SECHERESSE

Article scientifique

Sécheresse 2008 ; 19 (1) : 39-46

Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragères d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa)

Vonjison Rakotoarimanana[1]
Hélène Gondard[2]
Nivo Ranaivoarivelo[2]
Stéphanie Carriere[2]

[1] Département de biologie et écologie végétales,
Faculté des sciences,
BP 906,
Université d'Antananarivo,
Madagascar
<vonjison@yahoo.fr>
[2] Gestion des espaces ruraux et environnement/Institut de recherche pour le développement (Gerem/IRD),
BP 434,
Tsiadana,
Route d'Ambohipo,
101 Antananarivo
Madagascar
<hgondard@yahoo.fr>
<nivoranaivoa@yahoo.fr>
<stephanie.carriere@ird.fr>

Résumé

Les effets du pâturage sur la composition, la richesse, la diversité floristique et la production puis sur la qualité fourragères d'une savane herbeuse à *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* ont été étudiés dans la région de Fianarantsoa (Hautes Terres malgaches). Les résultats montrent que le pâturage diminue la richesse floristique et les indices de diversité (diversité de Shannon et Weaver) et de régularité, mais qu'il augmente le recouvrement de la végétation herbacée. Le recouvrement de la végétation ne tient pas seulement compte du prélèvement par les animaux mais aussi du comportement de chaque espèce végétale à l'issue du broutage. Le pâturage favorise le tallage de certaines espèces, c'est-à-dire qu'au lieu de croître en hauteur les touffes s'étalent en largeur. Par ailleurs, il diminue la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée. Le pâturage améliore la qualité fourragère des parcours.

Mots clés : biomasse, composition floristique, espèce fourragère, indicateurs, Madagascar, pâturage, savane.

Abstract

Effects of grazing on floristic diversity, production and forage quality of Malagasy highland savanna (Fianarantsoa area)

A study of the effects of grazing (grazed, ungrazed) was carried out in the Fianarantsoa area (Malagasy highland). The objectives were to evaluate the effects on botanical composition, species richness, diversity, production and forage quality of savanna dominated by *Aristida similis* and *Sporobolus subulatus*. The study showed that grazing decreases plant species richness and floristic diversity (the Shannon-Weaver diversity index and the regularity index) but increases herbaceous plant cover. This herbaceous plant cover does not take only the reduction due to animals into account but also considers each species' stemming behavior following browsing. Grazing favors widthwise growth for some species. Furthermore, grazing decreases biomass and total herbaceous epigeous phytomass while increasing the rate of pasture value parameters.

Key words: biomass, floristic composition, forage species, grazing, indicators, Madagascar, savanna.

doi: 10.1684/sec.2008.0120

Tirés à part : V. Rakotoarimanana

Les savanes sont largement représentées à Madagascar puisqu'elles couvrent 70 % du territoire [1]. Bien que localement assez riches, elles sont d'une grande pauvreté floristique (moins de 5 % de la flore) et d'une grande homogénéité physionomique [1, 2]. Les savanes jouent néanmoins un rôle économique majeur car elles assurent l'essentiel de l'alimentation des troupeaux dans les systèmes d'élevage extensif.

Bien que les travaux de recherche portant sur l'élevage à Madagascar soient divers – quelques études géographiques à l'échelle régionale [3, 4], des études anthropologiques et historiques [5, 6], des études zootechniques généralement conduites dans le cadre de stations expérimentales [7-9] –, il n'existe que relativement peu de connaissances sur les effets du pâturage sur la diversité et la production des savanes à Madagascar [10]. Les effets du pâturage sur les savanes sont mieux abordés en Afrique sahélo-soudanienne [11-13].

Ces considérations nous ont conduits à mettre en place une étude de l'influence du pâturage sur la diversité floristique et la phytomasse herbacée épigée d'une savane herbeuse à dominance *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus*.

En effet, une connaissance plus approfondie de la production des pâturages et de leur évolution en fonction d'un des facteurs écologiques d'origine anthropique déterminants (notamment pâturage) en permettrait une meilleure gestion.

On se propose de vérifier l'hypothèse suivante : le pâturage, du fait du prélèvement des animaux, diminue la diversité floristique, le recouvrement de la végétation et la production de phytomasse herbacée épigée.

Matériel et méthode

Site d'étude

Le travail a été réalisé sur les Hautes Terres malgaches en lisière ouest du « corridor » forestier reliant le Parc national de Ranomafana à celui d'Andringitra, dans le terroir villageois d'Ambendrana (21° 22' 46'' S ; 47° 18' 34'' E), commune rurale d'Androy, dans la province de Fianarantsoa *(figure 1)*. Dans la zone, l'altitude varie de 1 100 à 1 250 m.

Le poste climatique du programme Gerem (Gestion des espaces ruraux et environnement à Madagascar) de Sahambavy, station météorologique la plus proche de notre zone d'étude (à 15 kilomètres), donne pour la température une moyenne annuelle de 18,9 °C et une pluviosité annuelle de 1 600 mm. Le climat est de type tropical unimodal de moyenne altitude caractérisé par un hiver frais, humide mais sans pluies d'avril à septembre, un déficit hydrique en octobre et parfois novembre et une saison des pluies estivale, de novembre à mars. L'ensemble de ces données caractérise un climat de type subhumide à saison sèche atténuée par des brouillards [14].

