984
- Penning de Vries F.W.T., Djiteye M.A. (Eds.), 1982. La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 525 p.
- Poorter H., Navas M.L., 2003. Plant growth and competition at elevated CO₂: On winners, losers and functional groups. *New Phytol.* **157**: 175-198, doi: 10.1046/j.1469-8137.2003.00680.x
- Powell M.J., Pearson R.A., Hiernaux P., 2004. Crop-livestock interactions in the West African drylands. *Agron.J.*, **96**: 469-483, doi: 10.2134/agronj2004.4690
- Rasmussen K., Brandt M., Tong X., Hiernaux P., Diouf A.A., Assouma M.H., Tucker C.J., et al, 2018. Does grazing cause land degradation? Evidence from the sandy Ferlo in northern Senegal. Accepted in *Land Degr. Dev.*, **29** (12): 4337-4347, doi: 10.1002/ldr.3170
- Raynaud C., 2001. Societies and nature in the Sahel: Ecological diversity and social dynamics. *Gl. Envir. Change*, **11** : 9-18, doi: 10.1016/S0959-3780(00)00041-8
- Sanogo O. M., 2011. Le lait, de l'or blanc ? Amélioration de la productivité des exploitations mixtes cultures-élevage à travers une meilleure gestion et alimentation des vaches laitières dans la zone de Koutiala, Mali. Thèse Doct., Université de Wageningen,, The Netherlands, 158 p.
- Savory A. 1983. The Savory grazing method or holistic resource management. *Rangelands* **5** (4): 155-159.
- Schlecht E., Hiernaux P., Achard F., Turner M.D., 2004. Livestock related nutrient budgets within village territories in western Niger. *Nutrient Cycl. Agroecos.*, **68**: 199-211, doi: 10.1023/B:FRES.0000019453.19364.70
- Schlecht E., Hiernaux P., Kadaouré I., Hülsebusch C., Mahler F., 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agric., Ecos. Envir.*, **113**: 226-242, doi: 10.1016/j.agee.2005.09.008
- Serpantié G., Mersadier G., Tezenas du Montcel L., Mersadier Y., 1988. Transformation d'un système agro-pastoral soudano-sahélien. *Cah. Rech. Dév.*, **20**: 29-42
- Sinclair A.R.E., Fryxell J.M., 1985. The Sahel of Africa: ecology of a disaster. *Can. J. Zool.*, **63**: 987-994, doi: 10.1139/z85-147
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. de Haan C., 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. FAO, Roma, Italy, 390 p.
- Thébaud B., Batterbury S., 2001. Sahel pastoralists: opportunism, struggle, conflict and negotiation. A case study from eastern Niger. *Gl. Envir. Changes*, **11**: 69-78, doi: 10.1016/S0959-3780(00)00046-7
- Thébaud B., Grell H., Miehe S., 1995. Recognizing the effectiveness of traditional pastoral practices: lessons from a controlled grazing experiment in Northern Senegal. Drylands Issues Paper, 55, IIED, London, UK
- Toulmin, C. 1987. Drought and the Farming Sector: Loss of animals and post-drought rehabilitation. *Dev. Policy Rev.*, **5** (2): 125-148, doi: 10.1111/j.1467-7679.1987.tb00370.x
- Touré I., Ickowicz A., Wane A., Garba, I., Gerber P. (2012). Atlas of trends in pastoral systems in Sahel. CIRAD, Montpellier, France/ FAO, Roma, Italy, 36 p.
- Turner M. D. 1999. Merging local and regional analysis of land-use change: the case of livestock in the Sahel. *An. Ass. Am. Geog.*, **89** (2): 191-219, doi: 10.1111/1467-8306.00142
- Turner M.D., Hiernaux P., 2008. Changing access to labor, pastures, and knowledge: The extensification of grazing management in Sudano-Sahelian West Africa. *Hum. Ecol.*, **36**: 59-80, doi: 10.1007/s10745-007-9149-y
- Turner, M.D., McPeak, J.G., Ayantunde, A. A. 2014. The role of livestock mobility in the livelihood strategies of rural peoples in semi-arid west Africa. *Hum. Ecol.*, **42**, doi: 10.1007/s10745-013-9636-2
- Turner M.D., McPeak J. G., Gillin K., Kitchell E., Kimambo N., 2016. Reconciling flexibility and tenure security for pastoral resources: the geography of transhumance networks in eastern Senegal. *Hum. Ecol.* **44** (2): 199-215, doi: 10.1007/s10745-016-9812-2
- United Nations, 2018. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Vall E., Lhoste P., Abakar O., Dongmo Ngoutsop A.L., 2003. La traction animale dans le context en mutation de l'Afrique subsaharienne : enjeux de développement et de recherche. *Cah. Agric.*, **12** (4) : 219-226
- Valenza J. 1984. Surveillance continue des pâturages naturels sahéliens sénégalais. Résultats de 10 années d'observation. ISRA-LNERV, Dakar, Sénégal, *Étude Agrostologique*, **44**, 53 p.
- Wane A., Touré I., Ancey V. (2009). Pastoralisme et Recours aux marchés - Cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Cah. Agric.*, **19** (1): 14-20, doi: 10.1684/agr.2009.0329
- Wilson R.T., 1986. Livestock production in central Mali: long-term studies on cattle and small ruminants in the agropastoral system. ILCA Res. Rep.14, Addis Ababa, Ethiopia, 111 p.
- World Bank, 2015. Project Paper for The Regional Sahel Pastoralism Support Project. CILSS/PRAPS, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Zdf, 2008. Une contribution à la compréhension de l'élevage mobile dans les régions de Zinder et de Diffa, Niger. Petit atlas analytique et synthétique. ZFD, DED, FNEN-DADD0, Code Rural, Niamey, Niger, 59 p.
- Zoundi J. S., Hitimana L., 2008. Elevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest. Potentialité et défis. Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest/OCDE, Paris, France, 162 p.

Résumé

Hiernaux P., Assouma M.H. Adapter les élevages pastoraux d'Afrique tropicale de l'Ouest et du Centre aux changements globaux : synthèse de perspectives écologiques

L'élevage pastoral se définit comme un système d'élevage familial axé sur la reproduction et basé sur la pâture avec une gestion communautaire des ressources. Les élevages pastoraux diffèrent entre eux par la diversité des espèces et des races animales élevées, la taille et la conduite des troupeaux et l'ampleur de leur mobilité régionale. Le poids social, économique et environnemental des élevages pastoraux en Afrique subsaharienne occidentale et centrale est rappelé, de même que l'imputation qui leur est faite de dégradations environnementales. Les changements globaux auxquels l'élevage pastoral est confronté sont classés par domaine, climatique et sociétal, et par échelle de temps court ou long. Les impacts incriminés du bétail sur les écosystèmes sont évalués à court et à long terme. Les fonctions de l'élevage pastoral déjà affectées par les changements globaux, climatiques et sociétaux sont analysées. La capacité de deux systèmes alternatifs d'élevage, le *ranching* et la stabulation, à répondre à ces contraintes est examinée. Enfin, la capacité de s'adapter au mieux aux changements climatiques sur le long terme et aux changements sociétaux à court et à long terme est reconnue aux élevages pastoraux à condition que des investissements nationaux et internationaux soient consentis. La sécurité civile doit être restaurée et l'accès des pasteurs aux ressources en eau et en fourrage doit être sécurisé. Les organisations professionnelles et les associations devraient être habilitées à négocier des droits de pacage, et leurs compétences devraient être renforcées. Il faut compléter, réhabiliter et gérer les infrastructures hydrauliques et vétérinaires, mais aussi investir largement dans des infrastructures adaptées en matière de santé, d'éducation et de communication dans les zones pastorales longtemps délaissées.

Mots-clés : pastoralisme, adaptation, changement climatique, changement social, écologie, Afrique au sud du Sahara

Resumen

Hiernaux P., Assouma M.H. Adaptación de la cría pastoral a los cambios globales en África tropical occidental y central: síntesis de las perspectivas ecológicas

Ganado pastoral se define como un sistema de ganadería familiar orientado a la reproducción, basado en el pastoreo, con recursos administrados por la comunidad. Los criadores pastorales se diferencian entre sí por la variedad de las especies y razas criadas, el tamaño y la gestión de los hatos y la escala de su movilidad regional. El peso social, económico y ambiental de la ganadería pastoral en África subsahariana occidental y central es paralelo a su responsabilidad en la degradación ambiental. Los cambios globales que enfrenta la ganadería pastoral se clasifican por dominios, climáticos y sociales, y por escalas de tiempo, cortas o largas. Los impactos incriminados a la ganadería sobre los ecosistemas se evalúan a corto y largo plazo. Se analizan las funciones de la cría pastoral ya afectadas por los cambios globales, ya sean climáticos o sociales. Se examina la capacidad de dos sistemas alternativos de cría de ganado, el *ranching* y la alimentación en establos, para responder a estas limitaciones. Por último, se observa que la cría pastoral es capaz de adaptarse mejor al cambio climático a largo plazo y a los cambios sociales a corto y largo plazo, siempre y cuando se realicen inversiones nacionales e internacionales. Debe restablecerse la seguridad civil y resguardar el acceso de los criadores al agua y los recursos forrajeros. Las organizaciones profesionales y las asociaciones deberían estar habilitadas para negociar los derechos de pastoreo y deberían mejorarse sus habilidades. Es necesario completar, rehabilitar y gestionar las infraestructuras hidráulicas y veterinarias, pero también invertir de forma significativa en infraestructuras adaptadas de salud, educación y comunicación en áreas pastorales extensamente abandonadas.

Palabras clave: pastoralismo, adaptación, cambio climático, cambio social, ecología, África al sur del Sahara

Influence du pâturage et du gradient climatique sur la diversité floristique et la productivité des parcours naturels au Bénin

Yaya Idrissou ^{1*} Youssoufa Mama Sambo Seidou ¹
Alassan Assani Seidou ¹ Hilaire Sorébou Sanni Worogo ¹
Brice Gérard Comlan Assogba ¹ Ibrahim Alkoiret Traoré ¹
Marcel Houinato ²

Mots-clés

Bovin, climat, pâturage, forêt protégée, Bénin

Submitted: 26 January 2019
Accepted: 5 March 2020
Published: 23 September 2020
DOI: 10.19182/remvt.31894

Résumé

Située dans la zone soudanienne du Bénin, la forêt classée de l'Alibori supérieur est à cheval entre le climat tropical humide et le climat tropical sec. Elle est l'une des destinations privilégiées des transhumants nationaux et étrangers. Ces derniers sont attirés par ses ressources pastorales. Les fortes concentrations de bétail présentes ont des conséquences sur la biodiversité qu'il importe de connaître afin de prendre les décisions appropriées. Cette étude a eu pour objectif d'évaluer l'influence de l'intensité du pâturage et du gradient climatique sur la richesse et la diversité floristique, la phytomasse ainsi que sur la valeur pastorale de ces parcours. Les résultats ont montré que les effectifs des familles, genres et espèces diminuaient à mesure que l'intensité du pâturage augmentait. Ce même constat a été fait au niveau de la diversité maximale, de la phytomasse et de la capacité de charge. La zone soudanienne humide a montré une richesse et une diversité floristique, ainsi qu'une productivité et une capacité de charge meilleures que la zone soudanienne sèche. La valeur du recouvrement de la zone sèche a été plus élevée que celle de la zone humide, alors que sa valeur pastorale a été plus faible. Ces résultats pourraient contribuer à la gestion durable des parcours naturels des aires protégées et du système pastoral au Bénin.

■ Comment citer cet article : Idrissou Y., Mama Sambo Seidou Y., Assani Seidou A., Sanni Worogo H.S., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., Houinato M., 2020. Influence of grazing and climatic gradient on the flora diversity and productivity of rangelands in Benin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 161-167, doi: 10.19182/remvt.31894

■ INTRODUCTION

Les aires protégées sont des espaces voués à la conservation des ressources naturelles. Elles jouent un rôle capital dans la conservation de la biodiversité floristique et faunique (Marion, 2010). Aussi, représentent-elles un élément important d'aménagement du territoire car leur existence entraîne de nombreuses modifications dans les règles d'accès à l'espace (Triplet, 2009). Les aires protégées du Nord Bénin restent des destinations privilégiées pour les pasteurs sahéliens venant du Burkina Faso et du Niger (Lesse, 2016). Cela pourrait s'expliquer

par la présence d'abondantes ressources naturelles en comparaison avec la zone d'origine de ces pasteurs (Assani, 2017). Ainsi, la forêt classée de l'Alibori supérieur (FC-AS) du Nord Bénin est l'une des aires protégées fréquentées par les transhumants nationaux (Bénin) et étrangers (Niger, Burkina Faso, Nigeria, etc.) (Assani, 2017). Parmi les types de troupeaux fréquentant la forêt, Assani (2017) a identifié des transhumants transfrontaliers, communaux ou provenant de communes autres que les communes riveraines, et des transhumants installés à la lisière ou à l'intérieur de la forêt depuis plus d'un an. Plusieurs auteurs montrent que l'utilisation des aires protégées est depuis longtemps considérée comme une stratégie alternative par les éleveurs transhumants mais aussi sédentaires pour faire face à la saison sèche (Boutrais et al., 2008 ; Kaboré, 2010 ; Assani, 2017). L'utilisation de ces aires a des conséquences sur la biodiversité des parcours naturels.

Au Bénin, de nombreuses études portent sur la gestion durable des parcours naturels (Sinsin et Wotto, 2003 ; Djenontin, 2010 ; Lesse, 2016 ; Assani, 2017) à travers la réalisation d'enquêtes phytosociologiques. Cependant, très peu de chercheurs ont évalué l'influence du

1. Laboratoire d'écologie, santé et production animales (LESPA), Faculté d'agronomie (FA), Université de Parakou (UP), 01 BP 123 Parakou, Bénin.
2. Laboratoire d'écologie appliquée (LEA), Faculté des sciences agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin.

* Auteur pour la correspondance
Tél. : + 229 95 52 16 49 ; email : yayaidriss2617@gmail.com

pâturage sur la diversité et la productivité des parcours naturels en général et celles des aires protégées en particulier. En effet, la productivité d'un pâturage est aussi influencée par des facteurs environnementaux comme la pluviométrie et la température. Ainsi, les travaux de Toko Imorou et al. (2010) relatifs à l'influence de la pluviosité sur la productivité des pâturages montrent que la quantité de pluie et sa répartition déterminent la variation de la biomasse herbacée.

Cette étude propose d'analyser l'influence du pâturage et du gradient climatique sur la biodiversité végétale et la productivité des parcours naturels de la FC-AS. Elle se justifie par le besoin de mettre en place une politique de gestion durable de la diversité biologique.

■ MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

La forêt classée de l'Alibori supérieur au nord du Bénin a été créée par l'arrêté n° 6459 du 20 août 1955. Elle couvre une superficie de 250 205 hectares répartis sur plusieurs communes et sur les départements de l'Atacora (Kérou et Ouassa-Péhunco), du Borgou (Sinendé) et de l'Alibori (Banikoara, Kandi et Gogounou). Cette étude a été réalisée dans deux différentes zones climatiques de la FC-AS : la zone soudanienne sèche et la zone soudanienne humide (figure 1). La zone sèche est sous l'influence d'un climat tropical sec et comporte deux saisons : une saison pluvieuse allant de mai à mi-octobre et une saison sèche de mi-octobre à avril (ASECNA, 2016). La pluviométrie annuelle moyenne est de 953 mm et la température annuelle moyenne est de 28,5 °C. Dans la zone humide, le climat est du type tropical subhumide avec deux saisons : une saison des pluies d'avril à fin octobre et une saison sèche de novembre à mars (ASECNA, 2016). La pluviométrie et la température annuelle moyenne sont respectivement de 1155 mm et de 26 °C.

Dispositif expérimental

Un dispositif aléatoire stratifié à deux facteurs et douze répétitions a été utilisé : a) zone climatique (zone soudanienne sèche et zone soudanienne humide), et b) intensité de pâturage (peu ou pas pâturé, moyennement pâturé et très pâturé). Pour choisir les parcours en fonction de l'intensité de pâturage au sein de chaque zone climatique, des enquêtes ont été réalisées auprès des éleveurs selon la méthode de Rakotoarimanana et al. (2008). Le parcours très pâturé se caractérisait par une fréquence de six heures de pâturage par jour de façon permanente durant toute l'année. Un effectif moyen de 25 bovins adultes et de cinq veaux pâturait sur un hectare de ce parcours. Ce parcours très pâturé était situé dans la zone tampon de la forêt classée où se trouvaient plusieurs sources d'eau temporaires. Il était accessible à tous les éleveurs. Le parcours moyennement pâturé était caractérisé par une fréquence de deux heures de pâturage par jour de façon permanente durant toute l'année. Un effectif moyen de 10 bovins adultes et de deux veaux pâturait sur un hectare de ce parcours. Il était situé dans le domaine classé de la forêt. L'exploitation de ce domaine avait été autorisée sous certaines conditions (s'acquitter de la contribution liée au pâturage, accepter de respecter les règles d'exploitation durable des ressources pastorales, être âgé d'au moins 18 ans, entre autres). Très peu d'éleveurs allaient dans ces zones car ils ne remplissaient pas les conditions prédéfinies. Le parcours peu ou pas pâturé était un domaine strictement interdit d'accès aux éleveurs par les agents des eaux et forêts. Il s'agissait du parcours situé dans le noyau central de la forêt.

Douze placettes de 100 mètres carrés chacune ont été positionnées aux quatre coins et au centre de chaque parcours (très pâturé, moyennement pâturé, et peu ou pas pâturé), de manière à cerner la variabilité spatiale des parcours. La richesse et la diversité floristique ont été évaluées sur les 12 placettes. La productivité, la valeur pastorale et la capacité de charge ont été estimées sur cinq placettes.

Richesse et diversité floristique

Pour chaque zone climatique, la richesse floristique (nombre de familles, de genres et d'espèces) a été évaluée sur les 12 relevés de chaque parcours (très, moyennement, peu ou pas pâturé). Les indices de diversité et de régularité floristiques estimés pour chaque parcours étaient les suivants :

- diversité maximale, $H_{max} = \log_2 S$, où S est le nombre total d'espèces dans chaque parcours ;
- indice de diversité de Shannon-Weaver, indice qui renseigne sur la diversité des espèces dans un milieu (Daget et Poissonet, 1971), et s'exprime par $H' = - \sum_{i=1}^{i=n} (ni/N) \times \log_2 (ni/N)$ où N est le nombre total des espèces dans chaque parcours et ni l'effectif de l'espèce i ;
- équitabilité ou équirépartition qui s'exprime par le rapport entre l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et la diversité maximale (H_{max}), soit $R = H' / H_{max}$. Sa valeur varie de 0 à 1. Une valeur qui tend vers 0 montre que la grande majorité des effectifs est concentrée sur une seule espèce, et une valeur qui tend vers 1 est la preuve que toutes les espèces ont la même abondance (Ramade, 1997) ;
- recouvrement global ; la méthode des relevés linéaires a été utilisée pour évaluer le recouvrement global des espèces. Deux lignes parallèles de 10 m chacune ont été positionnées au milieu de chaque placette (Daget et Poissonet, 1971). Sur chacune des lignes, des observations ont été effectuées tous les 20 cm, ce qui donne un total de 100 observations ($N = 100$) par placette. L'expression du recouvrement global (R_g) est $R_g = (N-ni / N) \times 100$ où ni représente le nombre d'observations du sol nu.

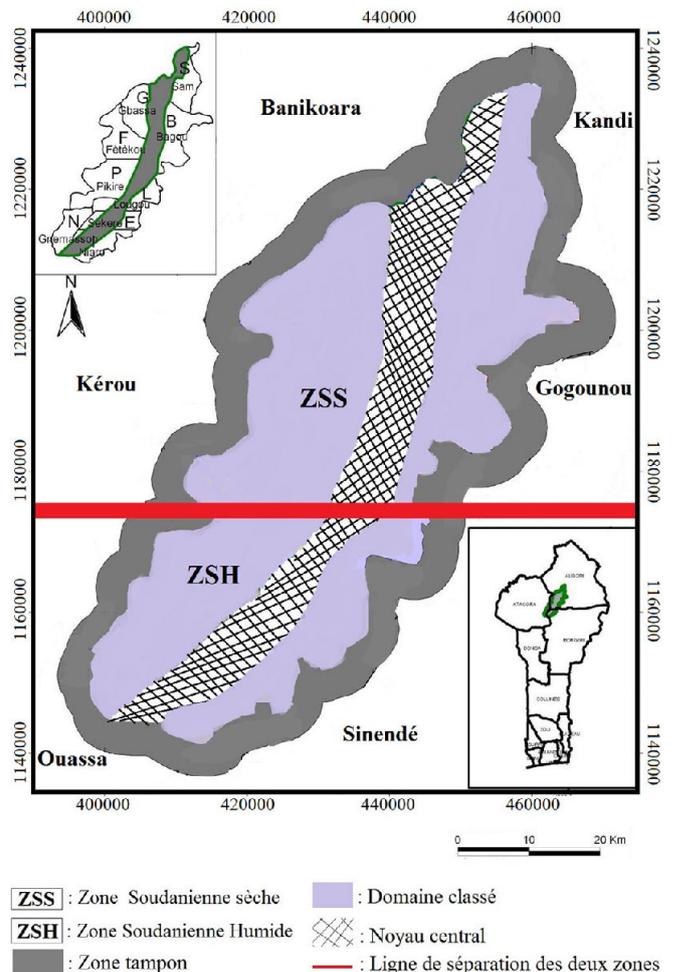


Figure 1 : localisation de la zone d'étude au Bénin (adapté du Programme de gestion des forêts et terroirs riverains, 2016).

Productivité et capacité de charge

Pour déterminer la productivité des différents parcours, cinq placettes de 100 m² chacune par parcours (soit 15 placettes par zone climatique) ont été mises en défens au début de la saison pluvieuse jusqu'au pic de biomasse (mai à septembre). La méthode de la récolte intégrale a été utilisée pour déterminer la phytomasse au pic de biomasse (septembre 2017) sur des carrés de 1 m² avec 30 répétitions par parcours placés de façon aléatoire à l'intérieur de chaque placette. Les échantillons de phytomasse collectés ont été pesés afin de déterminer le poids de la matière fraîche. Des échantillons de 100 g de matière fraîche par placeau ont été ensuite séchés à l'étuve à 105 °C durant 48 h, afin de déterminer leur teneur en matière sèche. Les capacités de charge des parcours ont été estimées selon la méthode de Boudet (1991) :

$$\text{capacité de charge} = \frac{\text{phytomasse} \times 1000}{6,25 \times 3 \times 365}$$

(avec la capacité de charge exprimée en UBT/ha/an et la phytomasse en t MS/ha).

Valeur pastorale

La valeur pastorale a été déterminée en attribuant à chaque espèce végétale un indice de qualité spécifique allant de 0 à 3. Cette attribution a pris en compte les savoirs des éleveurs (Kiéma, 2007). Les espèces avec un indice spécifique (IS) égal à 0 sont sans valeur pastorale ; les espèces à IS = 1 ont une faible valeur pastorale ; les espèces à IS = 2 ont une valeur pastorale moyenne, et les espèces à IS = 3 ont une bonne valeur pastorale. L'expression de la valeur pastorale est la suivante (Daget et Poissonet, 1971) : $VP = 1/3 \sum(CSi \times ISi)$, où CSi est la contribution spécifique de l'espèce i et ISi l'indice de qualité spécifique de l'espèce i .

Analyses statistiques

Pour étudier les effets de l'intensité du pâturage et du climat sur la diversité floristique et la productivité des parcours naturels, des modèles linéaires à effets mixtes (Bufford et Gaoue, 2015) ont été utilisés. Ces modèles ont été conçus à l'aide des packages lme4, nlme et glmmADMB (Fournier et al., 2012) dans le logiciel R, version 3.4.5 (R Core Team Development, 2018). Les modèles comprenaient l'intensité de pâturage, la zone climatique et l'interaction de ces deux facteurs comme effets fixes, et les placettes comme effets aléatoires. Les variables comme le nombre de familles, d'espèces et de genres ont été modélisées en utilisant une régression de Poisson. En revanche, les variables comme la diversité maximale, la diversité de Shannon-Weaver et l'équitabilité ont été modélisées en utilisant une régression bêta. Enfin, la productivité, la capacité de charge et la valeur pastorale ont été modélisées en utilisant une régression normale. Pour chaque variable de réponse, quatre modèles différents ont été testés et le modèle avec le plus bas critère d'information d'Akaike (AIC) a été sélectionné (matériels supplémentaires I, II et III). Les résultats ont été présentés sous forme de graphiques réalisés à l'aide du package ggplot2 du logiciel R.

■ RESULTATS

Richesse floristique

Le nombre total d'espèces inventoriées sur l'ensemble des parcours était de 53. Ces espèces étaient réparties dans 40 genres et 20 familles dont les plus représentées étaient les Poaceae (18,86 %), les Leguminosae (16,98 %), les Fabaceae (11,32 %) et les Asteraceae (9,43 %) (tableau I).

Tableau I

Espèces inventoriées (53) sur les parcours de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin

Espèce	Famille	Espèce	Famille
<i>Acalypha ciliata</i>	Euphorbiaceae	<i>Nelsonia canescens</i>	Acanthaceae
<i>Aeschynomene indica</i>	Leguminosae	<i>Ocimum canum</i>	Nepetoideae
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	<i>Panicum pansum</i>	Poaceae
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Papilionoideae	<i>Panicum phragmitoides</i> Stapf	Poaceae
<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	Poaceae	<i>Paspalum scrobiculatum</i>	Poaceae
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	<i>Pennisetum pedicellatum</i> (Trin.)	Poaceae
<i>Andropogon pseudapricus</i>	Poaceae	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	Poaceae
<i>Brachiaria falsifera</i> (Trin.) Stapf	Poaceae	<i>Phyllanthus muellerianus</i> (Kuntze) Exell.	Euphorbiaceae
<i>Brachiaria stigmatifera</i> (Mez) Stapf	Poaceae	<i>Rhynchosia minima</i>	Papilionoideae
<i>Cassia obtusifolia</i>	Leguminosae	<i>Schwenckia americana</i>	Solanaceae
<i>Crotalaria microcarpa</i>	Papilionoideae	<i>Scoparia dulcis</i> Linn.	Scrophulariaceae
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Leguminosae	<i>Sesbania sudanica</i>	Fabaceae.
<i>Desmodium gangeticum</i>	Leguminosae	<i>Sida linifolia</i>	Malvaceae
<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae	<i>Sida urens</i>	Malvaceae
<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebenaceae	<i>Spermacoce radiata</i>	Rubiaceae
<i>Gmelina arborea</i>	Lamiaceae	<i>Spermacoce stachydeae</i>	Rubiaceae
<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiaceae	<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn.	Asteraceae
<i>Indigofera dendroides</i>	Leguminosae	<i>Tephrosia flexuosa</i>	Leguminosae
<i>Indigofera hirsuta</i>	Fabaceae	<i>Tephrosia pedicellata</i>	Fabaceae
<i>Indigofera lepreurii</i>	Leguminosae	<i>Tephrosia platycarpa</i> Guill. et Perr.	Fabaceae
<i>Leucas martinicensis</i>	Lamiaceae	<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae
<i>Lonchocarpus sericeus</i>	Fabaceae	<i>Triumphetta pentandra</i> A. Rich.	Tiliaceae
<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.	Onagraceae	<i>Vicoa leptoclada</i>	Asteraceae
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	<i>Vigna racemosa</i>	Leguminosae
<i>Melanthera abyssinica</i>	Asteraceae	<i>Wahlenbergia perrottetii</i>	Campanulaceae
<i>Melliniella micrantha</i> Harms.	Leguminosae	<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae
		<i>Wissadula amplissima</i>	Malvaceae

La figure 2 présente l'effet du pâturage, du climat et de l'interaction de ces deux facteurs sur l'effectif de familles, genres et espèces des parcours naturels de la forêt. Le pâturage et le climat ont chacun eu un effet significatif ($p < 0,001$) sur le nombre de familles, de genres et d'espèces. L'interaction de ces deux facteurs n'a eu d'effet significatif ($p < 0,001$) que sur le nombre de familles (figure 2). Les effectifs de familles, genres et espèces ont été plus élevés dans le parcours peu pâturé que dans les parcours moyennement ou fortement pâturés (mat. suppl. IV). Par ailleurs, les effectifs ont été plus faibles dans la zone sèche que dans la zone humide.

Diversité floristique

Le pâturage a influencé significativement ($p < 0,05$) la diversité maximale et l'équitabilité, mais il n'a eu aucun effet ($p > 0,05$) sur l'indice de diversité de Shannon-Weaver (figure 3). Le climat a eu une influence significative ($p < 0,001$) uniquement sur la diversité maximale (figure 3). La valeur de la diversité maximale diminuait à mesure que l'intensité du pâturage augmentait. En revanche, la valeur de l'équitabilité a été plus élevée pour le parcours très pâturé que pour les parcours peu et moyennement pâturés (mat. suppl. V). La zone soudanienne sèche a eu une valeur de diversité maximale plus faible que la zone soudanienne humide. Cela signifiait que la flore herbacée de la zone humide était plus diversifiée que celle de la zone sèche. Toutefois, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les valeurs d'équitabilité de ces deux zones. Par ailleurs, les espèces rencontrées dans la zone humide et sèche de la forêt classée étaient réparties de la même façon.

Recouvrement et valeur pastorale

L'effet du pâturage, du climat et de l'interaction de ces deux facteurs sur le recouvrement et la valeur pastorale des parcours naturels de la FC-AS sont résumés dans la figure 4. Le pâturage et le climat ont chacun eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur le recouvrement de la végétation herbacée épigée. L'interaction de ces deux facteurs a également un effet significatif ($p < 0,05$) sur la valeur pastorale mais pas sur le recouvrement (figure 4). Le recouvrement et la valeur pastorale ont été plus faibles dans le parcours peu ou non pâturé que dans les parcours moyennement et très pâturés (mat. suppl. VI). La valeur du recouvrement de la végétation herbacée de la zone sèche a été plus élevée que celle de la zone humide. En revanche, la valeur pastorale de la zone humide a été plus élevée que celle de la zone sèche (mat. suppl. VI).

Productivité et capacité de charge

Le pâturage, le climat et l'interaction de ces deux facteurs ont influencé significativement ($p < 0,05$) la productivité et la capacité de charge des parcours naturels de la FC-AS (figure 5). La productivité et la capacité de charge des parcours diminuaient à mesure que l'intensité du pâturage augmentait. La productivité et la capacité de charge des parcours de la zone sèche ont été faibles comparées à celles de la zone humide (mat. suppl. VII).

■ DISCUSSION

Richesse floristique

La végétation herbacée des parcours naturels de la forêt comprenait 53 espèces, réparties en 40 genres et 20 familles, nombres inférieurs à ceux obtenus par Gamoun et al. (2012) en Tunisie et par Assani (2017) dans la même zone d'étude que la nôtre. La différence entre nos résultats et ceux de Gamoun et al. (2012) pourrait s'expliquer par le fait que les deux études ne se sont pas déroulées dans la même zone. La différence avec les résultats d'Assani (2017) pourrait s'expliquer par le fait que la surface des relevés considérée par cet auteur est supérieure à la nôtre.

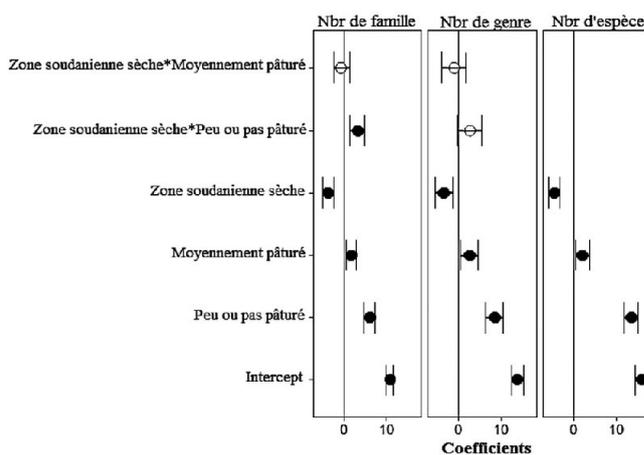


Figure 2 : effet du pâturage, du climat et de l'interaction des deux facteurs sur l'effectif de familles, genres et espèces des parcours naturels de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin. Les cercles noirs indiquent les variables significatives et les cercles blancs les variables non significatives.

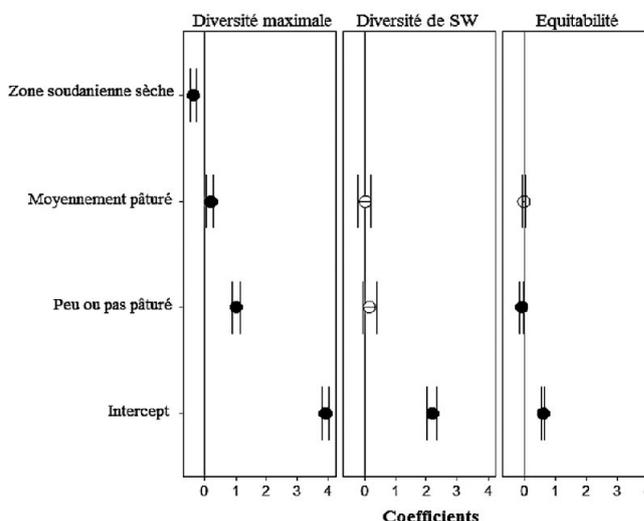


Figure 3 : effet du pâturage et du climat sur les indices de diversité floristiques des parcours naturels de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin. Les cercles noirs indiquent les variables significatives et les cercles blancs les variables non significatives.

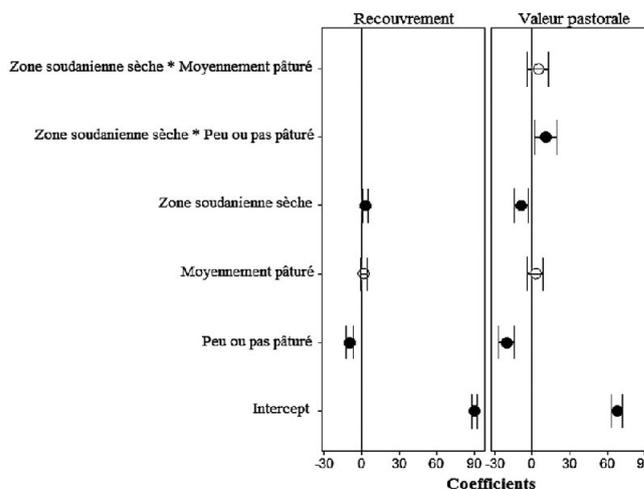


Figure 4 : effet du pâturage, du climat et de l'interaction des deux facteurs sur le recouvrement et la valeur pastorale des parcours naturels de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin. Les cercles noirs indiquent les variables significatives et les cercles blancs les variables non significatives.

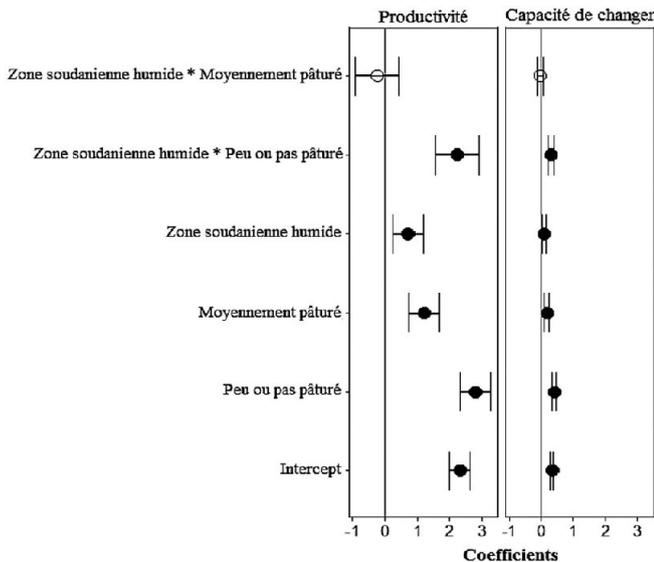


Figure 5 : effet du pâturage, du climat et de l'interaction des deux facteurs sur la productivité et la capacité de charge des parcours naturels de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin. Les cercles noirs indiquent les variables significatives et les cercles blancs les variables non significatives.

Concernant la composition floristique de la forêt, la famille des Poaceae a été la plus représentée, résultat qui corrobore celui d'Assani (2017) dans la même zone. La forte proportion de Poaceae pourrait s'expliquer par le fait que cette famille possède une forte vitesse de repousse et une forte possibilité de tallage (Kouassi et al., 2014). Par ailleurs, les Poaceae ont une forte résistance aux conditions climatiques difficiles et sont atteintes rarement de maladies.

Les effectifs de familles, de genres et d'espèces diminuaient à mesure que l'intensité du pâturage augmentait. Des résultats similaires ont été rapportés par Akpo et Grouzis (2000) ; une forte intensité de pâturage entraîne une diminution de la richesse floristique des parcours, tout en permettant aux Poaceae et aux xérophytes de s'installer. En revanche, nos résultats sont contraires à ceux d'autres auteurs (Boutrais, 1994 ; Hatfield et al., 2006) qui rapportent que le pâturage enrichit les formations herbacées des parcours. Cet effet du pâturage sur les formations végétales n'est valable que si la capacité de charge du pâturage est respectée, sinon s'ensuit une dégradation progressive du pâturage.

Les effectifs de familles, de genres et d'espèces des différents parcours de la zone soudanienne humide ont été plus élevés que ceux de la zone soudanienne sèche. Cela pourrait s'expliquer par la différence de climat dans les deux zones. Le pâturage n'affecte pas à lui seul directement la variabilité de la richesse floristique qui est beaucoup plus influencée par la pluviométrie (Westbrooke et al., 2005) ; la pluviométrie enregistrée dans la zone humide est plus élevée que celle observée dans la zone sèche (ASECNA, 2016).

Diversité floristique

La diversité d'une formation végétale est appréciée grâce aux indices de diversité floristique (Ramade, 1997). La présente étude a révélé que l'intensité de pâturage réduit significativement l'indice de diversité maximale. Le pâturage a ainsi provoqué dans la présente étude une inégalité des contributions individuelles des espèces. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Rakotoarimanana et al. (2008) dans une savane des Hautes Terres malgaches et par Hiernaux (1998) au Sahel. Ces auteurs montrent que la dominance d'un petit nombre d'espèces s'établit à mesure que l'intensité de pâture

augmente. En revanche, ils s'opposent à ceux rapportés par Rakotoarimanana et Grouzis (2006). Selon Balent et al. (1998), un pâturage moyen entraîne une augmentation de la diversité spécifique des prairies, alors qu'un pâturage intense provoque sa diminution.

La grande diversité de la flore des différents parcours de la zone humide comparée à la flore des parcours de la zone sèche aurait une origine climatique ; la zone humide située dans le département du Borgou reçoit plus de pluie (900 à 1400 mm/an) que la zone sèche (700 à 1200 mm/an) située dans le département de l'Alibori. Ce résultat est en accord avec les travaux de N'da et al. (2008).

Recouvrement et valeur pastorale

L'intensité du pâturage a augmenté le recouvrement de la végétation herbacée épigée. On peut en déduire que le pâturage a un effet stimulant sur les plantes (Daget et Godron, 1995). L'appréciation de la qualité d'un parcours dépend non seulement de la teneur en éléments nutritifs et de la digestibilité des fourrages qu'il contient, mais aussi de sa valeur pastorale. Cet élément est primordial dans l'appréciation de la qualité d'un parcours. Nos résultats ont montré que la valeur pastorale des parcours augmentait à mesure que le pâturage s'intensifiait. Ce résultat est lié au rapport entre plantes à indice de qualité élevé et plantes à indice nul. Des résultats similaires ont été rapportés par Rakotoarimanana et al. (2008).

Productivité et capacité de charge

Les résultats ont révélé que la productivité et la capacité de charge des parcours diminuaient lorsque le pâturage s'intensifiait. Ceci était attendu puisque la phytomasse totale sur pied était plus élevée sur une zone non pâturée que sur une zone pâturée. Ces résultats corroborent ceux rapportés par d'autres auteurs (Rakotoarimanana et al., 2008 ; Altesor et al., 2005). La productivité et la capacité de charge obtenues dans la zone humide ont été supérieures à celles de la zone sèche. Ces résultats sont dus au climat qui règne dans chaque zone. Pour Rivière (1978) la productivité d'un pâturage est principalement fonction de la zone climatique et à l'intérieur d'une même zone climatique on peut noter des variations importantes selon la nature des sols et le type d'aménagement en place.

CONCLUSION

Les résultats ont révélé que le pâturage avait une influence sur la diversité floristique et la productivité des parcours. A mesure que le pâturage s'intensifiait, on assistait à une diminution de la richesse spécifique, de la diversité floristique, de la productivité et de la capacité de charge des parcours. En revanche, le pâturage intense améliorerait la qualité fourragère et le recouvrement de la végétation herbacée. Ces résultats pourraient contribuer à mettre en place une politique de gestion durable de la diversité biologique des parcours naturels de la FC-AS. Il serait ainsi opportun que cette étude soit étendue aux autres parcours naturels du pays.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Fondation internationale pour la science (IFS) à travers la subvention D/5824-1 accordée à A.A. Seidou. Les auteurs expriment leur reconnaissance à cette fondation.

Déclaration des contributions des auteurs

YI, AAS et BGCA ont participé à la conception et à la planification de l'étude. YMSS et HSSW ont collecté et saisi les données de terrain. YI et AAS ont réalisé les analyses statistiques, interprété et rédigé la première version du manuscrit. IAT et MH ont participé à la révision

critique du manuscrit et ont donné leur accord sur la version finale à publier. Tous les auteurs autorisent la publication de la version finale.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Akpo L.E., Grouzis M., 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne: le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura.*, **18** (1): 1-8
- Altesor A., Oesterheld M., Leoni E., Lezama F., Rodríguez C., 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecol.*, **179**: 83–91, doi: 10.1007/s11258-004-5800-5
- ASECNA, 2016. Données climatiques de la zone Nord-Station de Kandi et de Parakou République du Bénin
- Assani S.A., 2017. Transhumance dans la forêt classe de l'Alibori Supérieur au nord du Bénin: acteurs, pratiques d'élevage et modèle conceptuel de l'exploitation des ressources pastorales. Thèse Doct., Université de Parakou, Bénin, 201p.
- Balent G., Alard D., Blanfort V., Gibon A., 1998. Activités de pâturage, paysages et biodiversité. *Ann. Zootech.*, **47**: 419–29, doi: 10.1051/animres:19980509
- Boudet G., 1991. Pâturages Tropicaux et Cultures Fourragères. Coll. Manuels et Précis d'Élevage n°4, IEMVT. Minist. Coop., France, 266 p.
- Boutrais J., 1994. Les Foulbé de l'Adamaoua et l'élevage: de l'idéologie pastorale à la pluri-activité. *Cah. Etudes Afr.*, **34** (133-135): 175–196, doi: 10.3406/cea.1994.2046
- Boutrais J., Aubertin C., Rodary E., 2008. Pastoralisme et aires protégées d'Afrique de l'Ouest en regard de l'Afrique de l'Est. In: Aires Protégées Espac. Durables ? IRD Editions, Marseille, France, 215–246, doi: 10.4000/books.irdeditions.5687
- Breman H., Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Ed. Karthala, ACCT, ABOL-DLO et CTA, 485 p.
- Bufford J.L., Gaoue O.G., 2015. Defoliation by pastoralists affects savanna tree seedling dynamics by limiting the facilitative role of canopy cover. *Ecol. Appl.* **25** (5): 1319–1329, doi: 10.1890/14-0953.1
- Daget P., Godron M., 1995. Troupeaux, espaces et sociétés. Collection «Universités francophones», Hatier, Aupelf, Uref, Evreux, France, 510 p.
- Daget P., Poissonet J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann Agron.*, **22** (1): 5-41
- Djenontin J., 2010. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin. Thèse Doct., Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 274 p.
- Fournier D.A., Skaug H.J., Ancheta J., Ianelli J., Magnusson A., Maunder M.N., Nielsen A., et al., 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optim. Methods Softw.* **27** (2): 233–249, doi: 10.1080/10556788.2011.597854
- Gamoun M., Ouled Belgacem A., Hanchi B., Neffati M., Gillet F., 2012. Effet du pâturage sur la diversité floristique des parcours arides du sud Tunisien. *Rev. Ecol. Terre Vie*, **67** : 271-282
- Hatfield R., Davies J., Wane A., Kerven C., Dutilly-Diane C., Biber J.P., Merga J.L., et al. 2006. Revue mondiale de l'économie du pastoralisme. L'Initiative Mondiale pour un Pastoralisme Durable, IUCN, Nairobi, Kenya, 51p.
- Hiernaux P., 1998. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecol.*, **138**: 191–202, doi: 10.1023/A:1009752606688
- Kaboré A., 2010. Brousse des uns, aire protégée des autres, histoire du peuplement, perceptions de la nature et politique des aires protégées dans le Gourma burkinabè: l'exemple de la Réserve partielle de faune de Pama. Thèse Doct., Institut de Hautes Etudes Internationales et du Développement, Genève, Suisse, 383 p.
- Kiéma S., 2007. Élevage extensif et conservation de la diversité biologique dans les aires protégées de l'Ouest Burkinabè : arrêt sur leur histoire, épreuves de la gestion actuelle, état et dynamique de la végétation. Thèse Doct. Université d'Orléans, France, 707 p.
- Kouassi A.F., Koffi, K.J., N'Goran, K.S.B., Ipou, I.J., 2014. Potentiel de production fourragère d'une zone pâturée menacée de destruction: cas du cordon littoral Port-Bouët et Grand-Bassam. *J. Appl. Biosci.*, **82**: 7403–7410, doi: 10.4314/jab.v82i1.13
- Lesse D.P., 2016. Gestion et modélisation de la dynamique des parcours de transhumance dans un contexte de variabilités climatiques au nord-est du Bénin. Thèse Doct., Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 299 p.
- Marion B., 2010. Impact du pâturage sur la structure de la végétation : interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles. Thèse Doct., Université de Rennes, France, 235 p.
- N'da D., Adou Y.C.Y., N'guessan K.E., Kone M., Sagne Y.C., 2008. Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afr. Sci. Rev. Int. Sci. Technol.*, **4**(3): 552 – 579, doi: 10.4314/afsci.v4i3.61700
- R Core Team Development, 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2012. URL [Http.www R-Project.org](http://www.R-Project.org).
- Rakotoarimananana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N., Carrière S., 2008. Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragères d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*, **19**: 39–46
- Rakotoarimananana V., Grouzis M., 2008. Short Term Effects of Burning and Grazing on the Forage Quality of a *Heteropogon contortus*- Dominated Savanna in the Southwest of Madagascar. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays. Trop.*, **61** (2): 81-88, doi: 10.19182/remvt.10003
- Ramade F., 1997. Conservation des écosystèmes méditerranéens. Les fascicules du plan bleu, Economica, Paris, France, 189 p.
- Rivière R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. I.E.M.V.T, République de France, Ministère de la Coopération, 527 p.
- Sinsin B., Wotto J., 2003. Changes in floristic composition of grazing land in northern Sudanian zone (Benin), In: Rangelands in the New Millennium, VIIIth International Rangeland Congress, Durban, South Africa, 402–404
- Toko Imorou I., Arouna O., Sinsin B., 2010. Cartographie des changements spatio-temporels de l'occupation du sol de la forêt classée de l'Alibori Supérieur au Nord-Bénin. *Ben. Géol.*, **7**: 22–39
- Triplet P., 2009. Manuel de gestion des aires protégées d'Afrique francophone. Awely, Paris, France, 1251 p.
- Westbrooke M.E., Florentine S.K., Milberg P., 2005. Arid land vegetation dynamics after a rare flooding event: influence of fire and grazing. *J. Arid Environ.*, **61** (2): 249–260, doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.09.004

Summary

Idrissou Y., Mama Sambo Seidou Y., Assani Seidou A., Sanni Worogo H.S., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., Houinato M. Influence of grazing and climatic gradient on the floristic diversity and productivity of rangelands in Benin

Located in the Sudanian zone of Benin, the Upper Alibori classified forest straddles the humid tropical and the dry tropical climates. It is one of the privileged destinations of national and foreign transhumant herders. The latter are attracted by its pastoral resources. The high concentration of livestock there has consequences on the biodiversity that should be known in order to make adequate decisions. The objective of this study was to assess the influence of grazing intensity and climatic gradient on the floristic richness and diversity, phytomass as well as on the pastoral value of these rangelands. The results showed that the numbers of families, genera and species decreased as the intensity of grazing increased. The same observation was made at the level of maximum diversity, phytomass and carrying capacity. The wet Sudanian zone showed better floristic richness and diversity, as well as better productivity and carrying capacity than the dry Sudanian zone. The cover value of the dry zone was higher than that of the wet zone, whereas its pastoral value was lower. These results could contribute to the sustainable management of rangelands in protected areas and of the pastoral system in Benin.

