

Influence du feu et du pâturage sur l'évolution de la phytomasse d'une savane à *Heteropogon contortus* de la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar)

V. Rakotoarimanana¹, M. Grouzis² & E. Le Floc'h³

Keywords: Savanna-Fire- Pasture- Production- South-West Madagascar

Résumé

Une expérimentation factorielle sur le rôle du feu et du pâturage a été conduite dans la région de Sakaraha, au sud-ouest de Madagascar. L'objectif a été d'évaluer les effets conjugués ou séparés du feu appliqué selon trois modalités (sans feu, feu précoce, feu tardif) et du pâturage (protégé, non protégé) sur l'évolution de la biomasse, de la nécromasse et de la phytomasse herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* et *Poupartia caffra*. Cette étude diachronique a permis de montrer (1) l'influence du feu sur l'évolution de la production (retard de la phase de croissance, tendance à l'augmentation de la phytomasse en fin de cycle, phytomasse plus élevée sous feu tardif que sous feu précoce), (2) le rôle du pâturage sur la production (diminution significative de la phytomasse dans les parcelles pâturées, diminution de la contribution des Poaceae au profit de celle des autres familles).

Introduction

Les savanes sont largement représentées à Madagascar puisqu'elles couvrent 70% du territoire (39). Bien que stationnellement assez riches, elles sont globalement pauvres sur le plan floristique (moins de 5% de la biodiversité) et d'une grande homogénéité physiologique (27, 39). Les savanes jouent néanmoins un rôle économique majeur car elles assurent l'essentiel de l'alimentation des troupeaux dans les systèmes d'élevage extensif.

Malgré que la dynamique de la végétation soit de toute évidence marquée par le passage annuel du feu, qui constitue une pratique courante de gestion de l'espace pastoral, il n'existe que relativement peu de connaissances sur les effets du feu sur la dynamique des savanes à Madagascar, contrairement à la dynamique des systèmes forestiers de l'est (2, 43, 46) et du sud-ouest (25). Les effets du feu sur la dynamique des savanes sont aussi bien abordés en Afrique Sahélo-soudanienne (5, 12, 13, 23, 30, 36, 37, 38).

Ces considérations nous ont conduits à mettre en place une étude expérimentale sur l'influence du feu et du pâturage sur l'évolution de la phytomasse herbacée épigée d'une savane à *Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem. & Shult. (4), plus précisément d'une variante sèche de cette savane (39). Celle-ci couvre une surface équivalente aux 2/3 de la région sud-ouest et constitue un ensemble physiologiquement varié mais possédant en commun certaines analogies floristiques dont la principale est une strate graminéenne à base de *Heteropogon contortus*. La strate ligneuse est principalement constituée par *Poupartia caffra* H. Perrier, *Gymnosporia linearis* (L.f.) Loes, *Stereospermum euphorioides* DC.

Par ailleurs, l'établissement d'une gestion rationnelle (préservation de la production en fonction de l'année, allongement de la disponibilité fourragère) des savanes constitue le souci majeur de tous les gestionnaires des systèmes d'élevage qu'elles occupent. Cela nécessite une connaissance approfondie de leur production. Nous avons tenté d'apporter quelques éléments de réponse à ces questions.

Les hypothèses que nous cherchons à vérifier sont les suivantes: la modification de la production n'est pas seulement due au feu mais aussi à l'interaction avec la pression de pâturage; le feu affecte la composition de la végétation et la production de la phytomasse herbacée épigée; le pâturage, par le prélèvement par les animaux, diminue la production de phytomasse herbacée épigée.

Summary

Effects of Fire and Grazing on Grass Phytomass Evolution in a *Heteropogon contortus* Savanna (Sakaraha Region, South West Madagascar)

An experimental study of the effects of fire and grazing was carried out in the Sakaraha area (S. W. Madagascar). The objectives were to evaluate the combined or separate effects of fire and grazing on the green biomass and total phytomass of a *Heteropogon contortus*-*Poupartia caffra* dominated savanna. Three burning treatments (no burning, early burning and late burning) and two grazing treatments (grazed, ungrazed) were compared. A three-year study showed that (1) both burning treatments led to a delayed vegetation phenophase but a higher standing phytomass at the end of the growth cycle, (2) grazing treatment led to a significant decrease of the standing phytomass and of the contribution of Poaceae.

Les résultats présentés dans ce travail portent plus particulièrement sur l'évolution de la phytomasse, de la biomasse et de la nécromasse au cours d'une étude diachronique de trois ans.