Le relief se compose de successions de collines aux pentes assez fortes, séparées par des bas-fonds inondables, le plus souvent cultivées en rizières.

D'un point de vue géologique, les principales roches mères de la zone d'étude sont des gneiss et orthogneiss calco-alcalins [15]. Les sols, ferralitiques rouge et jaune/rouge, sont particulièrement pauvres en phosphore assimilable et en bases échangeables [16], raison pour laquelle les paysans pratiquent l'agriculture sur brûlis afin de fertiliser le sol.

La mosaïque paysagère est composée d'une végétation forestière appartenant à la forêt dense ombrophile de moyenne altitude, de recrûs forestiers postagricoles issus de la mise en jachère, de champs cultivés et de savanes herbeuses principalement dominées par des *Poaceae* telles que *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* [17]. Les espèces ligneuses sont très rares dans les savanes sauf dans le cas des savanes peu ou pas pâturées où l'on peut noter quelques pieds d'*Eucalyptus* sp., *Pinus patula*, et des espèces d'origine forestière telles que *Weinmannia bojeriana* et *Weinmannia. rutenbergii* (*Cunoniaceae*), *Cassinopsis madagascariensis* (*Icacinaceae*).

Dispositif expérimental

Les stations ont été choisies en fonction de l'intensité du pâturage des savanes par les troupeaux de zébus. Après avoir mené des enquêtes auprès des éleveurs, trois unités ont été retenues :

– savane très pâturée : dix troupeaux de zébus composés de 34 adultes et de 9 veaux ont pâturé cette unité pendant 5 heures par jour (3 heures le matin et 2 heures l'après-midi) et d'une façon permanente toute l'année. Elle se trouve de 0 à 500 m du point d'eau. Cette unité a été mise en jachère depuis 1982. Avant

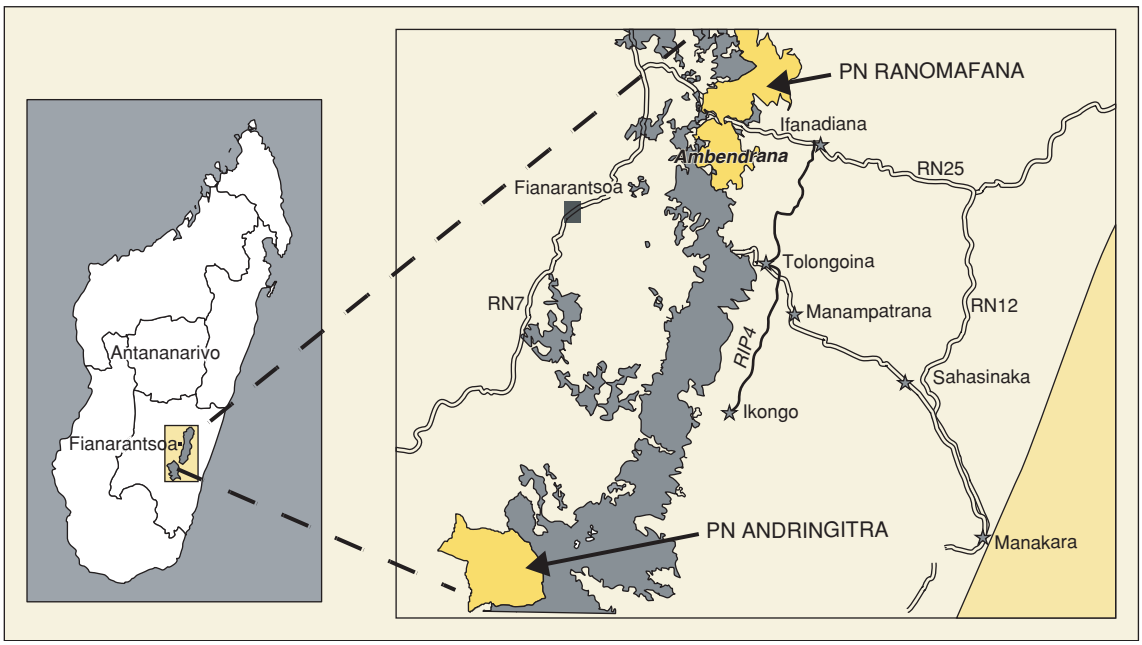

Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude.

2002, elle a été brûlée tous les deux ans en octobre-novembre pour renouveler le pâturage ;
– savane moyennement pâturée : trois troupeaux de zébus composés de 19 adultes et de 3 veaux ont pâturé cette unité pendant 3 heures par jour et d'une façon permanente toute l'année. Cette unité a été mise en jachère depuis 1994. Elle se trouve de 500 à 1 500 m du point d'eau. Avant 2002, elle a été soumise au feu tous les ans en août-septembre-octobre pour stimuler les repousses vertes et tendres et en novembre pour nourrir les animaux sortant du piétinage des rizières ;
– savane peu ou pas pâturée : cette unité se trouve à plus de 4 km du village. Les zébus n'y passent qu'occasionnellement. Cette unité n'a jamais été cultivée. La dernière mise à feu date de 1998. Avant cela, elle a été brûlée tous les ans au mois de novembre.
Les trois unités retenues présentent les mêmes conditions écologiques générales apparentes *(tableau 1)*. Cela facilite leur comparaison afin de tester l'effet du pâturage sur la dynamique de la végétation.
Dans chaque unité, 5 placettes de 100 m^2 ont été positionnées de manière à cerner la variabilité spatiale de la savane.