Keywords: cattle, climate, grazing, protected forests, Benin

Resumen

Idrissou Y., Mama Sambo Seidou Y., Assani Seidou A., Sanni Worogo H.S., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., Houinato M. Influencia del pastoreo y del gradiente climático sobre la diversidad florística y la productividad de los recorridos naturales en Benín

Situada en la zona sudanesa de Benín, el bosque protegido de Alibori superior se encuentra a caballo entre el clima tropical húmedo y el clima tropical seco. Es uno de los destinos privilegiados de los trashumantes nacionales y extranjeros. Estos últimos son atraídos por sus recursos pastorales. Las fuertes concentraciones de ganado presentes tienen consecuencias sobre la biodiversidad, las cuales deben conocerse con el fin de tomar decisiones apropiadas. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la intensidad de pastoreo y su gradiente climático sobre la riqueza y la biodiversidad florística, la fitomasa, así como sobre el valor pastoral de los recorridos. Los resultados mostraron que la cantidad de familias, géneros y especies disminuyeron conforme la intensidad de pastoreo aumentó. Este mismo constado se observó a nivel de la diversidad máxima, de la fitomasa y de la capacidad de carga. La zona sudanesa húmeda mostró una riqueza y una diversidad florística, así como una productividad y capacidad de carga superiores que la zona sudanesa seca. El valor de la cobertura de la zona seca fue más elevado que el de la zona húmeda, mientras que su valor pastoral fue más bajo. Estos resultados podrían contribuir a la gestión sostenible de los trayectos naturales en las áreas protegidas y del sistema de pastoreo en Benín.

Palabras clave: ganado bovino, clima, pastoreo, monte protegido, Benin

Système d'information et de modélisation de la vulnérabilité pastorale pour la gestion et la prévention des crises au Sahel

Erwann Fillol^{1*} Frédéric Ham² Alex Orenstein¹

Mots-clés

Bétail, pastoralisme, biomasse, pâturages, ressource en eau, système d'alerte rapide, vulnérabilité, Sahel

Accepted: 9 April 2020

Published: 23 September 2020

DOI: 10.19182/remvt.31903

Résumé

L'élevage pastoral au Sahel est extrêmement dépendant des irrégularités climatiques, et particulièrement de la qualité de la saison des pluies qui conditionne la repousse des pâturages et le remplissage des points d'eau. Les éleveurs nomades et transhumants adaptent leurs stratégies de déplacement à l'état et à la disponibilité de ces ressources. Les outils de suivi de la sécurité alimentaire de ces territoires pastoraux doivent donc intégrer, en plus des données spatialisées sur la biomasse, des informations sur ces mouvements pastoraux et sur les facteurs qui les conditionnent. Pour accompagner les systèmes d'alerte locaux au Sahel, l'organisation non gouvernementale Action contre la Faim propose un modèle de vulnérabilité pastorale basé sur des données satellitaires acquises en temps réel et sur la connaissance des pratiques pastorales. Ce modèle permet d'alimenter en informations un système d'alerte précoce en identifiant les zones d'intérêt pastoral déficitaires en ressources plusieurs mois avant la période de soudure potentiellement problématique. La confrontation avec l'information concomitante collectée sur le terrain par des relais sentinelles permet une surveillance de la situation pastorale, contribuant au développement des infrastructures ou au déploiement de l'aide humanitaire.

■ Comment citer cet article : Fillol E., Ham F., Orenstein A., 2020. Information and modeling system of pastoral vulnerability for crisis management and prevention in the Sahel. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 169-177, doi: 10.19182/remvt.31903

■ INTRODUCTION

Les systèmes d'alerte précoce (SAP) mis en place par les pays sahéliens à la suite d'années de grandes sécheresses constituent encore aujourd'hui la composante principale en matière d'information d'alerte pour mieux adapter les systèmes d'intervention d'urgence pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages vulnérables. Ils permettent de définir des actions d'appui à l'amélioration des conditions de vie des populations affectées par les variations climatiques, les chocs pluviométriques, et les crises alimentaires et nutritionnelles. Ils assurent ainsi le lien entre l'alerte précoce et la planification des réponses et s'intègrent dans les cadres régionaux de

concertation incluant les autorités sous-régionales politiques et techniques, les agences de l'Organisation des Nations unies et les organisations non gouvernementales comme le Réseau de prévention des crises alimentaires au Sahel et en Afrique de l'Ouest (RPCA) ou le Dispositif régional de prévention et de gestion des crises alimentaires (PREGEC). Enfin, à partir d'un outil d'analyse de la vulnérabilité des populations, le cadre harmonisé (CH), élaboré en commun et validé par de nombreuses institutions (CILSS, 2018), ils produisent un consensus des bilans de situation.

Dans les pays sahéliens et aux échelles locales, les cadres institutionnels et les contextes agroenvironnementaux et socioéconomiques ont certes évolué avec un développement de la pluriactivité, mais le disponible vivrier dans les zones agricoles représente encore aujourd'hui le champ d'investigation nécessitant le plus de développement. Cela pose la question, d'une part, de l'amélioration de la collecte de données chez les populations relevant de différents systèmes d'activité (agriculture, élevage, etc.) et pour divers critères d'environnement et de mode de vie (santé, nutrition, etc.), et, d'autre part, de l'intégration de ces données pour instruire et accompagner les décisions politiques.

1. Action contre la Faim, Dakar, Sénégal.

2. Médecins sans Frontières, Genève, Suisse.

* Auteur pour la correspondance

Email : erwann.fillol@gmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Dans le cadre d'une approche projet, l'organisation non gouvernementale Action contre la Faim (ACF) s'appuie sur ces constats et s'intègre dans les réflexions et les dynamiques actuelles des institutions nationales et sous-régionales. Elle prend en compte les avancées, les contraintes, les besoins et les stratégies existants sur ces dispositifs de SAP.

L'amélioration des dispositifs peut se faire par différentes voies : l'analyse intégrée de la sécurité alimentaire et nutritionnelle ; le développement de réseaux pour la mise en place de collaborations entre les structures ; le renforcement des relations entre les différents niveaux d'information (sous-régional, national et local), le renforcement de l'anticipation de l'alerte ; le repositionnement géographique des instruments de réponse et l'amélioration du ciblage socioéconomique des bénéficiaires ; et la collecte des données de terrain et satellitaires.

Cette logique demande notamment une coordination renforcée et une participation des différents acteurs concernés (institutions gouvernementales, collectivités territoriales, société civile, instituts de recherche, autres organisations non gouvernementales, entre autres). Les dispositifs régionaux existants tels le Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) et le Réseau de systèmes d'alerte précoce sur la famine (FEWSNET) suggèrent des analyses de la vulnérabilité des communautés par l'emploi d'indicateurs englobant les milieux agricoles et pastoraux, mais sans la prise en compte spécifique des caractéristiques inhérentes au pastoralisme, c'est-à-dire la complémentarité agroécologique des espaces, l'accessibilité aux ressources et la mobilité des éleveurs. En effet, l'usage d'un indice de végétation permet une caractérisation spatiale de la production de biomasse d'une année par rapport à une normale, mais ne permet pas la prise en compte des autres aspects du pastoralisme et de l'élevage nomade et pastoral. Au-delà de l'intégration d'indicateurs de suivi de variables physiques (pâturages et eau), la considération de la vulnérabilité pastorale implique de compléter l'analyse notamment en y intégrant le facteur de mobilité.

En effet, la mobilité « permet aux pasteurs de tirer avantage des ressources qui sont d'une grande variabilité dans le temps et dans l'espace » (Marty et al., 2006). Parmi les différentes formes de mobilité, la transhumance correspond à des mouvements saisonniers qui permettent de « valoriser les complémentarités interzonales, sur des espaces souvent très vastes » et qui, « loin d'être une simple habitude, correspond[ent] en fait à une véritable construction sociale, politique, économique, sans cesse renouvelée et réadaptée » (Bonnet et al., 2005).

Dès lors, la considération de la mobilité oblige à dépasser l'approche classique d'évaluation des ressources pastorales existantes, pour aborder la problématique de l'accessibilité à ces ressources dans l'espace et dans le temps et tenter de relever le défi de l'établissement de bilans fourragers des espaces pastoraux.

La considération des mouvements et stratégies spatiales d'adaptation des éleveurs vise à compléter les analyses de vulnérabilité pastorale habituellement focalisées sur les indicateurs biophysiques. Les outils régionaux de surveillance et d'alerte précoce (CILSS, FEWSNET) n'autorisent pas jusqu'à présent une finesse d'analyse correspondant aux contraintes sociales rencontrées, liées, entre autres, à l'usage de l'espace pastoral, aux considérations culturelles et aux aspects sécuritaires.

Le développement du modèle de vulnérabilité pastorale est motivé par l'ambition d'aller au-delà des considérations physiques, partant du principe que le pastoralisme sahélien est non seulement dépendant de la répartition et de l'abondance des ressources, mais également des usages que les éleveurs font de l'espace. Il s'agit donc d'intégrer dans l'analyse le mode de vie pastoral, c'est-à-dire l'ensemble de ces « stratégies qui constituent à la fois un système de production et un mode de vie éprouvé, adapté aux aléas et risques du contexte sahélo-soudanien » (Ancey et Monas, 2005).

D'autres initiatives se sont intéressées à la surveillance du pastoralisme au Sahel et à la mise en place de systèmes d'information. Parmi elles, citons le Système d'information pastoralisme et environnement au Sahel (SIPES) de la FAO (PESAH, 2004), basé sur un réseau de la société pastorale et de décideurs politiques dans le but de promouvoir une gestion durable des ressources pastorales (Toutain et al., 2010), en intégrant une composante environnementale qui met en évidence la relation réciproque entre les systèmes d'élevage et les écosystèmes. Partant des acquis du SIPES, le Système d'information sur le pastoralisme au Sahel (SIPSA) a été élaboré pour suivre les dynamiques pastorales au Sahel (Ickowicz et al., 2005), permettant l'élaboration d'un atlas des systèmes pastoraux au Sahel et de leurs évolutions (Touré et al., 2012).

Tout en s'inscrivant dans cette continuité, les outils de gestion de surveillance des ressources pastorales sur la zone sahélienne élaborés par ACF considèrent avant tout la problématique écologique (comment régénérer les écosystèmes ?) et alimentaire (comment alimenter les troupeaux ?), et tentent de porter des éléments de réponse à la question prédominante de prévention des conflits et de l'aménagement du territoire (Marty, 2000). La plus-value de ces outils est de rendre l'information et les données facilement visualisables et publiquement accessibles par l'utilisation d'une plateforme de visualisation cartographique interactive avec une mise à jour de l'information en temps réel.

■ MATERIEL ET METHODES

Contexte

Sur le terrain, les actions mises en œuvre dans le cadre du renforcement des dispositifs SAP concernent le suivi de la vulnérabilité pastorale pour la définition de réponses appropriées à ces groupes de population dans la sous-région ouest-africaine. ACF, en partenariat avec les ministères de l'élevage du Mali, du Niger et du Burkina Faso, et les associations d'éleveurs au Sénégal, a développé un système d'alerte précoce pastorale utilisant des données de télédétection satellitaire, des enquêtes de terrain, en tenant compte des connaissances, des pratiques locales et des traditions (Orenstein, 2017a ; Ham et Fillol, 2012 ; Ham et al., 2011 ; Bastide et al., 2008 ; Fillol et al., 2008 ; Métais, 2007). Des indicateurs adaptés issus de la télédétection spatiale, utilisant des traitements pour extraire l'information statistique et le ciblage géographique, ont été élaborés en vue d'appuyer la prise de décision à une échelle d'analyse régionale permettant de considérer de larges espaces et ayant l'avantage de donner une visualisation synthétique de la vulnérabilité à l'échelle sous-régionale (Ham et Fillol, 2012).

Les principaux outils développés concernent a) la quantification et le suivi des ressources pastorales à partir de données de télédétection (production de biomasse végétale et disponibilité en eau de surface), et b) le suivi des mouvements et des stratégies d'adaptation des éleveurs et des troupeaux au gré des saisons. Les produits issus de ces outils permettent d'alimenter en informations le modèle de vulnérabilité pastorale.

Suivi de la production de biomasse

Le BioGenerator (Fillol, 2013), outil développé et utilisé par ACF depuis 2007, permet de mesurer la production de biomasse annuelle en établissant le cumul sur la saison de croissance des valeurs de productivité quotidienne données par les productivités de matière sèche (DMP) (Jacobs et al., 2006). Le produit DMP décadaire est obtenu à partir des acquisitions de la série de capteurs satellitaires SPOT-VEGETATION entre 1998 et 2013, succédés par PROBA-V depuis 2014, et distribué par le programme de l'Union européenne Copernicus Global Land Service (CGLS). Le résultat est la production totale

de biomasse, pour chaque saison depuis 1998, exprimée en rendement à l'hectare (kilogrammes de matière sèche végétale produite par hectare) et avec une résolution spatiale d'un kilomètre. La valeur cumulée obtenue à la fin de la période de croissance donne la quantité de biomasse annuelle et permet de dresser des cartes de production de biomasse et d'anomalie de production de biomasse (par rapport à la moyenne calculée sur l'ensemble des années depuis 1998) sur l'étendue du Sahel.

Les données en sortie de BioGenerator ont fait l'objet de plusieurs travaux de validation, intégrant des données *in situ* de mesure de biomasse sur le Mali, le Sénégal et le Niger et sur plusieurs années (Fillol, 2013). A la différence des indices de végétation comme l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), habituellement employés comme indicateur de l'abondance de pâturage, le BioGenerator permet de disposer de mesures quantitatives et relatives de production de biomasse, sans nécessiter des travaux additionnels de calibration à partir de mesures *in situ* qui impliqueraient l'organisation régulière, sur une base annuelle, de missions de terrain. En utilisant un système d'information géographique (SIG), il est possible d'agréger et de représenter spatialement les quantités de biomasse végétale produites selon les unités géographiques d'analyse choisies (par exemple découpages administratifs, unités agroécologiques, zones d'intérêt pastoral) permettant de réaliser des bilans zonaux de production (Ham, 2013).

Suivi de la disponibilité en eau de surface

La méthode est basée sur l'utilisation du produit des petites étendues d'eau (*small water bodies*, SWB) (Bartholomé et Combal, 2006) accessible à une fréquence temporelle décennale, à une résolution spatiale d'un kilomètre, et informant de manière booléenne de la présence ou de l'absence d'eau de surface. Le produit SWB, issu du même programme CGLS, provient d'acquisitions de la même série de capteurs satellitaires SPOT-VEGETATION (1998–2013) et PROBA-V (depuis 2014) et a fait l'objet de travaux de validation terrain ; il donne des résultats bons en commission (92,8 à 98,7 %), nettement moins bons en omission, ceci étant dû notamment à la faible résolution du produit (Haas, 2010 ; 2009).

En intégrant cette information ponctuelle de présence d'eau, l'HydroGenerator (Fillol, 2010), outil développé par ACF en 2010, produit des cartes donnant une information statistique d'un indice d'accessibilité à l'eau de surface pour les éleveurs. Le calcul de l'indice se fait par l'intégration du temps de remplissage de tous les points d'eau présents dans un rayon d'action défini, pondéré par la distance aux points d'eau.

L'étape suivante envisagée est de coupler cette information concernant l'eau de surface avec un inventaire exhaustif des points d'eau fonctionnels, puits et forages, afin de mieux estimer la disponibilité en eau et d'en déduire une accessibilité différentielle des pâturages présents. Cependant, cet inventaire est aujourd'hui partiel à l'échelle des pays du Sahel et ne peut prétendre refléter la situation réelle et exhaustive de la couverture en points d'eau. Le modèle de vulnérabilité intègre donc pour le moment seulement le suivi des points d'eau de surface détectés par satellite. Ainsi, l'accessibilité des pâturages au-delà du rayon d'influence des mares n'est pas réduite à zéro mais maintenue à un niveau minimum afin de pallier la non-prise en compte des points d'eau fixes ainsi que les omissions de détection des points d'eau de surface causées par la faible résolution des SWB.

Indice de vulnérabilité lié à la biomasse

L'indice de vulnérabilité est créé pour pallier la lacune de l'analyse simple par anomalie qui, en comparant l'année en cours avec l'ensemble des années antérieures, est insensible aux enchaînements

d'épisodes secs. Si les éleveurs peuvent surmonter un épisode sec isolé, ils sont beaucoup plus sensibles à une récurrence de sécheresses consécutives pouvant avoir des effets destructifs sur les troupeaux (Fafchamps et Gavian, 1998). Le principe de l'indicateur de vulnérabilité lié à la biomasse VI est basé sur un calcul récursif décrit par les équations 1 et 2 : pour chaque année, la contribution au calcul de l'indicateur $VI_{Année}$ est la somme d'une pondération entre l'anomalie de l'année considérée $AN_{Année}$ et l'indicateur de vulnérabilité calculé pour l'année antérieure $VI_{Année-1}$ suivant une pondération donnée par le facteur α_{VI} fixé à 50 % :

$$VI_{Année} = \alpha_{VI} \times AN_{Année} + (1 - \alpha_{VI}) \times VI_{Année-1} \quad (1)$$

avec

$$AN_{Année} = \frac{Biomasse_{Année}}{\frac{\sum_{A=Année}^{1998} (1 - \alpha_{VI})^{(Année-A)} \times Biomasse_A}{\sum_{A=Année}^{1998} (1 - \alpha_{VI})^{(Année-A)}}} - 1 \quad (2)$$

où $VI_{1998} = 0$ et $\alpha_{VI} = 0,5$

Enquêtes hebdomadaires des conditions pastorales

L'imagerie satellitaire seule n'est pas suffisante pour établir le suivi en temps réel de l'ensemble des conditions pastorales. Si le BioGenerator donne l'information de production de végétation et la quantité de biomasse produite durant la saison de croissance, son utilisation ne permet pas de quantifier la biomasse encore présente ni sa qualité durant la période sèche. En outre, de nombreux autres éléments influencent la vulnérabilité des communautés pastorales et sont indétectables par satellite, parmi eux l'état de fonctionnement des puits, les conditions de circulation et d'accès aux pâturages, les conditions de marché, et l'état de santé des animaux.

L'enquête de terrain classique dans les zones pastorales est coûteuse et chronophage, nécessitant des ressources importantes pour couvrir de vastes territoires souvent difficilement accessibles. Le ciblage des communautés pastorales présente un véritable défi logistique et méthodologique. Pour pallier ces contraintes, une méthode de suivi des zones pastorales à distance a été développée utilisant des enquêtes téléphoniques via le système de messages courts téléphoniques (SMS). Dans chaque pays où est établi le suivi (aujourd'hui Mali, Niger, Burkina Faso et Sénégal), des sites sentinelles de surveillance pastorale sont sélectionnés dans les villages se trouvant dans les zones de concentration pérennes ou saisonnières, et sur les axes de transhumance habituels. Les sites d'intérêt ainsi que les indicateurs sont identifiés en concertation entre les ministères de l'élevage, les organisations pastorales et ACF. Pour chaque site, un « point focal » sélectionné, le plus souvent un vétérinaire, un agent du ministère de l'élevage ou un représentant d'une organisation d'élevage, reste en contact régulier avec les pasteurs de la zone. Cette personne est chargée d'envoyer les informations collectées de manière hebdomadaire par SMS en répondant à un questionnaire préétabli. Les messages reçus sont centralisés, puis reliés à une base des données géospatiales dont l'information résultante est synthétisée et cartographiée de manière bimestrielle.

Les informations collectées par le réseau de sites sentinelles concernent principalement la disponibilité en pâturage et en eau, la concentration de bétail, le suivi des mouvements habituels ou inhabituels, les prix de marché, la présence d'épizooties, l'embonpoint et l'état de santé des animaux, et la présence de feux de brousse. Les indicateurs sont produits de manière qualitative, par l'appréciation du point focal en réponse au questionnaire. Ce système permet une collecte rapide de l'information tout en s'appuyant sur les savoirs traditionnels et l'implication des communautés pastorales.

Cartographie des mouvements pastoraux

La connaissance de la localisation des couloirs et des mouvements de transhumance ainsi que des zones de concentration est indispensable pour appréhender la vulnérabilité pastorale au Sahel, car elle permet d'isoler et d'étudier les zones d'importance pastorale sur les cartes de disponibilité de biomasse et d'accessibilité à l'eau. Ces informations sont collectées à l'occasion d'exercices de cartographie participative basés sur une méthodologie d'évaluation, par les éleveurs eux-mêmes, de la vulnérabilité pastorale et de la capacité de charge des terroirs (ACF, 2013). L'objectif est de cartographier les ressources de la communauté, les risques et les dangers, et la réponse donnée par les stratégies d'adaptation. Ces ateliers participatifs résultent de l'adaptation de la boîte à outils d'ACF de cartographie communautaire au contexte pastoral se focalisant sur les mouvements saisonniers des éleveurs.

Des fonds de cartes produits au niveau régional (découpage administratif de niveau 1) sont utilisés durant les ateliers participatifs. Des représentants d'organisations pastorales, des vétérinaires, des techniciens de la reproduction animale ainsi que des délégués des ministères de l'élevage se réunissent et s'accordent sur la définition des paramètres et sur la méthodologie de mesures comme la saisonnalité, les zones de transit et de concentration, les mouvements normaux, et les mouvements de contingence ou alternatifs. Les participants des ateliers dressent les cartes au niveau régional qui sont ensuite validées au niveau national par les membres des organisations pastorales et les ministères de l'élevage. Ce travail continu de cartographie a débuté en 2011 au Mali, au Niger, en Mauritanie et au Sénégal, et une mise à jour a été effectuée en 2016.

L'information issue des cartes finalisées est numérisée et superposée aux cartes de production de biomasse et d'accessibilité à l'eau de surface provenant de la télédétection satellitaire. La superposition de l'information du stock de biomasse et d'eau de surface produite en fin de saison des pluies avec les routes connues de transhumance permet une prédiction de la capacité de charge durant la saison sèche et l'identification des zones potentiellement à risque. Par exemple en cas d'anomalies négatives de production de biomasse et de présence d'eau de surface sur une zone de concentration importante en saison sèche, les éleveurs nomades seront probablement contraints d'éviter le secteur, tandis que les éleveurs sédentaires risquent de subir une détérioration de leurs conditions. La figure 1 montre les principaux mouvements de retour de transhumance en début de saison d'hivernage rapportés par le Réseau Billital Maroobè, association de regroupement d'éleveurs au Sahel et partenaire d'ACF.

Modèle de vulnérabilité pastorale

Le modèle de vulnérabilité pastorale est une construction méthodologique, en cours de développement, destinée à évaluer la vulnérabilité des communautés pastorales face aux épisodes de sécheresse. Le modèle vise également à estimer l'évolution de cette vulnérabilité dans le temps et l'espace. Sans toutefois prendre en compte de manière exhaustive l'ensemble des dimensions socioéconomiques et des moyens de subsistance des agropasteurs, l'intégration par le modèle des composantes fondamentales du pastoralisme se base sur deux postulats : a) les troupeaux constituent l'élément fondamental des moyens d'existence des éleveurs pasteurs, et b) la subsistance du cheptel est directement dépendante de son approvisionnement en pâturages et de son abreuvement en eau.

Les sorties du modèle sont des produits cartographiques permettant d'appuyer l'identification des zones où l'activité pastorale est potentiellement exposée à un déficit en ressources et d'évaluer le niveau de risque découlant de cette pénurie. Les cartes produites permettent l'analyse et l'évaluation de la situation pastorale, et d'anticiper les comportements et les mouvements des éleveurs durant la saison sèche à venir. La figure 2 discrétise les différents niveaux d'analyse du modèle détaillés ci-après.

Le niveau 1 d'analyse permet de déterminer la quantité de biomasse végétale totale produite par unité de surface ou rendement. Il est globalement atteint par l'utilisation du produit DMP. Il établit une connaissance de la situation générale concernant la végétation d'une zone pastorale mais sans distinction de la qualité de la biomasse (herbacée, ligneuse ou agricole). C'est à ce niveau d'utilisation directe des valeurs de DMP que l'indice VI de vulnérabilité lié à la biomasse est calculé.

Le niveau 2 vise une quantification de la production de la biomasse végétale appétable communément dénommée pâturage. La biomasse appétable est une fraction de la biomasse totale dont le ratio est fonction des espèces en présence mais aussi du contexte de pénurie, car la sélectivité des animaux diminue en période de crise. La littérature donne un facteur de conversion normal évoluant de 30 % en climat soudanien (sud de l'isohyète 600 mm) à 50 % en climat sahélien (nord de l'isohyète 400 mm) (Toutain et Lhoste, 1978).

Le niveau 3 vise l'estimation de la quantité produite de pâturage accessible en fonction de la topographie et de la distance aux points d'eau. En fonction du paysage, de l'espèce et de la taille du troupeau, le déplacement maximal quotidien observé se situe aux alentours de 20 kilomètres (Milleville, 1992) mais cette distance peut, dans certaines conditions et contraintes, être supérieure (Ouedraogo, 1994).

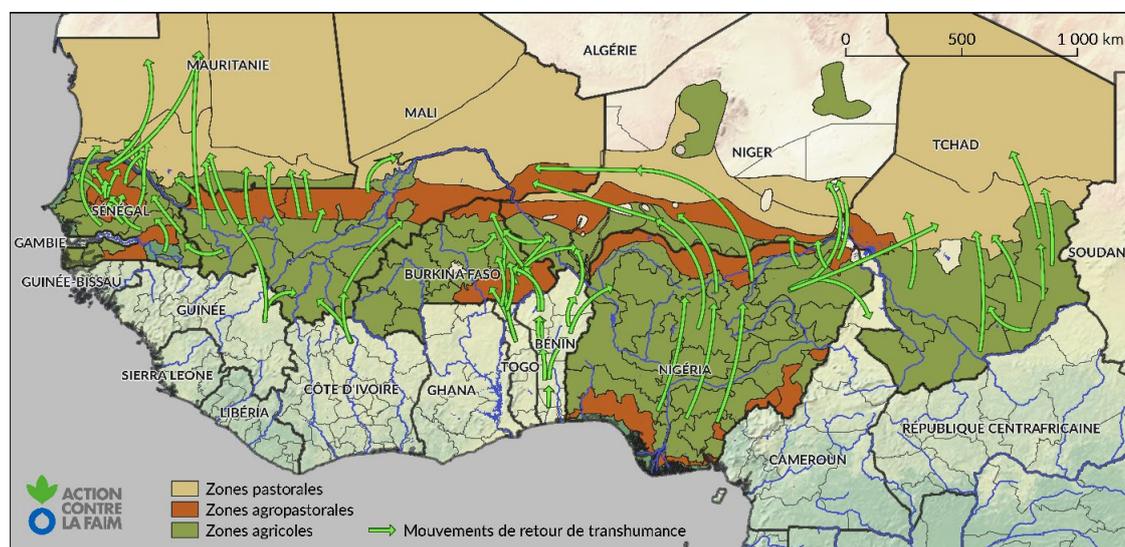


Figure 1 : mouvements de retour de transhumance en début d'hivernage 2018 au Sahel.

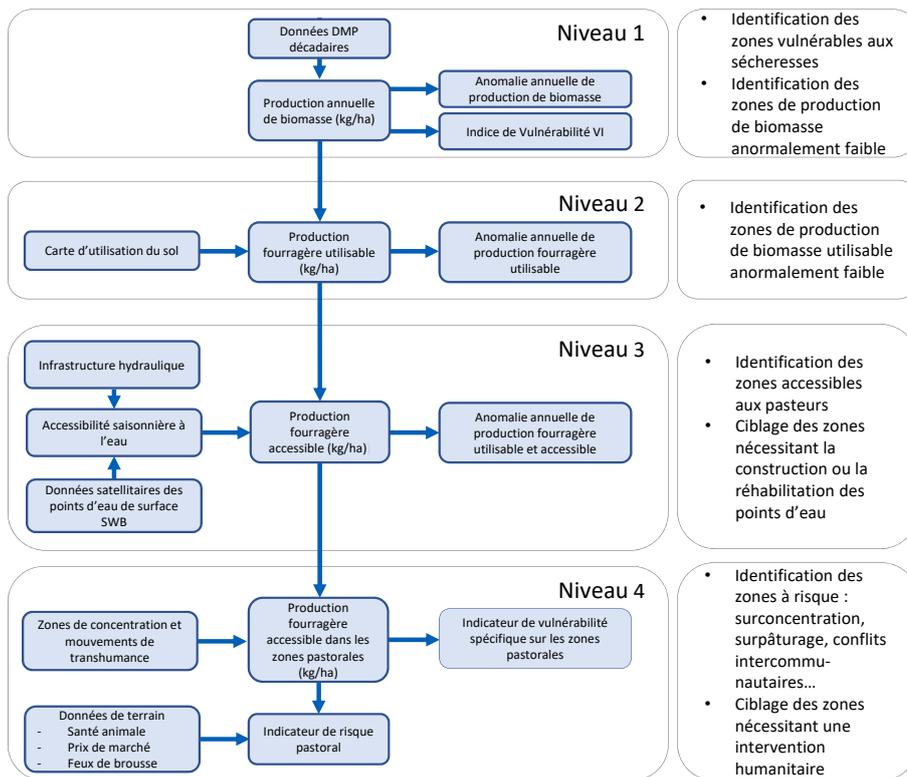


Figure 2 : différents niveaux d'analyse de la donnée de biomasse végétale au Sahel. DMP : productivités de la matière sèche ; SWB : petites étendues d'eau

En se basant sur ces observations, l'aire d'influence des mares, des puits et des forages est fixée empiriquement à 30 kilomètres qui est la distance considérée par le système de parcours quotidien maximal des éleveurs entre un point d'eau et une zone de pâturage. L'accessibilité aux pâturages est pondérée de façon graduelle suivant une courbe gaussienne entre 100 % au voisinage immédiat du point d'eau et 30 % à la distance de 30 kilomètres et au-delà. Idéalement, les contraintes extérieures comme les conflits ou les contraintes spatiales (frontières, obstacles naturels, etc.) devraient pouvoir être intégrées afin de refléter une situation particulière ou exceptionnelle.

Le niveau 4 ajoute la connaissance de terrain. En croisant l'information de production de biomasse et d'accessibilité à l'eau avec la délimitation des zones de concentration et la localisation des couloirs de transhumance, il devient possible d'identifier les zones présentant une dégradation de la situation pastorale. Les informations collectées sur ces zones via le réseau des sites sentinelles permettent d'identifier des risques additionnels pour la communauté pastorale.

■ RESULTATS

Aujourd'hui, les résultats principaux du système d'alerte précoce mis en place par ACF et adopté par les services techniques des SAP sont basés sur l'analyse des indicateurs suivants :

- l'évaluation de la biomasse disponible. Le calcul de l'anomalie annuelle de production de biomasse est la comparaison de l'année en cours par rapport à l'ensemble des années couvertes par les données satellitaires, c'est-à-dire depuis 1998. C'est ce premier niveau de résultats qu'utilisent les SAP du Mali et du Niger et leurs partenaires pour effectuer le ciblage géographique des zones à risque. La figure 3 montre la carte de l'anomalie de production de biomasse pour la saison d'hivernage 2018 issue du BioGenerator début octobre 2018 ;
- l'évaluation de la vulnérabilité aux sécheresses consécutives. Le calcul récursif de l'anomalie (équations 1 et 2) permet d'analyser l'année en cours avec la succession des années antérieures proches. Le résultat permet d'identifier les zones de sécheresses récurrentes,

phénomène particulièrement critique pour le pastoralisme. C'est ce niveau d'analyse qui est actuellement pris en compte par le CH. La figure 4 montre la carte de l'indice de vulnérabilité de la biomasse VI pour l'année 2018 issue du BioGenerator début octobre 2018 sur lequel sont superposées les zones habituelles de concentration en saison sèche et froide ;

- le suivi de l'accessibilité à l'eau de surface. Le calcul de l'anomalie de présence d'eau pondérée par la distance aux points d'eau permet une analyse statistique cartographique de l'accessibilité à l'eau. Ce suivi peut contribuer au ciblage géographique des zones vulnérables en caractérisant l'accessibilité aux pâturages. La figure 5 montre la carte de l'anomalie de l'accessibilité à l'eau de surface sur le Sénégal pour la période juin-juillet 2018 issue de l'HydroGenerator début août 2018 ;

- la localisation des parcours et des mouvements des pasteurs et des troupeaux, ainsi que des zones de pâturage en relation avec les périodes et les stratégies d'utilisation (zones de concentration en saison sèche, en saison des pluies, ou en saison froide, zones de replis ou de concentration). Des travaux en ce sens ont été réalisés par ACF au Mali, au Niger et partiellement en Mauritanie afin de produire une première série de données déjà validées à l'occasion d'ateliers nationaux au Mali et au Niger, auxquels ont participé des membres des directions de l'élevage, des instituts de recherche, des ONG et des associations d'éleveurs. La figure 6 montre l'exemple sur le Sénégal des informations de concentration et de mouvements de troupeaux observées par les relais sentinelles pastorales sur la période juin-juillet 2018 ;

- l'information de terrain sur les conditions pastorales. Les données de terrain, collectées par le réseau de sites sentinelles à travers le projet de surveillance pastorale d'ACF, sont utilisées pour la création de bulletins bimestriels concernant le Mali, le Niger, le Burkina Faso et le Sénégal. Ces bulletins informent les autorités et les acteurs humanitaires sur les conditions pastorales actuelles. Le modèle de collecte de données par téléphone portable / SMS permet une flexibilité et un déploiement pour d'autres utilisations de surveillance concernant l'eau et les conditions sanitaires et de santé par exemple. La figure 7

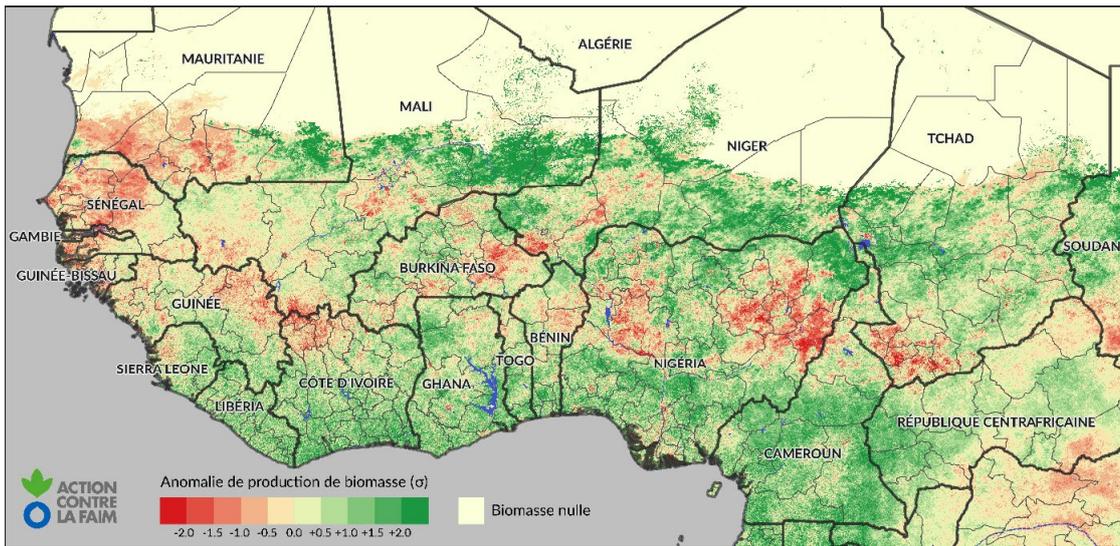


Figure 3 : anomalie annuelle de production de biomasse sur le Sahel pour la saison des pluies 2018, exprimée en nombre d'écart-types (σ) à la moyenne, calculée sur l'ensemble des années depuis 1998.

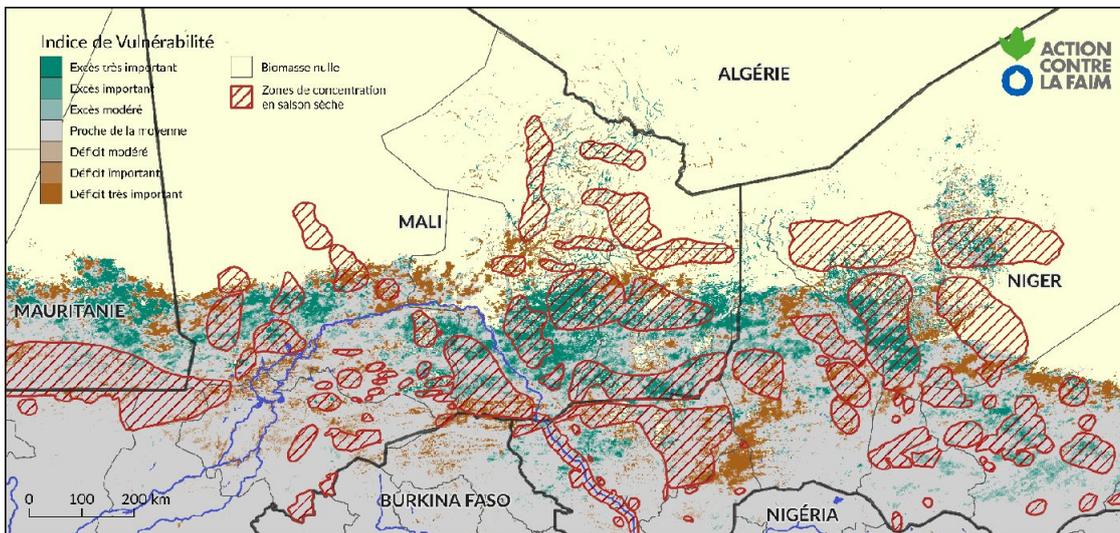


Figure 4 : zones de concentration en saison sèche (novembre à février) superposées à l'indice de vulnérabilité pastorale VI calculé en fin de saison des pluies 2018 au Sahel.

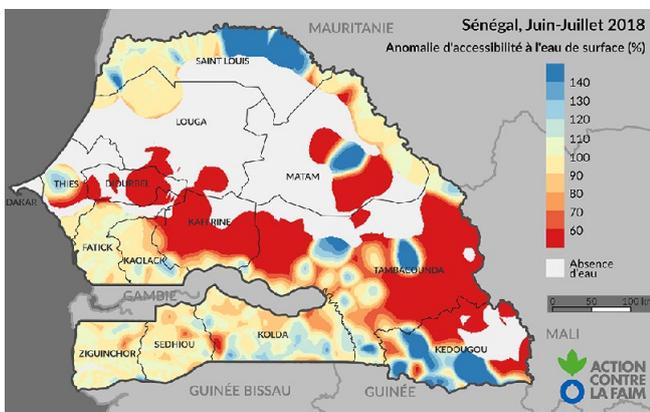


Figure 5 : anomalie d'accessibilité à l'eau de surface en juin-juillet 2018 sur le Sénégal par rapport à la situation normale pour la même période sur l'ensemble des années depuis 1998.

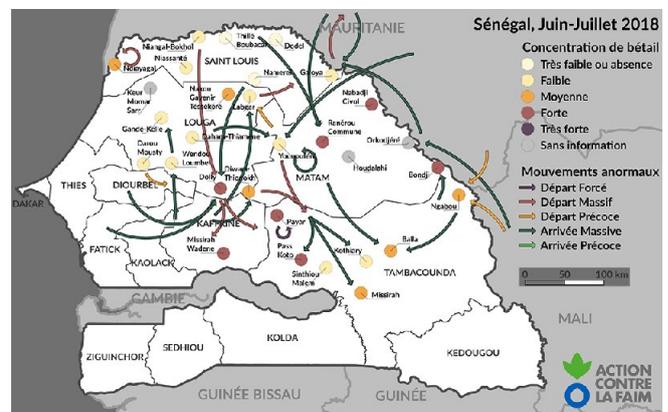


Figure 6 : concentration du bétail et mouvements anormaux rapportés par les relais sentinelles pastorales en juin-juillet 2018 au Sénégal. Départ Forcé : en raison de l'insécurité, de conflits ou de maladies animales ; Départ Massif : en nombre inhabituel ; Départ Précoce : en raison du manque de ressources ; Arrivée Massive : en nombre inhabituel ; Arrivée Précoce : avant la date normale.

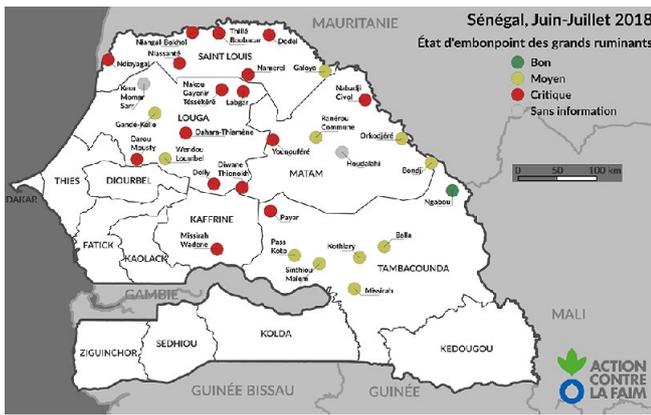


Figure 7 : état d'embonpoint des grands ruminants rapporté par les relais sentinelles pastorales en juin-juillet 2018 au Sénégal.

montre l'exemple au Sénégal de l'information d'état d'embonpoint des animaux relevée en juin-juillet 2018.

L'ensemble de ces indicateurs permet d'évaluer la vulnérabilité des populations des zones pastorales et agropastorales face à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. Afin d'aboutir à un ciblage des communautés à risque, cette évaluation de la vulnérabilité est réalisée par un opérateur expert à partir de l'analyse visuelle de plusieurs couches d'information géographique. Dès la fin de la saison des pluies, il est en effet possible d'identifier les zones déficitaires en ressources (pâturage et eau de surface), d'anticiper l'évolution probable de l'accessibilité à ces ressources et de présumer les zones abandonnées ainsi que les zones de concentration propices aux risques de tensions intercommunautaires, de propagation de maladie et de mortalité animale. Les zones déjà identifiées comme « zones à risques alimentaires » ou présentant déjà une prévalence de malnutrition élevée les années antérieures peuvent être ciblées prioritairement pour un suivi spécifique.

DISCUSSION

Les résultats de cette méthode, aujourd'hui toujours en cours de développement, sont déjà appréciés par les acteurs de la sécurité alimentaire (les autorités politiques et techniques, les agences des Nations unies et les ONG). ACF produit annuellement depuis 2010 les cartes d'anomalie de production de biomasse en fin de saison des pluies, soit avec six mois d'avance sur la saison sèche à venir et la période de soudure potentiellement problématique. Elles sont intégrées comme source de données pour les SAP des pays du Sahel et sont utilisées au Niger, au Mali et au Sénégal lors des analyses du CH, ou pour établir les profils d'« analyse de l'économie des ménages » afin d'évaluer le niveau d'insécurité alimentaire des populations pastorales (Paridaens, 2017).

Les outils employés ont permis de renforcer l'alerte précoce au Sahel, particulièrement pour l'anticipation et la caractérisation des crises (Ford, 2013 ; Roucaute, 2012 ; Fillol et al., 2008), et aussi pour l'identification des zones de sécheresse ou de soudure précoce (Rouse, 2018 ; Peyton, 2017 ; FAO-PAM, 2017 ; FSNWG, 2017). Par exemple lors de la crise alimentaire de 2017-2018 au Sahel, ACF, par l'utilisation de ses outils, a été dès le mois d'août 2017 le premier acteur capable de diffuser une alerte sur la situation pastorale à la communauté humanitaire (FSNWG, 2017 ; Orenstein, 2017b ; RPCA, 2017 ; RFI, 2017). Les outils ont aussi permis d'identifier les zones à risque pour l'élaboration du plan de réponse apporté par le Bureau de la coordination des affaires humanitaires (OCHA) (OCHA, 2018).

La fourniture d'éléments d'analyse dès la fin de la saison des pluies en octobre permet de bénéficier d'une fenêtre d'intervention de plusieurs mois dans les zones identifiées comme vulnérables par le modèle. La large gamme des données intégrées dans le modèle permet de considérer plusieurs types de risques parmi lesquels : la pénurie de pâturages, le manque d'eau de surface, les mouvements de transhumance anormaux, la surconcentration de troupeaux et l'apparition d'épizooties. La collecte de données de terrain concernant les prix des marchés et l'état de santé et d'embonpoint des animaux complète l'analyse.

Les outils d'ACF sont utilisés systématiquement par les SAP nationaux du Mali et du Burkina Faso pour effectuer leurs propres analyses de biomasse (SAP Mali, 2017 ; PRAPS-BF, 2017). Le CH de suivi de la vulnérabilité des populations au Sahel mis en place par le CILSS, dont la fonction est d'établir une synthèse des différentes sources de données sur la situation alimentaire dans le Sahel, intègre l'analyse de la situation pastorale produite par ACF à travers les réunions des comités techniques nationaux et régionaux (Paridaens, 2017 ; CILSS, 2018).

La mise en ligne du portail d'information SigSahel (www.sigsahel.info), donnant un lien d'accès à la plateforme de cartographie interactive GeoSahel, rend accessibles publiquement les résultats de ce travail. Les données et rapports peuvent y être téléchargés librement, pour être rediffusés et réutilisés. De plus, la combinaison avec d'autres bases de données humanitaires concernant la nutrition et la sécurité alimentaire permet d'exploiter encore davantage la capacité d'alerte précoce du système.

Les efforts à fournir demeurent toutefois importants, en particulier concernant l'opérationnalité des outils, mais ouvrent également de nouvelles perspectives dans le cadre de ce processus de construction, parmi elles : a) l'extension du transfert de ces outils à d'autres pays sahéliens comme la Mauritanie et le Tchad ; b) l'amélioration de la fiabilité et de la finesse, et l'automatisation du calcul des indicateurs dans les systèmes de suivi des pays aboutissant à l'établissement de bilans fourragers réalistes ; c) la diffusion de l'information et l'appropriation du système par les communautés pastorales ; d) le repositionnement des stratégies et des instruments proposés dans les plans de réponse aux différents niveaux en termes de prévention et de gestion des risques pour le pastoralisme ; et e) la combinaison avec un modèle de prédiction de rendement ou de suivi de production agricole pour un système d'alerte précoce plus complet des risques d'insécurité alimentaire des zones agropastorales.

Concernant le point c, un exemple de diffusion de l'information est le projet pilote d'Adaptation des technologies durables pour les pasteurs maliens (STAMP), mis en œuvre en 2015, qui utilise les sorties du système pour alimenter un centre d'appel téléphonique au Nord Mali. Les agents utilisent une interface accessible par internet (www.stamp-mali.org) donnant accès aux données concernant la quantité de biomasse et fournissent aux pasteurs l'information du niveau de croissance de la végétation dans les zones d'intérêts. La collecte de données de terrain et la cartographie participative ont été utilisées afin de compléter l'information donnée par le centre d'appel directement aux éleveurs (prix de marché, niveau de concentration en bétail).

Pour le point d, il s'agit principalement de renforcer les articulations du modèle de vulnérabilité pastorale avec les interventions et les projets des partenaires humanitaires ; le développement repose notamment sur des approches de « réduction des risques de catastrophe » et de protection sociale (filets de sécurité alimentaire et nutritionnelle) dans les pays concernés.

Le système de surveillance pastorale devrait encourager la mise en œuvre d'initiatives pilotes d'alerte précoce communautaire et ainsi participer au renforcement de la résilience des populations pastorales

au niveau local (communes, communautés et ménages). Par exemple au Niger l'Enquête participative de vulnérabilité et de capacités, outil d'analyse multisectorielle développé par ACF en partenariat avec le département de géographie de l'Université Abdou-Moumouni à Niamey et l'Association pour la redynamisation de l'élevage au Niger, a permis de mettre en évidence les facteurs de vulnérabilité des ménages pastoraux et les moyens mis en œuvre pour l'adaptation aux urgences (Illiassou, 2017).

L'objectif est une meilleure compréhension des systèmes d'élevage par la mise en place de travaux d'étude et de recherche autour des caractéristiques socioéconomiques et environnementales, en considérant de nouveaux indicateurs pouvant être intégrés dans le système de suivi de la vulnérabilité : effectifs de cheptel, étude des termes de l'échange et des prix de marché, indicateur de vulnérabilité au niveau des ménages, mobilité différentielle.