Méthodes

1. Site d'étude

Le site d'étude se trouve dans la partie méridionale de la plaine sédimentaire du sud-ouest de Madagascar, au sud du village de Beba Manamboay (S 22°49'30" et E 44°35'35") et à une dizaine de kilomètres au nord de Sakaraha, dans la province de Toliara (Figure 1).

Les précipitations annuelles moyennes à Sakaraha, la station météorologique la plus proche de notre site d'étude, s'élèvent à 854 mm et se répartissent sur une moyenne annuelle de 64 jours de pluies pour la période 1935-1999 (42) et d'après

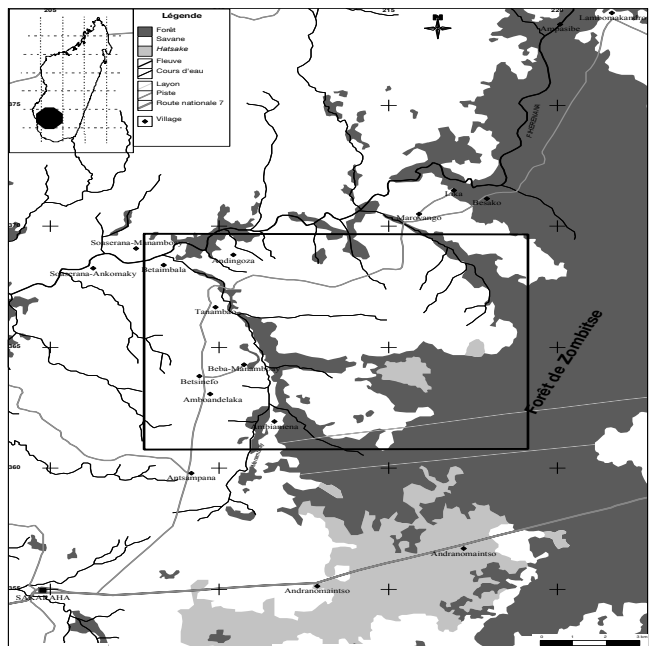


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.

¹CNRE/IRD, BP.1739, 101 Antananarivo, Madagascar. ²IRD, BP. 434, 101 Antananarivo, Madagascar. ³CNRS/CEFE, F-34293 Montpellier, Cedex 5, France. Reçu le 08.02.06 et accepté pour publication le 14.02.07.

la Météorologie Nationale. Le cycle pluviométrique est caractérisé par une saison pluvieuse (novembre à mars) qui reçoit près de 90% des précipitations et une longue saison sèche (avril-octobre) pendant laquelle les précipitations mensuelles sont inférieures à 50 mm. Le déficit hydrique climatique cumulé annuel atteint 476 mm (7).

Les données du tableau 1 illustrent les variations mensuelles des précipitations des trois années d'expérimentation et de la moyenne mensuelle sur la série 1935-1999.

Il apparaît tout d'abord que les précipitations des 3 années d'expérimentation sont largement excédentaires par rapport à la moyenne de la série 1935-1999 (en moyenne plus de 60%). Le mois le plus pluvieux est le mois de janvier sauf en 1998 où c'est le mois de février.

L'année à saison pluvieuse la plus précoce est l'année 1998. En effet dès septembre, les précipitations sont supérieures à 50 mm puis elles restent moyennes à faibles jusqu'au mois de janvier.

L'année 1999 est celle qui présente la saison pluvieuse la plus tardive: la station ayant reçu 170 mm au mois de mars contre moins de 14 à 70 mm pour les autres années. C'est l'année pour laquelle la répartition est la plus conforme à la moyenne (répartition normale) avec cependant des précipitations mensuelles supérieures.

Les précipitations sont en 2000 semblables à celles de 1999 avec cependant un déficit en décembre. L'année 1999 est donc la meilleure année du point de vue pluviométrique (répartition et la quantité des pluies).

La température moyenne du mois le plus froid (juillet) est de 18 °C et celle du mois le plus chaud (janvier) de 26,5 °C, pour une moyenne annuelle des températures moyennes est de 23 °C (41).

L'ensemble de ces données caractérise un climat de type sub-aride (7, 16).

La région appartient au paysage des «dômes sableux» dans le domaine de l'Isalo (48). Les sols sont du type ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés (32). Ils sont généralement à texture sablo-argileuse à limoneuse et à structure massive à débit polyédrique anguleux. La teneur en carbone du sol diminue de 5 à 2 mg/g de la surface jusqu'à 150 cm de profondeur et celle de l'azote de 0,4 à 0,2 mg/g. Le pH moyen du sol est de 6,5. L'enracinement est faible mais par contre l'activité biologique du sol est considérée comme élevée du fait de la présence de nombreuses termites.