Paramètres

Les paramètres étudiés se rapportent plus particulièrement à la richesse, à la diversité floristique et à la production de la végétation herbacée.

• Richesse floristique

La richesse floristique (effectif des familles, des genres et des espèces) est évaluée sur cinq répétitions de relevés d'une superficie de 100 m^2 par station.

• Diversité floristique

Les indices de diversité et de régularité sont évalués sur des relevés de 100 m^2 x 5 répétitions par unité et sont définis comme suit [18, 19] :
– diversité maximale : $H_{max} = \log_2 S$;
– indice de diversité de Shannon et Weaver :

$$H' = -\sum_{1}^{....n} f_i * \log_2 f_i$$

Où :
– $0 < f_i < 1$;
– indice de régularité : $R = H'/H_{max}$;
équations où S est l'effectif total des espèces et f_i la contribution spécifique de l'espèce i ($f_i = ni/\Sigma ni$, ni étant la fréquence absolue de l'espèce i, évaluée par son recouvrement estimé).

• Structure spécifique

Une liste exhaustive des espèces a été établie sur 100 m^2 x 5 répétitions par unité, chacune des espèces étant caractérisée par sa contribution spécifique (f_i).
Une analyse factorielle des correspondances (AFC) [20] a été appliquée à la matrice des placettes x espèces pour déterminer la structure des relations entre les différentes placettes et les cortèges floristiques qui les caractérisent. Elle a été réalisée à l'aide du logiciel ADE4 (Analyse des données écologiques : méthodes exploratoires et euclidiennes en sciences de l'environnement) mis au point par l'Unité « Biométrie » de l'université de Lyon.

• Recouvrement global (Rg)

Le recouvrement global a été évalué par la méthode des relevés linéaires le long de deux lignes de 10 m, parallèles et situées au milieu de chaque placette [21]. Sur chaque ligne, les observations sont effectuées tous les 20 centimètres, ce qui correspond à un échantillonnage de N = 100 points par placette.

$$Rg = \frac{N - ni}{N} \times 100$$

ni étant le nombre de points où le sol nu a été observé.

Tableau I. Paramètres écologiques apparents des trois unités étudiées.

Unité	Très pâturée	Moyennement pâturée	Non pâturée
Coordonnées géographiques	S 25° 12' 798 E 47° 18' 906	S 21° 22' 979 E 47° 19' 190	S 21° 23' 093 E 47° 19' 320
Altitude	1 128 m	1 122 m	1 125 m
Exposition	Nord-Nord Est	Nord	Nord-Nord Ouest
Position	mi-versant	mi-versant	mi-versant
Pente (%)	6	8	10
Érosion	négligeable	négligeable	négligeable
Texture du sol	argile (70 %)	argile (80 %)	argile (70 %)
	limon (25 %)	limon (20 %)	limon (25 %)
	sable (5 %)	sable (0 %)	sable (5 %)
Conditions hydriques	station sèche	station sèche	station sèche

• Phytomasse herbacée épigée

La détermination de la phytomasse épigée totale accumulée est faite par la méthode de la récolte intégrale [22], qui est particulièrement fiable grâce à sa simplicité et à sa précision. Elle consiste à couper au ras du sol la matière végétale épigée sur des carrés de 1 m^2 avec 30 répétitions par unité. Les résultats en poids de matière sèche (séchage à 85 °C jusqu'à poids constant) portent sur la phytomasse totale, la nécromasse (phytomasse morte) et la biomasse (phytomasse verte) [23].
Les données concernant la richesse et diversité floristiques, la régularité, le recouvrement global de la végétation et la phytomasse herbacée épigée ont été soumises à une analyse de variance (logiciel STAT-ITCF). Dans le cas où un effet serait globalement significatif, l'interprétation du tableau s'achève par l'application du test de Newman-Keuls [24]. Selon ce test, les moyennes qui n'ont pas de différence significative au seuil de probabilité de 0,05 % constituent un groupe statistiquement homogène.

• Qualité fourragère

Pour chaque unité de savane, deux paramètres de la qualité fourragère ont été pris en considération :
– l'indice de qualité spécifique (Is) établie sur une échelle de cotation de 0 à 3 [25]. Ainsi sont considérées comme espèces de :
– bonne valeur pastorale (Bvp), les espèces dont l'indice spécifique (Is) est égal à 3 ;
– moyenne valeur pastorale (Mvp), les espèces dont l'indice spécifique (Is) est égal à 2 ;
– faible valeur pastorale (Fvp), les espèces dont l'indice spécifique (Is) est égal à 1 ;
– sans valeur pastorale (Svp), les espèces dont l'indice spécifique (Is) est égal à 0.
Ces cotations sont attribuées à chaque espèce en fonction du niveau d'appétibilité par les animaux et d'un certain nombre d'autres critères : valeur nutritive, assimilabilité, digestibilité…
– la valeur pastorale calculée par la formule [21] :

$$VP = 1/3 \sum_{i=1}^{n} Csi * Isi \ (0 < Csi < 1)$$

équation où Csi est la contribution spécifique de l'espèce i (Csi = ni/Σni, ni étant la fréquence absolue de l'espèce i), établie à partir de relevés linéaires.
La valeur ainsi obtenue est aussi appelée indice global (ou synthétique) de qualité. Cet indice renseigne sur l'importance du

fourrage de qualité (ou fourrage « qualifié ») produit par la végétation.