■ CONCLUSION

L'approche développée par ACF pour son système de surveillance pastoral a permis d'atteindre des résultats probants pour l'amélioration des outils d'analyse de la vulnérabilité des populations pastorales face à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel. Elle a lancé les bases d'une initiative située à la confluence de la géographie physique et sociale pour une gestion améliorée des risques de catastrophe et aussi pour une réflexion portant sur l'avenir des systèmes d'élevage sahéliens, leur évolution et les stratégies d'adaptation liées aux effets du changement climatique. ACF et ses partenaires techniques et institutionnels envisagent de poursuivre ce travail afin d'intégrer au mieux cette initiative dans leur volonté de contribuer durablement à une augmentation de la résilience des communautés pastorales sahéliennes face aux catastrophes naturelles et ainsi lutter contre la malnutrition.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des contributeurs financiers et bailleurs de projets qui ont subventionné la mise en place du système, principalement : la Banque mondiale, la Fondation Albert II de Monaco, le Fonds de recherche d'ACF, International Food Policy Research Institute (IFPRI), UN Food and Agriculture Organization (FAO), et Office of US Foreign Disaster Assistance (OFDA).

Déclaration des contributions des auteurs

EF, FH et AO ont participé à la gestion du projet de surveillance pastorale d'ACF en Afrique de l'Ouest, à la mise en place et au développement du système, à la collecte des données, à la rédaction, et à la révision de cet article.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

ACF, 2013. Action contre la Faim, Etude Participative des Risques, Vulnérabilités et Capacités Communautaires Manuel Pratique, 138 p., www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2018/01/acf_2013_-_manuel_pratique_epvc.pdf

Ancey V., Monas G., 2005. Le pastoralisme au Sénégal, entre politique « moderne » et gestion des risques par les pasteurs, In: Tiers-Monde. La question alimentaire en Afrique : Risque et politisation (sous la direction de Janin P. et de Suremain C.E.), **46** (184) : 761-783, doi: 10.3406/tiers.2005.5610

Bartholomé E., Combal B., 2006. Small Water Bodies. In: VGT4Africa User Manual (first ed), Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 271 p.

Bastide J., Fillol E., Métais T., 2008. Evaluation des risques liés aux variations spatiotemporelles de la pluviométrie au Sahel. 13th IWRA World Water Congress, Montpellier, France, 1-4 Sept 2008, 13 p.

Bonnet B., Marty A., Demante M.-J., 2005. Hydraulique et sécurisation des systèmes pastoraux au Sahel, appui à la gestion locale, IRAM - Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement, 28 p. www.iram-fr.org/ouverturepdf.php?file=154.pdf

CILSS, 2018. Cadre Harmonisé d'analyse et d'identification des zones à risque et des populations en insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel et en Afrique de l'Ouest (CH) – Analyse régionale de la situation de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle aigüe – Situation courante (mars-mai 2018) et projetée (Juin-Août 2018), CILSS, Ouagadougou, Burkina Faso

Fafchamps M., Gavian S., 1998. The Determinants of Livestock Prices in Niger, *J. Afr. Econ.*, **6** (2): 255-295

FAO-PAM, 2017. Sécurité Alimentaire et Implications Humanitaires en Afrique de l'Ouest et au Sahel, Aout-Sept. 2017, **84**, 3 p. www.fao.org/fileadmin/user_upload/emergencies/docs/Note%20Conjointe_Ao%C3%BBt%20-%20Septembre%202017_FAO_PAM_fr_vf.pdf

Fillol E., 2010. HydroGenerator (v1.1) Guide de l'utilisateur, Action contre la Faim International, Ecquevilly, France, 15 p.

Fillol E., 2013. BioGenerator (v2.1) Guide de l'utilisateur, Action contre la Faim International, Ecquevilly, France, 12 p.

Fillol E., Métais T., Gomez A., 2008. Estimation de la quantité de biomasse sur la zone Sahélienne Mali-Niger par télédétection pour l'aide à la gestion de l'activité pastorale, Space Application Congress, Toulouse, France, 22-25 Avril 2008

Ford E., 2013. Learning the lessons? Assessing the response to the 2012 food crisis in the Sahel to build resilience for the future, Briefing paper, Oxfam, Oxford, Grande Bretagne p.16

FSNWG, 2017. Compte rendu de la réunion du groupe régional Sécurité Alimentaire et Nutrition 31 aout 2017, Dakar, Sénégal www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/cr_fsnwg_31aout_vf.pdf

Haas E., 2009. Time series analysis of optical remote sensing data for the mapping of temporary surface water bodies in sub-Saharan western Africa, *J. Hydrol.*, 12 p.

Haas E., 2010. Temporary water bodies as ecological indicators in West African drylands, Thèse Doct., Université Catholique de Louvain, Belgique, 226 p.

Ham F., 2013. Analyse de production de biomasse – Saison des pluies 2013, Document technique, Action contre la Faim International, Ecquevilly, France, 18 p.

Ham F., Fillol E., 2012. Pastoral Surveillance System and Feed Inventory in Sahel, Conducting National Feed Assessments, 83-94FAO, Rome, Italie

Ham F., Métais T., Hoorelbeke P., Fillol E., Gomez A., Crahay P., 2011. One horn of the cow, an innovative GIS-based surveillance and early warning system in pastoral areas of Sahel. In: Risk Returns: 127-131 UN Intern. Strat. Disaster Reduc. Sec. (UNISDR)

Ickowicz A., Ancey V., Leclerc G., Toure I., Damman G., Darly S., 2005. Rapport final du Programme LEAD « Pastoralisme et Environnement au Sahel » (PESah), 108 p.

Illiassou I., 2017. Surveillance pastorale Niger : 2015-2017, Rapport d'activités du projet Surveillance Pastorale financé par la Fondation Albert II de Monaco, Novembre 2017, 14p. http://sigsahel.info/wp-content/uploads/2017/12/Rapport_Activ%C3%A9s-SP_2015-2017.pdf

Jacobs R., Piccard I., Bydekerke L., Gontier E., 2006. Dry Matter Productivity. VGT4Africa User Manual (first ed), Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 271 p.

Marty A., 2000. Les approches de la gestion des pâturages et les projets de développement : quelles perspectives ? Note de l'atelier régional portant sur la Zone Sahélienne Ouest Africaine, Niamey, Niger, 2 - 6 Oct. 2000, 17 p.

Marty A., Bonnet B., Guibert B., Swift J., 2006. La mobilité pastorale et sa viabilité. Entre atouts et défis. Note thématique IRAM, 3 Juin. 2006, 4 p.

Métais T., 2007. Suivi des pâturages au Sahel. *Spot mag.* **42**: 8-10

Milleville P., 1992. Conditions sahéliennes et déplacements des troupeaux bovins (Oudalan, Burkina Faso). ORSTOM, Paris, France, 539-553. (Didactiques).

- OCHA, 2018. Sahel: Overview of Humanitarian Needs and Requirements, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Sahel%20HNRO%202018.pdf>
- Orenstein A., 2017a. Where the grass meets the sky, FOSS4G, Boston, Etats-Unis, 14-19 Aout 2017, vimeo.com/246731114
- Orenstein A., 2017b. Réunion sur la Soudure Pastorale, FSN WG, Food Security and Nutrition Working Group, Dakar, Sénégal 2 Nov. 2017, www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/cr_fsnwg_31aout_vf.pdf
- Ouedraogo I., 1994. Systèmes pastoraux et gestion des parcours dans la région de Banh au Nord-Yatenga, Séminaire régional sur la promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne, Dakar, Sénégal : 10-14 Janv. 1994
- PESAH, 2004. Elaboration d'un Système d'Information Pastoralisme et Environnement au Sahel (SIPES), Pastoralisme et Environnement au Sahel (PESAH), Compte-Rendu de l'Atelier régional de restitution du programme LEAD, Dakar, Sénégal, 1-2 Juil. 2004
- Peyton N., 2017. Sahel herders facing harshest dry season in years, aid agency warns. Thomson Reuters Foundation, 27 Oct. 2017, www.reuters.com/article/us-africa-herders/sahel-herders-facing-harshest-dry-season-in-years-aid-agency-warns-idUSKBN1CW1ZF
- Paridaens A.-M., 2017. Rapport d'évaluation Projet Surveillance Pastorale 2014-2017, Document technique interne, ACF, https://sigsahel.info/wp-content/uploads/2018/01/Rapport_EvaluationFinale_ACFWA_DK00362.pdf
- PRAPS-BF, 2017. Élaboration des outils de collecte et de suivi de données sur le pastoralisme au Burkina Faso, Rapport Final, Septembre 2017, Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel, Burkina Faso www.praps.bf/sites/default/files/elaboration_outil_collecte.pdf
- RFI, 2017. Sahel : la saison pastorale pour l'an prochain risque d'être laborieuse, 30 Nov. 2017, www.rfi.fr/afrique/20171130-sahel-saison-pastorale-an-prochain-risque-etre-laborieuse
- Roucaute D., 2012. Le Sahel menacé par une crise alimentaire prévue depuis octobre, *Le Monde*, 10 Fév. 2012
- Rouse L., 2018. Early Warning, late response to Senegal's food crisis, *New Humanit.*, 18 Oct. 2018, www.thenewhumanitarian.org/special-report/2018/10/18/early-warnings-climate-change-senegal-food-crisis
- RPCA, 2017. Avis sur les perspectives agricoles et alimentaires 2017-18 au Sahel et en Afrique de l'Ouest, Concertation technique du Dispositif Régional de Prévention et de Gestion des Crises Alimentaires (PREGEC), Bamako, Mali, 27-29 Nov. 2017
- SAP Mali, 2017. Note sur le suivi des pâturages, Système d'alerte précoce de la République du Mali (SAP), 3 p., https://fscluster.org/sites/default/files/documents/mali_-_analyse_biomasse_fin_saison_2017-2018_vf.pdf
- Toutain B., Lhoste P., 1978. Estimation test of the coefficient of herbaceous biomass utilization by cattle in a Sahelian area, *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, **31** (1) : 95-101, doi : 10.19182/remvt.8186
- Toutain B., Ickowicz A., Dutilly-Diane C., Reid R.-S. Tamsir Diop A., Teneja V.-K., Gibon A., et al., 2010. Impact of extensive livestock systems on terrestrial ecosystems, in *Livestock in a changing landscape*. In: vol. 1, Ed. Steinfeld H., Mooney H.A., Schneider F., Neville L.E., Islandpress, Washington, Etats-Unis,
- Touré I., Ickowicz A., Wane A., Garba I., Gerber P., 2012. Système d'information sur le pastoralisme au Sahel : Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel, 1970-2012. FAO, Rome, Italie, Cirad, Paris, France. https://umr-selmet.cirad.fr/content/download/3919/28448/version/1/file/Atlas_SIPSA_2012-1.pdf

Summary

Fillol E., Ham F., Orenstein A. Information and modeling system of pastoral vulnerability for crisis management and prevention in the Sahel

Pastoral livestock herding in the Sahel is extremely sensitive to climatic irregularities and particularly to the quality of the rainy season that conditions the regrowth of pastures and the filling of water points. Nomadic and transhumant herders adapt their movement strategies to the state and availability of these resources. Tools for monitoring food security in these pastoral territories must therefore integrate, in addition to spatialized biomass data, information on pastoral movements and the factors influencing them. To support local warning systems in the Sahel, the non-governmental organization Action against Hunger proposes a pastoral vulnerability model based on real-time satellite data and on knowledge of pastoral practices. This model is used to process data into an early warning system by identifying pastoral resource-deficient areas several months before a potentially problematic tide-over season. The combination of this data with concomitant field information collected by sentinel relays enables monitoring pastoral conditions, thus contributing to infrastructure development or the deployment of humanitarian aid.

Keywords: livestock, pastoralism, biomass, pastures, water resources, early warning systems, vulnerability, Sahel

Resumen

Fillol E., Ham F., Orenstein A. Sistema de información y de modelización de la vulnerabilidad pastoral para la gestión y la prevención de crisis en el Sahel

La cría pastoral en el Sahel es extremadamente dependiente de las irregularidades climáticas y particularmente de la calidad de la estación lluviosa, que condiciona el rebrote de pastos y el llenado de las fuentes de agua. Los criadores nómadas y trashumantes adaptan sus estrategias de desplazamiento al estado y a la disponibilidad de estos recursos. Los instrumentos de seguimiento de la seguridad alimenticia de estos territorios pastorales deben así integrar, además de los datos espaciales de la biomasa, informaciones sobre estos movimientos pastorales y sobre los factores que los condicionan. Para acompañar los sistemas de alerta locales en el Sahel, la organización a fin no lucrativo Acción contra el Hambre propone un modelo de vulnerabilidad pastoral basado en los datos satelitales adquiridos en tiempo real y sobre el conocimiento de las prácticas pastorales. Este modelo permite alimentar informaciones en un sistema de alerta precoz, identificando las zonas de interés pastoral en déficit de recursos, varios meses antes del periodo de enlace potencialmente problemático. La confrontación con la información concomitante recopilada en el campo mediante relés centinela permite monitorear la situación pastoral, contribuyendo al desarrollo de infraestructuras o al despliegue de ayuda humanitaria.

Palabras clave: ganado, pastoralismo, biomasa, pastizales, recursos hídricos, sistemas de alerta rápida, vulnerabilidad, Sahel

Caractérisation des ressources herbagères de l'enclave pastorale de Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) au Niger

Issoufa Idrissa^{1*} Idrissa Soumana² Ali Alhassane²
Boubé Morou¹ Ali Mahamane³

Mots-clés

Pâturage, ressource végétale, changement de couvert végétal, dégradation des parcours, désertification, Sahel, Niger

Submitted: 20 February 2020
Accepted: 10 July 2020
Published: 17 September 2020
DOI: 10.19182/remvt.31889

Résumé

Cette étude a consisté à caractériser les pâturages de l'enclave pastorale de Dadaria en termes de diversité floristique, valeur pastorale, productivité et capacité de charge. Un inventaire floristique de la végétation herbacée a été réalisé sur 53 placettes du sud au nord. Les résultats ont montré que le site comportait 93 espèces dont 83 herbacées réparties dans 30 familles et 63 genres. La flore était largement dominée par les Poaceae, et le type biologique le plus abondant et le plus dominant était celui des thérophytes. Le spectre fourrager a montré que la valeur pastorale a varié de 60 % dans le groupement 1 (G1) à 70 % dans G3. L'indice global de qualité des herbages a suivi la même tendance et a fluctué de 58 % dans G1 à 64 % dans G4. Cinq espèces (*Spermacoce chaetocephala* DC. Hepper., *Alysicarpus ovalifolius* Schum. & Thonn., *Zornia glochidiata* Reich. ex DC., *Digitaria argillacea* (Hitch. & Chase) Fern., et *Chloris prieri* Kunth.) déterminaient 75 % des contributions spécifiques des espèces. La production de phytomasse herbacée globale a été estimée à 3,4 tonnes de matière sèche (MS) par hectare et a varié selon le groupement. L'analyse du spectre de la production fourragère par espèce herbacée a indiqué que *S. chaetocephala* (68 kg MS/ha), *A. ovalifolius* (20 kg MS/ha), *C. prieri* (15 kg MS/ha) et *Z. glochidiata* (9 kg MS/ha) étaient les plus productives. *S. chaetocephala* a été la plus contributive et la plus productive mais avec une faible valeur pastorale. La disparition progressive des graminées annuelles (*Cenchrus biflorus* Roxb. et la tribu des Aristideae), qui présentent un très bon fourrage sec sur pied pour le bétail durant la saison sèche au profit des légumineuses fourragères qui disparaissent juste après la saison pluvieuse en laissant l'enclave nue, constitue une dynamique régressive du tapis herbacé de cet écosystème pastoral sahélien.

■ Comment citer cet article : Idrissa I., Soumana I., Alhassane A., Morou B., Mahamane A., 2020. Characterization of grassland resources in the pastoral enclave of Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) in Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 179-189, doi: 10.19182/remvt.31889

■ INTRODUCTION

L'économie de la région de Diffa repose principalement sur les activités pastorales. Ces dernières occupent 95 % de la population active et contribuent à hauteur de 55 % du produit intérieur brut de la région (Laouali, 2014). L'élevage dans la région de type extensif

exploite principalement les pâturages naturels composés des graminées annuelles et de quelques épineux pérennes. Le fourrage y joue un rôle considérable car il constitue, et pour longtemps encore, le seul mode d'alimentation des animaux domestiques (Akpo et al., 1995). Cependant, ces dernières années, les aires de pâturage se sont progressivement amenuisées du fait de l'avancée du front agricole. Dadaria, unique enclave pastorale dont dispose la région était riche en biodiversité floristique et faunique. La végétation herbacée jadis composée des graminées annuelles et vivaces faisait d'elle un excellent espace pastoral convoité par tous les éleveurs. Toutefois, les sécheresses récurrentes des dernières décennies ont provoqué au Niger un dépérissement des ressources végétales (Morou, 2010). A cela s'ajoutent les conséquences de la croissance démographique, du surpâturage et de la pratique néfaste des prélèvements excessifs de fourrage. L'afflux des réfugiés et déplacés internes dans l'enclave suite à

1. Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, BP 465, Maradi, Niger.
2. Institut national de la recherche agronomique du Niger, Niamey, Niger.
3. Université de Diffa, Diffa, Niger.

* Auteur pour la correspondance
Tél. : +227 96 67 81 53/95 77 46 45
Email : issoufad@yahoo.fr



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

l'insécurité dans la région a aggravé la dégradation de cet écosystème. Il en résulte une modification de la composition floristique et de la structure de la végétation, ainsi qu'une perte de résilience (Soumana, 2011 ; Bakhom, 2013). De nombreux travaux ont été consacrés au pastoralisme dans la région (Thébaud, 1999 ; Laouali, 2014). Cependant, ils n'ont pas concerné l'enclave et n'ont pas porté sur la caractérisation de la végétation des pâturages, en termes de composition floristique, de valeur pastorale, de productivité et de capacité de charge. Or, une meilleure connaissance de ces éléments doit permettre de gérer durablement cette enclave et d'inverser les tendances actuelles.

Cette étude visait à caractériser les différents groupements végétaux de cette aire de pâturage. Plus spécifiquement il s'agissait de a) caractériser ces pâturages sur le plan floristique et pastoral, et b) déterminer les différents groupements végétaux ou pâturages. Pour atteindre ces objectifs, les questions de recherche ont porté sur l'état actuel de la végétation herbacée de Dadaria, et sur les facteurs déterminant la dégradation de ressources fourragères.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée sur l'aire de pâturage de Dadaria, unique enclave pastorale de la région de Diffa. Elle est située au sud-est du département de Mainé-Soroa dans la commune du même nom (figure 1). Elle couvre une superficie de 34 000 hectares et s'étend sur deux unités géomorphologiques que sont la plaine et le plateau dunaire. Les sols sont constitués surtout de sable fin profond, de faible fertilité, de faible teneur en matière organique, avec une forte carence en potassium (Karimou al., 2015). Le climat est sahélien avec une pluviosité moyenne annuelle de 362 ± 101 mm pour la période de 1961 à 2018 à Mainé-Soroa (station de référence). Les pluies s'étendent de juillet à septembre, contrairement au reste du pays où les dates de démarrage des pluies se situent entre fin mai et mi-juin. Le mois d'août reste le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 135 mm (Laouali, 2014). L'humidité relative moyenne est maximale au mois d'août et peut atteindre 65 %. Les températures moyennes mensuelles minimale et maximale varient respectivement de 13 °C (janvier) à 42,3 °C (mai). On rencontre deux types de vents opposés : l'harmattan qui souffle avec

une forte intensité d'octobre à mars (2,7 à 3,1 m/s en moyenne) et la mousson africaine en avril-mai (2,7 m/s en moyenne) avec des pics de 3 à 4,4 m/s en juin (Kaou et al., 2017). Sur le plan phytogéographique, la végétation appartient au compartiment nord-sahélien oriental et sud-saharien oriental (Saadou, 1990). La végétation naturelle est une formation mixte constituée de steppe arborée à *Acacia tortilis* (Forsk.) et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., arbustive à *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne. et *Calotropis procera* (Ait.) R.Br., et d'herbes annuelles, notamment des graminées et des légumineuses.

L'aire pastorale est habitée majoritairement par les Kanouri et les Peuls. L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités de la population. L'agriculture est dominée par les cultures pluviales extensives avec le mil, le sorgho et le niébé en culture pure ou en association. L'élevage inclut les systèmes des grands transhumants (Peuls), des nomades (Peuls Bororos et Arabes Mahamides qui élèvent des camélins), de mobilité internationale (bergers moutonniers), d'agroéleveurs (Peuls et Kanouri) et d'élevage amélioré (embouche). Avec l'afflux des réfugiés et déplacés internes cette aire est relativement peuplée comparativement à la densité globale du département estimée à 14 habitants/km² (INS, 2014).

Echantillonnage

Un échantillonnage systématique le long d'un transect sud-nord a été appliqué. Les relevés floristiques ont été effectués principalement sur la plaine et sur une seule unité d'occupation des sols (pâturage). Au total 53 placettes de 2500 m² (50 m × 50 m) équidistantes de 500 mètres ont été relevées. Leur emplacement tenait compte de l'homogénéité de la végétation herbacée et ligneuse, ceci pour éviter l'effet de lisière (Mahamane, 2005). Elles étaient toujours situées à plus de 300 mètres des villages ou hameaux.

Collecte des données

Pour caractériser les différentes communautés végétales des pâturages, un inventaire floristique suivant la méthode des points quadrats alignés (Daget et Poissonet, 1971) a été réalisé en août et septembre 2017. La méthode a consisté à tendre une cordelette graduée entre deux piquets au-dessus de la composante herbacée de la végétation.

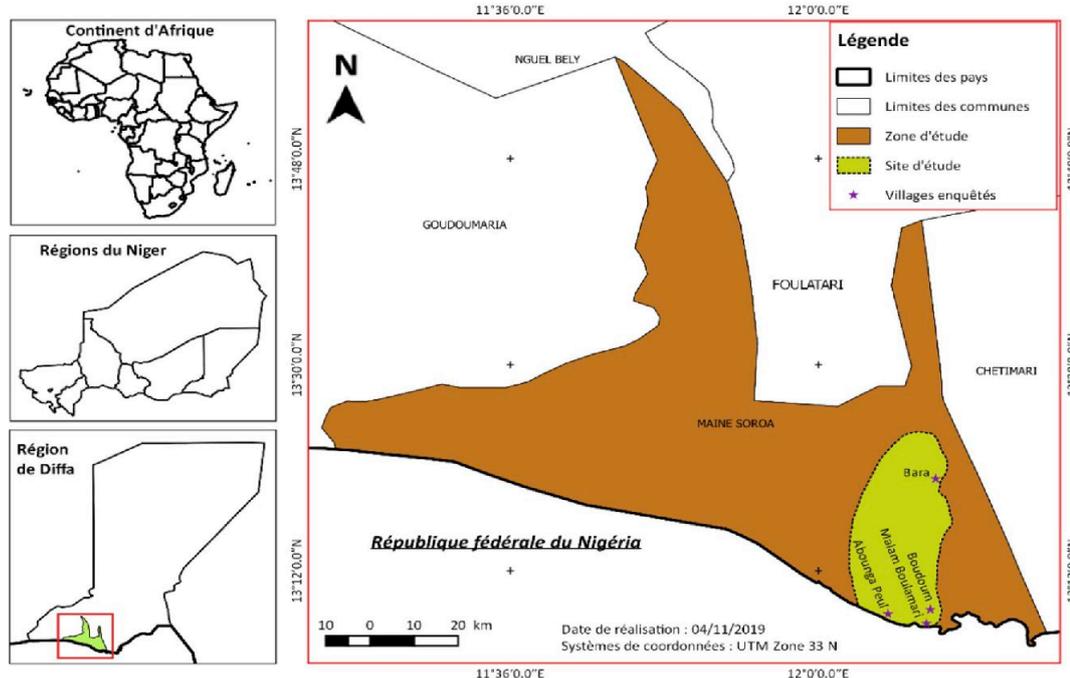


Figure 1 : localisation de la zone d'étude au Niger.

Quatre lignes avec 50 points de lecture par ligne. La première ligne a été placée à cinq mètres de la bordure pour éviter l'effet de cette dernière. Les paramètres non floristiques ont été notés dans chaque placette : coordonnées géographiques, topographie et type de sol par la méthode tactile. Des échantillons botaniques ont été présentés chaque soir auprès des éleveurs (30) à travers un échantillonnage raisonné, ce qui a permis de connaître leur appréciation de l'apparence des espèces et leurs noms vernaculaires. En effet, en l'absence d'analyse chimique, la qualité d'un herbage est déterminée par le calcul de la valeur pastorale (Akpo et al., 2003). A chaque espèce herbacée a été attribué un indice de qualité spécifique (Delpech, 1960 ; Daget et Poissonet, 1990 ; Soumana, 2011). Cette investigation pastorale a été complétée par une revue bibliographique. Les espèces ont été classées selon une échelle de 0 à 3 (Barral et al., 1983 ; Akpo et Grouzis, 2000 ; Akpo et al., 2002), c'est-à-dire sur une échelle de quatre classes (0, 1, 2 et 3) de la manière suivante : bonne valeur pastorale (Bvp), espèces dont l'indice spécifique (IS) est égal à 3 ; moyenne valeur pastorale (Mvp), espèces dont l'IS est égal à 2 ; faible valeur pastorale (Fvp), espèces dont l'IS est égal à 1 ; sans valeur pastorale (Svp), espèces dont l'IS est égal à 0.

Les échantillons ont été identifiés sur le terrain et au laboratoire à l'aide de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et des Poaceae du Niger (Poilecot, 1999). La biomasse herbacée épigée a été collectée par la méthode de la récolte intégrale, estimée particulièrement fiable (Yoka et al., 2010) à l'intérieur de cinq carrés de biomasse d'un mètre carré chacun, dont quatre aux angles de la placette et un au centre. Les échantillons ont été prélevés espèce par espèce à la main puis placés dans des sachets en plastique et pesés au frais à l'aide d'un peson électronique. Les échantillons ont été séchés uniquement au soleil pendant cinq semaines, puis transportés au laboratoire où ils ont été pesés à nouveau pour déterminer la teneur en matière sèche.

Analyses statistiques

Indices de diversité et de régularité

La richesse spécifique et les indices de diversité et de régularité ont été déterminés dans l'enclave pastorale pour caractériser les ressources herbagères :

- la richesse spécifique est le nombre total d'espèces que compte la communauté végétale étudiée ;
- l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') sert à mesurer l'ordre (ou désordre = entropie) d'un système. Il tient compte de l'abondance des espèces et est défini par $H' = \sum pi \log_2 pi$ où H' est l'indice de diversité spécifique de Shannon et Weaver, pi le poids de l'espèce i dans le groupement, $pi = ni/\sum ni$, où ni est le recouvrement moyen de l'espèce i , et $\sum ni$ le recouvrement moyen total de toutes les espèces. Il est exprimé en bit. H' prend la valeur minimale (0) lorsque le relevé contient une seule espèce. H' est maximal lorsque tous les individus sont répartis de façon équitable sur toutes les espèces et H' est plus faible quand un nombre réduit d'espèces assure le maximum du recouvrement ;
- l'indice d'équitabilité de Pielou évalue le poids de chaque espèce dans l'occupation de l'espace. Plus il est élevé, plus un grand nombre d'espèces participe au recouvrement. Il est exprimé par $E = \frac{H'}{\log_2 S}$ où E est l'équitabilité de Pielou, S le nombre total d'espèces consécutives du groupement, \log_2 la diversité maximale de Shannon et varie de 0 à 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des individus appartient à une seule espèce et prend la valeur 1 lorsque toutes les espèces ont le même nombre d'individus ;
- le coefficient de similitude de Sorensen a été utilisé pour comparer la similitude entre deux groupements végétaux. Son expression générale est $I = (2C/A+B-C) \times 100$ où A est le nombre d'espèces du groupement 1, B le nombre d'espèces du groupement 2, C le nombre total d'espèces communes aux deux groupements ; plus ce coefficient

est élevé plus les deux groupements ont des cortèges floristiques identiques ; le logiciel CAP a été utilisé pour le calculer.

Fréquence spécifique, contribution spécifique

Les relevés linéaires ont permis également de calculer pour chaque espèce herbacée :

- la fréquence (FS) avec $FS (\%) = ni \times \frac{100}{N}$ où ni est le nombre de fois où l'espèce i a été recensée le long de la cordelette, et N l'ensemble des points échantillonnés ;
- la contribution spécifique de contact (CSC) avec $CSC = FSi \times \frac{100}{\sum FSi}$ où CSC est la contribution spécifique de contact, FS la fréquence spécifique, et $\sum FS$ la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées.

Les contributions spécifiques de contact ont servi à calculer la valeur pastorale des quatre groupements végétaux.

Valeur pastorale

La valeur pastorale brute (Vpb) de chaque type de phytocénose pâturée a été calculée avec la formule : $Vpb = 1/3 \times \sum CSC \times IS$

Pour s'affranchir du problème de surestimation, la valeur pastorale a été pondérée par le recouvrement global de la végétation (RGV) de chaque type de pâturage, comme le préconisent plusieurs auteurs ouest-africains (Aidoud, 1983 ; Akpo et Grouzis, 2000). Ainsi, la valeur pastorale nette, ou indice global de qualité, est exprimée par $Vpn = IGQ = RGV \times 0,3 \sum CSC \times IS$ où Vpn est la valeur pastorale nette, IGQ l'indice global de qualité, IS l'indice spécifique.

La valeur pastorale nette et la production de fourrage « qualifié » sont des descripteurs du milieu permettant d'apprécier la durabilité d'un écosystème pastoral. L'IGQ a été appliqué à la phytomasse herbacée (Ph) pour obtenir la production de fourrage qualifié (Pfq) (Akpo et al., 2002) selon la formule $Pfq = Ph \times IGQ$.

Ces mesures pondérales ont servi, d'une part, à estimer la productivité primaire et, d'autre part, à calculer la capacité de charge de chaque phytocénose.

Capacité de charge

La capacité de charge (CC) d'un pâturage est mesurée par le nombre d'animaux alimentés rapporté à l'aire du pâturage et au temps de séjour (Daget et al., 2010). Elle est calculée sur la base de la productivité du pâturage et des besoins alimentaires de l'unité de bétail tropical (UBT). Cet animal de référence est défini par un poids vif de 250 kg et une consommation journalière de 6,25 kg de matière sèche (MS). La capacité de charge s'exprime par : $CC (UBT/ha/an) = (productivité [kg MS/ha]) \times U / (6,25 \times période d'utilisation [270 jours])$, où $productivité$ est la productivité moyenne annuelle en phytomasse du pâturage, U le coefficient d'utilisation potentielle de la biomasse, et l'on retient un tiers pendant la phase de maturation des graminées (Ouedraogo, 2009).

Individualisation des groupements végétaux pâturés

La discrimination des groupements végétaux a été effectuée à l'aide des analyses multivariées. A cet effet, des tableaux de relevés/espèces et relevés/variables environnementales ont été élaborés avec le tableur Excel 2013 afin de réaliser l'ordination. Les relevés phytosociologiques introduits dans une matrice de 53 relevés linéaires et 83 espèces ont été analysés en fonction des contributions spécifiques des espèces à l'aide du logiciel PC-ORD version 5 (McCune et Grace, 2002). Cette matrice a été d'abord soumise à une classification hiérarchique ascendante (CHA) au seuil de 40 % de l'indice de Sorensen pour identifier les groupements végétaux (figure 2), puis à une ordination via une analyse détendancée des correspondances (ADC) (Legendre et Legendre, 1999). Pour identifier les espèces qui contribuent significativement au maintien des groupements végétaux, celles-ci ont été testées par

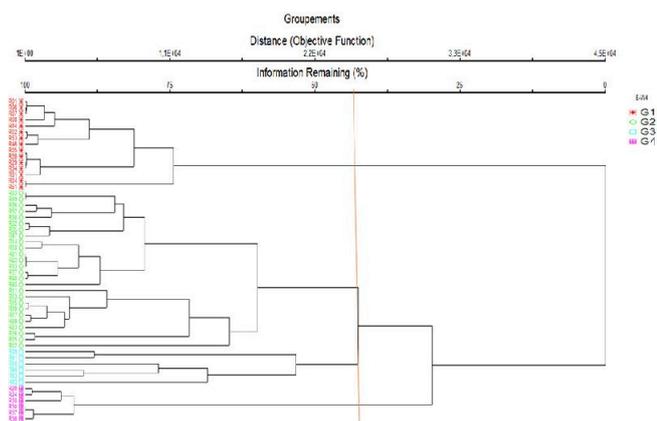


Figure 2 : classification hiérarchique ascendante des relevés phytociologiques de la flore de Dadaria, Niger.

l'analyse des espèces indicatrices (AEI) (Dufrene et Legendre, 1997) disponible sur PC-ORD 5 (McCune, 2002). L'AEI a permis de combiner à la fois la fréquence et l'abondance relatives pour calculer la valeur indicatrice de chaque espèce dont la signification est testée par le test de Monte-Carlo. Toutes les espèces ayant une probabilité inférieure à 0,05 ont été retenues comme espèces caractéristiques du groupement (Ouôba, 2006). Pour désigner chaque groupement, la combinaison des noms des deux espèces ayant les plus grandes valeurs indicatrices et les plus faibles valeurs de probabilité a été utilisée.

■ RESULTATS

Caractéristiques floristiques globales

Une flore riche de 93 espèces végétales, dont 83 herbacées (89 %) et 10 ligneuses (11 %), appartenant à 63 genres et 30 familles botaniques

Tableau I

Composition floristique, fréquence spécifique et contribution spécifique de Dadaria, Niger

Famille	TB	TP	Espèce	FR	CSC (%)	IS	CSC x IS = VR
Poaceae	The	SZ	1. <i>Digitaria argillacea</i> (Hitch. Et Chase) Fern.	29,2	13,8	3	41,4
Poaceae	The	AA	2. <i>Chloris priouri</i> Kunth.	25,0	11,8	3	35,4
Fabaceae	The	Pan	3. <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. & Thonn.) J. Leon	32,0	15,1	2	30,3
Fabaceae	The	PA	4. <i>Zornia glochidiata</i> Reich. Ex DC.	29,8	14,1	2	28,2
Rubiaceae	The	S	5. <i>Spermacoce chaetocephala</i> DC.	42,0	19,8	1	19,8
Poaceae	The	Pal	6. <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	10,0	4,7	3	14,2
Poaceae	The	Pal	7. <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	4,7	2,2	3	6,7
Poaceae	The	AT	8. <i>Aristida stipoides</i> Lam.	3,3	1,6	2	3,2
Poaceae	The	Pan	9. <i>Aristida mutabilis</i> Trin. & Rupr.	2,1	1,0	3	3,0
Poaceae	The	Pan	10. <i>Tragus berteronianus</i> Schl.	2,4	1,1	2	2,3
Zygophyllaceae	The	Pan	11. <i>Tribulus terrestris</i> L.	4,2	2,0	1	2,0
Poaceae	H	S	12. <i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	1,3	0,6	3	1,8
Asclepiadaceae	The	Pan	13. <i>Cassia obtusifolia</i> L.	3,5	1,7	1	1,7
Cyperaceae	The	Pan	14. <i>Cyperus amabilis</i> vahl.	2,9	1,4	1	1,4
Convolvulaceae	The	Pal	15. <i>Merremia tridentata</i> (L.) Hallier	1,0	0,5	2	1,0
Poaceae	The	Pan	16. <i>Eragrostis tremula</i> Steud.	0,6	0,3	3	0,9
Poaceae	The	SZ	17. <i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	0,6	0,3	3	0,8
Convolvulaceae	The	S	18. <i>Ipomoea vagans</i> Bak.	0,5	0,2	3	0,7
Poaceae	The	S	19. <i>Pennisetum violaceum</i> <i>Ipomoea vagans</i> (Lam.) L. Rich.	0,4	0,2	3	0,6
Poaceae	The	Pal	20. <i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth.	0,3	0,1	3	0,4
Nyctaginaceae	The	Cos	21. <i>Boerhavia repens</i> L.	0,8	0,4	1	0,4
Poaceae	The	Pal	22. <i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf.	0,2	0,1	3	0,3
Tiliaceae	The	Pal	23. <i>Corchorus tridens</i> L.	0,7	0,3	1	0,3
Poaceae	The	SZ	24. <i>Brachiaria xantholeuca</i> (Schinz.) Stapf.	0,2	0,1	3	0,3
Laminaceae	The	Pan	25. <i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	0,3	0,1	2	0,3
Poaceae	The	A	26. <i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A. Camus.	0,2	0,1	3	0,3
Poaceae	The	Pal	27. <i>Cenchrus ciliaris</i> L.	0,2	0,1	3	0,3
Polygalaceae	The	A	28. <i>Polygala multiflora</i> Poir.	0,3	0,1	2	0,3
Poaceae	The	Pan	29. <i>Aristida funiculata</i> Trin. & Rupr.	0,2	0,1	3	0,2
Cucurbitaceae	LNnPh	Pal	30. <i>Cucumis prophetarum</i> L.	0,5	0,2	1	0,2
Rubiaceae	The	SZ	31. <i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern.	0,4	0,2	1	0,2
Euphorbiaceae	The	Pal	32. <i>Phyllanthus pentandrus</i> Schum. Thonn.	0,2	0,1	2	0,2
Pedaliaceae	The	SZ	33. <i>Sesamum alatum</i> Thonn.	0,3	0,1	1	0,1
Convolvulaceae	The	Pal	34. <i>Ipomoea involucreta</i> P.	0,1	0,0	3	0,1
Poaceae	The	Cos	35. <i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) F. T. Hubb.	0,1	0,0	3	0,1
Aizoaceae	The	SZ	36. <i>Gisekia pharmaceoides</i> L.	0,2	0,1	1	0,1
Amaranthaceae	The	Pan	37. <i>Achyranthes aspera</i> L.	0,2	0,1	1	0,1
Euphorbiaceae	NnPh	Pan	38. <i>Chrozophora brocchiana</i> (Lam.) A. Juss.	0,2	0,1	1	0,1
Commelinaceae	The	Pal	39. <i>Commelina forskalaei</i> Vahl.	0,1	0,0	2	0,1

Famille	TB	TP	Espèce	FR	CSC (%)	IS	CSC × IS = VR
Fabaceae	The	Pal	40. <i>Indigofera diphylla</i> Vent.	0,1	0,0	2	0,1
Cyperaceae	H	Pal	41. <i>Cyperus conglomeratus</i> Rottb.	0,2	0,1	1	0,1
Cucurbitaceae	The	Pan	42. <i>Cucumis melo</i> Naud.	0,1	0,1	1	0,1
Poaceae	The	SZ	43. <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler.	0,1	0,0	2	0,1
Scrophulariaceae	The	AM	44. <i>Striga hermontica</i> (Del.) Benth.	0,1	0,1	1	0,1
Amaranthaceae	The	Cos	45. <i>Amaranthus spinosus</i> L.	0,1	0,1	1	0,1
Poaceae	The	Pan	46. <i>Aristida adscensionis</i> L.	0,1	0,0	2	0,1
Commelinaceae	The	Pal	47. <i>Commelina benghalensis</i> L.	0,1	0,0	2	0,1
Fabaceae	The	S	48. <i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	0,1	0,0	2	0,1
Nyctaginaceae	The	Cos	49. <i>Boerhavia erecta</i> L.	0,1	0,1	1	0,1
Caryophyllaceae	The	Pan	50. <i>Polycarpha eriantha</i> Hochst. Ex A. Rich.	0,1	0,1	1	0,1
Fabaceae	The	S	51. <i>Indigofera aspera</i> Perr.	0,0	0,0	2	0,0
Poaceae	The	Pal	52. <i>Cenchrus setigerus</i> Vahl.	0,0	0,0	2	0,0
Fabaceae	CH	PA	53. <i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	0,1	0,0	1	0,0
Convolvulaceae	The	Pal	54. <i>Ipomoea coptica</i> (L.) Roth.	0,0	0,0	2	0,0
Poaceae	H	Pan	55. <i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng	0,0	0,0	2	0,0
Poaceae	H	PA	56. <i>Sporobolus festivus</i> Hochst. ex A. Rich.	0,1	0,0	1	0,0
Rubiaceae	The	SZ	57. <i>Spermacoce scabra</i> (Schum. Et Thonn.)	0,1	0,0	1	0,0
Poaceae	The	S	58. <i>Ctenium elegans</i> Kunth.	0,0	0,0	1	0,0
Cucurbitaceae	LCH	Pan	59. <i>Citrullus colocynthis</i> L.	0,0	0,0	1	0,0
Capparidaceae	The	Pan	60. <i>Gynandropsis gynandra</i> L.	0,0	0,0	1	0,0
Rubiaceae	The	A	61. <i>Kohautia senegalensis</i> (Valh.)Kunth.	0,0	0,0	1	0,0
Cucurbitaceae	The	PA	62. <i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.)	0,0	0,0	1	0,0
Caryophyllaceae	The	PA	63. <i>Polycarpha linearifolia</i> (DC.) DC.	0,4	0,2	0	0,0
Euphorbiaceae	The	Pan	64. <i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thon.	0,2	0,1	0	0,0
Amaranthaceae	NnPh	Pal	65. <i>Aerva javanica</i> (Burm.) Juss. ex Schult.	5,3	2,5	0	0,0
Asteraceae	The	AT	66. <i>Blainvillea gayana</i> Cass.	0,1	0,0	0	0,0
Asclepiadaceae	NnPh	Pan	67. <i>Cassia occidentalis</i> L.	0,1	0,1	0	0,0
Poaceae	The	Pan	68. <i>Chloris barbata</i> Sw.	0,0	0,0	0	0,0
Burseraceae	The	Pan	69. <i>Commicarpus helenae</i> A.Rich	0,0	0,0	0	0,0
Boraginaceae	CH	Pan	70. <i>Heliotropium strigosum</i> Willd. et H. Rariflorum	0,3	0,1	0	0,0
Rubiaceae	The	Pal	71. <i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) Roxb.	0,0	0,0	0	0,0
Cucurbitaceae	The	Pan	72. <i>Momordica balsamina</i> L.	0,1	0,1	0	0,0
Asclepiadaceae	CH	S	73. <i>Cassia italica</i> (Mill.) F.W. Anders.	0,1	0,0	0	0,0
Asclepiadaceae	The	Pal	74. <i>Cassia mimosoides</i> L.	0,1	0,1	0	0,0
Pedaliaceae	The	PA	75. <i>Ceratotheca mimoides</i> End.	0,2	0,1	0	0,0
Liliaceae	The	Ge	76. <i>Dipcadi taccazeaenum</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Bak.	0,1	0,1	0	0,0
Cyperaceae	The	S	77. <i>Fimbristylis hispida</i> (Valh.)Kunth.subsp	0,1	0,0	0	0,0
Convolvulaceae	LCH	Pan	78. <i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	0,1	0,0	0	0,0
Aizoaceae	The	AA	79. <i>Limeum viscosum</i> (Gay.) Fenzl.	0,5	0,2	0	0,0
Aizoaceae	The	SZ	80. <i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	0,2	0,1	0	0,0
Asclepiadaceae	NnPh	Pal	81. <i>Pergularia tomentosa</i> L.	0,1	0,1	0	0,0
Malvaceae	CH	Pan	82. <i>Sida cordifolia</i> L.	0,1	0,0	0	0,0
Sterculiaceae	NnPh	Pan	83. <i>Waltheria indica</i> L.	0,4	0,2	0	0,0
Caesalpiniaceae	McPh	S	84. <i>Bauhinia rufescens</i> Lam.				
Mimosaceae	McPh	Pal	85. <i>Acacia senegal</i> (L) Willd.				
Mimosaceae	McPh	S	86. <i>Acacia seyal</i> Del.				
Mimosaceae	McPh	S	87. <i>Acacia tortilis</i> (forsk.)				
Balanitaceae	McPh	Pal	88. <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.				
Asclepiadaceae	McPh	Pal	89. <i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br.				
Asclepiadaceae	LNNPh	Pan	90. <i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forssk.) Decne.				
Salvadoraceae	McPh	Pal	91. <i>Salvadora persica</i> L.				
Rhamnaceae	McPh	Pal	92. <i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.				
Capparidaceae	McPh	SZ	93. <i>Maerua crassifolia</i> Forsk.				

TB : type biologique - The = thérophyte ; Mcph = microphanérophyte ; Nnph = nanérophyte ; LNNph = liane nanérophyte ; H = hémicryptophyte ; LCH = liane chaméphyte ; Ch = chaméphyte

FR = fréquence ; CSC : contribution spécifique de contact ; IS : indice spécifique ; VR : valeurs relatives

TP : type phytogéographique - Espèces : Pan = pantropicale ; Pal = paléotropicale ; S = élément-base soudanien ; SZ = soudano-zambézienne ; PA = plurirégionale africaines ; Cos = cosmopolite ; AT = afro-tropicale ; AA = afro-américaine ; A = africaine ; AM = afro-malgache

d'importance variable a été recensée (tableau I). La famille des Poaceae (tableau II) a été la plus représentée (26 espèces, 29 %), suivie de celles des Asclepiadaceae, des Convolvulaceae, des Fabaceae (7 % chacune) et des Cucurbitaceae (5 %). Les familles les moins représentées n'avaient qu'une seule espèce (2 % chacune). En nombre de genres, les Poaceae dominaient (27 %), suivies des Fabaceae et des Asclepiadaceae (6 % chacune). Dix familles ont été représentées par un seul genre (2 % chacune). Le tapis herbacé de l'enclave était dominé principalement par cinq familles botaniques qui rassemblaient 49 espèces soit 54 % de l'effectif total inventorié.

Types biologiques et phytogéographiques

Les types biologiques les plus abondants étaient les thérophytes (67 espèces, 72 %), suivis de loin par les microphanérophytes (10 espèces, 11 %). La prééminence des thérophytes montre que ces espèces s'adaptent bien aux conditions climatiques de la zone. La flore était caractérisée par l'abondance d'espèces à large distribution (59 espèces, 64,8 %), suivies d'espèces limitées au continent africain (32 espèces, 35,2 %). Les types les moins représentés n'avaient qu'une

Tableau II

Espèces et genres des 30 familles de la flore de Dadaria, Niger

Famille	Nb. sp (%)	Nb. gen (%)
Poaceae	26 (28,6)	17 (27)
Asclepiadaceae	6 (7)	4 (6,4)
Convolvulaceae	6 (7)	1 (1,6)
Fabaceae	6 (7)	4 (6,4)
Cucurbitaceae	5 (5,6)	3 (4,8)
Amaranthaceae	3 (3,3)	3 (4,8)
Cyperaceae	3 (3,3)	2 (3,2)
Euphorbiaceae	3 (3,3)	2 (3,2)
Rubiaceae	3 (3,3)	1 (1,6)
Aizoaceae	3 (3,3)	3 (4,8)
Caryophyllaceae	2 (2,2)	1 (1,6)
Commelinaceae	2 (2,2)	1 (1,6)
Mimosaceae	(2,2)	1 (1,6)
Nyctaginaceae	2 (2,2)	1 (1,6)
Pedaliaceae	2 (2,2)	2 (3,1)
Asteraceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Balanitaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Boraginaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Burseraceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Capparidaceae	3 (3,3)	3 (4,8)
Lamiaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Liliaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Malvaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Polygalaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Rhamnaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Salvadoraceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Scrophulariaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Sterculiaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Tiliaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Zygophyllaceae	1 (1,1)	1 (1,6)
Total	93	63

Nb. sp : nombre d'espèces ; Nb. gen : nombre de genres

seule espèce. L'abondance des éléments à large distribution signifiait que cette flore était dominée par des espèces allochtones.

Valeur pastorale

Parmi les 83 espèces herbagères dénombrées, 62 étaient appréciées (74,7 %) et 21 non appréciées (25,3 %) selon les éleveurs. Cette proportion élevée d'espèces appréciées justifiait l'attrait du bétail sur l'enclave. Les valeurs relatives des espèces herbagères ont varié de 3 à 0 (tableau III). *Digitaria argillacea* (41,4 %), *Chloris priouri* (35,4 %), *Alysicarpus ovalifolius* (30,3 %), *Zornia glochidiata* (28,2 %) et *Spermacoce chaetocephala* (19,8 %) avaient les valeurs les plus importantes. L'analyse du spectre des catégories fourragères (tableau III) a montré la dominance des espèces de Bvp et Mvp avec des contributions spécifiques respectives de 35,8 % et 33 %, soit ensemble 68,8 % des contributions. La valeur pastorale brute et l'indice global de qualité ont été respectivement de 60 % et 58,2 %. Ces valeurs indiquent que le pâturage était de qualité moyenne.

Productivité et capacité de charge

La production brute de Dadaria a été évaluée à 3,4 tonnes MS/ha. L'évaluation a concerné la phytomasse épiquée. Quant à la production de fourrage qualifié résultant de l'application de l'indice global de qualité (58,2 %) à la production brute, elle a été estimée à 2 t MS/ha. La capacité de charge a été de 1,2 UBT/ha/an.