2. Dispositif

Le dispositif expérimental (Figure 2) a été mis en place en juillet 1997. Il consiste en une expérience factorielle organisée en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées. Les facteurs étudiés et leurs modalités sont:

- le feu à trois modalités: sans feu, feu précoce effectué en début de saison sèche (juillet) et feu tardif provoqué en fin de saison sèche (octobre),
- le pâturage à deux modalités: pâturé et non pâturé.

Tableau 1
Variations mensuelles des précipitations (P: Précipitations; nj: nombre de jours) des trois années d'expérimentation et de la moyenne interannuelle sur la série 1935-1999

Mois	1998		1999		2000		Moyenne (1935-1999)	nj
	P (mm)	nj	P (mm)	nj	P (mm)	nj		
J	0	0	0	0	0	0	4,9	1
A	0	0	0	0	5,3	1	7,7	1
S	82	5	0	0	0	0	9,4	1
O	93	4	18,5	3	17,5	2	32,9	3
N	122	7	201,1	7	197,3	7	79,1	6
D	110	8	381,2	15	161	9	167,7	11
J	334,3	20	727,6	19	762,8	21	219,4	13
F	585,8	22	238,3	9	307,2	14	164,8	11
M	65,7	4	170,2	6	69,3	8	115,9	9
A	87,1	4	10,2	2	7,7	1	27,1	3
M	0	0	0	0	3,2	2	16,2	3
J	2,5	1	1,5	1	0	0	8,9	2
Total	1482,4	75	1748,6	62	1531,3	65	854,2	64

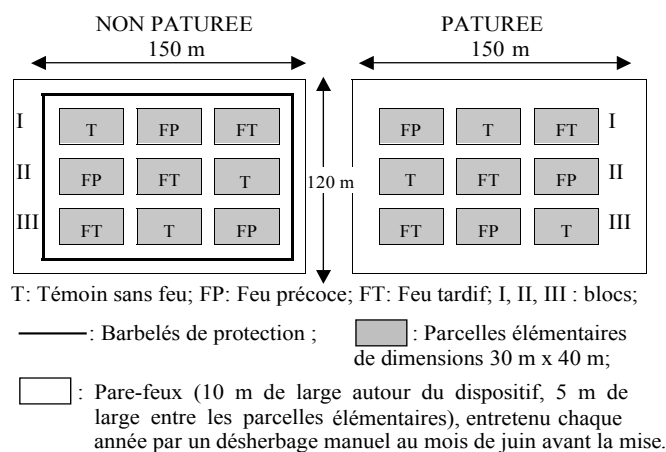


Figure 2: Dispositif expérimental.

Deux essais sont menés suivant les niveaux du facteur pâturage. Chaque essai est subdivisé en trois blocs. Chacun de ces blocs étant eux-mêmes subdivisés en trois parcelles élémentaires de 30 m x 40 m chacune, auxquelles ont été affectés de façon aléatoire (randomisation complète) les trois niveaux du facteur feu. L'essai non pâturé est clôturé pour une protection intégrale contre l'influence des animaux. Un élevage extensif de zébus caractérise l'essai pâturé. La charge est évaluée à 2.180 UBT entre juin et fin octobre et 1.720 UBT entre novembre et fin mai, ce qui correspond respectivement à une capacité de charge de 4 ha.UBT⁻¹ et 3 ha.UBT⁻¹. Les troupeaux sont constitués de 66% d'adultes, 20% de jeunes de 1 à 3 ans et de 14% de veaux de moins de un an (45).

L'homogénéité de cette zone a été testée au début de l'expérimentation aussi bien sur les paramètres biotiques (densité des ligneux) que sur les paramètres abiotiques (perméabilité, compacité) (44). Les observations ont été menées pendant trois années consécutives.

3. Paramètres

Recouvrement global (Rg)

Le recouvrement global a été évalué par la méthode des relevés linéaires (1) le long de deux lignes de 10 m, parallèles situées au milieu de la parcelle (observations tous les 20 cm, soit un échantillonnage de 100 points par parcelle et de 300 points par traitement).

Phytomasse épigée herbacée

Nous appelons phytomasse épigée totale le poids, exprimé en matière sèche, de la matière vivante (biomasse) et de la matière morte sur pied (nécromasse) (8).