Résultats

Richesse spécifique

La flore de cette savane compte 43 espèces herbacées réparties dans 35 genres et 13 familles dont les plus représentées sont les *Asteraceae* (30 %), les *Poaceae* (23 %), les *Cyperaceae* (12 %) et les *Leguminosae* (9 %) (Annexe A).
L'importance des genres et espèces varie en fonction des différentes familles comme suit :
– *Asteraceae* (13 espèces, 6 genres) ;
– *Poaceae* (10 espèces, 9 genres) ;
– *Cyperaceae* (5 espèces, 5 genres) ;
– *Leguminosae*(4 espèces, 4 genres) ;
– *Rubiaceae* (3 espèces, 3 genres) ;
– *Ericaceae, Dennstaedtiaceae, Gleicheniaceae, Hypoxidaceae, Liliaceae, Lobeliaceae, Passifloraceae et Umbelliferae* (1 genre monospécifique).
Le *tableau 2* donne la variation de la richesse floristique en fonction de l'intensité du pâturage.
Les effectifs des familles, des genres et des espèces diminuent significativement en fonction de l'intensité du pâturage.

Diversité spécifique

Le *tableau 3* illustre les variations des indices de diversité et de régularité en fonction de l'intensité du pâturage.
Le pâturage entraîne une diminution de la diversité maximale, de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et de l'indice de régularité d'une façon significative.

Structure spécifique

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée sur la matrice de présence/absence des 43 espèces herbacées des 15 placettes. La *figure 2* représente le premier plan factoriel qui explique 40 % de la variabilité totale.
L'agencement des relevés dans le plan factoriel 1-2 montre une très nette séparation suivant l'axe 1 :
– des placettes très pâturées caractérisées par *Bulbostylis viguieri* (4), *Chamaecrista lateriticola* (7), *Elephantopus scaber* (12), *Helichrysum faradifani* (20), *Eragrostis* sp.1 (26), *Oldenlandia herbacea* (32), *Psiadia salviaefolia* (35), *Rhynchospora glauca* (37), *Spermacoce verticillata* (38), *Stenotaphrum dimidiatum* (39), *Helichrysum madagascariensis* (22) ;
– des placettes moyennement pâturées caractérisées par *Erica lecomtei* (14), *Lobelia filiformis* (31), *Helichrysum phylicaefolium* (18), *Fuirena chlorocarpa* (17),

Tableau II. Variation de la richesse floristique en fonction de l'intensité du pâturage.

	Effectif des familles	Effectifs des genres	Effectif des espèces
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	14 (a)	23 (a)	25 (a)
Moyennement pâturée	10 (b)	19 (b)	23 (ab)
Très pâturée	9 (b)	17 (b)	20 (b)
Probabilité			
Théorique	0,05	0,05	0,05
Pâturage	0,00 (HS)	0,01 (HS)	0,04 (S)

Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls. Les significations statistiques de l'analyse de variance sont S : significatif (0,01 < p [0,05) et HS : hautement significatif (p ≤ 0,01).

Tableau III. Variation des indices de diversité en fonction de l'intensité du pâturage.

	Diversité maximale	Indice de Shannon et Weaver	Indice de régularité
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	4,67 (a)	2,93 (a)	0,63 (a)
Moyennement pâturée	4,54 (ab)	2,78 (ab)	0,61 (ab)
Très pâturée	4,63 (b)	2,52 (b)	0,58 (b)
Probabilité			
Théorique	0,05	0,05	0,05
Pâturage	0,04 (S)	0,02 (S)	0,05 (S)

Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls. La signification statistique de l'analyse de variance est S : significatif (0,01< p [0,05).