Discrimination des groupements végétaux de pâturages

La matrice de 53 relevés et 83 espèces a été soumise à une analyse factorielle des correspondances détendancées avec une inertie totale de 4,15 (tableau IV). D'après ce tableau, les trois premiers axes factoriels expliquent à 19,64 % la variance totale. Cette faible valeur atteste la distribution de l'information sur plusieurs axes factoriels. Il ressort de cette ordination quatre groupements végétaux (G1 à G4). La figure 3 illustre la répartition de l'ensemble des relevés dans le

Tableau III

Catégories d'espèces fourragères de la flore de Dadaria, Niger

Catégorie d'espèce fourragère	IS	Espèce dominante	Contribution spécifique moyenne (%)
Bonne valeur pastorale	3	<i>Digitaria argillacea</i> <i>Chloris priouri</i> <i>Dactyloctenium aegyptium</i> <i>Cenchrus biflorus</i>	35,8
Moyenne valeur pastorale	2	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> <i>Zornia glochidiata</i> <i>Tragus berteronianus</i>	33,0
Faible valeur pastorale	1	<i>Spermacoce chaetocephala</i> <i>Tribulus terrestris</i> <i>Cassia obtusifolia</i> <i>Cyperus amabilis</i>	26,9
Sans valeur pastorale	0	<i>Aerva javanica</i> <i>Waltheria indica</i> <i>Polycarpaea linearifolia</i>	4,0

IS : indice spécifique

Tableau IV

Valeur propre et pourcentage de la variance expliquée par les trois premiers axes de l'analyse déterndancée des correspondances, flore de Dadaria, Niger

Axe	1	2	3	Inertie totale
Valeur propre	0,52	0,36	0,26	4,15
Longueur des gradients	2,73	2,69	3,32	
% cumulatif de variance expliquée	7,40	13,90	19,64	

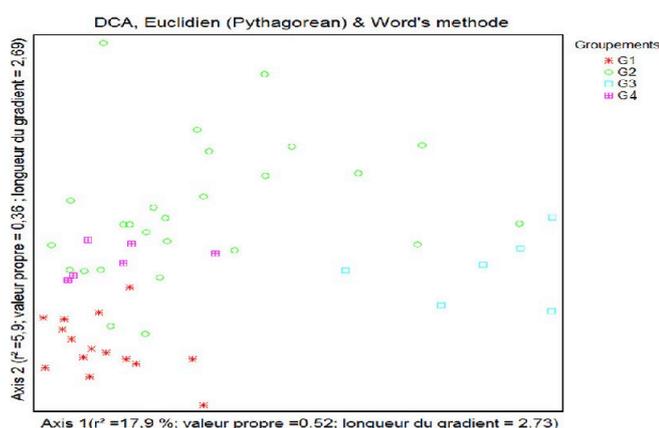


Figure 3 : répartition des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger, obtenus par l'analyse déterndancée des correspondances.

plan factoriel formé principalement des axes 1 et 2 : l'axe 1 oppose le groupement G3 (composé principalement de relevés effectués sur sol sableux) au groupement G4 (constitué des relevés effectués sur sol sablo-limoneux). Cet axe est le plus explicatif de la variabilité floristique. Il représente un gradient de texture du sol et de forte anthropisation. Sur le plan géomorphologique, ces relevés se localisent sur plaine ; l'axe 2 oppose les groupements G1 et G2, et traduit un gradient topographique.

Les distinctions entre groupements ont été les suivantes :

- G1 représentait une communauté végétale composée des taxons inféodés à un type de sol précis (sablo-limoneux) et à une seule unité géomorphologique (plaine). Il était constitué de 15 relevés et de 62 espèces dont deux caractéristiques, *Spermacoce chaetocephala* (DC.) Hepper et *Momordica balsamina* L., la première ayant envahi la quasi-totalité de l'aire pastorale ;
- la dispersion des relevés de G2 s'explique par le fait qu'il est dominé par des espèces rencontrées dans tous les types de sols (sableux, sablo-limoneux), d'unités d'occupation du sol (pâturage, jachère) et d'unités géomorphologiques (plaine et plateaux dunaires). Il était composé de 26 relevés et 83 espèces, dont deux caractéristiques, *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd et *Amaranthus spinosus* L. ;
- le groupement G3 correspondait à 6 relevés et 38 espèces dont trois caractéristiques, *Zornia glochidiata* Rich. ex DC., *Brachiaria xantholeuca* (Schinz.) Stapf., et *Digitaria argillacea* (Hitch. & Chase) Fern. Il représentait le pâturage du début de la saison pluvieuse qui attirait les éleveurs ;
- le groupement G4 comportait également 6 relevés et 27 espèces dont deux caractéristiques, *Eragrostis tremula* Hochst. ex Steud. et *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. & Thonn.) J. Leon.

Les groupements G3 et G4 étaient constitués des légumineuses fourragères (pâturage précoce) qui représentaient un premier palliatif pour le cheptel ayant traversé la longue saison chaude.

Types biologiques et affinités chorologiques en fonction des groupements

Le spectre des types biologiques (figure 4) montre que les thérophytes étaient les plus abondants (75 % G2 à 83 % G4 du spectre brut) et les plus recouvrants (41 % G4 à 92 % G3 du spectre pondéré) de la flore. La figure 5 montre l'importance numérique des types phytogéographiques ; les pâturages étaient caractérisés par l'abondance d'espèces pantropicales (26 % G2 à 35 % G1 du spectre brut) et soudaniennes (14 % G3 à 70 % G1 du spectre pondéré). L'abondance d'espèces à large distribution est un indicateur de perturbation de cet écosystème pastoral.

Indices de diversité spécifique et régularité

Pour l'ensemble de l'enclave, l'indice de diversité (H') était de 3,8 bits et l'équitabilité de Pielou 0,58 bits (tableau V). Cette diversité spécifique varie selon les groupements (2,4 G4 à 4 bits G2). La diversité bêta a montré une meilleure similitude entre G1 et G2 (77 %) (tableau V). Cette ressemblance entre les groupements signifiait que ces derniers partageaient le même cortège floristique.

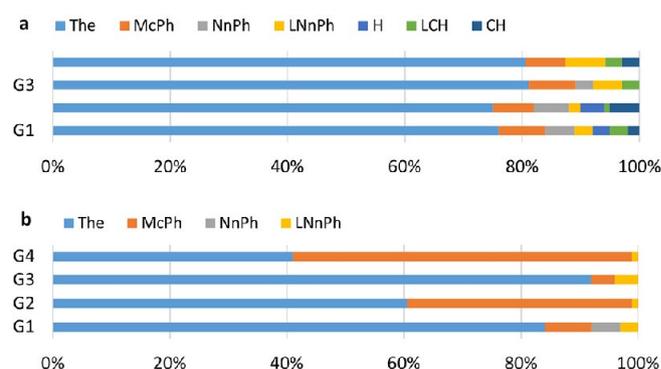


Figure 4 : spectres biologiques (a : brut ; b : pondéré) des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger. The = thérophyte ; Mcph = microphanérophyte ; Nnph = nanérophyte ; LNnph = liane nanérophyte ; H = hémicryptophyte ; LCH = liane chaméphyte ; Ch = chaméphyte.

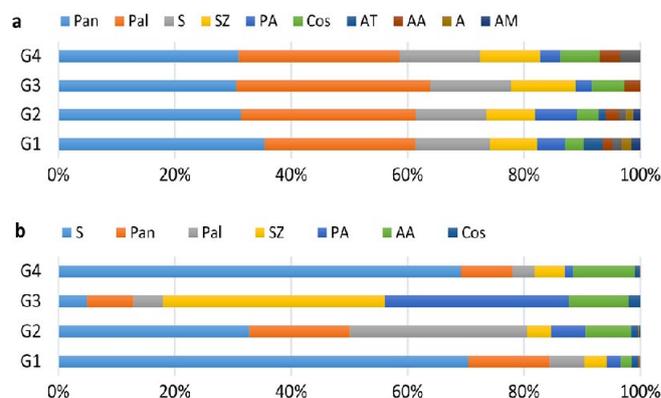


Figure 5 : spectres des types phytogéographiques (a : brut ; b : pondéré) des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger. Espèces : Pan = pantropicale ; Pal = paléotropicale ; S = élément-base soudanien ; SZ = soudano-zambézienne ; PA = plurirégionale africaines ; Cos = cosmopolite ; AT = afro-tropicale ; AA = afro-américaine ; A = africaine ; AM = afro-malgache.

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2020, 73 (3) : 179-189

Tableau V

Indices de diversité et de régularité, et indice de diversité bêta de la flore de Dadaria, Niger

Indices		Groupements végétaux			
		G1	G2	G3	G4
Indice de diversité et de régularité	Global				
Richesse spécifique (S)	93	62	83	38	29
Indice de Shannon (H')	3,8	2,6	4	3,1	2,4
Equitabilité de Pielou	0,58	0,4	0,6	0,6	0,5
Diversité maximale (H' max)	6,5	6	6,4	5,2	6
Indice de diversité bêta	Groupements (%)				
	G1	100			
	G2	77	100		
	G3	58	58	100	
	G4	52	51	70	100

Valeur pastorale des groupements végétaux

La figure 6 montre une dominance de Bvp et Mvp pour l'ensemble des pâturages, excepté G1 où dominaient les Fvp. La prépondérance des Fvp était due à la forte contribution spécifique de *S. chaetocephala* (26 % de CSC et IS = 1). La dominance de Bvp et Mvp était liée aux fortes participations des bonnes graminées *D. argillacea* (15 % de CSC et IS = 3), *C. prieurii* (13 % de CSC et IS = 3), *Z. glochidiata* (18,2 % de CSC et IS = 2) et *A. ovalifolius* (13,5 % de CSC et IS = 2). A l'échelle des groupements, les valeurs pastorales brutes et nettes (figure 7) les plus élevées ont été observées dans G2 (Vpb = 70 % ; Vp = 64 %). Ces indices ont permis de conclure que ce pâturage était de bonne qualité.

Productivité et capacité de charge

La productivité a varié selon les groupements (figure 8). G3 a été le plus productif (1,2 t MS/ha) et G2 le moins productif (0,3 t MS/ha). A

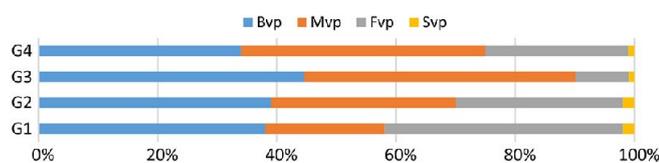


Figure 6 : spectres fourragers des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger. Bvp : bonne valeur pastorale ; Mvp : moyenne valeur pastorale ; Fvp : faible valeur pastorale ; Svp : sans valeur pastorale.

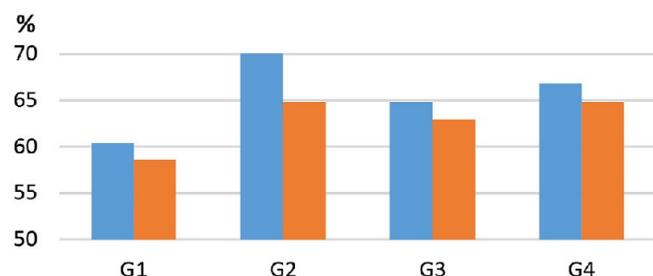


Figure 7 : valeurs pastorales brute (bleu) et pondérée (orange) des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger.

l'échelle des groupements (figure 9) G3 a eu la capacité de charge la plus importante (1,7 UBT/ha/an) et G2 la plus faible (0,5 UBT/ha/an). L'analyse du spectre de la production fourragère par espèce herbacée (figure 10) montre que *S. chaetocephala* (68 kg MS/ha ; IS = 1) a été l'espèce la plus productive.

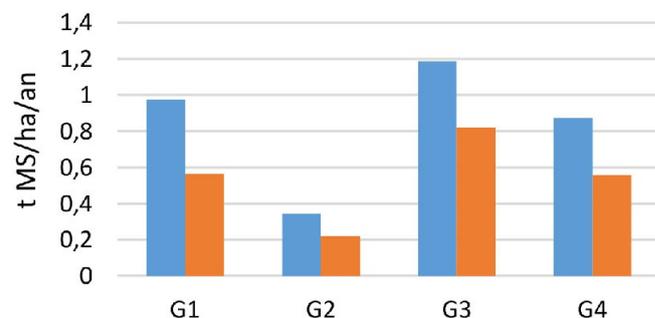


Figure 8 : productivité totale (bleu) et production de fourrage qualifié (orange) des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger. MS : matière sèche.

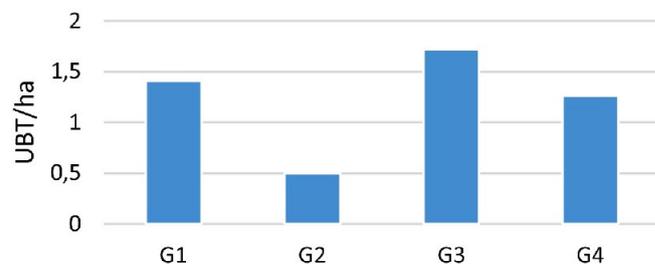


Figure 9 : capacité de charge des groupements végétaux (G) de Dadaria, Niger.

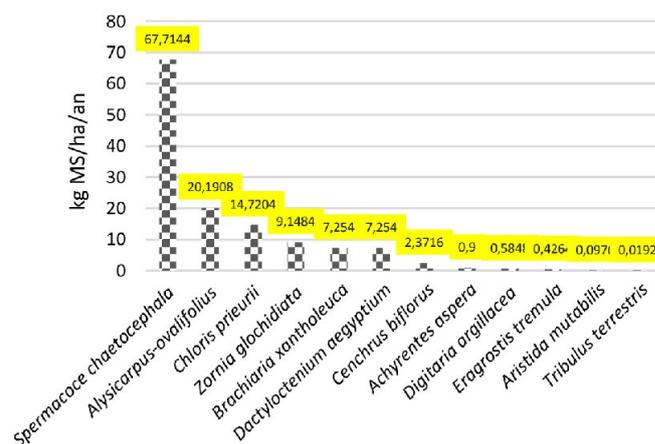


Figure 10 : productivité des principales espèces de la flore de Dadaria, Niger. MS : matière sèche.

■ DISCUSSION

Composition floristique des pâturages herbacés

La richesse floristique a été de 93 espèces regroupées en 30 familles botaniques. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Akpo et Grouzis (2000) qui trouvent 95 espèces dans un écosystème similaire

au nord du Sénégal. En revanche, ils sont différents de ceux de Kaou et al. (2017) qui dénombrent 38 espèces dans la végétation dunaire du sud de Mainé-Soroa. Cette différence serait liée, d'une part, aux conditions édaphiques, car les sols dunaires qui sont pauvres en éléments minéraux sont défavorables à la diversité floristique, et, d'autre part, à la forte pression pastorale que connaît l'enclave. Selon Botoni et al. (2006) la richesse floristique augmente en fonction de l'importance de la pression anthropique à laquelle est soumise une formation végétale. On note aussi une différence significative de la composition floristique entre les pâturages. Celle-ci serait liée à la nature du substrat sur lequel ils évoluent. Les Poaceae dominaient largement la flore. Cette prédominance a été notée par plusieurs auteurs (Saadou, 1990 ; Akpo et al., 2002 ; Soumana, 2011 ; Kaou et al., 2017) en zone soudano-sahélienne. Elle témoigne aussi que les Poaceae sont caractéristiques de la zone sahélienne. Outre les Poaceae, les Rubiaceae (*S. chaetocephala*) et les Fabaceae (*A. ovalifolius* et *Z. glochidiata*) étaient les espèces les plus représentatives du tapis herbacé. Selon Boudet (1983) les pâturages à annuelles évoluent rapidement avec la disparition du pédoclimax des graminées qui n'ont guère la possibilité de fructifier. De plus, la sélection par les animaux des espèces qui ont une bonne appétibilité entraîne l'épuisement des meilleures espèces et la multiplication des mauvaises (César, 2005). Cette situation s'est traduite à Dadaria par la raréfaction des graminées annuelles (*C. biflorus*) et de la tribu des Aristideae, et par l'augmentation d'espèces appréciées (*A. ovalifolius*, *Z. glochidiata*) et peu appréciées (*S. chaetocephala*) à cycle court qui se sont multipliées sous pâture et ont occupé toute l'enclave. Ces espèces se dessèchent et disparaissent rapidement laissant le sol nu sans protection contre la déflation éolienne (Roussel, 1987) (figure 11). Cette dynamique régressive résulterait de l'effet combiné du surpâturage, du changement climatique et de la pratique néfaste du prélèvement excessif du fourrage immature par certains acteurs. D'après del Pozo et al. (2006) le surpâturage est l'une des principales causes de la perte de la biodiversité avec comme corollaire la dégradation de la structure et de l'activité des biotes du sol. Il déclenche la dégradation des parcours. Cette recomposition floristique serait liée à la forte anthropisation de l'enclave.

Types biologiques et affinités chorologiques

La dominance des thérophytes traduisait leur meilleure adaptation aux conditions climatiques et édaphiques du milieu. Selon Morou (2010), les thérophytes possèdent un avantage comparatif par rapport aux autres types biologiques car ils bouclent leur cycle pendant la saison des pluies et passent la saison défavorable à l'état de graines, donc moins exposés aux rudes conditions situationnelles. Elle confirme



Figure 11 : Dadaria, Niger, pendant les saisons sèche et pluvieuse.

également que la zone d'étude appartient au bioclimat sahélien à longue saison sèche. L'analyse du spectre chorologique des groupements a montré que le cortège floristique était principalement tropical. Ce résultat est similaire à ceux obtenus par Morou (2010) et Soumana (2011). La prédominance d'espèces tropicales a été signalée par White (1986) en indiquant que la zone de transition sahélienne, dont Dadaria fait partie, est constituée à 46 % d'éléments à large distribution. Cette prédominance est un indicateur de perturbation attestant que la flore a perdu sa spécificité. Aitondji et al. (2015) confirment que l'abondance d'espèces à large distribution géographique dans une phytocénose exprime une dégradation et une perte de fertilité des sols. Cette dégradation se confirme à travers la domination du tapis herbacé par un nombre réduit d'espèces. Selon Hiernaux et Le Houérou (2006) le surpâturage provoque une nette domination de la végétation par une espèce ou un petit nombre d'espèces.

Valeur pastorale des groupements

Le spectre fourrager est caractérisé par l'abondance des Bvp et Mvp et la rareté des refus (Svp). Ces résultats s'opposent à ceux de Soumana (2011) sur la région de Zinder où prédominent respectivement les espèces de faible valeur pastorale et les refus. Ce contraste s'expliquerait par le fait que l'enclave connaît une profonde modification de la composition floristique de son tapis herbacé. Les légumineuses (*Z. glochidiata* et *A. ovalifolius*) qui sont de la catégorie des Mvp présentent des contributions très élevées. En revanche, ils corroborent ceux obtenus par Akpo al. (2002) dans un écosystème similaire au Sud Sénégal. L'appréciable part des Fvp dans le spectre fourrager était due à la forte contribution de *S. chaetocephala*. Cette espèce peu appréciée a colonisé l'aire pastorale. Son apparition date de 2016 selon les éleveurs locaux, juste après un épisode de sécheresse qui a décimé le premier tapis herbacé. La propension de l'espèce serait liée à son mode de dissémination zoochorique. La valeur pastorale brute a varié de 60 à 70 % selon les groupements. Elle a été pondérée par le recouvrement global de la végétation herbacée pour obtenir la valeur pastorale nette (Vpn). Pour Akpo et al. (2002), l'application de la Vpn permet de s'affranchir du problème de surestimation. Ces valeurs concluent que les pâturages varient de moyenne à bonne qualité. Cependant, toute dégradation pastorale, agricole ou agropastorale peut provoquer une diminution de la valeur pastorale potentielle (César, 2005).

Productivité, fourrage qualifié et capacité de charge

La productivité globale a été de 3,4 t MS/ha/an et a varié selon le groupement. Cette valeur était deux fois plus élevée que celle de



1,4 t MS/ha/an obtenue par Soumana (2011) dans les parcours de la région voisine. Cette différence serait liée, d'une part, à la position géographique de l'enclave (zone soudanienne plus humide) et, d'autre part, au fait que les années 2016 et 2017 furent très bonnes du point de vue pluviométrique. L'application des Vpn à la phytomasse herbacée produite a permis d'obtenir le fourrage qualifié. Ainsi, la quantité de phytomasse produite qui était de l'ordre de 1 t MS/ha, 0,3 t MS/ha, 1,2 t MS/ha et 0,9 t MS/ha respectivement pour G1, G2, G3 et G4 devenait 0,6 t MS/ha, 0,2 t MS/ha, 0,8 t MS/ha et 0,6 t MS/ha de fourrage qualifié. Cette pondération fiabilise l'estimation de la capacité de charge en bétail (Barral et al., 1983).

La capacité de charge annuelle théorique a varié de 0,5 à 1,7 UBT/ha/an suivant les groupements. Toutefois, la charge moyenne annuelle théorique a été de 1,2 UBT/ha/an. La charge animale a considérablement augmenté ces dernières années avec l'arrivée des grands troupeaux de dromadaires exerçant une forte pression aussi bien sur les ressources ligneuses qu'herbacées. Par ailleurs, l'arrêt de la mobilité pastorale, particulièrement transfrontalière, suite au conflit armé dans la région et à la sédentarisation progressive des éleveurs, a accentué la pression sur les ressources fourragères disponibles. De plus, la forte proportion de Poaceae et de légumineuses constitue un intérêt pastoral indéniable, d'où l'attrait des éleveurs sur l'enclave, notamment au début de la saison pluvieuse.

■ CONCLUSION

Cette étude a révélé une recomposition floristique du tapis herbacé de l'enclave pastorale. Les graminées annuelles (surtout *C. biflorus* et les espèces de la tribu des Aristideae) qui constituaient jadis le pâturage pendant la saison sèche sont en train d'être remplacées par des légumineuses fourragères qui disparaissent au bout de trois mois laissant le sol complètement nu. Cette situation favorise la progression du front dunaire. De même, des espèces de faible valeur pastorale (*S. chaetocephala*) prolifèrent. Cette colonisation constitue une dynamique régressive.

Ce travail constitue un outil important d'aide à la décision pour une gestion durable des ressources herbagères de cette enclave stratégique pour l'élevage pastoral. Il serait intéressant de le poursuivre à l'échelle d'une parcelle de suivi soustraite au bétail pour éviter leur influence sur la biomasse produite durant au moins trois ans. Cela permettrait de mieux appréhender la dynamique des ressources herbagères de l'enclave.

Contributions des auteurs

Il a élaboré le protocole de recherche, collecté et traité les données et rédigé le manuscrit. IS, AA, BM et AM ont participé à la relecture du document.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

Aidoud A., 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud-oranais. Phytomasse, productivité et application pastorale. Thèse Doct., USTHB, Alger, Algérie, 142 p.

Aitondji A.-L., Mireille S.-S.-T., Barthélémy K., Brice S., 2015. Caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques de la végétation des carrières en république du BÉNIN. Revue de CAMES, 3 (2) : 13-24

Akpo L.-E., Banoïn M., Grouzis M., 2003. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. Rev. Med. vet. 154 (10) : 619- 628

Akpo, L.-E., Grouzis M., Bâ A.-T., 1995. L'arbre et l'herbe au Sahel : effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). Rev. Med. Vet., 146 (10) : 663- 670

Akpo, L.-E., Grouzis M., 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahélien du Nord- Sénégal. Tropicicultura 18 (1) : 1-8

Akpo L.-E., Masse D., Grouzis M., 2002. Length of Fallow Period and Pastoral Value of Herbaceous Plants in the Sudanese Zone of Senegal. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 55 (4) : 275-283, doi: 10.19182/remvt.9815

Bakhoum, A. 2013. Dynamique des ressources fourragères: indicateur de résilience des parcours communautaires de Tésékéré au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse Doct., Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 115 p.

Barral H., Benefice E., Boudet G., Denis J.-P., De Wispelaere G., Diaté I., Diaw O.-T. et al., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. Synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaire. ACC/RIZAT (LAT), GERDAT-Orstom, Bondy, France, 172 p.

Botoni Liehoun E., Daget P., César J., 2006. Pasture Activities, Biodiversity and Pasture Vegetation in the Western Area of Burkina Faso. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 59 (9) : 1-4, doi: 10.19182/remvt.9951

Boudet G., 1983. Les pâturages et l'élevage au Sahel. Notes techniques MAB/ UNESCO: 29-33.

César J., 2005. L'évaluation des ressources fourragères naturelles. Production animale en Afrique de l'Ouest. CIRDES, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 12 p. www.cirdes.org/IMG/pdf/F17_Evaluation_val_fourragere.pdf

Daget P., Poissonet J., 1971. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. Exposé présenté à la quatrième assemblée générale de la fédération européenne des herbages à Lausanne, Suisse, 8 p.

Daget P., Poissonet J., 1990. Notion de valeur pastorale. Institut de Botanique, Montpellier, France 3: 5-8

Daget P., Poissonet J., Huguenin J., 2010. Prairies et pâturages: méthodes d'étude de terrain et interprétations. Cnrs / Cirad, 955 p.

del Pozo A., Ovalle C., Casado M.-A., Acosta B., de Miguel J.-M., 2006. Effects of grazing intensity in grasslands of the Espinal of central Chile. J. Veg. Sci., 17 (1): 791-798, doi: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02502.x

Delpech R., 1960. Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies. Fourrages 4:83-98

Dufrêne M., Legendre P., 1997. Species assemblages and indicators species : the need for a flexible asymmetrical approach. Ecol. Monog., 67: 345-366, doi: 10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAIST]2.0.CO;2

Hiernaux P., Le Houérou H.-N., 2006. Les parcours du Sahel. Sécheresse, 17 (1) : 51-71

INS, 2014. Résultats définitifs du recensement général de la population et d'habitat 2012. Niamey, Niger 85 p.

Kaou, A.-K.-K., Manzo O.-L., Guimbo D.-L., Karim S., Paul R., 2017. Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger : Cas de Mainé-Soroa. J. Appl. Biosci. 120 (1): 12053-12066, doi : 10.4314/jab.v120i1.8

Karimou B.-M., Ambouta K., Sarr B., Tychon B., 2015. Analyse des phénomènes climatiques extrêmes dans le Sud-Est du Niger. Actes de XXVIII^e de Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège Belgique, 6 p.

Laouali A., 2014. Contribution à l'étude de la dynamique de l'élevage pastoral au Niger : cas de la région de Diffa. Thèse Doct., Université de Liège, Gembloux, Belgique; 211 p.

Legendre P., Legendre L., 1999. Lexique anglais-français d'écologie numérique et de statistique. Université de Laval, Montréal, Québec

Mahamane A, Saadou M., 2008. Méthode d'étude de la flore et de la végétation tropicale. Project SUN-EU. Actes de l'Atelier sur l'Harmonisation des Méthodes, Niamey, Niger, 83 p.

Mc Cune B, Grace J.-B., 2002. Analysis of ecological communities. Glenden Beach, Oregon: MJM Software Design, 300 p.

Morou B., 2010. Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse Doct., Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 231 p.

Ouédraogo O., 2009. Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du parc national d'Arly (Sud- Est du Burkina Faso). Thèse Doct., Université de Ouagadougou, Burkina Faso 188 p.

Ouôba P., 2006. Flore et végétation de la forêt classée de Niangoloko, Sud-Ouest du Burkina Faso. Thèse Doct., Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 144 p.

Poilecot P., 1999. Les Poaceae du Niger : description, illustration, écologie, utilisations. Boissiera 56 (1), 766 p.

- Roussel B., 1987. Les groupements végétaux hydrophyles et hygrophyles et ripicoles d'une région sahélienne (L'Ader Doutchi, République du Niger). Thèse Doct., Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, France, 342 p.
- Saadou M., 1990. La végétation des milieux drainés à l'Est du fleuve Niger. Thèse Doct., Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 539 p.
- Soumana I., 2011. Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégies d'exploitation développées par les éleveurs Uda'en. Niamey : Thèse Doct., Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 234 p.
- Thébaud B., 1999. Gestion des espaces et crise pastorale au Sahel. Etude comparative du Niger et du Yatinga burkinabé. Thèse Doct., Ecole de hautes études en sciences sociales, Paris, France, 476 p.
- White F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco / AETFAT / UNSO, ORSTOM / UNESCO, 384 p.
- Yoka J., Loumeto J.-J., Vouldibio J., Amiaud B., Epron D., 2010. Influence du sol sur la répartition et la production de la phytomasse des savanes de la Cuvette congolaise. *Geo-Eco-Trop.*, **34** (1): 63 - 74

Summary

Idrissa I., Soumana I., Alhassane A., Morou B., Mahamane A. Characterization of grassland resources in the pastoral enclave of Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) in Niger

This study aimed at characterizing the pastures of the pastoral enclave of Dadaria in terms of floristic diversity, pastoral value, productivity and carrying capacity. A plant inventory of the herbaceous vegetation was carried out on 53 plots from south to north. The results showed that the site contained 93 species, including 83 herbaceous species in 30 families and 63 genera. The flora was largely dominated by the Poaceae, and the most abundant and dominant biological type was that of the therophytes. The forage spectrum showed that the grazing value varied from 60% in group 1 (G1) to 70% in G3. The overall grassland quality index followed the same trend and fluctuated from 58% in G1 to 64% in G4. Five species (*Spermacoce chaetocephala* DC. Hepper, *Alysicarpus ovalifolius* Schum. & Thonn, *Zornia glochidiata* Reich. ex DC., *Digitaria argillacea* (Hitch. & Chase) Fern, and *C. prieurii* Kunth.) accounted for 75% of species-specific contributions. Overall, the herbaceous phytomass production was estimated at 3.4 tons of dry matter (DM) per hectare and varied by group. Spectrum analysis of forage production by herbaceous species indicated that *S. chaetocephala* (68 kg DM/ha), *A. ovalifolius* (20 kg DM/ha), *C. prieurii* (15 kg DM/ha) and *Z. glochidiata* (9 kg DM/ha) were the most productive. *S. chaetocephala* contributed the most and was the most productive but with a low pastoral value. The gradual disappearance of annual grasses (*Cenchrus biflorus* Roxb. and the Aristideae tribe), which provide very good dry standing forage for livestock during the dry season, in benefit of fodder legumes that disappear just after the rainy season leaving the enclave bare, constitutes a regressive dynamic of the herbaceous cover of this Sahelian pastoral ecosystem.

Keywords: natural pastures, plant resources, land cover change, rangeland degradation, desertification, Sahel, Niger

Resumen

Idrissa I., Soumana I., Alhassane A., Morou B., Mahamane A. Caracterización de los recursos forrajeros del enclave pastoral de Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) en Níger

Este estudio consistió en la caracterización de los pastizales del enclave pastoral de Dadaria, en términos de diversidad de la flora, valor pastoral, productividad y capacidad de carga. Se realizó un inventario florístico de la vegetación herbácea en 53 particiones de sur a norte. Los resultados mostraron que el sitio comportaba 93 especies, de las cuales 83 herbáceas repartidas en 30 familias y 63 géneros. La flora fue ampliamente dominada por las Poaceae, el tipo biológico más abundante y el más dominante fue el de los terófitos. El espectro forrajero mostró que el valor pastoral varió de 60% en el grupo 1 (G1) a 70% en el G3. El índice global de calidad de los pastos siguió la misma tendencia y fluctuó entre 58% en el G1 a 64% en el G4. Cinco especies (*Spermacoce chaetocephala* DC. Hepper., *Alysicarpus ovalifolius* Schum. & Thonn., *Zornia glochidiata* Reich. ex DC., *Digitaria argillacea* (Hitch. & Chase) Fern., y *Chloris prieurii* Kunth.) determinaron 75% de las contribuciones específicas de las especies. La producción de fitomasa herbácea global fue estimada a 3,4 toneladas de materia seca (MS) por hectárea y varió según el grupo. El análisis del espectro de la producción forrajera por especie herbácea indicó que *S. chaetocephala* (68 kg MS/ha), *A. ovalifolius* (20 kg MS/ha), *C. prieurii* (15 kg MS/ha) y *Z. glochidiata* (9 kg MS/ha) fueron las más productivas. *S. chaetocephala* fue la que más contribuyó y la más productiva, pero con un bajo valor pastoral. La desaparición progresiva de las gramíneas anuales (*Cenchrus biflorus* Roxb. y la tribu del de las Aristideae), que presentan un muy buen forraje seco en pie para el ganado durante la estación seca, a favor de las leguminosas forrajeras que desaparecían justo después de la estación lluviosa dejando el enclave despojado, constituye una dinámica regresiva de la capa herbácea de este ecosistema pastoral del Sahel.

Palabras clave: pastizal natural, recursos vegetales, alteración de la cubierta vegetal, degradación de los pastizales, desertificación, Sahel, Níger

Usages des fourrages ligneux et pratiques pastorales dans la communauté rurale de Tésékéré, Ferlo, Nord Sénégal

Amy Bakhoum ^{1*} Oumar Sarr ¹ Daouda Ngom ¹
Sékouna Diatta ¹ Alexandre Ickowicz ^{2,3}

Mots-clés

Arbre, utilisation multiple, fourrage, éleveur pastoral, enquête, changement climatique, Sénégal

Submitted: 31 January 2019
Accepted: 20 April 2020
Published: 23 September 2020
DOI: 10.19182/remvt.31890

Résumé

La communauté rurale de Tésékéré est à 97 % peule avec comme principale activité l'élevage extensif. La transhumance est pratiquée dans cette zone sur de petites ou grandes distances en fonction de la disponibilité du fourrage. Les enquêtes réalisées auprès des éleveurs de la localité ont permis d'identifier leurs pratiques pastorales et de recueillir leur perception sur l'état actuel de la végétation et son évolution, et les facteurs responsables de cet état. L'arbre est utilisé dans cette communauté dans l'alimentation humaine (94,3 %) et animale (94,3 %), dans la pharmacopée (82,8 %), et dans les usages domestiques comme bois de service (28,6 %) et de construction (37,14 %). Pour accéder aux différentes parties des arbres, les éleveurs pratiquent souvent la coupe ou l'élagage. Les espèces les plus exploitées sont *Balanites aegyptiaca* (14,3 % à 88,6 %), *Calotropis procera* (14,3 % à 28,6 %), *Sclerocarya birrea* (8,6 % à 25,7 %), *Adansonia digitata* (8,6 % à 20 %) selon les zones et les besoins. Une majorité d'éleveurs (51,4 %), conscients aujourd'hui de l'impact de ces pratiques sur le peuplement ligneux, a abandonné la coupe et pratique l'abaissement des branches pour nourrir le bétail.

■ Comment citer cet article : Bakhoum A., Sarr O., Ngom D., Diatta S., Ickowicz A., 2020. Woody fodder uses and pastoral practices in the rural community of Tessekere, Ferlo, Northern Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 191-198, doi: 10.19182/remvt.31890

■ INTRODUCTION

L'élevage en milieu sahélien est un élevage du type extensif. En milieu pastoral, l'alimentation en fourrage pendant la saison sèche ou en année de faible pluviométrie s'avère difficile avec les plantes annuelles, et dans ces cas le pâturage ligneux devient un élément important. L'économie de la plupart des pays sahéliens est basée sur l'exploitation des plantes ligneuses qui fournissent le pâturage naturel pour l'alimentation du bétail (Niang, 2009) et permettent aux populations rurales de subvenir à leurs besoins (Lykke, 2000).

1. Laboratoire d'écologie et d'éco hydrologie végétale (LEVEH), département de biologie végétale, FST/UCAD, BP 5005, Dakar-Fann, Sénégal.
2. CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.
3. SELMET, Univ Montpellier, CIHEAM-IAMM, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance
Email : amybakhoum@hotmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Les éleveurs, pour faire paître et abreuver le bétail en saison sèche, sont obligés de pratiquer la transhumance. La mobilité organisée des hommes et des troupeaux indispensables à la valorisation durable de ces écosystèmes par le pastoralisme (Benkhe et al., 1993) est une stratégie de base pour s'adapter à la forte variabilité spatio-temporelle des ressources pastorales. En effet, la satisfaction des besoins alimentaires du bétail est tributaire de la pluviométrie dont dépend directement la productivité des pâturages accessibles aux troupeaux (Banoïn et Jouve, 2000). Cette pratique très courante permet aux éleveurs d'avoir un aperçu sur l'état de la ressource fourragère (composition, répartition spatiale et évolution). Ils disposent également de connaissances empiriques sur les plantes qui sont utilisées à des fins de pharmacopée traditionnelle mais aussi dans l'alimentation humaine et animale.

La végétation naturelle est pour l'homme un élément capital car elle peut subvenir aux multiples besoins d'une population à fort taux de croissance (Fontes et Guinko, 1995). Soubeiga (2004) ajoute que l'utilisation des produits forestiers non ligneux est d'un apport inestimable pour l'alimentation en milieu rural. Cependant, la surexploitation des

espèces végétales et les mauvaises pratiques (Betti, 2001 ; Ouédraogo, 2008 ; Traoré 2008) combinées à la péjoration climatique (Diouf, 2002) sont à l'origine de la menace de disparition de certaines espèces.

Cet article présente une partie des résultats de la thèse d'A. Bakhomou (2013). L'objectif a été d'identifier les différentes pratiques pastorales les plus usitées ainsi que d'analyser la perception des éleveurs sur l'état actuel des ressources ligneuses et leur évolution spatio-temporelle.

■ MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée dans la communauté rurale (communalisation intégrale avec l'acte III de la décentralisation) de Tèssékéré (14° 37 à 16° 50 N et 12° 56 à 16° 26 O), dans le département de Linguère, dans la zone sylvo-pastorale. Des enquêtes ont été menées à l'aide d'un questionnaire individuel. Des campements ont été choisis aléatoirement. Compte tenu de la disponibilité des éleveurs dont certains étaient déjà en transhumance, nous n'avons pas eu l'occasion de questionner tous les éleveurs recensés. Au total 35 éleveurs ont été enquêtés dont 20 à Widou, 9 à Amaly et 6 à Tèssékéré. Les informations recherchées étaient relatives à la perception des éleveurs sur l'état actuel des ressources, leur évolution dans le temps, les espèces disparues, celles en voie de disparition, ainsi que les raisons de leur disparition et de leur régression. Nous entendons par espèces disparues ou en voie de disparition celles qui ont existé avant la sécheresse de 1973 au niveau de la communauté et qui aujourd'hui n'y sont plus rencontrées. Il s'agissait également d'identifier les différentes pratiques pastorales, à savoir les usages des arbres se trouvant dans la communauté.

Un dépouillement manuel des questionnaires a été effectué, suivi d'une saisie des réponses à l'aide du logiciel Sphinx 4.5 qui génère directement les résultats. Le traitement des données a été effectué avec le tableur Excel 2007. Nous avons ensuite évalué la valeur usuelle (UV) des espèces pour chaque catégorie d'usage afin de montrer l'importance que la population accorde à une espèce donnée dans la localité (Sarr et al., 2013). Elle est obtenue par la formule $UV = \sum U / N$ où U est le nombre de fois qu'une espèce est citée pour une catégorie d'usage, et N le nombre total d'enquêtés.

■ RESULTATS

Les enquêtes ont montré que l'élevage était principalement pratiqué par les Peuls (97 %), les autres éleveurs étaient des Maures. D'après nos résultats, 80 % des enquêtés ont indiqué avoir hérité de cette activité de leurs parents. Le troupeau était constitué de bovins, d'ovins, de caprins et d'équins. A cette activité principale, les éleveurs en associaient souvent d'autres comme l'agriculture (25,7 %), le commerce (31,4 %), le jardinage (3 %) et le reboisement (3 %).

Pratiques pastorales

Transhumance

Le choix des itinéraires de transhumance était dicté par la disponibilité du fourrage mais surtout par l'accès à l'eau. Si pour certains les destinations étaient précises (20 %) pour la majorité la transhumance se faisait au hasard. A Tèssékéré, les déplacements se faisaient sur de petites distances (9,4 %), sur de longues distances (15,6 %) et sur de petites et longues distances (75 %).

Utilisation des plantes ligneuses

■ Alimentation

Les espèces les plus appréciées dans l'alimentation humaine sont consignées dans le tableau I. Les produits les plus utilisés (feuilles ou fruits) provenaient de *Balanites aegyptiaca* (88,6 %), *Adansonia*

Tableau I

Espèces utilisées dans l'alimentation du bétail et humaine, et parties utilisées selon l'espèce dans l'alimentation humaine, communauté rurale de Tèssékéré, Sénégal

Espèce	Alimentation					
	bétail	humaine				
		FC (%)	FC (%)	Fe	Fr	Ti
<i>Balanites aegyptiaca</i>	65,7	88,6	*			
<i>Calotropis procera</i>	28,6					
<i>Sclerocarya birrea</i>	25,7	8,6		*		
<i>Acacia raddiana</i>	20,0					
<i>Acacia seyal</i>	14,3	2,9				*
<i>Adansonia digitata</i>	14,3	20,0	*	*		
<i>Ziziphus mauritiana</i>	11,4	11,4		*		
<i>Boscia senegalensis</i>	5,7	2,9		*		
<i>Grewia bicolor</i>	5,7	8,6	*	*		
<i>Guiera senegalensis</i>	2,9					
<i>Lanea acida</i>	2,9					
<i>Terminalia avicennioides</i>	2,9					
<i>Piliostigma reticulatum</i>	2,9					
<i>Feretia apodanthera</i>	2,9					
<i>Sterculia setigera</i>	2,9	2,9				*

FC : fréquence de citation ; Fe : feuille ; Fr : fruit ; Ti : tige ; Ec : écorce

digitata (20 %), *Ziziphus mauritiana* (11,4 %), *Grewia bicolor* (8,6 %), et *Sclerocarya birrea* (8,6 %). Les fruits ou feuilles de *Ba. aegyptiaca*, *Ad. digitata* et *Zi. mauritiana* étaient autoconsommés (80 %) ou destinés à la vente (20 %). Les feuilles séchées et moulues de *Ad. digitata* produisaient une poudre qui était mélangée au couscous, aliment de base des Peuls. Les fruits, communément appelés pain de singe, servaient à accompagner les bouillies de mil. *Ba. aegyptiaca*, l'espèce la plus citée était très présente dans la communauté (37,6 %). Les espèces devenues rares (*Acacia seyal* et *Sterculia setigera*) dans la localité ont été peu fréquemment citées (2,9 %). La consommation d'une espèce devait dépendre de sa disponibilité.

Dans l'alimentation des animaux (tableau I), *Ba. aegyptiaca*, *Calotropis procera*, *Sc. birrea* et *Acacia raddiana* ont été les plus utilisées. Les enquêtes ont montré que le fourrage aérien était consommé directement par les animaux (94,3 %), ou mis à leur disposition par l'éleveur par émondage ou abaissement des branches pour qu'ils puissent manger (5,7 %). La majorité (80 %) des enquêtés a déclaré que les espèces étaient sollicitées du fait de leur disponibilité mais également pour leur qualité fourragère.

■ Pharmacopée

Dans la communauté 14 espèces (tableau II) ont été citées pour l'utilisation de l'arbre dans la pharmacopée traditionnelle et parmi les espèces utilisées se trouvaient *Ba. aegyptiaca* (60 %), *Sc. birrea* (17,1 %) et *Ca. procera* (14,3 %). Les maladies traitées étaient l'hypotension, le diabète, le rhume, l'ulcère, les bouffées de chaleur et des maladies « surnaturelles ». Les organes utilisés étaient les fruits, l'écorce, les racines, les feuilles, et très rarement la sève par coupe et/ou écorçage (figure 1). Le nom des organes des plantes qui étaient utilisés pour traiter les maladies surnaturelles n'a pas été communiqué par les éleveurs car ils étaient traditionnellement légués aux descendants.

Tableau II

Espèces utilisées dans la pharmacopée, communauté rurale de Téssékéré, Sénégal

Espèce	FC (%)	Maladie traitée	Partie utilisée				
			Feuille	Ecorce	Racine	Fruit	Sève
<i>Acacia seyal</i>	2,9	Diarrhée				*	
<i>Adansonia digitata</i>	8,6	Diarrhée				*	
<i>Balanites aegyptiaca</i>	60,0	Tension, estomac				*	
<i>Boscia senegalensis</i>	5,7	Bouffées de chaleur			*		
<i>Calotropis procera</i>	14,3	Fatigue, mal de dents	*		*		*
<i>Commiphora africana</i>	2,9	Maladie surnaturelle					
<i>Grewia bicolor</i>	5,7	Bouffées de chaleur	*		*		
<i>Guiera senegalensis</i>	2,9	Rhume		*		*	
<i>Lannea acida</i>	2,9	Maladie surnaturelle					
<i>Mitragyna inermis</i>	2,9	Maladie surnaturelle					
<i>Piliostigma reticulatum</i>	2,9	Maladie surnaturelle				*	
<i>Sclerocarya birrea</i>	17,1	Diabète, estomac		*		*	
<i>Terminalia avicennioides</i>	2,9	Maladie surnaturelle					
<i>Ziziphus mauritiana</i>	2,9	Maladie surnaturelle					

FC : fréquence de citation

Figure 1 : coupe (a) et écorçage (b) de *Grewia bicolor* (Bakhoun, juin 2011).

■ Usages domestiques

Le tableau III et la figure 2 montrent l'utilisation à des fins domestiques des espèces ligneuses. *Ba. aegyptiaca* et *Ca. procera* étaient les plus utilisées. Cependant, respectivement 62,9 % et 71,4 % des enquêtés n'ont pas répondu à la question par rapport à leur utilisation comme bois de construction et bois de chauffage. A défaut les éleveurs utilisaient d'autres espèces ou des pieds morts.

Perceptions des éleveurs

Les éleveurs connaissaient la répartition spatiotemporelle des espèces végétales des pâturages que leurs troupeaux exploitaient.

Répartition des espèces selon la topographie

Le tableau IV montre la répartition de 24 espèces ligneuses selon la topographie du terrain. Parmi les espèces citées, 70,8 %, 66,6 % et 45,8 % étaient respectivement rencontrées au niveau des bas-fonds, des terrains plats et des dunes. Dans les bas-fonds, les espèces les plus présentes étaient *Balanites aegyptiaca* (51 %) et *Sc. birrea* (43 %), *Mitragyna inermis* (23 %) et *Ad. digitata* (20 %). Dans les terrains

Tableau III

Fréquence de citation des espèces utilisées pour le bois de chauffage ou de construction, communauté rurale de Téssékéré, Sénégal

Espèce	Fréquence de citation (%)	
	Bois de construction	Bois de chauffage
Sans réponse	62,9	71,4
<i>Calotropis procera</i>	22,9	14,3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	14,3	8,6
<i>Grewia bicolor</i>	2,9	0
<i>Guiera senegalensis</i>	2,9	0
<i>Acacia raddiana</i>	0	2,9
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0	2,9
<i>Acacia seyal</i>	0	2,9
Arbre mort	2,9	0
Tout arbre	0	2,9



Figure 2 : branches de *Calotropis procera* en séchage pour construction (a) et ombrière (b) construite avec des pieds d'arbres morts et des branches de *Calotropis procera* (Bakhoum, janvier 2010).

Tableau IV

Répartition topographique des espèces selon leur fréquence de citation, communauté rurale de Téssékéré, Sénégal

Espèce	Fréquence de citation (%)		
	Bas-fond	Dune	Terrain plat
<i>Acacia nilotica</i>	6	–	11
<i>Acacia pennata</i>	3	–	–
<i>Acacia raddiana</i>	14	11	29
<i>Acacia senegal</i>	11	–	11
<i>Acacia seyal</i>	9	–	9
<i>Adansonia digitata</i>	20	–	23
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	6	–	–
<i>Balanites aegyptiaca</i>	51	17	94
<i>Boscia angustifolia</i>	6	–	–
<i>Boscia senegalensis</i>	3	6	34
<i>Calotropis procera</i>	17	6	26
<i>Combretum glutinosum</i>	3	6	6
<i>Feretia apodanthera</i>	11	–	–
<i>Gossypium barbadense</i>	–	–	9
<i>Grewia bicolor</i>	–	26	–
<i>Guiera senegalensis</i>	9	3	6
<i>Leptadenia hastata</i>	–	3	–
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	–	3	–
<i>Maytenus senegalensis</i>	–	6	3
<i>Mitragyna inermis</i>	23	–	–
<i>Sclerocarya birrea</i>	43	14	91
<i>Sterculia setigera</i>	–	–	3
<i>Terminalia avicennioides</i>	–	–	3
<i>Ziziphus mauritiana</i>	11	–	6

plats, c'étaient *Ba. aegyptiaca* (94 %), *Sc. birrea* (91 %), *Ac. raddiana* (29 %) et *Ca. procera* (26 %). Pour les dunes, les fréquences de citation ont aussi été faibles en raison de la faible densité de végétation. *Grewia bicolor* (26 %) a été l'espèce la plus citée. Elle était suivie de *Ba. aegyptiaca* (17 %), *Sc. birrea* (14 %) et *Ac. raddiana* (11,45 %). Les espèces ubiquistes étaient *Ac. raddiana*, *Ba. aegyptiaca*, *Ca.*

procera, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Sc. birrea*. Selon les besoins (fruits, feuilles, écorce...), les éleveurs pratiquaient plusieurs méthodes pour accéder aux parties sollicitées de la plante. Ils avaient recours au ramassage (42,9 %), à la coupe (22,9 %), à l'ébranchage (20 %), à l'effeuillage (28,6 %), à l'émondage (5,7 %), à la taille (5,7 %), à l'écorçage (2,9 %) et à la cueillette (5,7 %).