La production correspond à la quantité de matière végétale par unité de surface et la productivité à la quantité de matière végétale par unité de surface et par unité de temps.

Une estimation de la production annuelle a été faite au moment du maximum de végétation. Elle est en fait une valeur par défaut (3, 20).

La détermination de la phytomasse épigée totale, est faite par la méthode de la récolte intégrale (33: 10 répétitions de 0,25 m² par parcelle soit 30 échantillons par traitement).

En 1999, année exceptionnellement pluvieuse, une forte hétérogénéité de la répartition spatiale de la phytomasse herbacée a été observée en relation avec une forte production sous couvert ligneux et une faible production des plages de végétation dominées par des espèces telles que *Euphorbia hirta* L., *Tridax procumbens* L. Afin de prendre en compte cette hétérogénéité, un échantillonnage stratifié a été utilisé. Ainsi, 10 échantillons ont été répartis dans chacune des strates observées: hors couvert ligneux, sous couvert ligneux et zone de faible production. La proportion de chaque strate a ensuite été estimée pour établir le bilan global.

Les résultats sont exprimés en poids de matière sèche (séchage à 85 °C jusqu'à poids constant). Les données ont été soumises à une analyse de variance et les moyennes comparées à l'aide du test de Newman-Keuls (11).

Afin de déterminer la contribution de quelques catégories de végétaux à la production, nous avons procédé à un tri portant sur les *Poaceae*, les *Fabaceae* ainsi que des autres familles et ce pour 15 échantillons par traitement.

La mesure de la production herbacée a été effectuée pendant 3 années consécutives au pic de végétation (mois d'avril). Le

Tableau 2
Evolution du recouvrement, de la phytomasse et de la biomasse herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* au cours des trois années d'expérimentation dans la région de Beba-Manamboay

	Recouvrement (%)			Phytomasse totale (t.ha ⁻¹)			Biomasse (t.ha ⁻¹)		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Protégé									
Témoin	80 ^a	83 ^a	67,33 ^a	2,55 ^a	2,27 ^a	1,64 ^c	-	1,40 ^{ab}	1,37 ^c
Feu précoce		51 ^b	76,67 ^a		1,07 ^{cd}	2,98 ^c	-	1,01 ^{bc}	2,61 ^a
Feu tardif	73 ^a	65 ^{ab}	73,33 ^a	1,83 ^{ab}	1,80 ^{ab}	2,39 ^b	-	1,73 ^a	2,11 ^b
Non protégé									
Témoin	80 ^a	77 ^{ab}	79,33 ^a	1,54 ^{ab}	0,68 ^d	1,47 ^c	-	0,56 ^{cd}	1,33 ^c
Feu précoce		61 ^{ab}	69,67 ^a		0,42 ^d	1,35 ^c	-	0,40 ^d	1,27 ^c
Feu tardif	72 ^a	56 ^b	58,33 ^a	0,87 ^b	1,42 ^{bc}	1,71 ^c	-	1,37 ^{ab}	1,54 ^c
Probabilité									
Théorique	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,05
Feu	0,17 NS	0,00 HS	0,23 NS	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	-	0,00 HS	0,00 HS
Pâturage	0,89 NS	0,69 NS	0,41 NS	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	-	0,00 HS	0,00 HS
Interaction	0,89 NS	0,26 NS	0,04 S	0,83 NS	0,01 S	0,00 HS	-	0,34 NS	0,00 HS

Les traitements suivis d'une (ou des) même(s) lettre(s) en colonne 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 NS: non significatif, S: significatif et HS: hautement significatif (p= 0,01).

maximum de la biomasse coïncide habituellement avec la floraison et le début de la fructification des *Poaceae*.

Les variations saisonnières de la phytomasse ont été suivies pendant le cycle 1999 avec un pas de temps décadaire. Cette étude permet de compléter l'information obtenue au moment du maximum de végétation et de comparer les variations simultanées de la biomasse, de la nécromasse et de la phytomasse au cours d'un cycle de végétation.

Résultats

1. Evolution interannuelle du recouvrement global 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, au maximum de végétation au cours des trois années d'expérimentation, sont présentés dans le tableau 2.

Des variations interannuelles du recouvrement et de la phytomasse ont pu être notées. Le recouvrement et la phytomasse les plus faibles ont été mesurés au cours de la deuxième année. Cette caractéristique peut être reliée au niveau de la répartition des précipitations au cours de cette année.