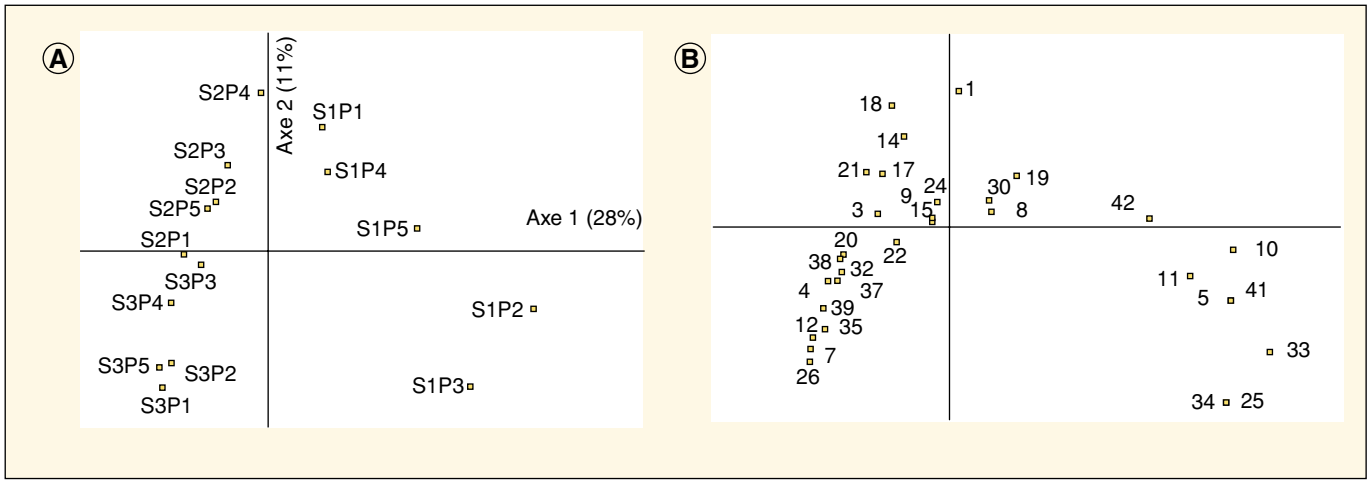

Figure 2. Cartes factorielles dans le plan 1-2 des 15 placettes (A) et des 42 espèces (B) des unités soumises à trois intensités de pâturage : très pâturées (S3), moyennement pâturées (S2) et peu ou pas pâturées (S1).
Ne sont représentées que les espèces ayant une forte contribution absolue et une bonne représentation.

Desmodium barbatum (9), *Eriosema procumbens* (15), *Helichrysum plantago* (24), *Helichrysum gymnocephalum* (21) (en abscisses négatives) ;
– et des placettes non pâturées (en abscisses positives) caractérisés par *Ageratum conyzoides* (1), *Carex* sp. (5), *Cyperus niveus* (8), *Dianella ensiflora* (10), *Dicranopteris linearis* (11), *Helichrysum benthamii* (19), *Hypoxis angustifolia* (25), *Launea pauciflora* (30), *Otiophora pauciflora* (33), *Passiflora* sp. (34), *Vernonia* sp. (41), *Vernonia garnieriana* (42). Cette répartition conduit à interpréter cet axe comme représentant le facteur pâturage.

Variation du recouvrement et de la phytomasse herbacée épigée

Les résultats de l'analyse de variance relative au recouvrement et à la phytomasse épigée de la strate herbacée, en fonction de l'intensité du pâturage, sont présentés dans le *tableau 4*.
Le pâturage augmente d'une façon significative le recouvrement de la végétation herbacée épigée. En revanche, il diminue la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée.
Il n'y a pas de différence significative entre la savane moyennement pâturée et très pâturée à propos de ces trois paramètres de production.

Qualité fourragère

La qualité d'un pâturage peut être exprimée par sa valeur pastorale, en l'absence d'analyses chimiques et/ou bromatologiques. Le pâturage, considéré comme un des facteurs d'équilibre des herbages, agit sur la valeur pastorale. Le *tableau 5* représente les variations des valeurs pastorales des parcours à *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* et les contributions spécifiques des espèces selon leur indice de qualité en fonction de l'intensité de pâturage.
Le pâturage augmente très nettement la valeur pastorale des parcours. Les valeurs du *tableau 5* permettent d'expliquer ce résultat plutôt inhabituel. En effet, bien que le pâturage diminue la contribution spécifique des plantes de bonne valeur pastorale (plantes à indice de qualité élevé), la valeur globale de la valeur pastorale de l'unité peu ou pas pâturée est significativement plus faible que dans les autres unités car les espèces à indice de qualité nulle (sans valeur pastorale) sont largement et significativement représentées. Les valeurs des espèces à indice de qualités moyenne à faible sont trop faibles et certainement en deçà des seuils d'erreurs des mesures de fréquences. C'est donc plutôt le rapport de proportion entre plantes à indices élevé et nul qui explique ce résultat.

Tableau IV. Variation du recouvrement, de la phytomasse et de la biomasse herbacée en fonction de l'intensité de pâturage.

	Recouvrement (%)	Biomasse (t/ha)	Phytomasse (t/ha)
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	82,8 (a)	1,91 (a)	3,30 (a)
Moyennement pâturée	92,2 (b)	1,56 (b)	2,55 (b)
Très pâturée	96,4 (b)	1,57 (b)	2,53 (b)
Probabilité			
Théorique	0,05	0,05	0,05
Pâturage	0,02 (S)	0,04 (S)	0,00 (HS)

Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls.
Les significations statistiques de l'analyse de variance sont S : significatif ($0,01 < p \leq 0,05$), et HS : hautement significatif ($p \leq 0,01$).

Tableau V. Valeur pastorale des parcours et contributions spécifiques des plantes en fonction de l'intensité des pâturages.

		Contributions spécifiques			
	Valeur pastorale	Bonne valeur pastorale	Moyenne valeur pastorale	Faible valeur pastorale	Sans valeur pastorale
Unité de savane					
Peu ou pas pâturée	42,7 (a)	0,43 (a)	0,00 (a)	0,00 (a)	0,57 (a)
Moyennement pâturée	57,9 (b)	0,17 (b)	0,03 (b)	(b)	0,38 (b)
Très pâturée	72,7 (c)	0,25 (c)	0,05 (b)	0,01 (b)	0,21 (c)
Probabilité					
Théorique	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Pâturage	0,00 (HS)	0,00 (HS)	0,00 (HS)	0,00 (HS)	0,00 (HS)

Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls.
La signification statistique de l'analyse de variance est HS : hautement significatif.