Espèces disparues ou en voie de disparition

Parmi les enquêtés 91,4 % ont souligné la disparition de 31 espèces au niveau de Téssékéré (tableau V). Ces espèces se regroupent dans 13 familles botaniques et 24 genres. Au niveau des stations de Amaly, Téssékéré et Widou, 19, 13 et 27 espèces ont été respectivement citées. Ces espèces se répartissaient à Amaly dans 11 familles et 16 genres, à Téssékéré dans 8 familles et 10 genres, et à Widou dans 12 familles et 22 genres. La menace de disparition des arbres était donc plus perceptible à Widou, mais la famille la plus menacée de disparition aussi bien dans la communauté rurale qu'au niveau des trois stations était les Mimosaceae avec le genre *Acacia*.

Pour 88,6 % des éleveurs enquêtés, la disparition de ces arbres était principalement due à la rareté des pluies. Des moments repères ont été incriminés. Il s'agissait principalement des périodes de sécheresse de 1973, 1983 et 1991 qu'ils appelaient respectivement *kitané bondé*, *fattar* et *fatar* événement. Conscients aujourd'hui de l'état actuel des ligneux, 51,4 % des enquêtés ont reconnu avoir changé ou abandonné des pratiques au cours du temps. Les pratiques abandonnées étaient la coupe (45,7 %), l'émondage (11,4 %), l'ébranchage (5,7 %), l'élagage (2,9 %) et les feux de brousse (2,9 %), au profit de l'abaissement des branches pour nourrir le bétail (figure 3). Outre la disparition d'espèces, les éleveurs ont également noté des changements au niveau de la densité et du recouvrement des espèces mais aussi de la structure de la végétation. Selon eux, les changements étaient imputables à la mauvaise pluviométrie (85,7 %), à la charge pastorale (17,1 %), à la croissance démographique (8,6 %) et aux feux de brousse (8,6 %).

Evolution de la densité et de la production de fourrage aérien

L'évolution de la fréquence spécifique des espèces et de leur production a été aussi abordée avec les éleveurs dans les trois stations (Amaly, Téssékéré et Widou). Parmi les 17 espèces citées à Amaly, les éleveurs à l'unanimité ont trouvé que la fréquence avait diminué pour toutes les espèces à l'exception de *Ba. aegyptiaca* et *Sc. birrea* dont les productions fourragères (feuilles et fruits) avaient également augmenté. Cependant, ils ont observé une diminution du nombre de *Ad. digitata*, *Boscia senegalensis*, *Ca. procera* et une amélioration



Figure 3 : abaissement des branches de *Sclerocarya birrea* pour le bétail (Bakhoum, janvier 2010).

Tableau V

Espèces en voie de disparition à Amaly, Téssékéré et Widou au Sénégal

Famille	Espèce	Amaly	Téssékéré	Widou
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i>	d	d	d
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i>	d	d	d
	<i>Leptadenia hastata</i>	0	0	d
Bignoniaceae	<i>Stereospermum kunthianum</i>	d	0	d
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i>	0	d	d
	<i>Bombax costatum</i>	d	d	d
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i>	d	d	d
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia rufescens</i>	d	0	0
	<i>Piliostigma thonningii</i>	d	0	0
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	d	0	d
	<i>Pterocarpus lucens</i>	0	d	0
Capparidaceae	<i>Boscia senegalensis</i>	0	0	d
	<i>Capparis tomentosa</i>	0	0	d
Celastraceae	<i>Maytenus senegalensis</i>	0	0	d
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0	0	d
	<i>Combretum aculeatum</i>	d	0	d
	<i>Combretum glutinosum</i>	0	0	d
	<i>Combretum micranthum</i>	0	0	d
	<i>Guiera senegalensis</i>	d	0	d
	<i>Terminalia avicennioides</i>	d	d	d
Mimosaceae	<i>Acacia macrostachya</i>	d	d	d
	<i>Acacia nilotica</i>	d	d	0
	<i>Acacia raddiana</i>	0	0	d
	<i>Acacia senegal</i>	d	d	d
	<i>Acacia seyal</i>	d	d	d
	<i>Prosopis africana</i>	0	0	d
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i>	d	0	d
Sterculiaceae	<i>Feretia apodanthera</i>	0	0	d
	<i>Mitragyna inermis</i>	d	0	d
	<i>Sterculia setigera</i>	d	d	d
Tiliaceae	<i>Grewia bicolor</i>	d	d	d

0 : non citée ; d : citée disparue

de leur production en feuilles et en fruits. Les fréquences de citation les plus élevées ont été obtenues avec *Ba. aegyptiaca* (77,8 %) et *Sc. birrea* (33,8 %) pour la production de feuilles et de fruits (tableau VI).

A Téssékéré (tableau VII) 16 espèces ont été citées par les éleveurs. A l'exception de *Ba. aegyptiaca* et *Ca. procera*, tous les enquêtés ont trouvé que la densité de toutes les autres espèces citées avait diminué. Cependant, ils avaient des avis partagés concernant l'évolution des fréquences spécifiques de *Ba. aegyptiaca* et *Ca. procera*. Pour *Ba. aegyptiaca*, 50 % des enquêtés ont observé une augmentation de la densité alors que 33,3 % ont noté une diminution. Pour *Ca. procera* les mêmes proportions d'éleveurs ont affirmé que l'espèce avait diminué ou augmenté. La production de feuilles et de fruits de *Ad. digitata*, *Ba. aegyptiaca*, *Bo. senegalensis* et *Sc. birrea* a augmenté de 16,7 % à 66,7 % selon les enquêtés.

A Widou (tableau VIII) 18 espèces ont été citées par les éleveurs. La perception des enquêtés par rapport à l'évolution de la densité des espèces *Ac. raddiana*, *Ad. digitata*, *Ba. aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Ca. procera*, *Combretum aculeatum* et *Sc. birrea* était contradictoire. Alors que 75 % des enquêtés ont noté une augmentation du nombre d'individus de ces espèces, 25 % ont attesté du contraire.

Tableau VI

Evolution de la densité et de la production de feuilles et de fruits selon les espèces à Amaly, Sénégal (1973 à 2010)

Espèce	Densité		Feuille		Fruit	
	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)
<i>Acacia macrostachya</i>	-	11				
<i>Acacia raddiana</i>	-	22				
<i>Acacia senegal</i>	-	55				
<i>Adansonia digitata</i>	-	33	+	11,1	+	11,1
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	-	11				
<i>Balanites aegyptiaca</i>	-/+	22/67	+	77,8	+	77,8
<i>Boscia senegalensis</i>	-	11	+	11,1	+	11,1
<i>Calotropis procera</i>	-	22	+	11,1	+	11,1
<i>Combretum aculeatum</i>	-	11				
<i>Grewia bicolor</i>	-	55				
<i>Guiera senegalensis</i>	-	33				
<i>Lannea acida</i>	-	11				
<i>Piliostigma thonningii</i>	-	11				
<i>Sclerocarya birrea</i>	-/+	22/11	+	33,8	+	33,3
<i>Terminalia avicennioides</i>	-	11				
<i>Ziziphus mauritiana</i>	-	11				

FC : fréquence de citation ; - en diminution ; + en augmentation

Tableau VII

Evolution de la densité et de la production de feuilles et de fruits selon les espèces à Téssékéré, Sénégal (1973 à 2010)

Espèce	Densité		Feuille		Fruit	
	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)
<i>Acacia senegal</i>	-	16,7				
<i>Adansonia digitata</i>	-	33,3	+	33,3	+	33,3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	-/+	50/ 33,3	+	66,7	+	66,7
<i>Boscia senegalensis</i>			+	16,7	+	16,7
<i>Calotropis procera</i>	-/+	16,7/ 16,7				
<i>Cissus populnea</i>	-	16,7				
<i>Combretum aculeatum</i>	-	16,7				
<i>Commiphora africana</i>	-	16,7				
<i>Feretia apodanthera</i>	-	16,7				
<i>Grewia bicolor</i>	-	50				
<i>Guiera senegalensis</i>	-	16,7				
<i>Maytenus senegalensis</i>	-	33,3				
<i>Sclerocarya birrea</i>	-	83,3	+	33,3	+	33,3
<i>Sterculia setigera</i>	-	16,7				
<i>Terminalia avicennioides</i>	-	16,7				
<i>Ziziphus mauritiana</i>	-	16,7				

FC : fréquence de citation ; - en diminution ; + en augmentation

Les résultats de l'enquête ont révélé une augmentation de la biomasse foliaire et fruitière de *Ac. raddiana*, *Ac. seyal*, *Ad. digitata*, *Ba. aegyptiaca*, *Bo. senegalensis*, *Ca. procera*, *Co. micranthum*, *Faidherbia albida*, *Gr. bicolor*, *Sc. birrea*, *Zi. mauritiana* à l'exception de *Gr. bicolor*, *Co. micranthum* et *Ac. senegal*. Les espèces les plus citées en termes de production foliaire ont été *Ba. aegyptiaca* (65 %) et *Sc. birrea* (35 %).

DISCUSSION

Les résultats de l'enquête confirment l'importance des espèces ligneuses pour les populations locales. Elles entrent dans l'alimentation humaine avec l'utilisation des feuilles et des fruits. Ces résultats concordent avec ceux de Agali (2009), Ouedraogo (2008), Soubeiga (2004), Codja et al. (2003), Savy (2002), Ambé (2000), et Okafor (1991). Les espèces les plus consommées étaient des essences fruitières avec *Ba. aegyptiaca*, *Ad. digitata* et *Zi. mauritiana*. La consommation d'une espèce dépendrait de sa disponibilité (Niang, 2009).

Tableau VIII

Evolution de la densité et de la production de feuilles et de fruits selon les espèces à Widou, Sénégal (1973 à 2010)

Espèce	Densité		Feuille		Fruit	
	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)	Evolution	FC (%)
<i>Acacia raddiana</i>	-/+	15/5	+	10	+	5
<i>Acacia senegal</i>	-	25	+	5		
<i>Acacia seyal</i>	-	5			+	5
<i>Adansonia digitata</i>	-/+	10/5	+	20	+	20
<i>Balanites aegyptiaca</i>	-/+	15/65	+	65	+	65
<i>Boscia senegalensis</i>	-/+	5/10	+	10	+	10
<i>Calotropis procera</i>	-/+	10/5	+	10	+	10
<i>Combretum aculeatum</i>	-/+	10/5				
<i>Combretum micranthum</i>			+	5		
<i>Commiphora africana</i>	-	15				
<i>Faidherbia albida</i>			+	5	+	5
<i>Feretia apodanthera</i>	-	5				
<i>Grewia bicolor</i>	-	35	+	5		
<i>Guiera senegalensis</i>	-	10				
<i>Maytenus senegalensis</i>	-	10				
<i>Sclerocarya birrea</i>	-/+	45/15	+	35	+	35
<i>Sterculia setigera</i>	-	15				
<i>Ziziphus mauritiana</i>	-	5	+	5	+	5

FC : fréquence de citation ; - en diminution ; + en augmentation

Les espèces ligneuses étaient aussi une source de fourrage dans l'alimentation du bétail. Elles constituaient la principale ressource fourragère pendant la longue saison sèche et surtout de soudure, ce qui était à l'origine de pratiques comme l'élagage et l'abaissement des branches.

En plus de la fonction alimentaire, les espèces ligneuses sont également utilisées dans la pharmacopée traditionnelle. En effet, « les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales en Afrique, où plus de 80 % de cette population s'en sert pour assurer les soins de santé » (Nacoulma-Ouedraogo, 1996). Les éleveurs disposent de connaissances empiriques transmises de père en fils. Ils utilisent les arbres seuls ou avec des incantations pour guérir des maladies humaines.

Le mot *garab* en wolof (langue nationale du Sénégal) signifie arbre mais aussi médicament, ce qui conforte les propos d'un éleveur : « chaque arbre est un médicament, il suffit de connaître la partie de la plante à utiliser et les incantations à réciter ». Ce savoir ancien est

généralement légué par les ascendants (Hadonou-Yovo et al., 2019) et porte surtout sur les connaissances des vertus des plantes servant par exemple d'intrants ou de recettes en médecine traditionnelle (Zabouh, 2014). Quatorze espèces végétales étaient utilisées comme plantes médicinales par les éleveurs pour le traitement de plusieurs pathologies, dont l'hypertension artérielle, le diabète, les problèmes gastriques, la diarrhée, le mal de dents.

Les ressources ligneuses étaient aussi utilisées dans d'autres domaines comme l'artisanat, les coutumes et traditions (mariage, circoncision, baptême). Les différentes utilisations des espèces ligneuses font partie des mécanismes d'adaptation des populations locales qui sont vulnérables aux conditions d'aridité et de pauvreté. L'accès à ces ressources se fait par un certain nombre de pratiques parfois destructrices à moyen ou long terme. Beaucoup d'éleveurs (45,7 %), conscients de l'effet de telles pratiques utilisaient rarement les arbres surtout pour la construction. Aujourd'hui les populations locales sont conscientes de l'impact de ces pratiques sur le renouvellement de la ressource donc sur sa pérennité. Cette prise de conscience associée à une certaine crainte de l'autorité étatique (Service des eaux et forêts) a permis l'abandon de pratiques abusives dont la coupe des arbres. L'abondance de maisons construites à base de ciment dans la zone est une preuve de la diminution ou de l'abandon de l'utilisation du bois. Ces résultats diffèrent de ceux de Lykke et al. (2004) qui révèlent que l'habitat de type traditionnel reste étroitement lié aux ressources naturelles végétales qui fournissent l'essentiel des matériaux de construction (piquets, perches, traverses, supports, paille, chaume, cordes). La perception des populations sur l'état des ressources a montré que les éleveurs maîtrisaient bien leur milieu. Cependant la perception variait d'un éleveur à un autre car elle reposait sur le pâturage qui était exploité par le troupeau.

Par rapport à la dynamique de la végétation du Ferlo, les éleveurs avaient une idée précise de l'état actuel de la ressource, de son évolution dans le temps et des facteurs d'évolution. Pour eux la dynamique de la végétation était fortement tributaire de la pluviométrie (Diouf, 2002). Ils étaient également convaincus que le sol était de très bonne qualité et que la régénération et la production dépendaient uniquement de la pluie.

Ces dernières années la bonne pluviométrie a entraîné une amélioration de la quantité de fourrage surtout herbacé. Des rejets de ligneux (*Grewia bicolor*, *Commiphora africana*) appréciés par le bétail ont été observés dans la localité (Bakhoum, 2013). Même si avec la longue période sèche ces rejets n'arrivent pas à survivre, ils témoignent de la disponibilité de leurs semences au niveau du stock semencier et de l'importance de l'eau pour leur germination et leur épanouissement.

Remerciements

Nous remercions le Pôle pastoralisme et zones sèches (PPZS) pour l'appui logistique et financier pour la collecte de données dans le cadre du projet ECLIS.

Déclaration des contributions des auteurs

AB a réalisé le guide d'entretien, collecté les données sur le terrain et rédigé le document. OS a participé aux enquêtes sur le terrain et a révisé le document. DN et SD ont révisé le manuscrit. AI a participé à la conception du guide d'entretien et à la révision du document.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Agali A.B., 2009. Diversité, structure et perceptions locales des espèces ligneuses fourragères dans le terroir de Torodi, Ouest Niger. Mémoire de DEA en Biologie et Ecologie végétales. Université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 48p.
- Ambé G.A., 2000. Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de la Côte d'Ivoire, état de connaissance par une population locale, les Malinkés. *Biotech. Agron. Soc. Environ.* 5 (1) : 43-48
- Bakhoum A., 2013. Dynamique des ressources fourragères: indicateur de résilience des parcours communautaires de Tèssékéré au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse Doct., Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 115 p.
- Banoïn M., Jouve P., 2000. Déterminants des pratiques de transhumance en zone agro-pastorale sahélienne cas de l'arrondissement de Mayahi, au Niger. In : Bourbouze A. (ed.), Qarro M. (ed.). *Rupture : nouveaux enjeux, nouvelles fonctions, nouvelle image de l'élevage sur parcours*. Montpellier, France : CIHEAM, p. 91-105. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 39). Séminaire International du Réseau Parcours. El Jadida, Maroc 16-18 Avril 1998,. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a39/Ci000350.pdf>
- Behnke R.H., Scoones I., Kerven C., 1993. – Range Ecology at Disequilibrium. ODI, IIED, London 248 p.
- Betti J.L., 2001. Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de biosphère du Dja (Cameroun). *National Botanic Garden of Belgium. Syst. Geogr. Plants*, 71 (2): 661 – 678, doi: 10.2307/3668709
- Codja J.T.C., Assogbadjo A.E., Ekue M.R.M., 2003. Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin. *Cah. Agric.* 12 (5) : 321-331
- Diouf M., 2002. Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest), *J. Sci.*, vol. 2, (1), 1-9
- Fontes J., Guinko S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative du Ministère de la coopération française. Projet Campus, Toulouse, France, 86 p.
- Hadonou-Yovo A.G., Houessou L.G., Loughbegnon T.O., Adebé Y., Sinasson G.K.S., Semevo D.F., Lange U., et al., 2019. Diversité et formes d'utilisation des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono (Bénin), *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, volume 19 (2), consulté le 10 mars 2020. URL : <https://om.ciheam.org/om/pdf/a39/Ci000350.pdf>; DOI : 10.4000/vertigo.26257
- Lykke A.M., 2000. Local perceptions of vegetation change and priorities for conservation of woody-savanna vegetation in Senegal, *J. Environ. Manag.*, 59: 107120, doi: 10.1006/jema.2000.0336
- Lykke A.M., Kristensen M., Ganaba S., 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 species in the Sahel. *Biodivers. Conserv.*, 13: 1961-1990, doi: 10.1023/B:BIOC.0000035876.39587.1a
- Nacoulma-Ouedraogo O., 1996. Les plantes médicinales et les pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso. Cas du plateau central. Thèse ès Sc. Nat. FAST/UE Tome 2 257 pages
- Niang K., 2009. L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-Nord (Sénégal), Mémoire de DEA, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 67 p.
- Okafor J.-C., 1991. Amélioration des essences forestières donnant des fruits comestibles. *Unasylva* 42 (165): 1-10
- Ouedraogo I., 2008. Diversité des espèces ligneuses utiles de la région du Nord du Burkina Faso ; état des peuplements de cinq espèces d'importance socio-économique. Mémoire d'Ingénieur en Eaux et Forêts. Université de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 68 p.
- Sarr O., Diatta S., Gueye M., N'diaye P.-M., Guisse A., Akpo L.-E., 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'Ouest), *Rev. Méd. Vét.*, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. vol. 164 (1) : 2-8, hal-01722601
- Savy M., 2002. Diversité, variété alimentaire et état nutritionnel des mères de jeunes enfants en milieu rural défavorisé. Mémoire DEA, Université de Ouagadougou Burkina Faso et Université Pierre et Marie Curie Paris France, 34 p.
- Soubéiga K.-J., 2004. Analyse de la demande des produits forestiers non ligneux dans l'alimentation des ménages ruraux : cas des départements de Bondokuy (Mouhoun) et de Niandialia (Boulkiemde). Mémoire d'Ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 57p.
- Traoré L., 2008. Inventaire des espèces ligneuses utilitaires de la région Sud-Ouest du Burkina Faso et état des populations de trois espèces à haute valeur économique. Mémoire DEA Université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 50 p.

Summary

Bakhom A., Sarr O., Ngom D., Diatta S., Ickowicz A. Woody fodder uses and pastoral practices in the rural community of Tessekere, Ferlo, Northern Senegal

The rural community of Tésékéré is 97% Peul with extensive livestock farming as its main activity. Transhumance is practiced in this area over small or long distances depending on the availability of fodder. Surveys conducted among local herders have made it possible to identify their pastoral practices and to collect their perception of the current state of the vegetation and its evolution, and the factors responsible for this state. Trees are used in this community for food (94.3%), feed (94.3%), pharmacopeia (82.8%), and domestic uses such as firewood (28.6%) and timber (37.14%). In order to access the different parts of the trees, farmers often practice cutting or pruning. The most used species are *Balanites aegyptiaca* (14.3% to 88.6%), *Calotropis procera* (14.3% to 28.6%), *Sclerocarya birrea* (8.6% to 25.7%), *Adansonia digitata* (8.6% to 20%) depending on the area and the needs. The majority of herders (51.4%), now aware of the impact of these practices on the woody stands, have given up cutting and instead lower branches to feed their livestock.

Keywords: tree, multiple use, forage, pastoralists, surveys, climate change, Senegal

Resumen

Bakhom A., Sarr O., Ngom D., Diatta S., Ickowicz A. Uso de forrajes leñosos y prácticas pastorales en la comunidad rural de Tésékéré, Ferlo (norte de Senegal)

La comunidad rural de Tésékéré es 97% peul, con una actividad principal de cría extensiva. La trashumancia se practica en esta zona, sobre pequeñas o grandes distancias, en función de la disponibilidad del forraje. Las encuestas realizadas con criadores locales permitieron la identificación de sus prácticas pastorales, así como recoger su percepción sobre el estado actual de la vegetación, su evolución, y los factores responsables de este estado. El árbol es utilizado en esta comunidad para la alimentación humana (94,3%) y animal (94,3%), en la farmacopea (82,8%) y para usos domésticos como madera de servicio (28,6%) y de construcción (37,14%). Para acceder a las diferentes partes de los árboles, los criadores practican a menudo la tala o la poda. Las especies más explotadas son *Balanites aegyptiaca* (14,3% a 88,6%), *Calotropis procera* (14,3% a 28,6%), *Sclerocarya birrea* (8,6% a 25,7%), *Adansonia digitata* (8,6% a 20%) según áreas y necesidades. La mayoría de los agricultores (51,4%), conscientes hoy del impacto de estas prácticas sobre el suministro leñoso, han abandonado la tala y practican el descenso de las ramas para alimentar el ganado.

Palabras clave: árboles, uso múltiple, forrajes, pastoralistas, encuestas, cambio climático, Senegal

Diversité herbacée dans les parcours du noyau de sélection du Centre de recherches zootechniques de Kolda en zone soudanienne du Sénégal

Samba Laha Kâ^{1*} Mamadou Ousseynou Ly²
 Mayécor Diouf² Mouhamadou Diandy³ Moustapha Guéye⁴
 Mame Samba Mbaye¹ Kandoura Noba¹

Mots-clés

Bovin Ndama, plante herbacée, fourrage, composition botanique, flore, Sahel, Sénégal

Submitted: 31 January 2019
 Accepted: 4 March 2020
 Published: 17 September 2020
 DOI: 10.19182/remvt.31891

Résumé

Situé dans la zone soudanienne du Sénégal, le Centre de recherches zootechniques de Kolda est subdivisé en zone de parcours et en zone de cultures annuelles. Du fait de sa tolérance à la trypanosomose, la race Ndama est la seule race bovine qui fait l'objet d'étude de sélection dans le Centre. Cependant, on assiste depuis quelques années à une forte pression sur les zones de parcours liée à l'augmentation de la taille du troupeau et des superficies allouées aux cultures annuelles. Cela risque de réduire la diversité des espèces fourragères et ainsi d'impacter la performance génétique des animaux, compromettant les objectifs de sélection. Cette étude a eu pour objectif d'évaluer l'effet combiné du surpâturage et des activités agricoles sur la structure taxonomique de la végétation herbacée dans un système semi-extensif. Des relevés de végétation ont été effectués dans les différentes unités d'occupation du sol en fin de saison des pluies dans 75 placettes de 0,25 mètre carré. Ainsi, 69 espèces réparties dans 43 genres et 13 familles ont été inventoriées. La richesse spécifique a été plus importante dans les jachères, suivies des zones de parcours avec respectivement 36 et 26 espèces.m². La diversité spécifique a été faible dans les champs de légumineuses et les champs de coton. Dans les zones de parcours ont surtout dominé les Rubiaceae (*Diodia sarmentosa*, *Spermacoce stachydea*) et les Lamiaceae (*Mesosphaerum suaveolens*), familles de plantes à faible appétibilité, ainsi que des graminées à enracinement profond (*Andropogon gayanus*, *Schizachyrium sanguineum*). Les résultats ont révélé que le système d'exploitation des terres du Centre affectait négativement la composition et la diversité des herbacées et favorisait la prolifération des espèces faiblement appréciées par les bovins.

■ Comment citer cet article : Kâ S.L., Ly M.O., Diouf M., Diandy M., Guéye M., Mbaye M.S., Noba K., 2020. Plant diversity in the rangelands of the breeding unit of Kolda Zootechnical Research Center in the Sudanian zone of Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 199-205, doi : 10.19182/remvt.31891

■ INTRODUCTION

Au Sénégal, l'élevage occupe 60 % des ménages agricoles et participe à hauteur de 4,3 % du produit intérieur brut (ANSD, 2016). Le secteur reste fortement tributaire de la disponibilité de la végétation naturelle. Avec un effectif de 3 464 000 têtes (ANSD, 2016), les bovins sont le

troisième groupe le plus important derrière les ovins et les caprins. Ils jouent un rôle majeur dans l'approvisionnement en viande et en lait des centres urbains. Le cheptel bovin est composé de deux types génétiques dominants, le zébu Gobra et le taurin Ndama. Du fait de sa tolérance à la trypanosomose, la race Ndama est surtout localisée dans la zone soudanienne, notamment la région de Kolda (Ba et al., 2009) où elle représente 95 % des effectifs de bovins selon l'Agence nationale de la statistique et de la démographie.

C'est dans ce contexte que le Centre de recherches zootechniques (CRZ) d'une superficie de 2537 hectares fut créé dans cette zone en 1972. Ses objectifs sont l'amélioration du potentiel boucher de la race, de la production de lait, de la force de traction et de la préservation des caractères de trypanotolérance. Actuellement, le noyau de sélection s'élève à 216 bovins répartis dans quatre troupeaux. Cependant, depuis quelques années, une partie de la station est allouée aux cultures

1. Département de biologie végétale, Faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta DIOP, BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

2. Centre de recherches agricoles de Ziguinchor, Ziguinchor, Sénégal.

3. Centre de recherches zootechniques de Kolda, Kolda, Sénégal.

4. Centre de recherches agricoles de Saint-Louis, Saint-Louis, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221 77 795 49 40 ; email : kasam74@gmail.com



annuelles pendant la saison des pluies. Cette forte pression sur les zones de parcours combinée à la surcharge animale risque d'affecter la diversité et la production fourragère du milieu et par conséquent de compromettre les objectifs d'élevage du Centre. Cependant, de rares études ont porté sur la composition et la diversité des espèces herbacées qui colonisent ce milieu. C'est dans cette dynamique que cette étude a été entreprise pour évaluer l'effet des différents systèmes d'exploitation sur la diversité des espèces fourragères dans la zone d'emprise du noyau de sélection du CRZ.

■ MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le Centre de recherches zootechniques de Kolda (12° 53' N, 14° 57' O) est situé dans le sud du pays dans la partie supérieure de la Casamance naturelle. Cette zone agroécologique est caractérisée par un climat de type soudanien avec alternance d'une saison pluvieuse de cinq mois et d'une saison sèche de sept mois. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1191 millimètres avec une forte variabilité au cours des années. Le relief est constitué de grès sablo-argileux formant des plateaux avec une végétation naturelle abondante (savane ou forêt claire), entrecoupés de vallées dans lesquelles se trouvent les rizières et les pâturages de bas-fonds (ANSD, 2016).

Méthodologie

La diversité de la végétation herbacée a été étudiée à partir de relevés de végétation effectués dans les différents systèmes d'exploitation du sol de la station du CRZ. Il s'agit des parcelles de jachères de longue durée où se pratique le pâturage du noyau de sélection de la Ndama en toute saison et des parcelles allouées aux cultures où le pâturage ne s'effectue qu'en saison sèche. Ces dernières ont été subdivisées en jachères de courte durée (un à cinq ans), en champs de cultures céréalières (mil sanio, riz plateau, maïs et sorgho), en champs de cultures de légumineuses (arachide, mucuna et niébé) et en champs de coton. La superficie d'une station de relevés était en moyenne de 0,25 hectare. Dans chaque parcelle, les relevés ont été effectués en fin de saison des pluies (octobre) dans cinq placettes de 50 cm × 50 cm (soit 0,25 m²) placées près des angles et du centre de chaque parcelle. Ainsi, 20 placettes ont été inventoriées dans les champs de céréales, 15 dans les champs de légumineuses, 15 dans les jachères, 15 dans les zones de pâturage et 10 dans les champs de coton.

Traitement des données

La flore herbacée et sa variabilité en fonction des différents systèmes d'exploitation des sols du CRZ de Kolda ont été évaluées à partir d'un ensemble d'indices de diversité, en l'occurrence la richesse spécifique, le coefficient de similitude et l'indice de dissimilitude de Bray-Curtis. La richesse spécifique est le nombre total d'espèces, effectivement présentes sur un site d'étude à un moment donné, que comporte le peuplement considéré (Boulinier et al., 1998).

Des analyses de variance (Anova) et des tests de comparaison des moyennes de Student Newman Keuls (au seuil de 5 %) ont été faits sur les données de richesse spécifique.

Le coefficient de Bray-Curtis mesure la dissimilitude entre deux habitats et sa valeur varie entre 0 et 1. Sa formule est la suivante :

$$BC_{jk} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^p \min(N_{ij}, N_{ik})}{\sum_{i=1}^p (N_{ij} + N_{ik})}$$

où N_{ij} est l'abondance d'une espèce i dans l'échantillon j et N_{ik} est l'abondance de la même espèce i dans l'échantillon k . Le terme \min correspond au minimum obtenu pour deux comptes sur les mêmes échantillons. Les sommes situées au numérateur et au dénominateur

sont réalisées sur l'ensemble des espèces présentes dans les échantillons (Bray et Curtis, 1957).

L'indice de Sørensen mesure la similitude en espèces entre deux habitats. Elle est donnée par : $\beta = (2c) / (S1+S2)$ où c représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats, $S1$ le nombre d'espèces pour l'habitat 1 et $S2$ le nombre d'espèces pour l'habitat 2. Lorsque le coefficient calculé est supérieur à 50 %, on déduit qu'il y a similitude entre les groupements comparés.

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée à partir de la matrice espèces × systèmes d'exploitation des sols afin de ressortir les différents groupes de systèmes évidents. Ces statistiques ont été réalisées avec le logiciel R Edition R x64 3.4.2 (Library Agricolae, FactoMineR, Vegan).

■ RESULTATS

Composition de la végétation herbacée

L'examen global de la flore herbacée du CRZ a révélé la présence de 69 espèces, réparties en 43 genres et appartenant à 13 familles (tableau I). Cette flore était dominée par les Fabaceae (27,5 %), les Poaceae (18,8 %), les Cyperaceae (11,6 %) et les Malvaceae (11,6 %). Suivant le système d'exploitation, les Fabaceae étaient largement majoritaires dans les parcours de pâturage et les jachères tandis qu'elles présentaient des proportions semblables avec les Poaceae et les Cyperaceae dans les parcelles à cultures céréalières et légumineuses. Dans les parcelles cultivées en coton, la flore a été plus diversifiée chez les Poaceae et les Cyperaceae. Malgré leur importance dans la flore globale, les Cyperaceae n'ont été représentées que par une seule espèce dans les parcours (tableau II).

Effet du type d'exploitation sur la richesse spécifique

La richesse spécifique par relevé de végétation a varié significativement en fonction des systèmes d'exploitation des sols (tableau III). Elle a été en moyenne de 23,6 espèces.m⁻², cependant avec une forte variabilité. La plus grande diversité a été observée dans les jachères avec en moyenne 36 espèces.m⁻², suivies des zones de pâturages avec 26 espèces.m⁻². Cependant, les richesses spécifiques moyennes par relevé des autres systèmes d'exploitation des sols n'ont pas été significativement différentes. Cela s'est traduit par un nombre d'espèces total plus important dans les parcelles remises en repos (jachères) que dans les parcelles fortement perturbées par les labours et le sarclage (champs de céréales, de coton et de légumineuses).

Effet du système d'exploitation sur la répartition des espèces en classes et types biologiques

L'étude de la structure globale de la flore montre que les dicotylédones étaient largement majoritaires avec 68 % des espèces recensées contre 32 % de monocotylédones (figure 1). La dominance des dicotylédones était plus marquée dans les parcours et les jachères où leurs proportions étaient respectivement de 78 % et 73 % des espèces. La part des dicotylédones était légèrement inférieure à la moyenne globale dans les champs de céréales et de légumineuses. Dans les champs de coton, les monocotylédones constituaient 57 % des espèces recensées contre 43 % de dicotylédones.

L'examen du type biologique a révélé qu'excepté les deux plantes parasites (*Striga aspera* et *S. hermonthica*), une hémicryptophyte (*Schizachyrium sanguineum*) et une chaméphyte (*Waltheria indica*), la flore était constituée à 94 % de thérophytes (figure 2). D'ailleurs, dans les parcelles de coton et de légumineuses, les thérophytes ont été le seul type biologique répertorié.

Tableau I

Composition de la végétation herbacée du Centre de recherches zootechniques de Kolda au Sénégal

Famille	Espèce	TB	Famille	Espèce	TB
Acanthaceae ^D	<i>Nelsonia canescens</i> (Lam.) Spreng.	T	Fabaceae ^D	<i>Stylosanthes fruticosa</i> (Retz.) Alston	T
Amaranthaceae ^D	<i>Celosia trigyna</i> L.	T		<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr.	T
	<i>Pandiaka involucrata</i> (Moq.) B.D. Jacks.	T		<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	T
Commelinaceae ^M	<i>Commelina gambiae</i> C.B. Clarke	T		<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex DC.	T
Convolvulaceae ^D	<i>Ipomoea kourankoensis</i> A.Chev.	T	Lamiaceae ^D	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	T
	<i>Ipomoea vagans</i> Baker	T	Malvaceae ^D	<i>Corchorus tridens</i> L.	T
	<i>Jacquemonthia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	T		<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	T
	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	T		<i>Sida acuta</i> Burm. f.	T
	<i>Merremia pinnata</i> (Hochst. ex Choisy) Hallier f.	T		<i>Sida linifolia</i> Juss. ex Cav.	T
Cucurbitaceae ^D	<i>Cucumis maderaspatanus</i> L.	T		<i>Sida rhombifolia</i> L.	T
	<i>Cucumis melo</i> L.	T		<i>Sida urens</i> L.	T
Cyperaceae ^M	<i>Bulbostylis barbata</i> (Rottb.) C.B. Clarke	T	Orobanchaceae ^D	<i>Striga aspera</i> (Willd.) Benth.	Par
	<i>Bulbostylis hispidula</i> (Vahl) R.W. Haines	T		<i>Striga hermonthica</i> (Delile) Benth.	Par
	<i>Cyperus amabilis</i> Vahl	T	Plantaginaceae ^D	<i>Scoparia dulcis</i> L.	T
	<i>Cyperus cuspidatus</i> Kunth	T	Poaceae ^M	<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf	T
	<i>Cyperus iria</i> L.	T		<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C.E. Hubb.	T
	<i>Mariscus hamulosus</i> (M. Bieb.) S.S. Hooper	T		<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	T
	<i>Mariscus maderaspatana</i> (Wild.) Napper	T		<i>Cenchrus pedicellatus</i> (Trin.) Morrone	T
	<i>Kyllinga squamulata</i> Thonn. ex Vahl	T		<i>Ctenium elegans</i> Kunth	T
Fabaceae ^D	<i>Aeschynomene indica</i> L.	T		<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	T
	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> Schumach. & Thonn.	T		<i>Digitaria exilis</i> (Kippist) Stapf	T
	<i>Cassia rotundifolia</i> Pers.	T		<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	T
	<i>Chamaecrista absus</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	T		<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	T
	<i>Chamaecrista nigricans</i> (Vahl) Greene	T		<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	T
	<i>Crotalaria goreensis</i> Guill. & Perr.	T		<i>Eragrostis tenella</i> (L.) P.Beauv.	T
	<i>Crotalaria retusa</i> L.	T		<i>Eragrostis tremula</i> (Lam.) Hochst. ex Steud.	T
	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	T		<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	H
	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	T	Rubiaceae ^D	<i>Diodia sarmentosa</i> Sw.	T
	<i>Indigofera macrocalyx</i> Guill. & Perr.	T		<i>Kohautia tenuis</i> (Bowdich) Mabb.	T
	<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	T		<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.	T
	<i>Indigofera pulchra</i> Willd.	T		<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	T
	<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.	T		<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern	T
	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	T		<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	T
	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	T			

^D dicotylédone ; ^M monocotylédone ; TB : type biologique ; T : thérophyte ; C : chaméphyte ; H : hémicryptophyte ; Par : plantes parasites

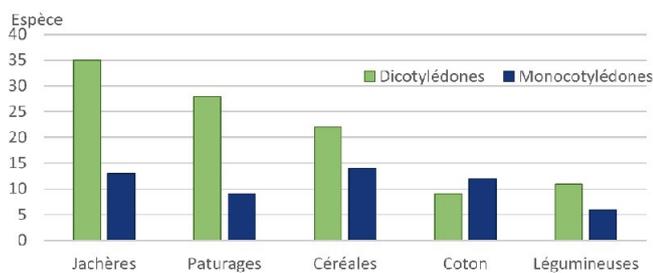


Figure 1 : effet du système d'exploitation sur la répartition des classes d'herbacées au Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal.

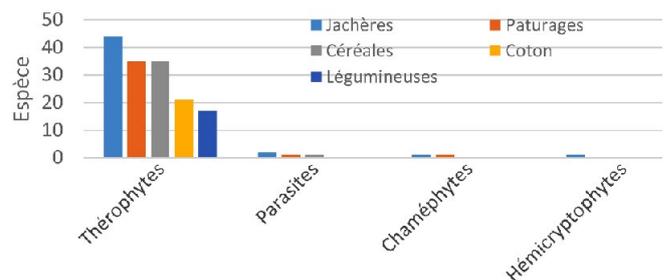


Figure 2 : effet du système d'exploitation sur la répartition des types biologiques d'herbacées au Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal.

Tableau II

Répartition des espèces dans les familles en fonction du système d'exploitation des sols du Centre de recherches zootechniques de Kolda au Sénégal

Famille	Système d'exploitation					Total
	Jachère	Parcours	Céréales	Légumineuses	Coton	
Fabaceae	14	13	8	3	2	19
Poaceae	7	7	6	3	6	13
Cyperaceae	6	1	7	3	5	8
Malvaceae	6	5	4	2	1	8
Rubiaceae	5	5	2	3	3	6
Convolvulaceae	4	2	4	2	1	5
Amaranthaceae	–	1	1	–	–	2
Cucurbitaceae	2	–	–	–	–	2
Orobanchaceae	2	1	–	–	–	2
Acanthaceae	–	–	–	–	1	1
Commelinaceae	–	1	1	–	1	1
Lamiaceae	1	1	1	1	1	1
Plantaginaceae	1	–	1	–	–	1

Tableau III

Effet du type d'exploitation sur la richesse spécifique au Centre de recherches zootechniques de Kolda au Sénégal

Système d'exploitation	Richesse spécifique (espèce.m ²)	Richesse spécifique totale
Jachère	36,0 ^a	48
Parcours	25,8 ^{a,b}	36
Céréales	22,9 ^b	36
Coton	17,6 ^b	21
Légumineuse	15,7 ^b	17
Moyenne	23,6	31,6
Coefficient de variation	27,5	–
P	0,014 [*]	–

^{a,b} Sur la colonne, les moyennes ayant des lettres identiques sont statistiquement équivalentes à 5 % ; * Différence significative à 5 %

Effet du système d'exploitation sur les indices de diversité

Coefficient de similitudes

Le coefficient de similitudes le plus élevé a été enregistré entre les champs de céréales et les jachères. D'une part, la rareté du travail

en profondeur du sol et de l'apport d'herbicide chez les céréales et, d'autre part, l'âge jeune des jachères (– 5ans) expliquerait cette similitude entre les deux milieux. La similitude a été également élevée entre les champs de coton et ceux de légumineuses. Ces systèmes se caractérisaient par une forte intensité de sarclage favorisant la prédominance des espèces résistantes à ces perturbations. *A contrario*, la similitude la plus faible dans la composition floristique a été notée entre les systèmes d'exploitation les moins perturbés (zones de pâturages) du reste (tableau IV).

Indice de dissimilitudes de Bray-Curtis

Le calcul de l'indice de dissimilitudes entre les différents systèmes d'exploitation, issus du travail de classification, a permis de distinguer des groupes de systèmes d'exploitation dont la valeur était supérieure à 0,5 et s'approchait de 1 (tableau V). Il s'agissait de la comparaison entre les pâturages et les autres systèmes d'exploitation des sols. L'indice de dissimilitudes le plus élevé a été noté entre les champs de légumineuses (0,67) et de coton (0,66) par rapport aux zones de parcours. Ces chiffres montraient une grande dissimilitude entre ces groupes et indiquaient la présence d'un grand nombre d'espèces spécifiques à chaque milieu et la forte variabilité de la diversité en fonction de la pratique. Cependant, la comparaison des exploitations cultivées a donné des indices de dissimilitudes en dessous de 0,5, signe d'une similitude dans la composition floristique de ces différents groupes.

Tableau IV

Coefficient de similitudes selon le type d'exploitation (Centre de recherches zootechniques de Kolda au Sénégal)

	Coefficient de similitudes				
	Parcours	Jachères	Céréales	Légumineuses	Coton
Parcours	1	0,54	0,49	0,33	0,28
Jachères		1	0,67	0,52	0,46
Céréales			1	0,57	0,49
Légumineuses				1	0,63
Coton					1

Tableau V

Indice de dissimilitudes de Bray-Curtis selon le type d'exploitation
(Centre de recherches zootechniques de Kolda au Sénégal)

	Indice de dissimilitudes				
	Parcours	Jachères	Céréales	Légumineuses	Coton
Parcours	0	0,46	0,51	0,67	0,66
Jachères		0	0,26	0,48	0,54
Céréales			0	0,40	0,47
Légumineuses				0	0,37
Coton					0

Effet des systèmes d'exploitation sur la répartition de la diversité

Le traitement des données par l'AFC a été réalisé à partir d'un tableau croisé de 69 espèces et 5 variables représentant le système d'exploitation (figure 3). L'essentiel de l'information est concentré sur les plans factoriels 1 et 2 qui expliquent 76 % de l'inertie totale. Sur l'axe 1 deux groupes d'espèces se différencient en fonction du système d'exploitation. Un premier groupe d'espèces s'écartent sur le côté négatif de l'axe 1 et rassemble des espèces présentes exclusivement dans les zones de parcours (*Aeschynomene indica*, *Andropogon pseudapricus*, *Brachiaria lata*, *Ctenium elegans*, *Diodia sarmentosa*, *Indigofera dendroides*, *I. pedicellata*, *I. pilosa*, *I. pulchra*, *Kohautia tenuis*, *Pandiaka involucrata*, *Schizachyrium sanguineum*, *Urena lobata*) où à occurrence élevée dans ces zones (*Alysicarpus ovalifolius*, *Stylosanthes fruticosa*, *Mesosphaerum suaveolens*, *Spermacoce radiata*, etc.). Ce groupe est dominé par le genre *Indigofera* et des Rubiaceae qui sont peu appréciées par le bétail.

Un deuxième groupe caractéristique des zones de culture s'écarte du côté positif de l'axe 1 et se subdivise en deux sous-groupes. Le sous-groupe II-1 est majoritairement formé d'espèces inféodées aux champs de coton. Il s'agit de *Cenchrus biflorus*, *Merremia aegyptia*, *Mariscus hamulosus* et *Nelsonia canescens*.

Le sous-groupe II-2 concentre la majorité de la flore et est formé par des espèces à large spectre qui poussent préférentiellement dans les jachères, les champs de céréales et les champs de légumineuses. Les espèces telles que *Dactyloctenium aegyptium*, *Senna obtusifolia*, *Spermacoce stachydea*, *Ipomoea eriocarpa*, *Sida rhombifolia* appartiennent à ce groupe.

DISCUSSION

Depuis longtemps, les zones tropicales sont caractérisées par une grande diversité d'espèces et une disponibilité du fourrage grâce à des conditions climatiques favorables. Cependant, depuis quelques décennies, les cycles de sécheresse répétitifs et les pressions anthropiques modifient profondément la structure des peuplements herbacés, particulièrement dans la zone soudano-sahélienne d'Afrique. Cette étude menée dans la zone d'emprise du noyau de sélection du CRZ, un milieu semi-contrôlé, a mis en exergue l'influence de différents systèmes d'exploitation des sols sur la structure taxonomique de la végétation herbacée. La richesse spécifique était significativement plus élevée dans les jachères comparées aux pâturages et aux zones de culture. Les jachères sont connues pour être une réserve de biodiversité (Ikuenobe et Anoliefo, 2003) car laissant la chance aux herbacées à cycle long d'arriver à maturité et aux espèces mineures de subsister par l'absence de perturbations profondes.

Malgré une importante pression du cheptel, la diversité est restée très importante dans les pâturages. Cette situation résulte des levées issues du stock semencier du sol mais aussi des déjections d'animaux (Kakabouki et al., 2015). En effet, l'essentiel de la flore levée provenait du stock semencier du sol, mais des auteurs comme Monaco et al. (2002), et Kakabouki et al. (2015) ont relevé que les déjections sont une importante source de semences et contribuent à la réalimentation en semences du sol.

L'érosion de la diversité dans le système cotonnier était la conséquence de l'emploi systématique d'herbicide dans cette culture, alors que dans les parcelles de légumineuses, le faible nombre d'espèces était surtout lié à leur pouvoir de compétition. Selon Masilionyte et al. (2017), les plantes comme le mucuna et le niébé étouffent les plantes volontaires qui se retrouvent privées des éléments nécessaires à leur croissance. Toutefois, d'autres facteurs comme la pluviométrie, la température peuvent aussi influencer la structure et la variabilité des communautés d'adventices (Tang et al., 2014). L'examen du type biologique a révélé l'écrasante prédominance des thérophytes indépendamment du système d'exploitation. Cette prédominance résultait de leur adaptation aux conditions de l'agrosystème, d'un cycle de vie très court et de l'élimination progressive des espèces pérennes (Traoré et Maillet, 1992).

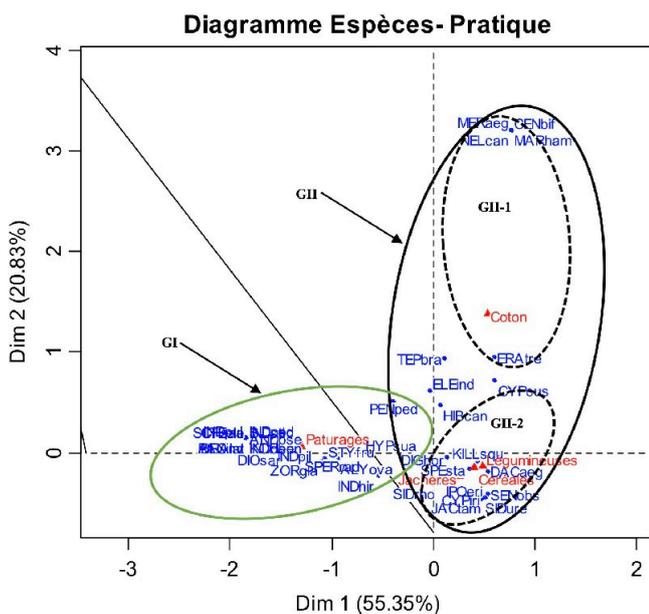


Figure 3 : matrice relevés x systèmes d'exploitation des sols dans le plan des axes F1 (horizontal) x F2 (vertical) de l'analyse factorielle des correspondances, Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal.

L'analyse de la structure de la flore a montré une tendance avec deux tiers de dicotylédones contre un tiers de monocotylédones. Ces observations sont similaires à celles rapportées par Le Bourgeois (1993) au Septentrion camerounais, Traoré et Mailet (1992) au Burkina Faso, Noba (2002) au Sénégal, et Touré et al. (2008) en Côte d'Ivoire, et semblent être une spécificité des milieux soudano-sahéliens. Cependant, les pratiques agricoles, notamment l'utilisation d'herbicide comme dans le cadre de la culture du coton, sont en train de modifier cet état. Ainsi, dans cette étude, les monocotylédones étaient plus présentes que les dicotylédones dans le système cotonnier en raison notamment de certaines espèces comme les commélinacées et certaines cypéracées, résistantes aux herbicides actuellement vulgarisés dans la zone. En outre, la présence de certaines espèces comme *Diodia sarmentosa*, *Kohautia tenuis* et *Mesosphaerum suaveolens* dans les zones de parcours témoignait de la forte pression sur le milieu et la substitution des plantes appréciées par des espèces à faible appétibilité. Malgré cela, les parcours demeuraient avec les jachères les derniers refuges des herbacées à cycle long comme *Andropogon pseudapricus*, *Ctenium elegans*, *Schizachyrium sanguineum*, *Aeschynomene indica*.