En résumé, en l'absence de feu, l'entretien du pâturage semble donc être essentiellement assuré par le passage répété des animaux.

Discussion

Richesse floristique

Nous avons montré que les effectifs des familles, des genres et des espèces diminuent significativement en fonction de l'intensité du pâturage. Ces résultats corroborent ceux trouvés en milieu sahélien [26, 27] qui montrent que le pâturage intense et continu diminue la richesse floristique, tout en favorisant l'établissement des *Poaceae*, les annuelles à cycle court et les xérophytes. Ils s'opposent en revanche à ceux obtenus dans le sud-ouest de Madagascar [10] qui montrent que l'effet du pâturage se caractérise au cours du temps par l'augmentation de la richesse floristique. Cette augmentation pourrait être interprétée comme étant le résultat de l'introduction d'espèces zoochores dans le milieu, comme cela a pu être démontré dans une savane des montagnes rocheuses aux États-Unis [28] ou encore par le niveau nutritionnel du milieu. La richesse floristique pourrait augmenter même en cas de forte intensité de pâturage, si le système est suffisamment riche en éléments nutritifs après pâturage pour permettre le développement de certaines espèces [29].

Diversité floristique

Il a été démontré que le pâturage diminue significativement les indices de diversité. Le pâturage provoque donc, dans nos conditions d'échantillonnage, une inégalité des contributions individuelles des espèces. Cette assertion corrobore celle observée au Sahel qui rapporte que le pâturage intensif entraîne la dominance d'un petit nombre d'espèces (H' faible) [27]. Ces résultats s'opposent, en revanche, à ceux trouvés dans le sud-ouest de Madagascar [10]. L'intensité du pâturage peut être prise en compte pour l'interprétation de ces contradictions. Ainsi, certains

auteurs montrent que le pâturage augmente la diversité spécifique des prairies [30] quand l'intensité est moyenne (cas du sud-ouest de Madagascar), et la diminue quand l'intensité du pâturage est forte (cas de la région d'Ambendrana et du Sahel).

Structure spécifique

Il a été possible d'identifier des groupes d'espèces caractéristiques des stations peu ou pas pâturées, moyennement pâturées et très pâturées. Ces caractéristiques de la végétation déterminent le comportement du bétail. Au pâturage, le bétail manifeste une préférence pour certaines espèces [3]. Ainsi, les associations végétales à dominance d'annuelles et d'hémicryptophytes sont généralement appréciées par les animaux. Elles sont affiliées à l'unité de savane très pâturée et caractérisées par les espèces suivantes : *Bulbostylis viguieri*, *Chamaecrista lateriticola*, *Eragrostis* sp.1, *Rhynchospora glauca*, *Oldenlandia herbacea*. L'unité moyennement pâturée est caractérisée par un mélange d'espèces annuelles, d'hémicryptophytes et de quelques phanérophytes. Parmi ces espèces, trois seulement sont appréciées par les animaux – *Fuirena chlorocarpa*, *Desmodium barbatum*, *Eriosema procumbens*, tandis que les autres sont des ligneuses herbacées de refus telles que *Erica lecomtei*, *Lobelia filiformis*, *Helichrysum phylicaefolium*, *Helichrysum plantago* et *Helichrysum gymnocephalum*. L'unité peu ou pas pâturée est quant à elle caractérisée par la dominance de phanérophytes ou de géophytes non appréciés par les zébus : *Carex* sp., *Cyperus niveus*, *Dianella ensiflora*, *Dicranopteris linearis*, *Helichrysum benthamii*, *Hypoxis angustifolia.*, *Vernonia* sp. et *Vernonia garnieriana*.

Phytomasse herbacée

Il a été relaté que le pâturage augmente d'une façon significative le recouvrement de la végétation herbacée épigée. Ce résultat est assez étonnant car il est attendu que le recouvrement devrait diminuer avec le pâturage, en raison du prélèvement par les animaux. Cela pourrait être expliqué par le fait que le pâturage peut avoir un effet stimulant sur les plantes [31]. Les différentes espèces réagissent en effet de façon particulière au pâturage. Certaines d'entre elles réagissent à la pâture en augmentant le diamètre de leurs touffes *(Bulbostylis viguieri*, *Eragrostis* sp.) de sorte que le couvert végétal, en augmentant, puisse se maintenir à un niveau relativement élevé dans le cas où le surpâturage pourrait être évité.
L'effet du pâturage sur la biomasse et la phytomasse de la strate herbacée est quant à lui moins complexe. La biomasse et la phytomasse herbacée totale sur pied sont significativement plus importantes en conditions non pâturées qu'en conditions pâturées. Nous vérifions ainsi un résultat largement obtenu au Burkina Faso [26, 32], au Mali [33], en Nouvelle-Zélande [34] et au Cameroun [35]. Les résultats qui portent sur la production (quantité de matières sèches sur pied) sont attendus, car une partie de la phytomasse consommée par les animaux domestiques et une autre partie piétinée, enfouie et décomposée, ne sont pas prises en compte dans les mesures. En termes de productivité (quantité de matière sèche par unité de surface et de temps), les résultats correspondant aux deux situations auraient pu différer en raison notamment de la stimulation de la croissance des espèces pérennes par le broutage [30].

Qualité fourragère

Il a été démontré que le pâturage augmente la valeur pastorale des parcours. Ces variations sont liées au rapport de proportion entre plantes à indices de qualité élevé et nul. Pour certains auteurs, ces variations sont plutôt liées aux variations de la composition floristique en particulier de la proportion des *Poaceae*, espèces à indice de qualité spécifique élevé [36].
La méthode d'appréciation de la valeur pastorale est moins précise parce qu'elle ne considère que le tapis herbacé et ne prend pas en compte les ligneux. Elle pourrait être appliquée dans les zones où l'essentiel de la ressource est herbacé. C'est le cas des pâturages de la zone étudiée. Par ailleurs, la valeur pastorale est un paramètre qui évolue dans le temps. Elle varie en fonction de la saison et la phénologie des espèces. Malgré ces limites, la valeur pastorale (établie d'après les inventaires floristiques) permet d'apprécier la qualité fourragère des parcours de savane des Hautes Terres malgaches.

Conclusion

Cette étude qui a porté sur les effets du pâturage sur la strate herbacée d'une savane dans la région de Fianarantsoa (sur les Hautes Terres de Madagascar) a permis de mettre en évidence les faits suivants :
– la richesse et la diversité floristiques diminuent en fonction de l'intensité de pâturage ;
– le pâturage augmente le recouvrement de la végétation herbacée épigée mais diminue la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée ;
– le pâturage améliore la qualité fourragère des parcours.
La production des savanes à *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* est donc influencée par la pratique de pâturage.
Avec ces résultats, notre travail pourrait contribuer à l'orientation de recherches plus appliquées, visant à la durabilité du système pastoral dans la région. Le pâturage ne détruit pas totalement la végétation, sinon il n'y aurait plus d'élevage, mais l'excès de pâturage pourrait être destructeur si le système était pauvre en éléments nutritifs après pâturage, ce qui permettrait le développement de certaines espèces. Pour cela, un système de rotation de pâturage pourrait être suggéré dans le but de préserver la production en fonction de l'année et maintenir la structure de l'association végétale à un niveau d'équilibre. Ce système oblige les éleveurs à respecter le temps de repos de la végétation.
Cette recherche a été conduite à l'échelle d'un espace assez limité, bien que représentatif des Hautes Terres malgaches. Un prolongement utile de ce travail consisterait à mener une étude comparative dans d'autres situations agropastorales afin de mettre en exergue les impacts du pâturage sur les savanes des Hautes Terres à Madagascar.

Annexe A

Liste des espèces citées dans le texte.

Genres et espèces	Famille	N°
Ageratum conyzoides L.	*Asteraceae*	1
Aristida similis Steud.	*Poaceae*	3
Bulbostylis viguieri Cherm.	*Cyperaceae*	4
Carex sp.	*Cyperaceae*	5
Chamaecrista lateriticola (R.Vig.) Du Puy	*Leguminosae*	7
Cyperus niveus Retz	*Cyperaceae*	8
Desmodium barbatum (L.) Benth.	*Leguminosae*	9
Dianella ensifolia (L.) Redouté	*Liliaceae*	10
Dicranopteris linearis (Burm.) Underwood	*Gleicheniaceae*	11
Elephantopus scaber L.	*Asteraceae*	12
Erica lecomtei H. Perr.	*Ericaceae*	14
Eriosema procumbens Benth. ex Baker	*Leguminosae*	15
Fuirena chlorocarpa Ridl.	*Cyperaceae*	17
Helichrysum phylicaefolium DC.	*Asteraceae*	18
Helichrysum benthami R.Vig. et H.Humb.	*Asteraceae*	19
Helichrysum faradifani Sc.	*Asteraceae*	20
Helichrysum gymnocephalum (DC) H. Humb.	*Asteraceae*	21
Helichrysum madagascariense DC.	*Asteraceae*	22
Helichrysum plantago DC.	*Asteraceae*	24
Hypoxis angustifolia Lamk.	*Hypoxidaceae*	25
Eragrostis *sp.1*	*Poaceae*	26
Launaea pauciflora (Bak.) H. Humb. et L. Boulos	*Asteraceae*	30
Lobelia filiformis Lamk.	*Lobeliaceae*	31
Oldenlandia herbacea (L.) Roxb.	*Rubiaceae*	32
Otiophora pauciflora Baker	*Rubiaceae*	33
Passiflora sp.	*Passifloraceae*	34
Psiadia salviaefolia Bak.	*Asteraceae*	35
Rhynchospora glauca Vahl	*Cyperaceae*	37
Spermacoce verticillata L.	*Rubiaceae*	38
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	*Poaceae*	39
Vernonia sp.	*Asteraceae*	41
Vernonia garnieriana Klatt	*Asteraceae*	42

Références

1. Morat P. *Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar*. Paris : Orstom éditions, 1973.

2. Koechlin J, Guillaumet JL, Morat P. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : Cramer, 1974.

3. Ranaivoarivelo N, Milleville P. Exploitation pastorale des savanes de la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar). In : Razanaka S, Grouzis M, Milleville P, Moizo B, Aubry C, eds. *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*. Antananarivo : CNRE/IRD, 2001.

4. Saint Sauveur A. Apports du système agro-pastoral et du droit foncier des Bara à la gestion décentralisée des ressources naturelles. In : Razanaka S, Grouzis M, Milleville P, Moizo B, Aubry C, eds. *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*. Antananarivo : CNRE/IRD, 2001.