■ CONCLUSION

La préservation de la biodiversité végétale est une condition indispensable à la viabilité de l'élevage dans le Centre de recherches zootechniques de Kolda fortement tributaire des ressources végétales. Cependant, les systèmes d'exploitation actuellement en vigueur sont en train de modifier profondément la structure de la flore. Dans les zones de parcours où sont confinés les troupeaux pendant toute la

saison des pluies, le surpâturage est à l'origine de la substitution des espèces appréciées par des espèces à faible appétibilité. Dans les zones cultivées, les pratiques culturales entraînent une forte érosion de la diversité floristique et la prolifération d'espèces adaptées aux milieux perturbés. Dans cette situation, les jachères demeurent l'unique refuge de la biodiversité végétale au moment où la pression foncière raccourcit de plus en plus les temps de réactivation. Cette étude devrait être complétée par une évaluation quantitative de la contribution des espèces et la capacité de charge. Cela permettrait de proposer un plan d'aménagement visant à améliorer la diversité et la production fourragère afin de garantir la sécurité alimentaire du noyau de sélection en toute saison.

Déclaration des contributions des auteurs

SLK et MOL ont assuré la conception, la collecte des données, l'analyse et l'interprétation des données, et la rédaction de la première version ; MD, MD, MG, MSB et KN ont participé à la relecture du manuscrit.

Remerciements

Cette étude a été entièrement réalisée sur fonds propres. Toutefois, nous remercions vivement la direction et l'ensemble du personnel du CRZ de Kolda pour les facilitations.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- ANSD, 2016. Rapport sur la situation économique et sociale du Sénégal Ed. 2013 Elevage, Dakar, Sénégal, 13 p.
- Ba M.-A., Mbaye M., Seck M., Faye A., Bayo M., Niang S., 2009. Quelques aspects de la reproduction dans la mise en œuvre du système d'amélioration génétique à noyau ouvert chez le taurin Ndama au Sénégal. *J. Sci. Technol.*, **8** (2): 12-18
- Boulinier T., Nichols J.-D., Sauer J.-R., Hines J.-E., Pollock K.-H., 1998. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecol.*, **73** (3): 1018-1028, doi: 10.1890/0012-9658(1998)079[1018:ESRTIO]2.0.CO;2
- Core Team, R. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: www.R-project.org/
- Ikuenobe C.-E., Anoliefo G.-O., 2003. Influence of *Chromolaena odorata* and *Mucuna pruriens* fallow duration on weed infestation. *Weed Res.*, **43** (3): 199-207, doi: 10.1046/j.1365-3180.2003.00334.x
- Kakabouki I., Karkanis A., Travlos I.-S., Hela D., Papastylianou P., Wu H., Chachalis D., Sestras R., Bilalis D., 2015. Weed flora and seed yield in quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.) as affected by tillage systems and fertilization practices. *Int. J. Pest Manag.*, **61** (3): 228-234, doi: 10.1080/09670874.2015.1042413
- Le Bourgeois T., 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique) - Amplitude d'habitat et degré d'infestation - Cycle de développement. Thèse Doct., USTL, Montpellier, France, 241 p.
- Masilionyte L., Maiksteniene S., Kriauciuniene Z., Jablonskyte-Rasce D., Zou L., Sarauskis E., 2017. Effect of cover crops in smothering weeds and volunteer plants in alternative farming systems. *Crop Prot.* **91**: 74-81, doi: 10.1016/j.cropro.2016.09.016
- Monaco T.-J., Weller S.-C., Ashton F.-M., 2002. Weed science: Principle and practices. Ed. John Wiley et Sons. New York, Etats-Unis, 685 p.
- Noba K., 2002. La flore adventice dans le sud du bassin arachidier (Sénégal) : Structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse Doct., Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 126 p.
- Tang L., Cheng C., Wan K., Li R., Wang D. 2014. Impact of fertilizing pattern on the biodiversity of a weed community and wheat growth. *Plos one* **9** (1): e84370, doi: 10.1371/journal.pone.0084370
- Traoré H., Mailet J., 1992. Flore adventice des cultures céréalières annuelles du Burkina Faso. *Weed Res.*, **32**: 279-293, doi: 10.1111/j.1365-3180.1992.tb01888.x
- Touré A., Ipou Ipou J., Adou Yao C.-Y., Boreaud M.-K.-N. et N'Guessan E.-K., 2008. Diversité floristique et degré d'infestation par les mauvaises herbes des agroécosystèmes environnant la forêt classée de Sanaimbo, dans le centre-est de la Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.* **20** (1): 13-22, doi: 10.4314/aga.v20i1.1732

Summary

Kâ S.L., Ly M.O., Diouf M., Diandy M., Guéye M., Mbaye M.S., Noba K. Plant diversity in the rangelands of the breeding unit of Kolda Zootechnical Research Center in the Sudanian zone of Senegal

Located in the Sudanian area of Senegal, Kolda Zootechnical Research Center is subdivided into rangeland and annual crop areas. Because of its tolerance to trypanosomosis, the Ndama breed is the only cattle breed undergoing selection studies at the Center. In recent years, however, there has been high pressure on grazing areas because of the increase in herd size and areas allocated to annual crops. This situation risks to reduce the diversity of forage species and thus to impact the genetic performance of the animals and compromise selection objectives. The objective of the study was to evaluate the combined effect of overgrazing and crop activities on the taxonomic structure of grassland vegetation in a semi-extensive system. Vegetation surveys were carried out on 75 plots of 0.25-square meter in the diverse land-use units at the end of the rainy season. Thus, 69 species in 43 genera and 13 families were inventoried. The species richness was highest in the fallows, followed by the rangelands, with 36 and 26 species.m⁻² respectively. Species diversity was low in leguminous and cotton fields. In rangelands, the dominating families were Rubiaceae (*Diodia sarmentosa*, *Spermacoce stachydea*) and Lamiaceae (*Mesosphaerum suaveolens*), which have low palatability to livestock, as well as deep-rooted grasses (*Andropogon gayanus*, *Schizachyrium sanguineum*). The results revealed that the Center's land-use system negatively affected the composition and diversity of grasses and promoted the proliferation low-palatability species to cattle.

Keywords: Ndama cattle, herbaceous plants, forage, botanical composition, flora, Sahel, Senegal

Resumen

Kâ S.L., Ly M.O., Diouf M., Diandy M., Guéye M., Mbaye M.S., Noba K. Diversidad herbácea en los centros de selección de cultivo del Centro de Investigación Zootécnica de Kolda en la zona sudanesa de Senegal

Ubicado en la zona sudanesa de Senegal, el Centro de Investigación Zootécnica de Kolda se subdivide en zona de tránsito y zona de cultivos anuales. Debido a su tolerancia a la tripanosomosis, la raza Ndama es la única raza de ganado objeto de un estudio de selección en el Centro. Sin embargo, en los últimos años, ha habido una fuerte presión sobre las zonas de tránsito relacionada con el aumento del tamaño del rebaño y de las áreas asignadas a los cultivos anuales. Esto podría reducir la diversidad de especies forrajeras y, por lo tanto, afectar el rendimiento genético de los animales, comprometiendo los objetivos de reproducción. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto combinado del sobrepastoreo y las actividades agrícolas sobre la estructura taxonómica de la vegetación herbácea en un sistema semi-extenso. Se tomaron muestras de vegetación en las distintas unidades de ocupación del suelo al final de la temporada de lluvias en 75 particiones de 0,25 metro cuadrado. Así, se catalogaron 69 especies distribuidas en 43 géneros y 13 familias. La riqueza específica fue mayor en los barbechos, seguida de las zonas de tránsito, con 36 y 26 especie/m² respectivamente. La diversidad de especies fue baja en los campos de leguminosas y los campos de algodón. En las zonas de tránsito dominaron principalmente las Rubiaceae (*Diodia sarmentosa*, *Spermacoce stachydea*) y Lamiaceae (*Mesosphaerum suaveolens*), familias de plantas con baja palatabilidad, así como gramíneas de raíces profundas (*Andropogon gayanus*, *Schizachyrium sanguineum*) fueron dominadas en particular. Los resultados revelaron que el sistema de utilización de la tierra del Centro afectó negativamente la composición y diversidad de las plantas herbáceas y favoreció la proliferación de especies poco apetecidas por el ganado.

Palabras clave: ganado bovino Ndama, plantas herbáceas, forrajes, composición botánica, flora, Sahel, Senegal

Caractéristiques de la végétation herbacée d'une parcelle mise en défens dans le Ferlo Nord au Sénégal

César Bassène¹ Mariama Dalanda Diallo^{1*} Bakary Diaité¹
Aliou Diop² Aliou Guissé³

Mots-clés

Plante herbacée, fourrage, composition botanique, flore, Sahel, Sénégal

Submitted: 5 February 2019

Accepted: 11 December 2019

Published: 17 September 2020

DOI: 10.19182/remvt.10.19182/remvt.31895

Résumé

Cette étude se propose d'évaluer les caractéristiques de la végétation herbacée dans le Ferlo Nord au Sénégal. La végétation joue un rôle essentiel dans la vie des populations sahéniennes car elle constitue une ressource fourragère très importante pour les animaux. Elle est aussi très utilisée par la population locale comme bois de chauffage, bois d'œuvre et dans l'alimentation. C'est ainsi que la gestion durable des ressources végétales d'une localité nécessite la connaissance de la flore pour appuyer les politiques de développement durable. C'est à cet effet que des inventaires de la strate herbacée ont été réalisés sous couvert et hors couvert sur une parcelle de cinq hectares mise en défens. La méthodologie d'inventaire adoptée a été la technique du « tour de champ » sur une période de quatre ans (2014–2017). Les résultats ont permis de dénombrer 66 espèces réparties dans 43 genres et 20 familles. Parmi ces espèces, les dicotylédones ont été dominantes avec 46 espèces (69,7 %), alors que les monocotylédones n'ont été représentées que par 20 espèces (30,3 %). Les familles les plus représentatives ont été les Poaceae avec 17 espèces, suivies des Fabaceae avec 7 espèces et des Malvaceae avec 6 espèces. Les thérophytes ont représenté 91 % des types biologiques, alors que les chaméphytes et les géophytes n'ont représenté que 4,5 % chacun. Au plan biogéographique, les espèces d'affinités africaines et pantropicales ont été dominantes avec respectivement 30,3 % et 24,2 % des espèces de la flore.

■ Comment citer cet article : Bassène C., Diallo M.D., Diaité B., Diop A., Guissé A., 2020. Characteristics of the herbaceous vegetation of an enclosure in Ferlo North in Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 207-212, doi : 10.19182/remvt.10.19182/remvt.31895

■ INTRODUCTION

Le Ferlo, situé au nord du Sénégal, est une zone de transition entre le Sahara aride au nord et la savane au sud (Diallo et al., 2017). Il correspond à la zone sylvopastorale caractérisée par une végétation composée de strates arbustive et arborée dominées par les espèces épineuses, et d'une strate herbacée. Cette végétation joue un rôle

essentiel dans la vie des populations sahéniennes car elle constitue une ressource fourragère très importante pour les animaux et apporte un complément alimentaire tout en étant utilisée comme bois de chauffage, d'œuvre et comme médicaments par la population locale (Lykke et al., 2004 ; Billen, 2016). Les principales contraintes environnementales de cette région sont la faiblesse et l'irrégularité des pluies, suivies d'une augmentation de la température (Niang, 2009). Ces contraintes se manifestent par des modifications de la composition floristique de la végétation (Bakhom, 2012). La végétation de cette zone se présente sous forme de tapis herbacé plus ou moins continu pouvant atteindre 0,60 à un mètre de hauteur (Ndiaye et al., 2013), parsemé d'arbres qui influencent le développement des plantes herbacées. Les travaux de Grouzis et Akpo (2003), et de Diallo et al. (2017) montrent une influence positive des espèces arborées sur la richesse et la structure de la flore, et la production de phytomasse. La strate herbacée est composée principalement d'espèces annuelles. Elle présente des regroupements d'espèces dont chacun traduit un équilibre adaptatif avec les conditions de milieu.

De nombreuses études sur les types biologiques des espèces herbacées ont été conduites dans plusieurs pays comme celles de Cornet et

1. UMI Environnement, Santé, Sociétés, UGB, UCAD, CNRS, CNRST, USTTB, Observatoire Homme-Milieus international de Tèssékéré, UFR des sciences agronomiques, de l'aquaculture et des technologies alimentaires, Université Gaston Berger, BP 234, Saint-Louis, Sénégal.

2. UFR des sciences appliquées et technologie, Université Gaston-Berger, Saint-Louis, Sénégal.

3. UMI Environnement, Santé, Sociétés, UGB, UCAD, CNRS, CNRST, USTTB, Département de biologie végétale, Faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta Diop, Observatoire Homme-Milieus international de Tèssékéré, Dakar-Fann, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221 77 642 09 74 ; mariama-dalanda.diallo@ugb.edu.sn



Poupon (1977), Noba et al. (2010), Thiombiano et al. (2012), et Melom et al. (2015). Ces études ont contribué à une meilleure connaissance de la flore dans certaines zones. Ainsi, cette connaissance permet d'appuyer les politiques de développement pour une gestion durable des ressources végétales dans un lieu donné. La présente étude se propose de montrer la diversité floristique d'une parcelle mise en défens pendant plus de 15 ans. Elle vise à déterminer la diversité spécifique de la flore de la strate herbacée qui constitue la principale source de nourriture pour le bétail, et d'identifier les types biologiques des espèces et leurs affinités biogéographiques.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée à Widou Thiengoly dans le Ferlo (15° 58' N et 15° 18' O, altitude 43 m) entre octobre 2014 et octobre 2017 (figure 1). Elle a été menée dans une parcelle expérimentale de cinq hectares, initiée par un projet allemand. La parcelle a été mise en défens afin d'avoir un aperçu sur l'effet de la protection d'un espace sur la diversité spécifique de la strate herbacée.

Le climat est de type sahélien aride caractérisé par deux saisons bien distinctes : une saison sèche de huit à neuf mois (octobre à juin) et une saison humide avec des pluies concentrées sur une période de trois à quatre mois (juillet à septembre). Le régime pluviométrique se situe entre les isohyètes 100 et 500 millimètres. La température moyenne mensuelle est généralement élevée et varie entre 18 °C en janvier et 40 °C (parfois plus) en mai (Diallo et al., 2017). Depuis 1970, il y a une tendance à la hausse des températures de 0,1 à 1,8 °C (CSE, 2002).

Sur le plan morpho-pédologique, la zone appartient au Ferlo sableux caractérisé par un relief peu accidenté avec des sols subarides tropicaux et brun clair formés de matériaux sableux pauvres en argile. En ce qui concerne l'hydrologie, on distingue les nappes profondes, appelées aquifères du Maestrichtien et de l'Eocène, de celles dites superficielles ou nappes du Continental terminal et du Quaternaire (Michel, 1973).

La végétation est composée d'arbres épineux, d'arbustes et d'herbes annuelles. La végétation ligneuse est composée d'espèces comme *Acacia senegal*, *A. tortilis* var. *raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Sclerocarya birrea*. Le taux de couverture de la végétation ligneuse au niveau de la parcelle mise en défens est de

15 % avec comme espèce dominante *Balanites aegyptiaca*. Le taux de recouvrement de la végétation herbacée, variable d'une année à une autre, peut atteindre 70 % quand la saison pluvieuse est abondante avec une hauteur moyenne de 30 à 40 centimètres. Beaucoup d'espèces herbacées à affinité soudanienne ont nettement régressé tandis que d'autres plus saharo-sahéliennes ont profité de la sécheresse pour s'étendre (Diallo et al., 2012).

Méthodologie

La présente étude a consisté à faire des inventaires de la flore herbacée à l'aide de relevés phytosociologiques. Ces relevés ont tous été effectués début octobre qui correspond à la fin de la saison pluvieuse et du cycle de développement des herbacées dans la zone. La technique d'inventaire employée a été celle du « tour de champ ». Elle consiste à inventorier toutes les espèces dans une surface d'observation en la parcourant dans différentes directions (Noba et al., 2004). Les relevés ont été effectués sous couvert des arbres et hors couvert, sur une période de quatre ans (2014 à 2017). Sous couvert, l'aire d'inventaire correspond à la projection verticale du houppier au sol, soit une surface circulaire dépendant du houppier de l'arbre qui à son tour dépend du développement de la plante (Akpo, 1993). Les inventaires hors couvert ont été effectués sur des surfaces d'observation de 10 m × 10 m soit 100 mètres carrés délimités à l'aide d'une corde et de piquets de bois d'après Gounot (1969).

Traitement des données

L'analyse floristique quantitative (famille, genre et espèce) a été réalisée à partir de la liste floristique des différents inventaires. L'identification des espèces a été faite à l'aide de la flore de Berhaut (1967). La nomenclature utilisée a été celle de Lebrun et Stork (1991, 1992, 1995, 1997). La classification APG IV (2016) a été utilisée pour établir la liste des familles.

Les types biologiques désignent l'ensemble des particularités morphologiques qui jouent un rôle dans la résistance aux conditions défavorables, donc dans la localisation des espèces végétales (Raunkier, 1934). Les types biologiques (TB) utilisés étaient ceux définis par Raunkier (1934) et adaptés pour l'étude des formations végétales tropicales par divers auteurs (Thiombiano et al., 2012). La répartition géographique des espèces a été réalisée selon les travaux de Noba et al. (2004), et de Bassène et al. (2012).

■ RESULTATS

Composition floristique

Le tableau I contient la liste globale des espèces rencontrées au cours de cette étude. Chaque espèce a été définie par sa présence, son type biologique et sa répartition géographique. Cette liste nous a permis d'établir la structure de la flore des adventives dans cette surface mise en défens. Au total 64 relevés ont été effectués au cours des quatre années.

La structure de cette flore herbacée a été établie sur la base de la liste globale (tableau II). La flore de la parcelle mise en défens comprenait 66 espèces réparties dans 43 genres et 20 familles. Les dicotylédones étaient dominantes avec 46 espèces (69,7 %), alors que les monocotylédones n'ont été représentées que par 20 espèces (30,3 %).

Le tableau III montre l'importance relative des différentes familles répertoriées dans la zone. Sur les 20 familles rencontrées, trois familles étaient dominantes et représentaient 45,5 % des espèces de la flore. Ces familles étaient par ordre d'importance les Poaceae (17 espèces), les Fabaceae (7) et les Malvaceae (6). Les autres familles ont contribué à 54,5 % de l'effectif total des espèces rencontrées.

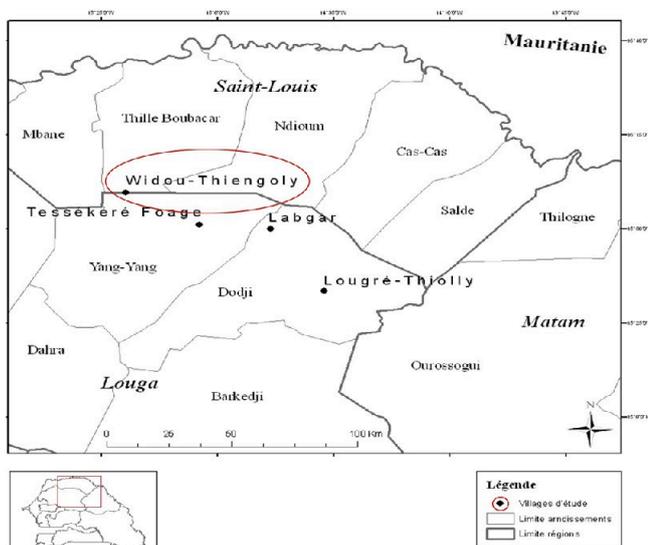


Figure 1 : localisation de la zone d'étude au Sénégal.

Tableau I

Espèces inventoriées selon le type biologique et la répartition géographique dans le Ferlo au Sénégal (2014–2017)

Famille	Espèce	TB	AB
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	T	Pt
Amaranthaceae	<i>Achyranthes argentea</i> Lam.	T	Af
	<i>Achyranthes aspera</i> L.	T	Cosm
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	T	Pt
Araceae	<i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr.	G	Af
Boraginaceae	<i>Heliotropium bacciferum</i> Forssk.	T	As
	<i>Heliotropium strigosum</i> Willd.	T	Mas
Cleomaceae	<i>Cleome viscosa</i> L.	T	Mas
	<i>Cleome tenella</i> L.	T	Mas
Convolvulaceae	<i>Ipomoea coptica</i> (L.) Roth ex Roem. & Schult.	T	Asu
	<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	T	Asu
	<i>Merremia pinnata</i> (Hochst. ex Choisy) Hallier	T	Af
Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	T	Cosm
	<i>Cucumis melo</i> var. <i>agrestis</i> Naudin	T	As
	<i>Momordica balsamina</i> L.	T	Pt
	<i>Momordica charantia</i> L.	T	Pt
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	G	Cosm
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	G	Cosm
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia aegyptiaca</i> Boiss.	T	Af
Fabaceae			
Caesalpinioideae	<i>Senna italica</i> Mill.	C	Af
	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	T	Pt
Faboideae	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. & Thonn.) J. Léo.	T	Pt
	<i>Indigofera aspera</i> Perr. ex DC.	T	Af
	<i>Indigofera colutea</i> (Burm. f.) Merr.	T	Asu
	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	T	Pt
	<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex DC.	T	Pt
Malvaceae			
Malvoideae	<i>Abutilon pannosum</i> (Forst. f.) Schlechtend.	C	As
	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	T	Af
	<i>Hibiscus sidaeiformis</i> Baill.	T	Af
	<i>Pavonia zeylanica</i> (L.) Cav.	C	As
Tilioideae	<i>Corchorus aestuans</i> L.	T	Masu
	<i>Corchorus tridens</i> L.	T	Asu
Molluginaceae	<i>Gisekia pharmacoides</i> L.	T	Mas
	<i>Limeum diffusum</i> (J. Gay) Schinz	T	Af
	<i>Mollugo cerviana</i> L.	T	Af
	<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	T	Af
Nyctaginaceae	<i>Boerhaavia erecta</i> L.	T	Pt
	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	T	Pt
Pedaliaceae	<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	T	Af
	<i>Rogeria adenophylla</i> Gay ex Delile	T	Af
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn.	T	Af
	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	T	Af
	<i>Phyllanthus pentandrus</i> Schum. & Thonn.	T	Masu
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	T	Pt
	<i>Aristida mutabilis</i> Trin. & Rupr.	T	Af
	<i>Brachiaria deflexa</i> (Schum.) Robyns	T	Mas
	<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf	T	Asu
	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	T	As
	<i>Chloris barbata</i> Sw.	T	As
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	T	Pt
	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	T	Pt
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	T	Pt
	<i>Enteropogon prieurii</i> Kunth	T	Af
	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	T	Pt
	<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	T	Cosm
	<i>Eragrostis tenella</i> (L.) P.Beauv.	T	Af
	<i>Eragrostis tremula</i> (Lam.) Hoc. ex Steud	T	As
	<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	T	As
	<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	T	As
	<i>Tripogon minimus</i> (A. Rich.) Steud	T	Af
Portulacaceae	<i>Portulaca foliosa</i> Ker Gawl.	T	Cosm
	<i>Portulaca oleracea</i> L.	T	Cosm
Rubiaceae	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	T	Pt
	<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.	T	Af
Solanaceae	<i>Datura metel</i> L.	T	Cosm
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	T	Cosm

TB : type biologique ; C : chaméphyte ; G : géophyte ; T : thérophyte ; AB : affinités biogéographiques des espèces Af : africaines ; As : afro-asiatiques ; Asu : afro-asiatiques et australiennes ; Mas : afro-asiatiques-américaines-australienne ou européennes ; Pt : pantropicales ; Cosm : cosmopolites

Spectre biologique

Les types biologiques des espèces recensées sont représentés dans la figure 2. Le spectre biologique montre que les thérophytes, plantes annuelles, dominaient nettement la flore : 91 % contre seulement 9 % d'espèces vivaces composées de chaméphytes et de géophytes avec une contribution de 4,5 % chacune.

Affinités biogéographiques

La figure 3 montre la répartition géographique des espèces rencontrées. Les espèces à affinités africaines (30,3 %) et pantropicales (24,2 %) représentaient plus de la moitié (54,5 %) de la répartition biogéographique des espèces recensées. Les cinq autres affinités biogéographiques représentaient 45,5 % des espèces.

Tableau II

Composition floristique des espèces inventoriées dans le Ferlo au Sénégal (2014–2017)

Classe	Famille		Genre		Espèce	
	N	%	N	%	N	%
Monocotylédones	3	15	13	30,23	20	30,3
Dicotylédones	17	85	30	69,77	46	69,7
Total	20	100	43	100	66	100

Tableau III

Contribution en genres et espèces des différentes familles identifiées dans la parcelle de mise en défens dans le Ferlo au Sénégal (2014–2017)

Famille	Genre		Espèce	
	N	%	N	(%)
Poaceae (M)	11	25,58	17	25,76
Fabaceae (D)	4	9,30	7	10,61
Malvaceae (D)	4	9,30	6	9,09
Cucurbitaceae (D)	3	6,98	4	6,06
Molluginaceae (D)	3	6,98	4	6,06
Amaranthaceae (D)	2	4,65	3	4,55
Convolvulaceae (D)	2	4,65	3	4,55
Phyllanthaceae (D)	1	2,33	3	4,55
Boraginaceae (D)	1	2,33	2	3,03
Cleomaceae (D)	1	2,33	2	3,03
Cyperaceae (M)	1	2,33	2	3,03
Nyctaginaceae (D)	1	2,33	2	3,03
Pedaliaceae (D)	2	4,65	2	3,03
Portulacaceae (D)	1	2,33	2	3,03
Rubiaceae (D)	1	2,33	2	3,03
Aizoaceae (D)	1	2,33	1	1,52
Araceae (M)	1	2,33	1	1,52
Euphorbiaceae (D)	1	2,33	1	1,52
Solanaceae (D)	1	2,33	1	1,52
Zygophyllaceae (D)	1	2,33	1	1,52
Total	43	100	66	100

M : monocotylédone ; D : dicotylédone

■ DISCUSSION

L'inventaire floristique de la parcelle expérimentale a révélé la présence de 66 espèces réparties en 43 genres et 20 familles. La présence de 17 espèces de Poaceae, soit 25 % des espèces recensées, a montré que cette flore était constituée principalement de graminées thérophytes (annuelles) adaptées aux sols sableux secs, et des espèces indicatrices de zone perturbée comme les genres *Ipomoea* et *Indigofera* (Akoegninou et al., 2006). Ces deux genres sont connus par les éleveurs de la zone comme étant très appréciés par le bétail. Cependant, la composition chimique, la digestibilité, la valeur énergétique, protéique et vitaminique des espèces de ces genres ne sont pas bien connus et dépendent de nombreux facteurs comme la composition

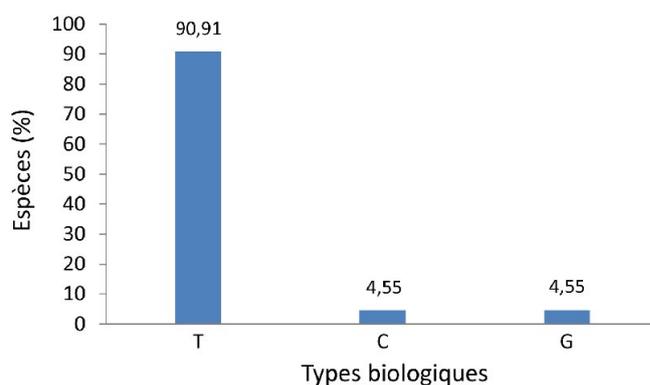


Figure 2 : contribution du nombre d'espèces en fonction du type biologique (T : thérophytes; C : chaméphytes; G : géophytes).

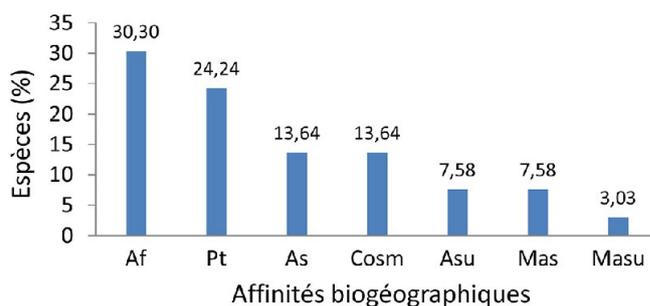


Figure 3 : contribution de la richesse spécifique suivant l'affinité biogéographique (espèces Af : africaines ; Pt : pantropicales ; As : afro-asiatiques ; Cosm : cosmopolites ; Asu : afro-asiatiques et australiennes ; Mas : afro-malgaches et asiatiques ; Masu : afro-asiatiques-américaines-australiennes ou européennes)

du sol, la présence de matière organique, l'intensité des précipitations et le stade de végétation (Kaboré-Zougrana et al., 2008).

Les familles les plus représentatives étaient les Poaceae, les Fabaceae et les Malvaceae. La forte proportion de Poaceae pouvait s'expliquer par le fait que ces taxons bouclent leur cycle rapidement, possèdent une très grande possibilité de tallage (Akossoua et al., 2010) et offrent un potentiel fourrager très important, ce qui favoriserait l'exploitation de la zone à des fins pastorales (Yoka et al., 2013). Nos résultats corroborent ceux de Ndiaye et al. (2013) dans la zone de Widou sur la dominance des Poaceae et des Fabaceae. La richesse spécifique de notre parcelle pouvait s'expliquer par le fait que les espèces situées dans la parcelle mise en défens atteignaient la phase de reproduction sans risque d'être broutées. Dans cette situation, on note moins de pression de pâturage, ce qui favoriserait le renouvellement du stock semencier de ces espèces.

Les résultats du spectre biologique ont montré que les thérophytes dominaient nettement cette flore, témoignant de la xéricité de la zone d'étude (Koulibaly et al., 2006). Cela est d'ailleurs confirmé par la faible représentativité des chaméphytes et des géophytes (Melom et al., 2015). Selon Mbayngone (2008), la prédominance des thérophytes traduit aussi une prévalence des formations savanicoles. Ceci est confirmé par les données des températures très élevées et une pluviométrie faible accélérant l'évapotranspiration qui impacte négativement les herbacées (Fall, 2014). L'évaporation entraîne un important déficit hydrique qui expliquerait le caractère très ouvert des formations végétales. Ces résultats confirment l'assertion de Schmidt et al. (2005) selon laquelle les types biologiques reflètent non seulement les paramètres structuraux dans une végétation mais également les conditions environnementales variées.

L'abondance des espèces à affinités africaines semble probablement liée à la position géographique du Ferlo. La rareté de la pluie dans cette zone et la composition de la végétation permettent de le classer dans le domaine sahélien. La présence des espèces annuelles majoritairement représentées par des thérophytes appartenant aux Poaceae et aux Fabaceae est caractéristique du domaine sahélien. Ces résultats corroborent ceux de Noba et al. (2010), et Melom et al. (2015).

■ CONCLUSION

Cette étude, qui avait pour objectif de rechercher les informations sur le couvert végétal herbacé d'une parcelle mise en défens dans la zone du Ferlo, a permis de caractériser cette flore. La strate herbacée présente une dominance d'espèces de type biologique thérophyte, et d'espèces d'affinités africaines et pantropicales. L'approfondissement de cette étude dans le domaine du fourrage permettrait de faire des propositions de mise en défens des parcelles pour assurer l'alimentation de qualité du bétail dans cette zone pastorale, et de poursuivre la comparaison dans le temps des différents inventaires de la mise en défens avec ceux des zones pâturées.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Agence (française) nationale de la recherche au titre du Labex DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010. Les auteurs remercient aussi le projet Observatoire international hommes-milieux (OHMi) de Tèssékéré pour avoir financé les travaux et fourni la logistique de terrain.

Déclaration des contributions des auteurs

MDD a coordonné la conception, la planification et la réalisation de l'étude et a participé à la rédaction de la première version du manuscrit ; CB a participé à la collecte, analyse et interprétation des données et à la rédaction de la première version ; BD a participé à la collecte des données et à la rédaction du manuscrit ; AD et AG ont supervisé les travaux et ont contribué à la révision critique du manuscrit.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Akoegninou A., Van Der Burg W.-J., Van Der Maesen L.-J.-G., 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Wageningen, Pays-Bas 1034 p.
- Akossoua F.-K., Adou Y.-C.-Y., Ipou J.-I., Kamanzé K., 2010. Diversité floristique des zones côtières pâturées de la Côte d'Ivoire : Cas du cordon littoral Port-Bouët-Grand-Bassam (Abidjan). *Sci. Nat.*, **7** (1): 69-86, doi: 10.4314/scinat.v7i1.59936
- Akpo L.-E., 1993. Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Orstom éd., TDM, Paris, France, 174 p.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: *Bot. J. Linnean Soc.*, **181** (1): 1-20, doi: 10.1111/boj.12385
- Bakhom C., 2012. Diversité et capacité de régénération naturelle du peuplement ligneux dans les systèmes agraires de bassin arachidier en zone soudano sahélienne (région de Kaffrine, Sénégal). Thèse Doct., UCAD, Dakar, Sénégal, 155 p.
- Bassène C., Mbaye M.-S., Kane A., Diangar S., Noba K., 2012. Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces. *J. Appl. Biosci.*, **59** : 4307-4320, ISSN 1997-5902
- Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal, deuxième édition plus complète avec les forêts humides de Casamance. Clairafrique, Dakar, Sénégal, 485 p.
- Billen L., 2016. Jardins féminins aux portes du Sahel. Image à la une : *Géococonfluences*, 20 mai 2016.
- Cornet A., Poupon H., 1977. Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne du Sénégal. *Bull. IEAM*, **39** (2): 243-302.
- CSE, ROSEL T/OSS., 2002. Synthèse des études diagnostiques des sites de l'observatoire du Ferlo. Dakar, Sénégal, 10 p.
- Diallo M.-D., Mahamat-Saleh M., Goalbaye T., Ndiaye O., Diallo A., Diop A., Guisse A., 2017. Évolution de la diversité floristique des herbacées sous cinq espèces ligneuses dans la zone Nord Ferlo au Sénégal. *Cah. Obs OHMi Tèssékéré*, **6**: 15-27.
- Fall B., 2014. Le Ferlo sénégalais : Approche géographique de la vulnérabilité des anthropo-systèmes sahéliens. Thèse Doct., Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité, Paris, France, 379 p.
- Gounot M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Compagnie, Paris, France, 314 p.
- Grouzis M., Akpo L.-E., 2003. Influence d'Acacia raddiana sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferlo sénégalais In : Un arbre au désert : Acacia raddiana. IRD Éditions, Montpellier, France, doi: 10.4000/books.irdeditions.5236
- Kaboré-Zoungrana C., Diarra B., Adandedjan C., Savadogo S., 2008. Valeur nutritive de *Balanites aegyptiaca* pour l'alimentation des ruminants. *Livest. Res. Rural Dev.*, **20** (4)
- Koulibaly A., Goetze D., Traore D., Porembski S., 2006. Protected versus exploited savannas: characteristics of the Sudanian vegetation in Ivory Coast. *Candollea*, **61**: 425-452
- Lebrun J.-P., Stork A., 1991, 1992, 1995, 1997. Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol 1, 2, 3, 4. Genève : Conservatoire et Jardin botanique Genève, Suisse. Vol. I, II, III, IV, pp. 249, 257, 341, 712.
- Lykke A.M., Kristensen M.K., Ganaba S., 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodivers. Conserv.*, **13**: 1961-1990, DOI : 10.1023/B:BIOC.0000035876.39587.1a.
- Mbaygone E., 2008. Flore et végétation de la réserve partielle de la faune de Pama Sud-est du Burkina-Faso. Thèse Unique, Université Ouagadougou, 138 p.
- Melom S., Mbayngone E., Bechir A.-B., Ratnan N., Mapongmetsem P.-M., 2015. Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Mas-sena au Tchad (Afrique centrale). *J. Anim Plant Sci.*, **25** (1): 3799-3813
- Michel P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique. Thèse. Mémoire ORSTOM, Bondy, France, 3 tomes, 753 p.
- Ndiaye O., Diallo A., Sagna M.-B., Guisse A., 2013. Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *Vertigo*, **13** : 3-12, doi: 10.4000/vertigo.14352
- Niang, K., 2009. L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-Nord (Sénégal). Mem. DEA de biologie végétale, FST/UCA, 11-16
- Noba K., Ba A.-T., Caussanel J.-P., Mbaye M.-S., Barralis G., 2004. Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia*, **59** (2): 293-308, doi : 10.1080/00837792.2004.10670774
- Noba K., Mbaye M.-S., Coundoul M., Kane A., Hane P.-D., Ba N., Mbaye N., et al., 2010. La flore du Parc national des oiseaux de Djoudj une zone humide du Sénégal. *Sécheresse*, **21** (1) : 71-78, doi: 10.1684/sec.2009.0208
- Raunkier C., 1934. The life forms of plants and statistical plants geography. Oxford University Press, Londres, Grande Bretagne.
- Schmidt M., Krefl H., Thiombiano A., Zizka G., 2005. Herbarium collection and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. *Divers. Distrib.*, **11**: 509-516, doi : 10.1111/j.1366-9516.2005.00185.x
- Thiombiano A., Schmidt M., Dressler S., Ouédraogo A., Zizka G., 2012. Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. *Boissiera*, (65) 391.
- Yoka J., Loumeto J.-J., Djego J., Vouidibio J., Epron D., 2013. Évaluation de la diversité floristique en herbacées des savanes de la cuvette congolaise (République du Congo). *Afr. Sci.*, **9**(2): 110 - 123, doi: 10.4314/ijbcs.v11i4.7

Summary

Bassène C., Diallo M.D., Diaité B., Diop A., Guissé A. Characteristics of the herbaceous vegetation of an enclosure in North Ferlo in Senegal

This study aimed to assess the characteristics of the herbaceous vegetation in North Ferlo in Senegal. The vegetation plays an essential role in the life of Sahelian populations because it constitutes a very important fodder resource for animals. It is also commonly used by the local population for firewood, timber and food. Thus, the sustainable management of plant resources in a given location requires knowledge of the flora to support sustainable development policies. To this end, inventories of the grass layer were carried out under cover and out of the canopy on a five-hectare enclosure. The inventory methodology adopted was the 'cross-the-field-in-all-directions' technique over a four-year period (2014–2017). The results enabled to identify 66 species in 43 genera and 20 families. Among the species, dicotyledons were dominant with 46 species (69.7%), whereas monocotyledons were represented by only 20 species (30.3%). The most representative families were the Poaceae with 17 species, followed by the Fabaceae with 7 species, and the Malvaceae with 6 species. Therophytes accounted for 91% of the biological types, whereas chamephytes and geophytes accounted for only 4.5% each. Biogeographically, African and pantropical affinity species were dominant with respectively 30.3% and 24.2% of the species in the flora.

Keywords: herbaceous plants, forage, botanical composition, flora, Sahel, Senegal

Resumen

Bassène C., Diallo M.D., Diaité B., Diop A., Guissé A. Características de la vegetación herbácea en una parcela protegida en el Ferlo norte de Senegal

El presente estudio se propone evaluar las características de la vegetación herbácea en el Ferlo norte en Senegal. La vegetación juega un papel esencial en la vida de las poblaciones del Sahel, puesto que constituye una fuente forrajera muy importante para los animales. Es también muy utilizada por la población local como madera combustible, madera de construcción y para la alimentación. Es así que la gestión durable de los recursos vegetales de una localidad requiere el conocimiento de la flora para apoyar las políticas de desarrollo durable. Para este efecto se realizaron inventarios del estrato herbáceo bajo cobertura y sin cobertura en una parcela bajo protección de cinco hectáreas. La metodología de inventario adoptada fue la técnica de "la rotación del campo" durante un periodo de cuatro años (2014–2017). Los resultados permitieron la identificación de 66 especies distribuidas en 43 géneros y 20 familias. Entre estas especies, fueron dominantes las dicotiledóneas con 46 especies (69,7%), mientras que las monocotiledóneas fueron representadas únicamente por 20 especies (30,3%). Las familias más representativas fueron las Poaceae con 17 especies, seguidas por las Fabaceae con 7 especies y las Malvaceae con 6 especies. Los terófitos representaron 91% de los tipos biológicos, mientras que los chamefitos y los geófitos solo representaron 4,5% cada uno. Desde el plano biogeográfico, las especies con afinidades africanas y pantropicales fueron dominantes, con 30,3% y 24,2% respectivamente de las especies de la flora.

Palabras clave: plantas herbáceas, forrajes, composición botánica, flora, Sahel, Senegal

Caractéristiques de la végétation herbacée de trois jeunes plantations de baobabs (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance, Sénégal

Tamsir Mbaye ^{1*} Ababacar Ndiaye ² Mamadou Sow ²
Mamadou Diallo ² Dioumacor Fall ³ Daouda Ngom ⁴
Mouhamed Charrahabil ³ Saliou Ndiaye ⁵ Aminata Beye ⁴

Mots-clés

Plante herbacée, composition botanique, *Adansonia digitata*, graminée fourragère, Casamance, Sénégal

Submitted: 1 February 2019
Accepted: 15 September 2020
Published: 12 February 2021
DOI: 10.19182/remvt.36314

Résumé

L'étude a été réalisée dans les régions de Kolda et de Sédhiou, en Haute et Moyenne Casamance, dans de jeunes plantations de baobabs (*Adansonia digitata* L.) installées en 2014 pour raccourcir le cycle de production afin de réduire la pression exercée sur les populations adultes de baobabs, de plus en plus menacées. L'objectif était d'évaluer l'influence des plantations de baobabs sur la diversité et la production de biomasse du tapis herbacé selon les localités. Les plantations ont été constituées de parcelles clôturées de 0,5 hectare chacune, subdivisées en trois blocs. Chaque bloc a été subdivisé en quatre sous-blocs. Dans chaque sous-bloc, un relevé floristique a été effectué selon la méthode de Braun-Blanquet. Parallèlement, d'autres relevés ont été réalisés dans des parcelles non clôturées (témoins) avoisinant les plantations. La récolte de la biomasse herbacée s'est faite dans des placettes de 32 mètres carrés précédemment délimitées pour l'inventaire floristique, avec cinq prélèvements aux quatre coins et au milieu. La flore globale inventoriée comprenait 63 espèces réparties en 41 genres et 17 familles, dont 40 espèces à Dianabo, 38 à Sénoba et à Saré Modika, et 46 dans la zone témoin. L'indice de Shannon, avec 1,19 à Dianabo, 1,16 à Sénoba et 1,13 à Saré Modika, et l'indice d'équitabilité, avec 0,62 à Dianabo et Saré Modika et 0,60 à Sénoba, ont très peu différencié une plantation à l'autre et de la zone témoin où ils ont été respectivement de 1,23 et 0,63. La phytomasse obtenue a été respectivement de 2,85, 6,6 et 5,1 tonnes de matière sèche par hectare respectivement à Dianabo, à Sénoba et dans les parcelles témoins.

■ Comment citer cet article : Mbaye T., Ndiaye A., Sow M., Diallo M., Fall D., Ngom D., Charrahabil M., Ndiaye S., Beye A., 2020. Characteristics of the herbaceous vegetation of three young baobab (*Adansonia digitata* L.) plantations in Middle and Upper Casamance, Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3) : 213-220, doi : 10.19182/remvt.36314

■ INTRODUCTION

Des études récentes ont montré que les populations de baobabs des régions de Kolda et de Sédhiou, au sud du Sénégal, sont devenues

vieilles (Cissé et Gning, 2013 ; Ndiaye, 2013). Face à cette situation, des technologies innovantes (greffage, planches maraichères...) pour leur rajeunissement ont été promues à travers des plantations de baobabs greffés dans des espaces clôturés. Dans la perspective de leur gestion durable, il a semblé nécessaire de connaître la diversité floristique du tapis herbacé, notamment sa composition floristique et sa diversité spécifique mais aussi sa production en matière fraîche et sèche. En effet, cette compréhension de l'écologie des espèces situées dans la parcelle clôturée est importante pour la gestion à long terme des plantations de baobabs (Le Bourgeois et Marnotte, 2002). De même, la connaissance de cette flore passe nécessairement par l'évaluation de la biomasse produite par ses différents constituants (Auclair et Metayer, 1980). Pour répondre à ce besoin, nous avons étudié l'influence des plantations clôturées de baobabs sur la diversité et la production des plantes herbacées.

1. ISRA/PPZS, Dakar, Sénégal.
2. UASZ/département agroforesterie, Ziguinchor, Sénégal.
3. ISRA/CNRA, Bambey, Sénégal.
4. UCAD/PPZS, Dakar, Sénégal.
5. UT/ENSA, Thiès, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance
Email : tamsir76@yahoo.fr

 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

■ MATERIEL ET METHODES

Matériel

L'étude a été menée en Haute et Moyenne Casamance dans les régions de Kolda et de Sédhiou (figure 1). Cette zone, située au sud du Sénégal, est caractérisée par un climat de type soudanien marqué par l'alternance d'une longue saison sèche de sept mois (novembre à mai) et d'une saison pluvieuse de cinq mois (juin à octobre). Les températures oscillent entre 15 et 45 °C et les précipitations annuelles varient entre 800 et 1200 mm (PRDI, 2013). Les plantations de baobabs, où les inventaires ont été effectués, se trouvent dans les villages de Dianabo, Sénoba et Saré Modika. Dianabo est localisé dans la commune de Saré Bidji, département de Kolda, région du même nom. Sénoba et Saré Modika sont situés dans la commune de Boghal, département de Bounkiling, région de Sédhiou.

Au plan socioéconomique, les Peulhs (75 %) dominent largement, suivis des Manding (7,3 %), des Wolofs (7,2 %), des Sarakolés (2,3 %), des Diolas (1,3 %), des Sérères (1,1 %) et d'autres ethnies (5,5 %). L'élevage, l'exploitation forestière et le commerce sont les principales activités économiques (PRDI, 2013).

Inventaire de la flore

Les données sur la flore herbacée ont été obtenues à l'aide d'un inventaire floristique, réalisé au mois d'octobre 2015, au niveau de trois jeunes plantations de baobabs installées en 2014. Les parcelles abritant les jeunes plantations de baobabs avaient une superficie de 0,5 hectare (soit 100 m x 50 m) chacune. Chaque site était entièrement clôturé avec du grillage pour servir de protection et limiter la divagation des animaux. La plantation était constituée de trois blocs subdivisés chacun en quatre sous-blocs. Dans chaque sous-bloc, un relevé botanique a été effectué (figure 2 à gauche). Parallèlement, d'autres relevés ont été réalisés dans des parcelles non clôturées (témoins) (figure 2 à droite). Au total, 36 relevés ont été réalisés dans les trois plantations soit 12 par sites, et 10 relevés dans les zones témoins.

Les 36 relevés floristiques ont été réalisés en procédant d'abord à la délimitation des placettes d'inventaire (figure 2) (Poissonet et César, 1972 ; Grouzis, 1988 ; Fournier, 1991). Pour cette étude, la taille de chaque placette était de 32 mètres carrés (Levang et Grouzis, 1980 ; Ngom, 2014).

La méthode d'inventaire utilisée s'est appuyée sur la technique du relevé phytosociologique de Braun-Blanquet et al. (1932) qui consiste à dresser la liste des espèces présentes dans chaque placette. En plus de l'inventaire de toutes les espèces, le recouvrement qui correspondait à la surface occupée par le tapis herbacé formé par chaque espèce a été estimé à vue. C'est sur la base de l'estimation du recouvrement qu'un coefficient d'abondance-dominance a été affecté à chaque espèce.

L'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet et al. (1932) a été utilisée à cet effet : + correspond aux individus rares (ou très rares) et à un recouvrement très faible ; 1 correspond à des individus assez abondants mais à un recouvrement faible, inférieur à 1/20 ; 2 correspond à des individus très abondants et à un recouvrement de 1/20 à 1/4 ; 3 correspond à un nombre d'individus quelconque et à un recouvrement de 1/4 à 1/2 ; 4 correspond à un nombre d'individus quelconque et à un recouvrement de 1/2 à 3/4 ; 5 correspond à un nombre d'individus quelconque et à un recouvrement de plus de 3/4. Les espèces non reconnues sur le terrain ont été collectées, mises en herbarium et identifiées à l'aide des flores du Sénégal (Bérhaut, 1967 ; 1971-1979) et de l'ouvrage « Adventices tropicales » (Merlier et Montegut, 1982).