5. Fieloux M, Lombard J. *Élevage et société. Étude des transformations socio-économiques dans le Sud-Ouest malgache : l'exemple du couloir d'Antseva*. Antananarivo : MRSTD-Orstom éditions, 1987.

6. Blanc-Pamard C, Rebara F. *A l'ouest d'Analabo : la mobilité des hommes, des cultures et des troupeaux dans le Masikoro (sud-ouest de Madagascar)*. Antananarivo : Gerem (Orstom-CNRE), 1997.

7. Granier P. *Le rôle écologique de l'élevage dans la dynamique des savanes à Madagascar*. Antananarivo : université d'Antananarivo, 1967.

8. Granier P. *Amélioration de l'alimentation du bétail à Madagascar. Note sur l'intégration de l'élevage à l'agriculture. Augmentation de la charge à l'hectare*. Montpelllier : Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (Iemvt), 1967.

9. Granier P, Gilibert J. *Étude de l'exploitation des pâturages extensifs par rotation. Techniques et résultats*. Montpellier : Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (Iemvt), 1973.

10. Rakotoarimanana V, Grouzis M. Influence du feu et du pâturage sur la richesse et la diversité floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar (Région de Sakaraha). *Candollea* 2006 (accepté).

11. Breman H, Cissé AM. Dynamic of sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Oecologia* 1977 ; 28 : 301-15.

12. Le Floc'h E. Dembélé F, Yossi H. Succession et diversité floristique des jeunes jachères. Influence du feu et du pâturage (zone soudanienne-nord du Mali). In : Floret C, Pontanier R, eds. *La jachère en Afrique tropicale : Rôle, aménagement, alternatives*. Montrouge : John Libbey Eurotext, 2000.

13. Granier P, Cabanis Y. Les feux courants et l'élevage en savane soudanienne. *Rev Elev Méd Vét Pay Trop* 1976 ; 29 : 267-75.

14. Cornet A. *Essai cartographique bioclimatique à Madagascar*. Notice explicative. Paris : Orstom éditions, 1974.

15. Ségalen P. Étude des sols du périmètre forestier d'Ampamaherana (région de Fianarantsoa). *Mémoires de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar* 1951 ; 3 : 147-63.

16. Riquier J. *Notice de la carte de végétation*. Antananarivo : sn, 1965.

17. Carrière SM, Andrianotahiananahary H, Ranaivoarivelo N, Randriamalala J. Savoirs et usages des recrus post-agricoles du pays Betsileo : valorisation d'une biodiversité oubliée à Madagascar. *Vertigo-La revue en science de l'environnement* 2005 ; 6 : 1-14.

18. Frontier S, Pichod-Viale D. *Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Paris : Masson, 1993.

19. Barbault R. *Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Paris : Masson, 1997.

20. Dagnélie P. *Analyse statistique à plusieurs variables*. Belgique : Presses agronomiques de Gembloux, 1977.

21. Daget P, Poissonet J. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann Agron* 1971 ; 22 : 5-41.

22. Levang P, Grouzis M. Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la Mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta Oecologica, Oecol Plant* 1981 ; 15 : 231-44.

23. Cornet A. Mesure de la biomasse et détermination de la production nette aérienne de la strate herbacée dans trois groupements végétaux de la zone sahélienne au Sénégal. *Acta Oecologica, Oecol Plant* 1981 ; 16 : 231-66.

24. Dagnélie P. *Les transformations des variables. Théories et Méthodes statistiques, Applications agronomiques*. Belgique : Presses agronomiques de Gembloux, 1980.

25. Akpo LE, Grouzis M. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne : le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura* 2000 ; 18 : 1-8.

26. Grouzis M. *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*. Paris : Orstom éditions, 1988.

27. Hiernaux P. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecol* 1998 ; 138 : 191-202.

28. Thomas J, Stohlgren D. Liza Schell, Brian Vanden Heuvel. How grazing and soil quality affect native and exotic plant diversity in rocky mountain grasslands. *Ecol Appl* 1999 ; 9 : 45-64.

29. Proulx M, Mazumder A. Reversal of grazing impact on plant species richness in nutrient-poor *vs*. Nutrient-rich ecosystems. *Ecology* 1998 ; 79 : 2581-92.

30. Balent G, Alard D, Blanfort V, Gibon A. Activités de pâturage, paysages et biodiversité. *Ann Zootech* 1998 ; 47 : 419-29.

31. Daget P, Godron M. *Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés*. France : Hatier-Aupelf/Uref, 1995.

32. Fournier A. Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudaniennes pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso). *Ecologie* 1994 ; 25 : 173-88.

33. Dembélé F. *Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani), Mali*. Montpellier : Centre L Emberger CEFE/CNRS, 1996.

34. Mc Intosh PD, Allen RB, Scott N. Effects of exclosure and management on biomass and soil nutrient pools in seasonally dry high country, New Zealand. *J Environ Manage* 1997 ; 51 : 169-86.

35. Donfack P. *Végétation des jachères du nord Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production*. Yaoundé : Université de Yaoundé 1, 1998.

36. Akpo LE, Banoin M, Grouzis M. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Rev Med Vet* 2003 ; 154 : 619-28.