Evaluation de la biomasse herbacée

La récolte de la biomasse herbacée s'est opérée dans les placettes de 32 m² précédemment délimitées pour l'inventaire floristique. Ainsi, dans chaque placette, cinq prélèvements ont été effectués - un par coin et un au milieu - selon la méthode de la récolte intégrale (Levang et Grouzis, 1980). Le carré de prélèvement avait une surface de 0,25 m² (0,5 m de côté).

La matière fraîche était pesée sur le terrain à l'aide d'une balance électronique. Pour l'évaluation et l'estimation de la biomasse sèche, un échantillon de 100 g constitué par le mélange des cinq prélèvements

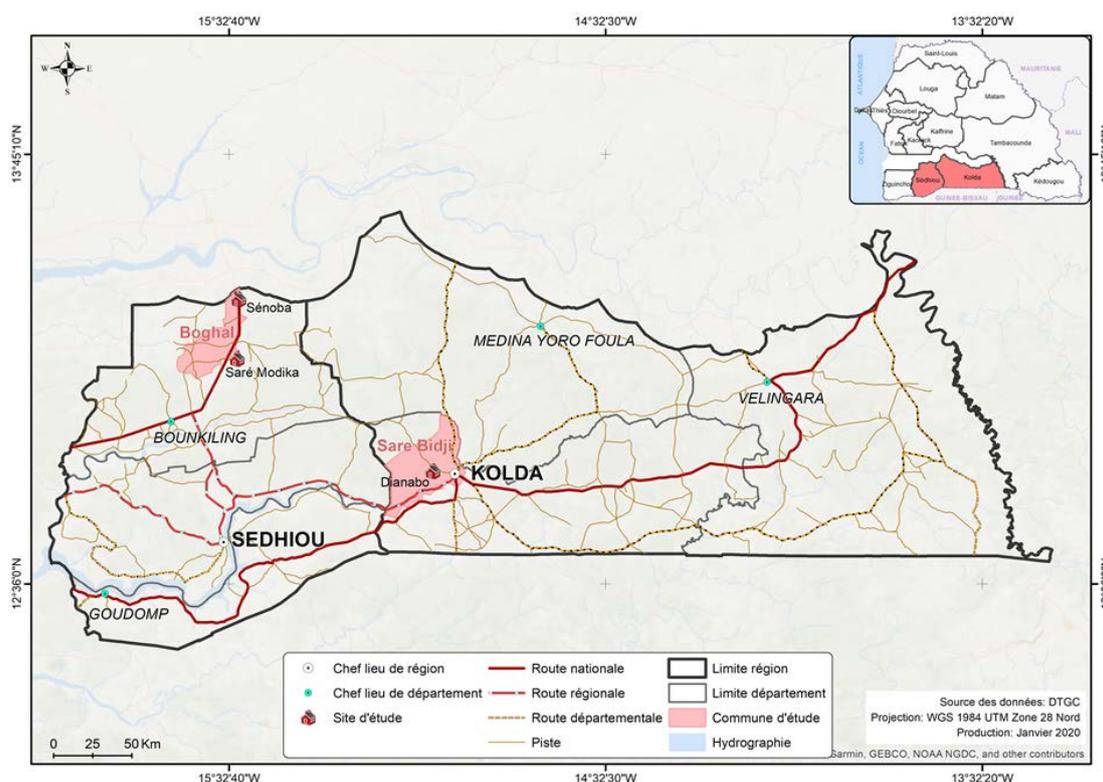


Figure 1 : Localisation des sites d'étude en Casamance, Sénégal.

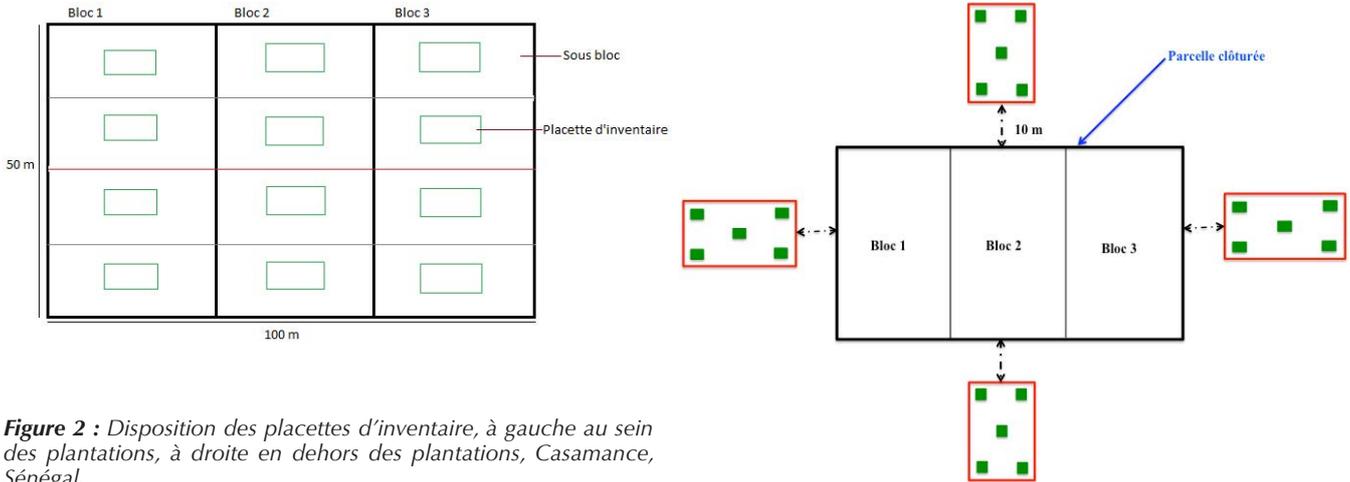


Figure 2 : Disposition des placettes d'inventaire, à gauche au sein des plantations, à droite en dehors des plantations, Casamance, Sénégal.

de chaque placette a été pesé et mis en sachet. Quarante-six échantillons ont été mis à l'étuve à 80 °C pendant dix jours avec une pesée toutes les 48 h pour la détermination du poids sec.

Traitement des données

Les logiciels Word (2013) et Excel (2013) ont été utilisés pour la saisie et le traitement des données, et XLSAT 6.1.9 (version d'évaluation) pour la comparaison des indices de diversité et l'analyse des variances.

Richesse spécifique

La richesse spécifique totale (RST) représente la liste de toutes les espèces qui peuplent un écosystème donné (Long, 1974). La richesse spécifique moyenne (RSM) correspond au nombre moyen d'espèces par relevé pour un échantillon donné (Ngom, 2014). Ces deux paramètres ont été établis par localité mais aussi pour l'ensemble de la zone d'étude.

Fréquence spécifique

La fréquence estime la distribution de chaque espèce (fréquence relative) dans les localités. Elle s'exprime en pourcentage et se calcule par la formule (Ngom, 2014) : $F_{si} = \frac{N_i}{N} \times 100$, avec F_{si} la fréquence spécifique de l'espèce i , N_i le nombre de relevés où l'espèce i est présente, N le nombre total de relevés.

Contribution spécifique

Elle s'exprime par la formule (Ngom, 2014) : $C_{si} = \frac{F_{si}}{\sum F_{si}}$. La contribution d'une espèce est le rapport entre sa fréquence spécifique et la somme des fréquences spécifiques des autres espèces (Diallo, 2012). Elle traduit la participation de l'espèce au recouvrement de la surface du sol (Daget et Poissonet, 1965).

Indices de diversité

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') est défini par la formule (Makany, 1976 cité par Yoka et al., 2013) : $H' = -\sum C_{si} \log_2 C_{si}$, avec C_{si} la contribution spécifique de l'espèce i , \log_2 le logarithme calculé comme base 2.

L'indice d'équitabilité (E) de Pielou ou indice de régularité est obtenu par la formule : $E = \frac{H'}{H_{max}}$, avec H' l'indice d'équitabilité de Pielou, $H_{max} = \log_2 S$, S l'effectif total des espèces.

Biomasse herbacée

Les échantillons de biomasse prélevés par carré de rendement de 0,25 m² ont permis de déterminer la quantité de biomasse par placette.

Les valeurs obtenues à partir des placettes ont été rapportées à l'ensemble du site afin d'estimer la biomasse à l'hectare. La biomasse est exprimée en tonnes de matière sèche par hectare selon la formule (Ngom, 2014) : $Biomasse\ sèche = TMS * PF$, avec $TMS = \frac{PS}{PF} \times 100$, où TMS est la teneur en matière sèche, PS le poids sec, PF le poids frais.

■ RESULTATS

Richesse floristique

La richesse spécifique totale a varié en fonction des sites (figure 3). Le site témoin a présenté la RST la plus élevée (46 espèces). Sénoba et Saré Modika ont eu la RST la plus faible (38 espèces). La richesse spécifique moyenne a également été variable. La plus grande RSM (18 espèces/relevé) a été observée Saré Modika, la plus faible à Sénoba (12 espèces/relevé).

Composition floristique globale

Les familles les plus représentées ont été les Poaceae avec 25,4 %, soit 16 espèces et les Fabaceae avec 20,6 % soit 13 espèces, représentant 46 % des individus inventoriés (figure 4). Elles étaient suivies par les Cyperaceae, les Malvaceae et les Rubiaceae constituées chacune de quatre espèces (soit 6,3 %). Cinq des dix-sept familles mentionnées étaient représentées par une seule espèce : Araceae, Compositae, Cucurbitaceae, Scrophulariaceae et Solanaceae.

Crotalaria (6,3 % soit quatre espèces), *Eragrostis* (6,3 % soit quatre espèces), *Cassia* (4,8 % soit trois espèces), *Commelina* (4,8 % soit trois espèces) et *Ipomoea* (4,8 % soit trois espèces) ont été les genres les plus rencontrés dans toute la zone d'étude.

La flore globale recensée était riche de 63 espèces réparties en 41 genres et 17 familles. La figure 5 montre que *Spermacoce stachydeia* DC. (91,3 %) a été l'espèce la plus présente suivie de *Pennisetum*

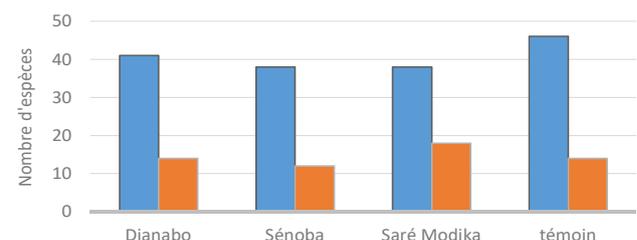


Figure 3 : Variation de la richesse spécifique totale (en bleu) et moyenne (en orange) de la flore entre les différents villages, Casamance, Sénégal.

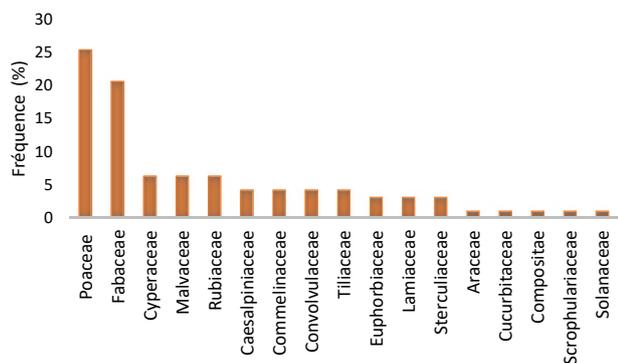


Figure 4 : Fréquence des familles les plus présentes dans la zone d'étude, Casamance, Sénégal.

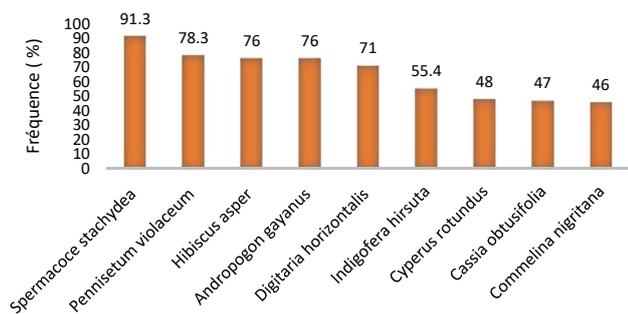


Figure 5 : Fréquence des dix espèces les plus présentes dans l'ensemble de la zone d'étude, Casamance, Sénégal.

violaceum (Lam.) Rich. ex Pers. (78,3 %), *Hibiscus asper* Hook. f. (76 %) et *Andropogon gayanus* Kunth (76 %), et *Digitaria horizontalis* Wild. (71,7 %). Ces cinq espèces ont été présentes dans plus de 70 % des relevés effectués.

Composition floristique des trois plantations de baobabs et du site témoin

A Dianabo, 41 espèces appartenant à 29 genres et réparties en 14 familles ont été recensées. *Cassia*, *Crotalaria* et *Tephrosia* étaient les genres dominants avec trois espèces chacun.

A Sénoba, 38 espèces appartenant à 29 genres et 12 familles ont été identifiées. Les genres *Crotalaria*, *Eragrostis* et *Ipomoea* avec trois espèces chacun étaient les plus rencontrés.

A Saré Modika, 38 espèces appartenant à 30 genres et 15 familles ont été identifiées. Les genres *Commelina*, *Ipomoea* et *Eragrostis* étaient dominants avec trois espèces chacun.

Au niveau du site témoin, le tapis herbacé était riche de 46 espèces relevant de 32 genres et 15 familles. *Cassia*, *Eragrostis* et *Sida* étaient les genres les plus représentés avec trois espèces chacun.

Les résultats montrent que les Poaceae et les Fabaceae qui regroupaient près de 50 % des espèces inventoriées dominaient largement les autres familles dans tous les sites (tableau I). Quinze espèces étaient communes aux différentes plantations et au site témoin : *Commelina nigriflora* Benth var. *gambica* (C.B. Clarke) Brenan, *Ipomoea eriocarpa* R. Br., *Cyperus rotundus* L., *Alysicarpus ovalifolius* (Schumacher) J. Léonard, *Indigofera hirsuta* L., *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., *Hibiscus asper*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf, *Digitaria horizontalis*, *Eragrostis tremula* Hochst. ex Steud., *Pennisetum pedicellatum* Trin., *Setaria pumila* (Poir) Roemer & Schult., *Mitracarpus scaber* Zucc. ex Schult. & Schult. f., et *Spermacoce stachydea* (DC).

Aussi, chaque site était caractérisé par une à quatre espèces qui lui étaient spécifiques : *Amorphophallus aphyllus* (Hook.) Hutch. et *Tephrosia bracteolata* Guill. & Perr. pour Dianabo, *Mariscus cylindristachyus* Steud., *Fimbristylis hispidula* (Vahl) Kunth, *Crotalaria ebanoidea* (Guill. & Perr.) Walp., *Desmodium hirtum* Guill. & Perr., et *Melochia corchorifolia* L. pour Sénoba, et *Corchorus olitorius* L. pour Saré Modika. Quant aux parcelles témoins, *Euphorbia hirta* L., *Sida cordifolia* et *Sesbania rostrata* Bremek. & Oberm étaient les espèces qui leur étaient spécifiques.

Parmi les espèces les plus fréquentes, trois se retrouvaient dans les trois quarts des sites étudiés : *Andropogon gayanus* à Dianabo, à Sénoba et dans les parcelles témoins ; *Spermacoce stachydea* à Dianabo, à Sénoba et dans les parcelles témoins ; *Pennisetum violaceum* à Sénoba, à Saré Modika et dans les parcelles témoins (figure 6).

Recouvrement

Le recouvrement global à Dianabo était de 77 % (tableau I). La plupart des espèces recensées (88 %) avaient un recouvrement spécifique moyen faible avec un pourcentage d'abondance-dominance compris entre 1 % et 5 %. Dans cette localité, les espèces qui présentaient un recouvrement spécifique moyen supérieur à 5 % étaient *Andropogon gayanus* (32 %), *Digitaria horizontalis* (11 %), *Hyptis suaveolens* (9 %), *Cyperus rotundus* (8 %) et *Mitracarpus scaber* (7 %).

A Sénoba, le tapis herbacé occupait 97 % de la surface de la plantation, près de 82 % de ses espèces avaient un pourcentage d'abondance-dominance variant entre 1 % et 5 % donc des recouvrements spécifiques moyens faibles. Sept espèces présentaient un recouvrement spécifique supérieur à 5 % : *Andropogon gayanus* (41 %), *Andropogon* sp. (23 %), *Crotalaria retusa* (11 %), *Spermacoce stachydea* (10 %), *Cassia nigricans* Vahl. (7,6 %), *Eleusine indica* (L.) Gaertner. (5,5 %) et *Mariscus cylindristachyus* Steud. (5,3 %).

A Saré Modika, 98 % de la surface était recouverte d'herbacées avec une grande majorité (82 %) présentant un recouvrement spécifique faible et un pourcentage d'abondance-dominance variant entre 1 % et 5 %. Certaines avaient un recouvrement spécifique supérieur à 5 % comme *Digitaria horizontalis* (37 %), *Cyperus rotundus* (9 %), *Dactyloctenium aegyptium* L. (Wild.) (8 %), *Commelina nigriflora* Benth var. *gambica* (C.B. Clarke) Brenan (7,25 %), *Corchorus tridens* L. (6 %) et *Pennisetum violaceum* (5 %).

Au niveau des parcelles témoins, la couverture herbacée du sol était égale à 100 %. Une partie importante des espèces rencontrées (80 %) avait un recouvrement faible avec un pourcentage d'abondance-dominance variant entre 1 % et 5 %. Les espèces qui présentaient un recouvrement spécifique moyen supérieur à 5 % étaient *Andropogon gayanus* (37,5 %), *Andropogon* sp. (23,5 %), *Spermacoce stachydea* (10,2 %), *Pennisetum pedicellatum* (10 %), *Digitaria horizontalis* (8 %), *Spermacoce* sp. (8 %), *Cassia nigricans* (5,5 %), *Indigofera hirsuta* L. (7 %) et *Eragrostis ciliaris* (L.) R.Br. (5,3 %).

Indices de diversité et test de Fisher

Les résultats du calcul des principaux indices de diversité (indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), indice d'équitabilité (E) de Pielou, la diversité maximale (Hmax) sont résumés dans le tableau II. L'indice de Shannon était faible sur l'ensemble de la zone d'étude (< 1,5 bits) et sa valeur variait entre 1,19 et 1,23 d'un site à l'autre. Il y avait donc très peu de différences entre les indices des différentes plantations. S'agissant de l'indice d'équitabilité de Pielou (E), il variait aussi très peu d'une plantation à l'autre (0,60 et 0,63).

Le test de Fisher a été utilisé pour comparer la composition floristique des différentes plantations de baobabs. Des différences significatives sont apparues entre Dianabo et Saré Modika (p = 0,049), entre

Tableau I
Composition floristique en fonction des sites, Casamance, Sénégal

Famille (n = 17) Espèce (n = 62)	D	S	SM	T
Araceae				
<i>Amorphophallus aphyllus</i> (Hook) Hutch	X			
Caesalpiniaceae				
<i>Cassia abusus</i> L.	X			X
<i>Cassia nigricans</i> Vahl.	X	X		X
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	X		X	X
Commelinaceae				
<i>Commelina benghalensis</i> L.		X	X	
<i>Commelina forskalaei</i> Vahl.	X		X	X
<i>Commelina nigritana</i> Benth	X	X	X	X
Compositae				
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.			X	X
Convolvulaceae				
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	X	X	X	X
<i>Ipomoea heterotricha</i> F. Didr.	X	X	X	
<i>Ipomoea</i> sp.		X	X	X
Cucurbitaceae				
<i>Cucumis melo</i> L.		X	X	X
Cyperaceae				
<i>Cyperus rotundus</i> L.	X	X	X	X
<i>Fimbristylis hispidula</i> Vahl. Kunth		X		
<i>Kyllinga squamulata</i> Vahl.		X	X	
<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.		X		
Euphorbiaceae				
<i>Euphorbia hirta</i> L.				X
<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. et Thonn.	X		X	
Fabaceae				
<i>Aeschynomene indica</i> L.	X			X
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> Schum. et Thonn	X	X	X	X
<i>Crotalaria atrorubens</i> Hochst.	X			
<i>Crotalaria comosa</i> Baker	X	X		X
<i>Crotalaria ebenoides</i> Guill. et Perr.		X		
<i>Crotalaria retusa</i> L.	X	X		X
<i>Desmodium hirtum</i> Guill. et Perr.		X		
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	X	X	X	X
<i>Sesbania rostrata</i> Brem				X
<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. et Perr.	X			
<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	X	X		
<i>Tephrosia</i> sp.	X	X		X
Lamiaceae				
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.		X	X	X
<i>Ocimum basilicum</i> L.			X	X
Malvaceae				
<i>Hibiscus asper</i> Hook		X	X	X
<i>Sida alba</i> L.		X		X
<i>Sida cordifolia</i> L.				X
<i>Sida stipulata</i> Cav.			X	X
Poaceae				
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth		X	X	X
<i>Andropogon</i> sp.			X	X
<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf		X	X	X
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> L. (Wild.)		X		X
<i>Digitaria horizontalis</i> Wild.		X	X	X
<i>Digitaria velutina</i> P. Beauv.		X		X
<i>Eragrostis tremula</i> Hochst. ex Steud		X	X	X
<i>Eragrostis lingulata</i> Clayton				X
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br.			X	X
<i>Eragrostis pilosa</i> L.		X		X
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn			X	X
<i>Pennisetum violaceum</i> (Lam.) Rich. ex Pers.				X
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.		X	X	X
<i>Rottboellia exaltata</i> L.		X	X	
<i>Setaria pumila</i> (Poiret) Roemer & Schultes		X	X	X
Rubiaceae				
<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc. ex Schultes & Schultes	X	X	X	X
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	X		X	X
<i>Spermacoce</i> sp.	X			X
<i>Spermacoce stachydea</i> (DC.)	X	X	X	X
Scrophulariaceae				
<i>Striga aspera</i> (Wild.) Benth.			X	X
Solonaceae				
<i>Physalis angulata</i> L.		X		X
Sterculiaceae				
<i>Melochia corchorifolia</i> L.			X	
<i>Waltheria indica</i> L.		X	X	X
Tiliaceae				
<i>Corchorus olitorius</i> L.				X
<i>Corchorus tridens</i> L.		X	X	X
<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.		X	X	X

D : Dianabo (n = 40) ; S : Sénoba (n = 36) ; SM : Saré Modika (n = 37) ; T : Témoin (n = 44)

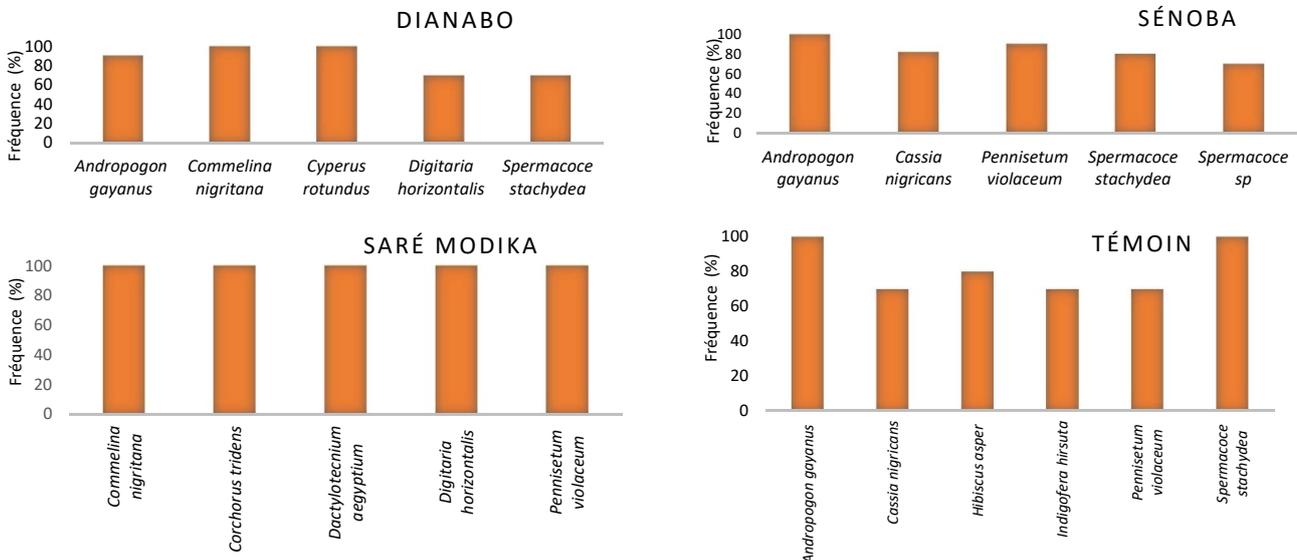


Figure 6 : Fréquence des espèces les plus présentes par site, Casamance, Sénégal.

Sénoba et Saré Modika ($p = 0,013$), et entre les parcelles témoins et Saré Modika ($p = 0,004$) (tableau III). Le test a aussi révélé que la composition floristique de Saré Modika était significativement différente de celle des autres plantations. En revanche, il n'y avait pas de différence significative entre Sénoba et Dianabo ($p = 0,566$), entre les parcelles témoins et Dianabo ($p = 0,359$), et entre les parcelles témoins et Sénoba ($p = 0,757$).

Evaluation de la biomasse herbacée

La quantité de matière sèche (MS) a varié selon les localités (figure 7). La phytomasse la plus importante était présente à Sénoba (6,60 t MS/ha) et la plus faible à Dianabo (2,85 t MS/ha). Une faible variation de la teneur en MS a été observée entre les différentes localités. En effet, cette teneur a varié de 25,7 % (parcelles témoins) à 23 % (à Dianabo).

Tableau II

Indices de diversité par site d'étude, Casamance, Sénégal

	D	S	SM	T	ZE
H'(bits)	1,19	1,13	1,16	1,23	1,30
Hmax	1,90	1,88	1,88	1,96	2,10
E	0,62	0,60	0,62	0,63	0,63

D : Dianabo ; S : Sénoba ; SM : Saré Modika ; T : témoin ; ZE : zone d'étude

Tableau III

Différences entre les sites d'étude selon le test de Fisher, Casamance, Sénégal

Modalités	Pr. > Diff	Significatif
Témoin ~ Saré Modika	0,004	Oui
Témoin ~ Dianabo	0,359	Non
Témoin ~ Sénoba	0,757	Non
Sénoba ~ Saré Modika	0,013	Oui
Sénoba ~ Dianabo	0,566	Non
Dianabo ~ Saré Modika	0,049	Oui

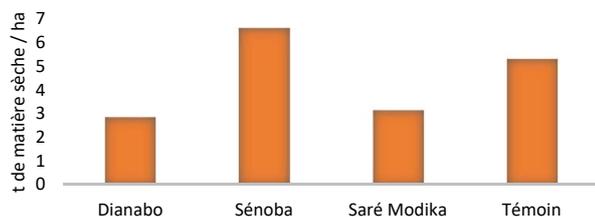


Figure 7 : Variation de la quantité de matière sèche suivant les localités, Casamance, Sénégal.

■ DISCUSSION

La richesse floristique constitue un indicateur qui renseigne sur la présence ou l'absence d'espèces. Cette richesse peut indiquer les capacités d'adaptation des différentes espèces en fonction de diverses conditions liées au sol ou au climat (Grouzis et Akpo, 1997 ; Ngom et al., 2014).

La flore recensée dans les différentes plantations de baobabs était riche de 63 espèces réparties de manière relativement homogène dans

les différents sites. Le test de Fisher a permis de montrer une diversité non négligeable au sein des sites où les plantations de baobabs étaient installées. Ainsi, les parcelles témoins se caractérisaient par une flore plus riche que celle des plantations de baobabs. Une telle différence serait liée aux activités agricoles exercées au sein des plantations qui entraînent une baisse du nombre d'espèces. En effet, les plantations de baobabs, avec un écartement de sept mètres entre les arbres, sont cultivées. De tels résultats corroborent ceux obtenus par Mahamane et al. (2009) selon lesquels la mise en culture diminuerait la diversité floristique, notamment le nombre d'espèces. En effet, les graines enfouies dans le sol, dans les espaces non cultivés sont plus disposées à germer, contrairement à celles des plantations de baobabs mises en culture.

Dans l'ensemble, les familles les plus représentées étaient les graminées (Poaceae) et les légumineuses (Fabaceae). Ces résultats sont relativement identiques avec ceux obtenus par Diallo et al. (2015), Ndiaye (2013), et Akpo et al. (2002). Par ailleurs, la flore herbacée dominée par les Poaceae (26,6 %) et les Fabaceae (12,02 %) dans les sites inventoriés serait liée à leur très grande capacité de repousse et constituerait un atout non négligeable pour la productivité herbacée des plantations de baobabs comme l'ont indiqué Yoka et al. (2013). Toutefois, la diversité des plantes herbacées de Haute Casamance est plus importante que celle du Ferlo. En effet, Ndiaye (2013) n'ont retrouvé que 52 espèces herbacées, réparties en 37 genres appartenant à 21 familles, comparé à celles retrouvées dans les sites de Dianabo, Sénoba et Saré Modika.

Le test de comparaison des divers paramètres de diversité biologique (RST, RSM, H', Hmax et E) a montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les différentes localités. En effet, l'indice de Shannon était presque le même dans toutes les localités. De même, l'indice d'équitabilité de Pielou a différé d'une localité à l'autre. L'indice de Shannon faible dans l'ensemble (< 1,5 bits) et l'équitabilité assez élevée (0,6) s'expliqueraient par le fait que certaines espèces présentaient de forts recouvrements alors que la majorité des autres avaient un recouvrement faible. Selon Orth et Collette (1996) et Legendre et Legendre (1998), l'indice de Shannon a des valeurs fortes pour des espèces avec des recouvrements de même importance et faibles lorsque certaines espèces ont de recouvrements forts. Pour l'indice d'équitabilité, il tend vers 0 quand une espèce a un très fort recouvrement et tend vers 1 lorsque toutes les espèces présentent la même importance. L'analyse du recouvrement des espèces indique les mêmes observations. En général, une importante partie des espèces inventoriées (80 % au niveau du témoin, 82 % à Saré Modika et à Sénoba, 88 % à Dianabo) avaient des recouvrements faibles. Leur pourcentage d'abondance-dominance variait entre 1 % et 5 %. Peu d'espèces présentaient de forts recouvrements.

Les valeurs quasi identiques des indices de diversité et de Shannon, d'une part, et d'équitabilité de Pielou, d'autre part, indiquaient la présence d'une flore relativement homogène dans l'ensemble. Ceci pouvait être dû au fait que les localités appartenaient à la même zone bioclimatique.

La production de phytomasse était assez importante avec cependant des différences significatives entre les sites. La production de 6,60 t MS/ha de phytomasse à Dianabo serait due à la forte présence des graminées (Poaceae) et des légumineuses (Fabaceae). En effet, les Poaceae et les Fabaceae disposent d'un fort potentiel de repousse et de bonnes capacités de production herbacée (Ndiaye, 2013) et Diallo et al. (2015). Cette forte présence de Poaceae et de Fabaceae pourrait constituer un avantage pour l'alimentation des animaux sur les sites d'implantation des plantations de baobabs grâce à leur fort potentiel fourrager. En outre, les plantations de baobabs pourraient être très intéressantes dans l'amélioration des pâturages comme l'ont montré plusieurs auteurs avec d'autres ligneux (Von Maydell, 1983 ; Guinko et al., 1989 ; Guinko, 1997 ; Baumer, 1995 ; Ickowicz et al., 2005). En effet, les baobabs pourraient à travers leur apport en éléments nutritifs

(azote et protéines) contribuer à l'amélioration de la diversité et de la phytomasse du couvert herbacé (Akpo et Grouzis, 2004 ; Ndiaye, 2013). De même, les plantations étant clôturées, elles sont protégées contre le pâturage incontrôlé des animaux.

■ CONCLUSION

L'étude de la strate herbacée de trois jeunes plantations de baobabs en Haute et Moyenne Casamance a permis de connaître leur richesse et leur composition floristiques ainsi que leur biomasse herbacée. Les jeunes plantations de baobabs présentent une bonne diversité herbacée et une bonne production de phytomasse en raison sûrement de leurs protections. Toutefois, le suivi de l'évolution de la flore en fonction des stress abiotiques et biotiques et des traitements dans les plantations (greffage et inoculation) serait une piste de recherche intéressante pour mieux anticiper les mesures à mettre en œuvre dans une optique de gestion durable des ressources naturelles dans un contexte de changement climatique.

REFERENCES

- Akpo L.E., Masse M., Grouzis M., 2002. Length of Fallow period and pastoral value of herbaceous plants in the Sudanese zone of Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **55** (4) : 275-283, doi : 10.19182/remvt.9815
- Akpo L.E., Grouzis M., 2004. Interactions arbre/herbe en bioclimat semi-aride : influence de la pâture. *Sécheresse* **15** (3) : 253-61
- Auclair D., Metayer S., 1980. Méthodologie de l'évaluation de la biomasse aérienne sur pied et de la production en biomasse des taillis. *Acta oecologica*, **1** (4) : 357-37
- Baumer M., 1995. Arbres, arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique occidentale. Sér. Etud. Rech. No 168-169-170, *édn* Dakar, Sénégal
- Berhaut, J. 1967. Flore du Sénégal. ClairAfrique éd., Dakar, Sénégal, 485 p.
- Berhaut, J. 1971-1979. Flore illustrée du Sénégal. 6 tomes. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal
- Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. Mac Gray Hill, New York, USA, London, GB, 439 p.
- Cissé M., Gning F., 2013. Les parcs agroforestiers à *Adansonia digitata* L. (Baobabs) en Haute et Moyenne Casamance : opportunités et contraintes. Mém. licence en agroforesterie, Université de Ziguinchor, Sénégal, 40 p.
- Daget P., Poissonnet J. 1965. Contribution à l'étude des herbages des plateaux basaltiques de l'ouest du Cantal. CNRS-CEPE, Montpellier, France, doc. 16, 120 p.
- Diallo A., 2012. Caractérisation de la végétation et des sols dans les plantations de *Acacia senegal* (L.) Willd dans la zone de Dahra - Sud Ferlo sableux. Thèse Doct biologie végétale, Université Cheikh Anta DIOP, Dakar, Sénégal, 118 p., doi : 10.4314/ijbcs.v5i3.72273
- Fournier A., 1991. Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variations selon un gradient de pluviosité. Orstom, Paris, France (*Etudes et Thèses*)
- Grouzis M., 1988. Structure, productivité et dynamique des Systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Orstom, Paris, France (*Etudes et Thèses*)
- Grouzis M., Akpo L.E., 1997. Influence of tree cover on herbaceous above- and belowground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. *J. Arid. Environ.*, **35** : 285-296
- Grouzis M., Akpo L.E., 2003. Influence d'*Acacia raddiana* sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferlo sénégalais, 249-262. In Grouzis M., Le Floch E. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*, IRD, Paris, France, 319 p. doi : 10.4000/books.irdeditions.5305
- Guinko S. 1997. Rôle des Acacias dans le développement rural au Burkina Faso et au Niger, Afrique de l'Ouest. In : (Barreteau Daniel et al. eds) L'homme et le milieu végétal dans le bassin du lac Tchad, Paris, France, Orstom, 35-51
- Guinko S., Zougrana L., Zougrana C.Y., 1989. Etude des pâturages de la mare d'Oursi, Burkina Faso, rapport FAO, Ouagadougou, Burkina Faso, 51 p.
- Ickowicz A., Friot D., Guérin H., 2005. *Acacia senegal*, a fodder tree for the Sahel. *Bois For. Trop.*, **284** (2) : 59-69
- Le Bourgeois T., Marnotte P., 2002. La lutte contre les mauvaises herbes. In Mémento de l'Agronome, 2002. CIRAD, GRET, Ministère des Affaires étrangères, Paris, France. 1690 p.
- Legendre L., Legendre P., 1984. Ecologie numérique, tome I. Le traitement multiple des données écologiques. Masson, 260 p.
- Levang P., Grouzis M., 1980. Méthodes d'études de la végétation herbacée des formations sahéliennes : application à la mare d'Oursi, Haute Volta, *Acta oecologica*, **1** (3) : 221-224
- Long G., 1974. Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. I. Principes généraux et méthodes. Masson, Paris, France, 252 p.
- Mahamane A., Saadou M., Saley K., Yacoubou B., Mourou B., Wata I., Diouf A., et al., 2009. Variabilité climatique au Niger : Impacts potentiels sur la distribution de la végétation. In : 14^e Colloque International Changements climatiques et évaluation environnementale : enjeux et outils pour l'évaluation des impacts et l'élaboration de plans d'adaptation, Niamey, Niger, 26-29 mai 2009, 11 p.
- Merlier H., Montégut J., 1982. Adventices tropicales. Orstom-Gerdat-ENSH, Montpellier, France, 490 p.
- Ndiaye A., 2013. Caractérisation biophysique des parcs à baobabs des régions de Sédhiou et de Kolda. Master agroforesterie, Université de Ziguinchor, Sénégal, 50 p.
- Ngom, D., 2014. Biodiversité et services écosystémiques dans les réserves de biosphère. Presse académique francophone, Paris, France, 196 p.
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S., Akpo L.E., 2014. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *J. Appl. Bios.*, **65**
- Orth D., Collette M.G., 1996. Espèces dominantes et biodiversité. Relations avec les conditions édaphiques et les pratiques agricoles pour les prairies des marais du Cotenti. *Ecologie*, **27** (3) : 171-189
- Poissonnet J., César J.C., 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à palmier rônier de Lamto, Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, Sér. E* **5** : 577-601
- PRDI., 2013. Plan régional de développement intégré de Sédhiou de 2013-2018, Conseil Régional de Sédhiou, Sénégal, 108 p.
- Von Maydell H.J., 1983. Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Gtz, Eschborn, Allemagne, 531 p.
- Yoka J., Loumeto J.J., Djego J., Vouidibio J., Epron D., 2013. Evaluation de la diversité floristique en herbacées des savanes de la cuvette congolaise (République du Congo). *Afr. Sci.*, **9** (2) : 110-123

Summary

Mbaye T., Ndiaye A., Sow M., Diallo M., Fall D., Ngom D., Charrahbil M., Ndiaye S., Beye A. Characteristics of the herbaceous vegetation of three young baobab (*Adansonia digitata* L.) plantations in Middle and Upper Casamance, Senegal

The study was carried out in the regions of Kolda and Sedhiou, in Upper and Middle Casamance, in young baobab (*Adansonia digitata* L.) plantations established in 2014 to shorten the production cycle in order to reduce pressure on the increasingly threatened adult baobab populations. The objective was to assess the influence of baobab plantations on the diversity and biomass production of the herbaceous cover according to the location. The plantations consisted of fenced plots of 0.5 hectare each, subdivided into three plots. Each plot was subdivided into four subplots. In each subplot, a floristic survey was carried out with the Braun-Blanquet method. In parallel, other inventories were carried out in unfenced plots (controls) surrounding the plantations. The herbaceous biomass was harvested from 32 square-meter plots, previously delimited for the floristic inventory, with five samples taken at the four corners and in the middle. The inventoried global flora included 63 species distributed in 41 genera and 17 families, including 40 species in Dianabo, 38 in Senoba and in Sare Modika, and 46 in the control area. The index of Shannon, with 1.19 in Dianabo, 1.16 in Senoba and 1.13 in Sare Modika, and the index of equitability, with 0.62 in Dianabo and Sare Modika, and 0.60 in Senoba, differed very little from one plantation to another and from the control area, where they were respectively 1.23 and 0.63. The phytomass obtained was respectively 2.85, 6.6 and 5.1 tons of dry matter per hectare in Dianabo, Senoba, and in the control plots.

Keywords: herbaceous plants, botanical composition, *Adansonia digitata*, feed grasses, Casamance, Senegal

Resumen

Mbaye T., Ndiaye A., Sow M., Diallo M., Fall D., Ngom D., Charrahbil M., Ndiaye S., Beye A. Características de la vegetación herbácea de tres jóvenes plantaciones de baobabs (*Adansonia digitata* L.) en Alta y Media Casamanza, Senegal

Este estudio se realizó en las regiones de Kolda y de Sedhiou, en Alta y Media Casamanza, en jóvenes plantaciones de baobabs (*Adansonia digitata* L.) instaladas en 2014 para acortar el ciclo de producción con el fin de reducir la presión ejercida sobre las poblaciones adultas de baobabs, cada vez más en peligro. El objetivo fue el de evaluar la influencia de las plantaciones de baobabs sobre la diversidad y la producción de biomasa de la cobertura herbácea según las localidades. Las plantaciones se constituyeron de parcelas cercadas de 0,5 hectárea cada una, subdivididas en tres bloques. Cada bloque se subdividió en cuatro sub-bloques. En cada sub-bloque, se efectuó un muestreo florístico según el método de Braun-Blanquet. Paralelamente, se realizaron otros muestreos en parcelas no cercadas (control) cercanas a las plantaciones. La colecta de la biomasa herbácea se efectuó en placetas de 32 metros cuadrados, previamente delimitados para el inventario florístico, con cinco muestras en las cuatro esquinas y en el medio. La flora global inventariada incluyó 63 especies repartidas en 41 géneros y 17 familias, incluyendo 40 especies en Dianabo, 38 en Senoba y Sare Modika, y 46 en la zona control. El índice de Shannon, con 1,19 en Dianabo, 1,16 en Senoba y 1,13 en Sare Modika, y el índice de equitabilidad, con 0,62 en Dianabo y Sare Modika, y 0,60 en Senoba, difirieron poco de una plantación a otra y de la zona control, donde fueron respectivamente de 1,23 y 0,63. La fitomasa obtenida fue respectivamente de 2,85, 6,6 y 5,1 toneladas de materia seca por hectárea respectivamente para Dianabo, Senoba y en las parcelas control.

Palabras clave : plantas herbáceas, composición botánica, *Adansonia digitata*, gramíneas forrajeras, Casamance, Senegal

Caractéristiques du peuplement ligneux de deux systèmes d'utilisation des terres dans la région de Kaffrine au Sénégal

Abdou Dione ^{1,2*} Saliou Ngom ² Oumar Sarr ¹ Aly Diallo ^{1,3}
Aliou Guissé ¹

Mots-clés

Plante ligneuse, ressource alimentaire, système agropastoral, peuplement forestier, Sénégal

Submitted: 31 January 2019
Accepted: 9 October 2020
DOI: 10.19182/remvt.36315

Résumé

L'étude a porté sur la caractérisation du peuplement ligneux de deux systèmes d'utilisation des terres (la forêt qui est une mise en défens et les champs) dans le terroir de Ngouye au Sénégal. Elle a été effectuée dans une zone agropastorale qui accueille annuellement plusieurs familles de transhumants. Au moyen d'un échantillonnage par relevés de la végétation ligneuse et d'enquêtes auprès des populations nous avons inventorié 28 espèces appartenant à 25 genres et 15 familles botaniques. Les Fabaceae (sous-familles : Mimosoideae, Caesalpinioideae, Faboideae) ont été les plus représentées, suivies des Combretaceae. Les paramètres de l'étude ont révélé qu'il existait des différences nettes entre les deux systèmes, ce qui montrait leur hétérogénéité, avec par ailleurs une grande stabilité de peuplement en forêt. Le peuplement était généralement très jeune, avec un grand pourcentage d'individus dans la première catégorie de diamètre et de hauteur. Les champs avaient la plus forte proportion d'individus adultes mais le taux de régénération dans cette zone était inférieur à celui de la forêt. La richesse spécifique des champs était bien supérieure à celle de la forêt. Sur le plan pastoral les ligneux intervenaient dans l'alimentation du bétail.

■ Comment citer cet article: Dione A., Ngom S., Sarr O., Diallo A., Guissé A., 2020. Characteristics of the woody stands of two land-use systems in Kaffrine Region, Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 221-229, doi: 10.19182/remvt.36315

■ INTRODUCTION

Au Sahel, l'élevage est la principale activité de la population rurale avec l'agriculture. Il contribue de 5 % à 10 % du produit intérieur brut (PIB), alors que les systèmes pastoraux fournissent plus de 50 % de la production de lait et de viande dans différents pays (FAO, 1999). Le Sénégal est un pays de la zone du Sahel. L'agriculture constitue une activité de production, représentant 70 % de la population. Elle couvre près de 90 % des surfaces emblavées (FAO, 2003). Cependant elle ne contribue que pour 10 % du PIB tout en absorbant en moyenne le dixième des investissements publics (RS/MEF, 2006). A côté de l'agriculture, l'élevage a un apport important sur l'économie du pays ; véritable « épargne sur pattes » qui permet aux familles paysannes de capitaliser les années fastes et de faire face aux épisodes climatiques secs et à la crise alimentaire (Veillard, 2011), il participe à la sécurité alimentaire.

1. Laboratoire d'écologie végétale et écohydrologie, FST-UCAD, BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

2. Laboratoire national d'élevage et de recherche vétérinaire (LNERV), ISRA, Dakar-Fann, Sénégal.

3. Laboratoire d'agroforesterie et d'écologie, UASZ, Ziguinchor, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221773448115 ; email : dioneabdou10@gmail.com



Cependant, cet élevage est caractérisé par la dominance du système extensif (Kiema, 2007) et dépend des pâturages naturels. Ces pâturages contribuent à 90 % dans l'alimentation des herbivores (Zoungrana, 1991). Le système d'alimentation repose principalement sur l'exploitation des ressources fourragères herbacée et ligneuse. Les zones de production ne fournissent généralement pas de sous-produits de l'industrie agricole (principalement des tourteaux d'arachide, de la mélasse). Ces sous-produits sont en partie exportés et vendus à des prix excessivement élevés (Fall et al., 1997). Les cultures fourragères ont été également expérimentées pour lever la contrainte alimentaire dans les systèmes d'élevage mais leur adoption est freinée par les cultures de rente (Ngom et al., 2013).

L'utilisation des ressources naturelles est actuellement la principale stratégie à mettre en place pour améliorer l'état nutritionnel du bétail. Elle devient aujourd'hui la seule alternative qui permettrait de satisfaire les besoins en azote des ruminants dans les élevages traditionnels extensifs et semi-intensifs (Bognounou, 2004). Dans ce cadre, l'importance des ligneux n'est plus à démontrer (Fall et al., 1994).

Le Sénégal est confronté à un énorme déséquilibre écologique. L'explosion démographique actuelle du pays a exacerbé la pauvreté et la dégradation des sols. En effet, les données démographiques élevées ont conduit à davantage d'utilisateurs des terres dans la région. De plus, les pénuries alimentaires peuvent entraîner un surpâturage, perturbant ainsi l'équilibre entre la végétation et le bétail (ACDI, 1985).

Dans certaines régions du globe aux climats extrêmes, les gens sont plus conscients du changement climatique causé par les émissions mondiales. La zone sahélienne où se trouve le Sénégal en fait partie. Des sécheresses répétées, une distribution insuffisante ou inégale des précipitations temporelles et spatiales, et un épuisement partiel ou complet des eaux souterraines sont les effets du changement climatique au Sénégal. Combinés aux facteurs socioéconomiques de la désertification, ils peuvent entraîner de multiples conséquences, comme une diminution de la fertilité des sols et une érosion accélérée des sols. Le phénomène de désertification au Sahel a des conséquences non seulement environnementales mais également socioéconomiques (GIEC, 2007). Dans ce contexte, il est important d'étudier les ligneux existants pour leur meilleure utilisation par les agropasteurs. C'est pourquoi plusieurs études concernant l'arbre en milieu soudano-sahélien ont été entreprises dans la zone du bassin arachidier (Ngom, 2001 ; Bakhom, 2013 ; Sarr et al., 2013c) particulièrement dans la région de Kaffrine. La présente étude est une contribution à la connaissance des ligneux dans la région de Kaffrine. L'objectif global était de caractériser le peuplement ligneux dans le terroir de Ngouye au centre du Sénégal.

■ MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

L'étude a été menée dans la région de Kaffrine qui est entourée des régions de Diourbel, Louga et Matam au nord, de la République de Gambie au sud, de la région de Tambacounda à l'est, et de la région de Kaolack à l'ouest. Kaffrine est située entre 12° 06' et 14° 10' N, et entre 15° 33' et 15° 53' O. Sa population est estimée à 566 992 habitants (ANSD, 2013). Le site de Ngouye (figure 1), département de Birkelane dans la commune de Ndiognick, a été retenu comme zone d'étude car c'est une zone agropastorale qui accueille annuellement plusieurs familles de transhumants. En effet, il s'agit d'une zone de transition écologique entre les éleveurs du nord du Sahel et du sud du Soudan. En saison sèche, cette zone est la terre d'accueil ou le lieu de passage de nombreux ruminants. Le développement frontalier de l'agriculture exerce une pression énorme sur les ressources ligneuses disponibles (Sarr et al., 2013c).

Climat

Le climat est de type sahélien au nord et sahélo-soudanien vers le sud avec des précipitations dont l'inégalité dans l'espace et la faiblesse s'accroissent du sud vers le nord (figure 2). La région connaît des températures mensuelles moyennes comprises respectivement entre 14,9 °C (minimales) et 43,1 °C (maximales) (Station de Koungheul). La température minimale est enregistrée en janvier avec des nuits assez fraîches et des températures souvent inférieures à 15 °C alors que la température maximale atteint plus de 40 °C en avril. La température moyenne annuelle est environ de 29,6 °C. Les précipitations sont irrégulières. La pluviométrie moyenne de 1965 à 2013 à la station de référence (Koungheul, Kaffrine) était de 625,2 mm. Ces zones sont caractérisées par une pluviométrie insuffisante depuis 1970, dont la plupart ont connu des années de sécheresse biologique, entraînant des précipitations totales inférieures à la moyenne annuelle (équivalent à 24 années de sécheresse) (figure 3). Il y a généralement deux périodes dans l'année : la période sèche de 7 à 8 mois (octobre à mai) ($P < 2T$, où P et T correspondent respectivement aux précipitations moyennes mensuelles et à la température de la zone), et la saison des pluies de 4 à 5 mois (mai à septembre) ($P > 2T$) (figure 4). Les précipitations totales en juillet, août et septembre sont de 82,12 %, soit une période biologiquement humide ; août est le mois le plus pluvieux (30,94 %).

Reliefs et sols

Les reliefs sont généralement plats et présentent une légère pente descendant du nord au sud. Le sol rencontré est divisé en trois types

(SRSD Kaffrine, 2013) : a) sols ferrugineux tropicaux (avec des variations) pour cultiver des arachides et du mil, et sableux avec une bonne capacité de production agricole ; b) sols hydromorphes représentant les basses terres et les rivières, dispersés dans la zone, généralement argileux, également appelés « deck » avec une variante « dior » ; et c) sols halomorphes caractéristiques des milieux salés ou tannes se trouvant surtout dans la section de Birkelane ; le matériau est généralement de la boue, sinon du limon.

Hydrographie

La région possède de riches ressources et potentiels hydrogéologiques et hydrologiques. Les ressources en eau de surface comprennent de nombreuses rivières et des marigots temporaires ou des bas-fonds, en particulier les vallées fossiles du Saloum, du Baobolong. La nappe phréatique de la région de Kaffrine se situe dans les structures géologiques suivantes : terminal continental, Eocène (Lutitien), Paléocène et Maastricht (SRSD Kaffrine, 2013).

Végétation

La végétation de cette zone est très diversifiée. Il existe plusieurs types de formations forestières du nord au sud. Au nord, il y a une

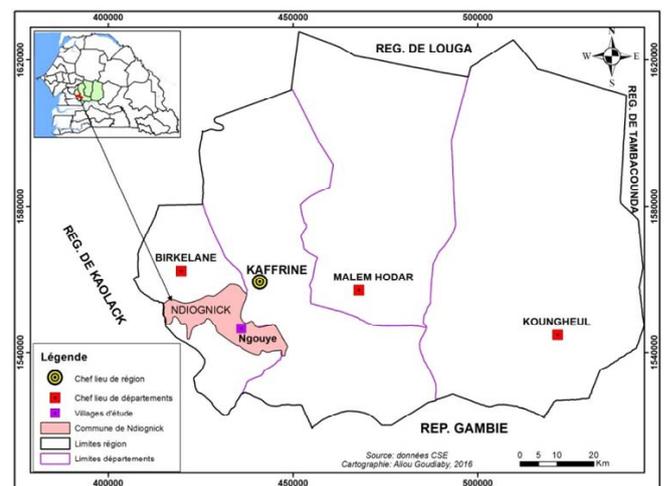


Figure 1 : situation géographique du terroir de Ngouye, commune de Ndiognick, Sénégal. Source : CSE ; cartographie : A. Goudiaby, 2016.

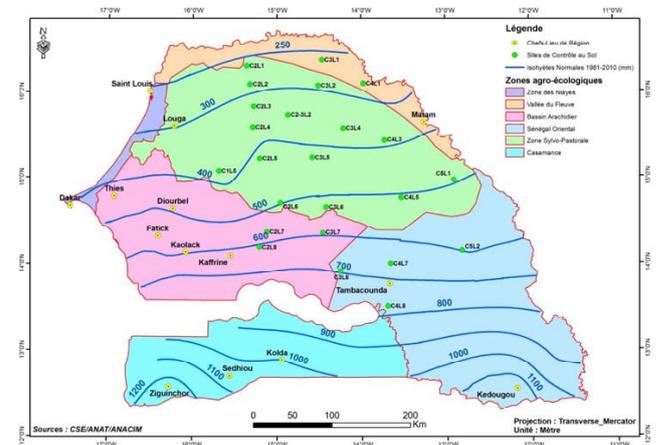


Figure 2 : carte des zones agroécologiques du Sénégal, avec les sites de contrôle au sol et les isohyètes de la moyenne 1981-2010. Source : CSE/ANAT/ANACIM.

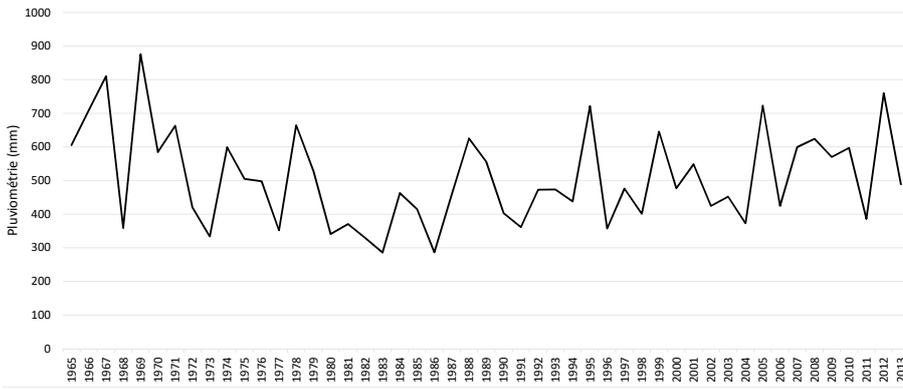


Figure 3 : variabilité interannuelle de la pluviométrie de la station de Kaffrine, Sénégal (ANACIM).

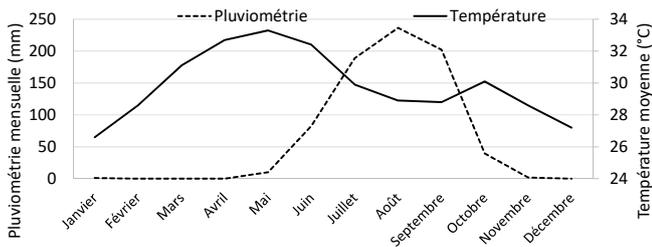


Figure 4 : diagramme ombrothermique de la région de Kaffrine, Sénégal ; pluviométrie moyenne mensuelle et température moyenne mensuelle (minimale et maximale) de 2000 à 2008 (ANACIM).

savane arbustive, qui se caractérise par un écosystème qui rassemble des espèces forestières typiques du Sahel : *Combretum* sp., *Balanites aegyptiaca*, *Lannea acida*, *Bauhinia rufescens*, *Adansonia digitata*, *Anogeissus leiocarpus*, etc. Au sud, la prairie boisée présente les espèces les plus communes suivantes et une grande variété de flores : *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia oliveri*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Prosopis africana*, *Sterculia setigera*, *Parinari macrophylla*. En effet, la zone de Kaffrine compte 11 forêts classées et deux réserves sylvo-pastorales, couvrant une superficie de 241 850 hectares (ANS/D/SRSD Kaffrine, 2013).

Activités de la population

La population est principalement engagée dans la production agricole d'arachides et de mil. Depuis 2003, la culture du maïs et des haricots (niébé) est encouragée pour réaliser une diversification alimentaire. L'élevage concerne les bovins, les ovins et les caprins. Les chevaux et les ânes sont utilisés pour l'agriculture, et le transport urbain des marchandises et des produits agricoles. L'extraction du bois de feu et des produits forestiers non ligneux est réalisée principalement par les femmes et les enfants. Ces produits sont vendus en bordure de route et de marchés de fruits locaux (tamarin, jujube, etc.) (Mohamed et al., 2008).

Matériel de terrain

Pour mener cette étude le matériel suivant a été utilisé : un géopositionnement par satellite (GPS) de marque Garmin pour géoréférencer les points d'échantillonnage sur le terrain et faciliter le tracé des placettes ; des piquets en fer pour la délimitation de chaque côté d'une parcelle ; un penta décimètre pour la délimitation des placettes, la mesure de la distance entre les arbres et la mesure du diamètre du houppier est-ouest et nord-sud de chaque individu ; un ruban de 1,5 m de long pour mesurer la circonférence à 0,30 m ou à 1,30 m du sol de chaque individu recensé et la hauteur de la première branche vivante à partir du sol ; un Blum-Leiss pour obtenir la hauteur des arbres depuis le sol jusqu'à la cime ;

des fiches de relevés de végétation, des crayons et autres marqueurs pour l'enregistrement des données de terrain ; enfin, la flore du Sénégal de Berhaut (1967) et l'ouvrage des noms vernaculaires des ligneux de Guerin (1984) pour l'identification des espèces sur le terrain.

Méthodes

Pour caractériser le peuplement ligneux, la méthode de relevé de la végétation (Gounot, 1969) a été utilisée dans les deux systèmes d'utilisation des terres. Quarante relevés ont été effectués dont 20 placettes dans la forêt (même en pleine forêt) et 20 placettes dans les champs. La superficie d'échantillonnage de 2500 m² (50 m x 50 m) par relevé correspond à l'aire minimale proposée par Boudet (1984) pour l'étude de la végétation ligneuse sahélienne (figure 5).

A l'intérieur de chaque placette, pour apprécier le potentiel de régénération tous les individus dont la circonférence à 30 cm du sol était supérieure ou égale à 10 cm ont été recensés et identifiés. Pour chaque individu rencontré, des mensurations ont été effectuées. Les mesures ont porté sur a) la hauteur totale depuis le sol jusqu'à la cime pour établir la structure verticale et horizontale du peuplement, b) la distance entre les arbres par la méthode du plus proche individu pour apprécier la distribution des individus et calculer la densité théorique, c) le diamètre du houppier dans les deux directions est-ouest et nord-sud pour évaluer le couvert aérien ; et d) la circonférence à 30 cm du sol pour estimer la surface terrière. La dénomination des espèces a été effectuée (Berhaut, 1967 ; Guerin, 1984).

Traitement des données

Les données ont été traitées avec le tableur Excel. Ainsi nous avons établi une liste floristique et calculé la fréquence de présence des

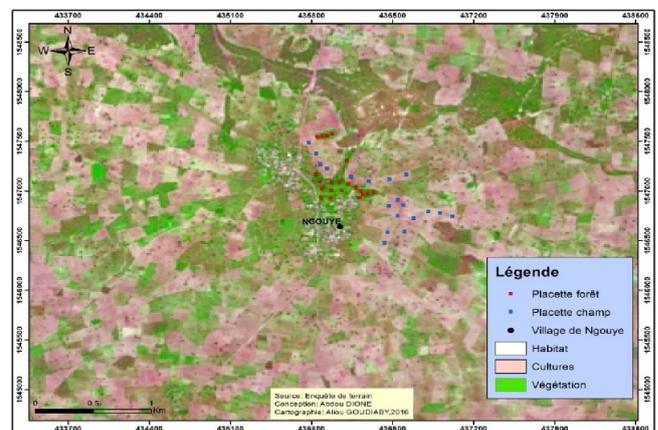


Figure 5 : localisation des placettes d'études dans le terroir de Ngouye, Sénégal.

espèces, la densité, la surface terrière, la surface de la couronne, le taux et l'importance spécifique de régénération, la structure du peuplement de même que quelques paramètres.

La fréquence renseigne sur la distribution d'une espèce dans les stations. Elle est déterminée par la relation $F = \frac{Ni}{Nr} \times 100$ avec Ni l'effectif total d'une population i et Nr l'effectif total du peuplement (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002).

La densité d'une espèce correspond au nombre de pieds appartenant à l'espèce par unité de surface à l'hectare (individus/ha). Elle est déterminée des deux manières suivantes :

– la densité réelle ou observée (Dob) correspond au nombre réel d'arbres dans la parcelle, ramené à l'hectare. Elle est donnée par le rapport entre l'effectif total de l'espèce dans l'échantillon et la surface de cet échantillon, $Dob = \frac{Ni}{S}$ avec Ni l'effectif total de l'espèce i dans l'échantillon considéré, et S la surface (ha) de l'échantillon ;

– la densité théorique (Dth), la plus utilisée, est le rapport d'un hectare sur le carré de la distance moyenne entre les arbres. Elle a été obtenue par la formule $Dth = \frac{10000}{(Dm)^2}$ avec Dm la distance moyenne (m) entre les arbres.

Le recouvrement du peuplement ligneux a été apprécié par la détermination de la surface terrière et du couvert aérien. La surface terrière (St), exprimée en mètres carrés par hectare, est la surface occupée par les sections des fûts à 30 cm du sol. La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous ses individus. Ainsi, pour un peuplement, c'est la somme des surfaces terrières de toutes les populations. Elle dépend donc de la densité et de la grosseur des pieds (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002). Elle se calcule à l'aide de la formule $St = \sum \frac{C^2}{4\pi}$ avec C la circonférence à 30 cm du sol des individus mesurés.

Le couvert aérien correspond à la proportion d'un échantillon occupé au sol par la couronne d'un végétal (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002). Il est exprimé en mètres carrés par hectare. Le couvert aérien d'une espèce est égal à la somme des surfaces de la couronne de tous les individus de la population. Cette surface de la couronne (Sc) est obtenue à l'aide du diamètre moyen du houppier de l'arbre assimilable à un cercle par projection sur le sol. Selon Rondeux (1993), elle est obtenue par la formule $Sc = \sum \frac{\pi D^2}{4}$ avec D la moyenne des diamètres est-ouest et nord-sud.

Les capacités de régénération des sites ont été appréciées par le calcul du taux de régénération du peuplement (TRP) et de l'importance spécifique de régénération (ISR). Le TRP est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants et l'effectif total du peuplement (Poupon, 1980) : $TRP = \frac{\text{Effectif total des jeunes plants}}{\text{Effectif total du peuplement}} \times 100$

L'effectif total du peuplement regroupe aussi bien les jeunes plants que les plants adultes. L' ISR est obtenue à partir du rapport en pourcentage entre l'effectif d'une espèce et l'effectif total de tous les jeunes plants dénombrés (Akpo et Grouzis, 1996) : $ISR = \frac{\text{Effectif des jeunes plants d'une espèce}}{\text{Effectif total des jeunes plants dénombrés}} \times 100$

■ RESULTATS

Cortège floristique

La liste de végétation permet de dresser une liste d'espèces végétales dans les champs et les forêts. La flore ligneuse inventoriée dans la zone d'étude était riche de 28 espèces appartenant à 25 genres et 15 familles (tableau I). A l'exception des Anacardiaceae (2 genres et 2 espèces), des Combretaceae (4 genres et 5 espèces) et des Fabaceae avec les trois sous-genres Caesalpinioideae (4 genres et 4 espèces), Mimosoideae (3 genres et 4 espèces) et Faboideae (2 genres et 2 espèces), les familles étaient représentées par une seule espèce. Les

Tableau I

Espèces floristiques recensées dans le terroir de Ngouye au Sénégal

Famille	Forêt	Champ	Espèce
Anacardiaceae		+	<i>Anacardium occidentale</i> L.
		+	<i>Ozoroa insignis</i> Del.(syn. <i>Heeria insignis</i> (Del.) Kuntze)
Arecaceae		+	<i>Borassus aethiopicum</i> , Mart.
Balanitaceae	+	+	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.
Bignoniaceae		+	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.
Bombacaceae		+	<i>Adansonia digitata</i> L.
Caesalpinioideae	+		<i>Cassia sieberiana</i> DC.
		+	<i>Cordyla pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh.
	+	+	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.
Combretaceae		+	<i>Tamarindus indica</i> L.
	+	+	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.
	+	+	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.
	+	+	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel
Ebenaceae		+	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. et Perr.
		+	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. et Perr.
		+	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex DC.
Fabaceae (sous-famille Caesalpinioideae)	+		<i>Cassia sieberiana</i> DC.
		+	<i>Cordyla pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh.
	+	+	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.
Fabaceae (sous-famille Faboideae)		+	<i>Tamarindus indica</i> L.
	+		<i>Senegalia ataxacantha</i> (DC.) Kyal. & Boatwr. (syn. <i>Acacia ataxacantha</i> DC.)
Fabaceae (sous-famille Mimosoideae)		+	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.
		+	<i>Vachellia nilotica</i> (L.) P.J.H. Hurter & Mabb. (syn. <i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.)
	+	+	<i>Vachellia seyal</i> (Delile) P.J.H. Hurter (syn. <i>Acacia seyal</i> Del.)
Meliaceae		+	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) A. Chev.
		+	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.
Moraceae	+	+	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.
Myrtaceae		+	<i>Ficus sur</i> Forssk. (syn. <i>Ficus capensis</i> Thunb.)
Polygalaceae		+	<i>Eucalyptus alba</i> Reinw. ex Blume
Rhamnaceae		+	<i>Securidaca longipedunculata</i> Fresen.
Sterculiaceae		+	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.
		+	<i>Sterculia setigera</i> Del.

espèces communes (champs et forêt) étaient *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma reticulatum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Azadirachta indica*.

Fréquence de chaque espèce rencontrée

Au total, 676 individus ont été répertoriés pour toutes les placettes, soit 566 individus pour la forêt et 110 individus pour les champs (tableau II). Au niveau de la forêt, *Combretum glutinosum* a présenté la fréquence la plus élevée (56,00 %), suivie de *Guiera senegalensis* (39,75 %). Les autres espèces faisaient moins de 2 %. Au niveau des champs, *Eucalyptus alba* (22,72 %) a été plus fréquente que *Cordyla pinnata* (21,18 %), venait ensuite *Adansonia digitata* (18,18 %). Les autres espèces faisaient moins de 8 %. Les espèces dont les fréquences étaient plus élevées au niveau de la forêt avaient des fréquences nulles au niveau des champs à l'exception de *Combretum glutinosum* qui a chuté à 3,63 %. Au niveau des champs les trois espèces dont la fréquence était la plus représentative n'ont pas été présentes dans la forêt (*Eucalyptus alba*, *Cordyla pinnata* et *Adansonia digitata*).

Recouvrement

Le recouvrement basal a été de 34,68 m²/ha pour la forêt et de 77,80 m²/ha pour les champs (tableau III). Au niveau de la forêt, *Combretum glutinosum* dominait avec 32,31 m²/ha. *Guiera senegalensis* venait

ensuite avec 1,22 m²/ha. Toutes les autres espèces ont eu des recouvrements inférieurs à 1 m²/ha. Au niveau des champs, *Adansonia digitata* (49,23 m²/ha) dominait suivis de *Cordyla pinnata* (9,26 m²/ha) et *Ficus sur* (7,65 m²/ha). Toutes les autres espèces ont eu des recouvrements inférieurs à 4 m²/ha. Le couvert aérien a été de 5980,11 m²/ha pour la forêt et de 7253,86 m²/ha pour les champs (tableau III). Au niveau de la forêt, *Combretum glutinosum* recouvrait plus de la moitié de la surface avec 3248,94 m²/ha, suivi de *Guiera senegalensis* (1972,99 m²/ha) et

Tableau III

Quelques paramètres écologiques de la végétation ligneuse dans le terroir de Ngouye au Sénégal

Paramètre	Forêt	Champ
Richesse spécifique	9	25
Recouvrement aérien (m ² /ha)	5980	7254
Recouvrement basal (m ² /ha)	34,7	77,8
Régénérations (%)	98,4	76,3
Distance moyenne (m)	7,7	30,1
Densités réelles (ind./ha)	113,2	22,0
Densités théoriques (ind./ha)	170,4	11,1

Tableau II

Densité relative, surface terrière et couvert aérien des espèces dans le terroir de Ngouye au Sénégal

	Densité relative (%)		Surface terrière (m ² /ha)		Couvert aérien (m ² /ha)	
	Champs	Forêt	Champs	Forêt	Champs	Forêt
<i>Adansonia digitata</i>	18,2		49,2		1443,6	
<i>Anacardium occidentale</i>	7,3		1,3		544,5	
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	1,8	0,4	3,5	0,4	262,8	99,1
<i>Azadirachta indica</i>	4,5	1,2	0,6	0,6	131,4	84,3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,9	0,2	< 0,1	< 0,1	27,3	4,6
<i>Borassus aethiopium</i>	6,4		3,2		111,2	
<i>Cassia sieberiana</i>		0,4		0,1		56,4
<i>Combretum glutinosum</i>	3,6	56,0	0,1	32,3	32,7	3248,9
<i>Cordyla pinnata</i>	21,2		9,3		2816,7	
<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,9		< 0,1		20,4	
<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,9		< 0,1		22,6	
<i>Eucalyptus alba</i>	22,7		0,4		368,8	
<i>Faidherbia albida</i>	0,9		< 0,1		10,7	
<i>Ficus sur</i>	1,8		7,7		549,1	
<i>Guiera senegalensis</i>	0,0	39,8	0,0	1,2	0,0	1973,0
<i>Ozoroa insignis</i>	0,0		0,0		0,0	
<i>Piliostigma reticulatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Prosopis africana</i>	0,9		0,1		25,5	
<i>Securidaca longipedunculata</i>	0,0		0,0		0,0	
<i>Senegalia ataxacantha</i>		0,2		< 0,1		2,4
<i>Sterculia setigera</i>	0,9		0,9		148,5	
<i>Sterospermum kunthianum</i>	0,0		0,0		0,0	
<i>Tamarindus indica</i>	4,5		1,7		696,1	
<i>Terminalia avicennoides</i>	0,0		0,0		0,0	
<i>Terminalia macroptera</i>	0,0		0,0		0,0	
<i>Vachellia nilotica</i>	0,9		< 0,1		31,4	
<i>Vachellia seyal</i>		1,9		0,1		511,3
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0,9		< 0,1		10,8	

Vachellia seyal (511,29 m²/ha). Au niveau des champs, *Cordyla pinnata* recouvrait une surface plus importante avec 2816,71 m²/ha, suivi de *Adansonia digitata* (1443,58 m²/ha). Le tableau III détaille le couvert aérien de chaque espèce dans les champs et la forêt.

Paramètres de diversité

Les champs ont été nettement plus riches en espèces avec 25 espèces contre 9 dans la forêt (tableau III). Il en était de même pour le couvert aérien et le recouvrement basal. Cependant, la forêt s'est mieux régénérée avec un taux de régénération de 98,4 % alors que celui des champs a été de 76,34 %. La densité réelle la plus élevée a été notée dans la forêt avec 113,2 individus/ha contre 22 ind./ha dans les champs. La distance moyenne entre les individus les plus proches a été de 7,66 m dans la forêt et de 0,06 m dans les champs soit des densités théoriques respectives de 170,42 ind./ha et 11,06 ind./ha. Au niveau de la forêt la densité réelle a été inférieure à la densité théorique, au niveau des champs c'était le contraire.

Structure du peuplement selon la circonférence

La figure 6 présente la distribution selon les classes de circonférences des individus au niveau de la forêt et au niveau des champs. Elle s'apparente à une distribution asymétrique droite avec un paramètre de forme compris entre 1 et 3,6. Les sujets dont la circonférence était comprise entre 10 et 40 cm étaient les plus nombreux. La classe des circonférences comprises entre 10 et 30 cm comportait le plus grand nombre d'individus. Cette figure a montré que la structure en circonférence des individus au niveau des champs présentait une distribution en « J inversé » avec un paramètre de forme inférieur à un. L'essentiel des individus avaient une circonférence comprise entre 50 et 250 cm.

Structure du peuplement selon la hauteur

La distribution selon la hauteur des individus au niveau de la forêt et des champs est présentée dans la figure 7. Au niveau de la forêt, la

population était constituée d'individus à hauteur inférieure à 7 m. Les individus dont la taille était comprise entre 3 et 4 m étaient plus nombreux. Toutefois, la strate arborescente (individus dont la hauteur excédait 7 m) était peu représentée. Au niveau des champs, l'inverse a été observé avec une prédominance des individus de grande taille. Les individus les plus représentés avaient une taille comprise entre 7,5 et 21 m.

Capacité de régénération

Au total, 35 557 individus jeunes représentant 16 espèces ont été inventoriés et consignés dans la figure 8. Au niveau de la forêt où le peuplement se régénérât à 98,4 %, nous avons noté le plus grand nombre avec 35 201 régénérations (20 501 individus pour *Combretum glutinosum* et 14 300 pour *Guiera senegalensis*) soit des importances spécifiques de régénération de 58,23 % et 40,52 %. Les autres espèces avaient un taux inférieur à 1 %. Les champs comptaient 356 rejets. Les jeunes plantes représentaient 76,34 % et les plus abondantes parmi ces dernières étaient *Guiera senegalensis* (34,83 %), *Piliostigma reticulatum* (22,74 %) et *Ozoroa insignis* (11,58 %). Les autres espèces avaient un taux inférieur à 5 %.

■ DISCUSSION

L'étude a révélé que le cortège floristique de l'ensemble champs et forêt était constitué de 28 espèces ligneuses réparties entre 25 genres et 15 familles. Sarr et al. (2013c), qui ont travaillé sur l'importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral à Kaffrine, rapportent 51 espèces appartenant à 41 genres et 22 familles. Ces différences pourraient s'expliquer, d'une part, par les surfaces échantillonnées et le niveau d'anthropisation. D'autre part, elles pourraient provenir de la répartition de la pluviométrie, de la nature du sol et de la situation topographique, qui selon Breman et Kessler (1995) sont des facteurs auxquels la composition floristique des pâturages est étroitement liée.

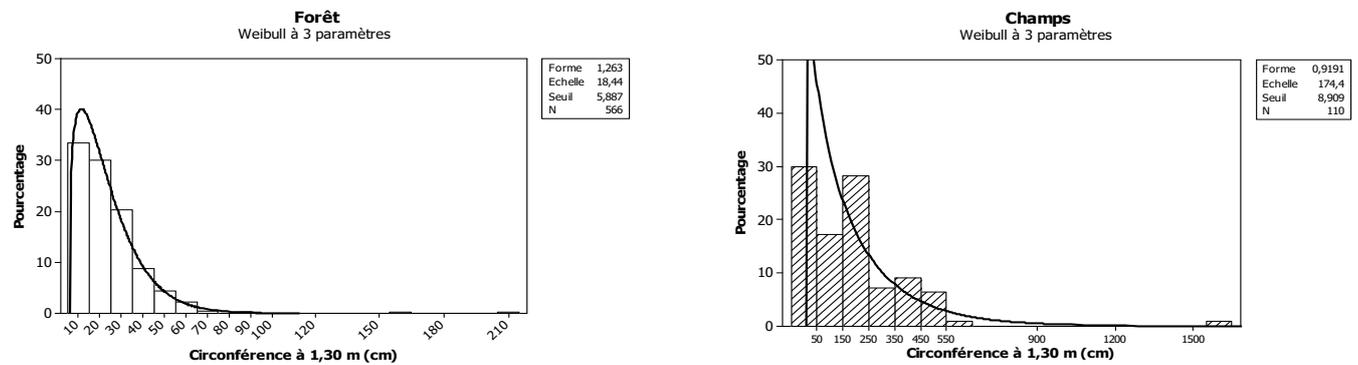


Figure 6 : distribution des individus selon les classes de circonférences dans la forêt et dans les champs, terroir de Ngouye, Sénégal.

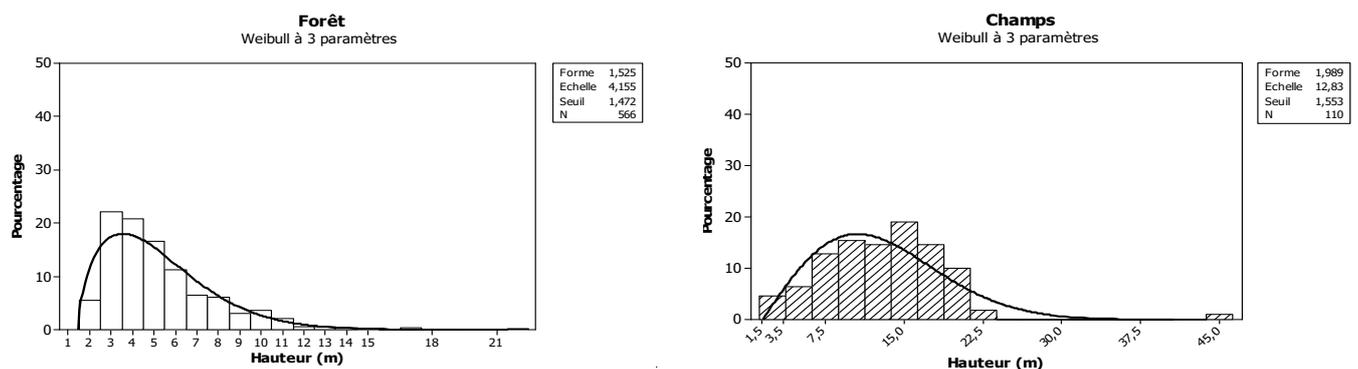


Figure 7 : distribution des individus selon les classes de hauteurs dans la forêt et dans les champs, terroir de Ngouye, Sénégal.

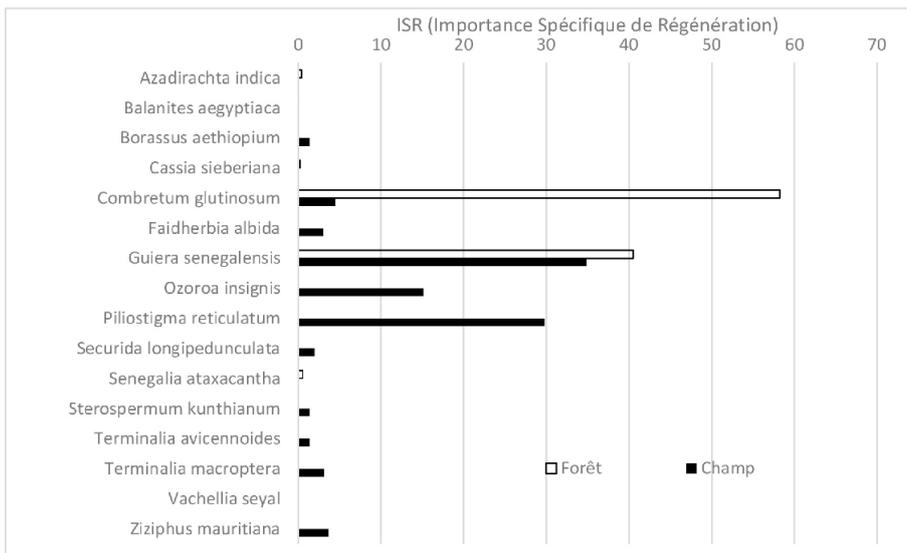


Figure 8 : importances spécifiques de la régénération de chaque espèce suivant le site, terroir de Ngouye, Sénégal.

Les analyses ont permis de distinguer deux groupes d'espèces selon leurs fréquences dans les différentes unités de production. Les espèces très fréquentes (dominantes) ont été *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* dans la forêt, et *Eucalyptus alba*, *Cordyla pinnata* et *Adansonia digitata* dans les champs.

Les champs ont eu une richesse spécifique ligneuse plus élevée que la forêt et ont regroupé également les six espèces ligneuses les plus importantes retenues par les producteurs. La forêt a totalisé moins d'espèces. Les méthodes d'aménagement des terres agricoles étant considérées comme destructrices pour la biodiversité ligneuse, ce résultat semble paradoxal. Cela peut s'expliquer par le reboisement de certaines espèces, comme *Eucalyptus alba*, *Azadirachta indica*, *Anacardium occidentale*. Cela augmente la diversité des terres cultivées, ce qui montre que les populations rurales comprennent bien le rôle écologique des arbres ligneux. Un constat similaire a été noté par Sarr et al. (2014) dans des agrosystèmes de Koungheul. La famille la plus représentative dans notre étude était celle des Fabaceae avec les sous-familles Caesalpinioideae, Mimosoideae (4 espèces chacune) et Faboideae (2 espèces) mais la densité était plus importante chez les Mimosoideae. Les Anacardiaceae étaient représentées par deux espèces. Les autres familles étaient représentées par une espèce chacune. Selon Ngom et al. (2013), ces familles les plus représentées (Fabaceae, Combretaceae) sont caractéristiques de la végétation ligneuse dans ces zones.

Le fait que les champs contenaient le plus grand nombre d'individus de grande taille s'expliquait par la plus grande surface terrière. En effet, dans ces entités étaient représentées le mieux les populations d'*Adansonia digitata*, de *Cordyla pinnata* et de *Ficus sur*. Ce sont des espèces aux usages multiples et aux rôles importants dans la zone (Sarr et al., 2013a), et elles bénéficient d'une certaine protection de la part des propriétaires de champs (Ngom, 2001 ; 2008). D'autre part, ces champs sont des parcs agroforestiers et les agriculteurs coupent volontairement des arbres pendant le processus de débroussaillage (Boungoungou et al., 1993). La grande présence de catégories de diamètre et de hauteur au niveau des champs indique qu'il s'y trouve une plus grande couverture aérienne. Cela s'explique par le fait qu'au niveau des champs ces grands arbres à cime étalée plus ou moins ouverte sont le plus souvent plus adaptés aux conditions climatiques et pédologiques rigoureuses du Sahel (Konaté, 1999). Ceci est renforcé par la création d'un comité de gestion qui surveille les champs. Au niveau de la forêt cela s'explique par sa mise en défens depuis cinq ans. La distance moyenne entre les individus était relativement élevée dans les deux zones ; ce qui pouvait traduire une dégradation du milieu (Sarr et al., 2013b) malgré leur protection. En effet cela s'est traduit par un rapport entre la densité théorique et la

densité réelle supérieur à un dans les champs et proche de un dans la forêt, suggérant une distribution en agrégats de la végétation (Diatta et al., 2009), c'est-à-dire présentant des surfaces où les arbres sont regroupés en bosquets et parfois des espaces clairsemés (Akpo, 1998).

Le peuplement ligneux à différents niveaux de développement était très jeune. En fait, la plupart des individus étaient regroupés dans la première catégorie de diamètre et de hauteur. Cela prouve que la régénération était bonne (Akpo, 1998). La valeur de régénération élevée, 98,4 % au niveau de la forêt et 76,34 % au niveau des champs, montrait l'importance de la strate arbustive du peuplement. Les espèces de Combretaceae se régénéraient le mieux. Dans tous les types d'exploitations étudiés, le taux de régénération de *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* ont dépassé 80 %. Cela reflétait en outre leur grande capacité à coloniser des milieux anthropisés. Toutes les autres espèces à l'exception de *Piliostigma reticulatum* et de *Ozoroa insignis*, avaient un indice spécifique de régénération très faible. Si l'on sait que dans la plupart des cas, leurs graines sont transportées et vendues dans des centres urbains ou destinées à la consommation, alors pour *Adansonia digitata* et *Cordyla pinnata* on comprend que leurs rejets soient absents ou rares (Sarr et al., 2013 ; Bakhom, 2013 ; Sarr, 2009).

Pendant la saison sèche, les plantes ligneuses jouent un rôle particulier dans l'alimentation des animaux car, selon Kaboré (1995), plus de 75 % des arbres et arbustes en Afrique de l'Ouest sont fourragers. Parmi les 82 % espèces inventoriées comme fourragères, 44 % sont très appréciées, 17 % sont appréciées et 39 % sont peu appréciées. Ces résultats confirment ceux obtenus par Savadogo (2002) pour les espèces inventoriées en commun (respectivement 57 %, 14 % et 29 %) dans le terroir de Tiogo en zone soudanienne. Ils sont toutefois contraires à ceux de Le Houerou (1980) qui souligne l'importance numérique des espèces peu appréciées dans la même zone climatique. Cela peut s'expliquer par les variations intrazones en offre d'espèces ligneuses fourragères, reflet des conditions édaphiques et des variations pluviométriques (Boudet, 1984).

Dans la quête de fourrage ligneux, les bovins, les ovins et les caprins sont conduits séparément au pâturage du fait de leurs exigences alimentaires (Daget et Godron, 1995). D'après Petit (2000), les agropasteurs secouent au moyen de gaules ou bâtons les branches des ligneux afin de mettre à la disposition des bovins les fruits inaccessibles dès que la hauteur du ligneux est supérieure à deux mètres. Le même constat est fait par Hoffmann (1985) ; les petits ruminants sont conduits par les enfants à proximité des champs. Ces enfants pratiquent l'émondage des ligneux fourragers au profit des petits

ruminants lorsqu'il y a rupture des stocks des résidus de récolte et raréfaction des ressources herbacées. Les feuilles avec les fruits et les rameaux constituent les parties les plus utilisées par les ruminants.

■ CONCLUSION

Dans le cadre de la gestion et de la conservation des ressources dans la région de Kaffrine, cette étude fournit plus d'informations sur l'état actuel des peuplements ligneux dans la forêt et dans les champs de Ngouye. Elle a permis de caractériser la végétation dans ces deux unités de production. L'évaluation de la diversité floristique a révélé l'existence de 28 espèces réparties entre 25 genres et 15 familles. Les Combretaceae étaient les mieux représentées, suivies des sous-familles Caesalpinioideae et des Mimosoideae.

L'étude a également permis de corroborer l'idée selon laquelle la strate ligneuse était à dominance arbustive. L'état actuel de la régénération était fortement perturbé (espèces vieillissantes, manque de jachère...) pour la plupart des espèces citées (plus de 80 % présentaient une régénération rare ou absente).

En outre, les ligneux assurent des fonctions diverses et jouent un rôle social très important. Ils interviennent aussi dans l'alimentation du bétail. Face au contexte actuel de désertification et de changement climatique, cette étude a révélé la nécessité d'apporter des mesures politiques efficaces et opportunes de conservation et de rétablissement de certaines espèces ligneuses en favorisant surtout la population autochtone. En guise de perspectives, il serait intéressant de mener d'autres études comme la détermination de la composition chimique des feuilles des arbres les plus utilisés ce qui approfondira davantage les connaissances sur la qualité des fourrages consommés. La promotion de la régénération naturelle assistée, le développement des cultures fourragères (rendant les agriculteurs sensibles aux avantages de ces cultures) et une taille modérée (par exemple, limitée à un quart de la canopée fourragère) peuvent aider à réduire la pression sur les ligneux.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans conflit d'intérêts.

Déclaration des contributions des auteurs

AbD et SN ont participé à la conception et à la planification de l'étude ; AbD a recueilli les données et rédigé la première version du manuscrit ; OS a participé à la planification de l'étude ; AbD et AID ont effectué les analyses statistiques ; AG et SN ont révisé le manuscrit.

REFERENCES

Agence canadienne de développement international (ACDI), 1985. Une solution à long terme pour le Sahel: l'assistance bilatérale canadienne, Québec, 28 p.

Akpo L.E., Gouzis M., 1996. Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, **50** (2): 247-263, doi: 10.1080/00837792.1996.10670605

Akpo L.E., 1998. Effets de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses du Sénégal : variation selon un gradient climatique. Thèse Doct. d'Etat en Sciences naturelles, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal, 142 p.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2013. Service régional de la Statistique et de la Démographie, Kaffrine, Sénégal

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2013. Situation économique et sociale régionale, Kaffrine, Sénégal, 16 p.

Bakhomou A., 2013. Dynamique des ressources fourragères : indicateur de résilience des parcours communautaires de Tèssékéré au Ferlo. Thèse Doct., Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal, 101 p.

Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal. Editions Clair Afrique, Dakar, Sénégal, 485 p.

Bognounou O., Ganaba S., Ouadba J.M., 2004. Plantes de construction d'habitations en région sahélienne (Burkina Faso). *Bois For. Trop.*, **282** (4): 11-17, doi: 10.19182/bft2004.282.a20215

Boudet G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Ministère de la Coopération. IEMVT, Paris, France, 267 p.

Bounkougou E.G., Ayuk A.T., Zoungana I., 1993. Les parcs agro-forestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Symposium international, Ouagadougou, Burkina Faso, 226 p.

Breman H., Kessler J.J., 1995. Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions (an emphasis on the Sahelian countries), *Adv. Ser. Agric. Sci.*, **23**: 340 p., doi : 10.1007/978-3-642-79207-6

Daget P.H., Godron M., 1995. Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER, AUPELF, UREF, Universités francophones, Paris, France, 510 p.

Diatta C.D., Gueye M., Koma S., Akpo L.E. 2009. Diversité de la flore et de la végétation de la réserve de Ngazobil (Joal-Fadiouth) au Sénégal. *J. Sci.*, **9** (3): 1-13

Fall S.T., Traoré E.H., Cissé M., Korea A., Sèye B.M., Fall A., Diop A.K., 1994. Système d'alimentation pour la production intensive de viande au Sénégal. Essai de prévalgarisation de rations d'embouche. Convention ISRA-CRDI, Dakar, Sénégal, 38 p.

Fall T., Traoré E., Ndiaye K., Ndiaye N.S., Sèye B.M., 1997. Utilisation des fruits de *Faidherbia albida* pour l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. *Livest. Res. Rural Dev.* **9** (5): 17 p.

FAO, 1999. L'insécurité alimentaire dans le monde : la faim au quotidien et la crainte permanente de la famine. Rome, Italie, 40 p.

FAO, 2003. Situation des forêts du monde 2003. Rome, Italie, 12 p.

Gounot M., 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson, Paris, France, 314 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2007. Changement climatique 2007, Genève, Suisse, 114 p.

Guerin H., 1984. Lexique 'Latin Wolof' des espèces végétales consommées par les ruminants domestiques à Thyssé-Kaynor-Sonkorong. LNERV/ISRA, Dakar, Sénégal, 6 p.

Hoffmann O., 1985. Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi. Nord-est de la Côte d'Ivoire, Orstom, Paris, France, 355 p.

Kaboré Z., 1995. Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudanais et des sous-produits du Burkina Faso. Thèse d'Etat, Université Ouagadougou, Burkina Faso, 201 p.

Kiema S., 2007. Elevage extensif et conservation de la diversité biologique dans les aires protégées de l'Ouest burkinabé. Arrêt sur leur histoire, épreuves de la gestion actuelle, état et dynamique de la végétation. Thèse Doct., Université d'Orléans, France, 658 p.

Konaté P.S., 1999. Structure, composition et distribution de quelques ligneux dans les provinces du Seno et du Yagha: proposition d'application à leur gestion. Mém. fin d'études d'ingénieur du développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 76 p.

Le Houérou H.N., 1980. Rôle des ligneux fourragers dans les zones sahélienne et soudanienne. In Le Houérou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, 85-101.

Mohamed Mahamoud C., Lo M., Bassène E., Akpo L.E., 2008. Caractéristiques de la flore et végétation ligneuses de forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *J. Sci. Technol.*, **6** (2): 72- 85

Ngom D., 2001. Place de l'arbre dans les systèmes de production de la NEMA dans le NIOMBATO (Saloum, Sénégal), Mémoire DESS CRESA, Niamey, Niger, 69 p.

Ngom D., 2008. Définition d'indicateurs de gestion durable des ressources sylvopastorales au Ferlo. (Nord-Sénégal). Thèse Doct., Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal, 148p.

Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S., Akpo L.E., 2013. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **65** (2013): 5008-5023, doi: 10.4314/jab.v65i0.89644

- Petit S., 2000. Environnement des troupeaux et usage de l'arbre chez les agropasteurs peuls de l'Ouest burkinabé. Approche comparative et systématique de trois situations : Barani, Kourouma et Ouangolodougou. Thèse Doct., Université d'Orléans, France, 528 p.
- Poupon H., 1980. Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. ORSTOM ed. (Etudes & Thèses), Paris, France, 307 p.
- République du Sénégal, 2006. Ministère de l'Économie et des Finances (MEF) : Doc. stratégie de réduction de la pauvreté II : Dakar, Sénégal
- Roberts-Pichette P., Gillespie L., 2002. Protocoles de suivi de la biodiversité végétale terrestre. Collection des publications hors-série du RESE, rapport 9. Centre canadien des eaux intérieures, Ontario, Canada, 138 p.
- Rondeux J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Presses agronomiques, Gembloux, Belgique, 521 p.
- Sarr O., 2009. Caractéristiques des ligneux fourragers dans les parcours communautaires de Lour Escalé (région de Kaffrine centre-Sénégal). DEA, FST, UCAD, Dakar, Sénégal, 61 p.
- Sarr O., Bakhom A., Diatta S., Akpo L.E., 2013a. L'arbre en milieu soudano-sahélien dans le bassin arachidier (Centre-Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **61** (2013): 4515-4529, doi: 10.4314/jab.v61i0.85598
- Sarr O., Ngom D., Bakhom A., Akpo L.E., 2013b. Dynamique du peuplement ligneux dans un parcours agrosylvopastoral du Sénégal. *Vertigo*, **13** (2), doi : 10.4000/vertigo.14067
- Sarr O., Diatta S., Gueye M., Ndiaye P.M., Guissé A., Akpo L.E., 2013c. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest). *Rev. Méd. Vét.*, **164** (1): 2-8, doi: hal-01722601
- Sarr O., Ngom D., Ngarya F.T., Diatta S., Akpo L.E., 2014. Etat de la végétation ligneuse dans trois unités d'utilisation des terres d'une zone agropastorale au Sénégal (région de Kaffrine). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8** (6): 2669-2684, doi: 10.4314/ijbcs.v8i6
- Savadogo P., 2002. Pâturages de la forêt classée de Tiogo : Diversité végétale, productivité, valeur nutritive et utilisations. Mém. Ingénieur, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 105 p.
- Service régional de la Statistique et de la Démographie (SRSD), 2013. Situation économique et sociale régionale, Kaffrine, Sénégal
- Veillard P., 2011. L'avenir de l'élevage africain. Défis sud. SOS FAIM, Bruxelles, Belgique, 11-13
- Zoungrana I., 1991. Recherche sur les aires pâturées du Burkina Faso : Aménagement et ressources naturelles. Thèse d'Etat, Université Bordeaux III, France, 277 p.

Summary

Dione A., Ngom S., Sarr O., Diallo A., Guissé A. Characteristics of the woody stands of two land-use systems in Kaffrine Region, Senegal

The study focused on the characterization of the woody stands of two land-use systems (a forest closed to grazing animals, and fields) in the Ngouye terroir in Senegal. It was carried out in an agropastoral area that hosts several families of transhumants annually. By means of woody vegetation sampling and surveys of the population we inventoried 28 species belonging to 25 genera and 15 botanical families. The Fabaceae (subfamilies: Mimosoideae, Caesalpinioideae, Faboideae) were the most represented, followed by the Combretaceae. The parameters of the study showed that there were clear differences between the two systems, which highlighted their heterogeneity, with a great stability of the stands in the forest. The stand was generally very young, with a large percentage of individuals in the first diameter-and-height category. The fields had the highest proportion of mature trees but the regeneration rate in this area was lower than in the forest. The species richness of the fields was much higher than that of the forest. In terms of pastoral activities, woody plants were used to feed livestock.

Keywords: woody plants, feed resources, agropastoral systems, forest stands, Senegal

Resumen

Dione A., Ngom S., Sarr O., Diallo A., Guissé A. Características del asentamiento leñoso de dos sistemas de uso de la tierra en la región de Kaffrine en Senegal

El estudio se centró en la caracterización del asentamiento leñoso de dos sistemas de uso de la tierra (el bosque como zona de exclusión del pastoreo) en el territorio de Ngouye en Senegal. Se llevó a cabo en una zona agro pastoral que acoge anualmente a varias familias de trashumantes. Mediante muestreos de vegetación leñosa y encuestas a la población, identificamos 28 especies pertenecientes a 25 géneros y 15 familias botánicas. Las Fabaceae (subfamilias: Mimosoideae, Caesalpinioideae, Faboideae) fueron las más representadas, seguidas de las Combretaceae. Los parámetros del estudio mostraron la existencia de diferencias claras entre las dos unidades, mostrando su heterogeneidad, con una gran estabilidad de los asentamientos en el bosque. Los rodales leñosos eran generalmente muy jóvenes, con un gran porcentaje de individuos en la primera categoría de diámetro y altura. Los campos presentaban la mayor proporción de individuos adultos, pero la tasa de regeneración en esta zona fue menor que la del bosque. La riqueza específica de los campos fue mucho mayor que la del bosque. A nivel pastoral, las leñosas participaron en la alimentación del ganado.

Palabras clave: plantas leñosas, recursos de piensos, sistemas agropascícolas, rodales, Senegal