Des variations interannuelles des effets du feu et du pâturage sur le recouvrement et la phytomasse ont également été mises en évidence. C'est ainsi que le feu n'a pas d'effet significatif sur le recouvrement en 1998 et 2000, mais le diminue de manière hautement significative en 1999 [de 83% à respectivement 51% (feu précoce) et 65% (feu tardif) en conditions protégées et de 77% à respectivement 61% (feu précoce) et 56% (feu tardif) en conditions non protégées].

Contrairement aux résultats de 1998, le feu augmente de façon hautement significative la phytomasse et la biomasse en 1999 (notamment le feu tardif) et en 2000 (feux tardif et précoce). Pour ce qui concerne le pâturage, il apparaît qu'il n'a pas d'effet sur le recouvrement quelle que soit l'année d'expérimentation. Il réduit significativement la phytomasse (1998) et diminue de manière hautement significative la phytomasse et la biomasse en 1999 et 2000.

Notons enfin que l'interaction de l'effet entre les facteurs feu et pâturage sur le recouvrement et la phytomasse n'apparaît qu'au cours du cycle 2000.

2. Evolution saisonnière de la phytomasse herbacée en 1999

L'examen des variations des différents paramètres de production au cours du cycle de végétation de l'année 1999 (Figure 3) permet de compléter l'information obtenue au moment du maximum de végétation.

En ce qui concerne la biomasse herbacée épigée, la figure 3(A) montre que:

- dans les conditions protégées, les feux retardent le démarrage de la végétation: la croissance dans les parcelles soumises aux feux précoce et tardif ne s'établit réellement qu'à compter de la mi-février, c'est-à-dire en plein cœur de la saison des pluies. En fin de saison de végétation, la biomasse des parcelles soumises au feu tardif tend à être

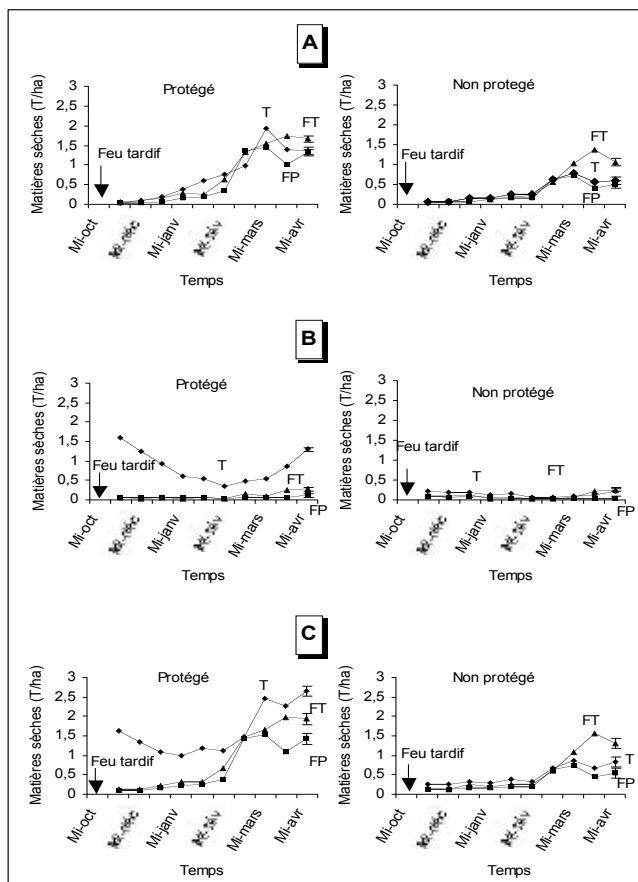


Figure 3: Evolution saisonnière de la biomasse (A), de la nécromasse (B) et de la phytomasse totale aérienne (C), exprimées en t_{MS}.ha⁻¹ au cours de l'année 1999, pour les différents traitements.

T: témoin; FP: feu précoce appliqué à la mi-juillet 1998; FT: feu tardif appliqué à la mi-octobre 1998.

supérieure à ce qu'elle est dans les autres traitements. En conditions non protégées, les variations de biomasse sont comparables dans le témoin et dans le feu précoce. Celle correspondant au feu tardif commence à être plus élevée dès la mi-mars. Cette situation devient encore plus évidente en fin de saison.

- les résultats relatifs aux parcelles soumises au feu précoce sont dans l'ensemble inférieurs à ceux obtenus sous feu tardif.

En conditions protégées, l'accumulation de nécromasse dans le témoin est largement supérieure à celles des feux précoce et tardif (Figure 3B). Elevée à la fin de la saison sèche (1,5 t.ha⁻¹ en octobre), elle diminue de 67% au cours de la saison

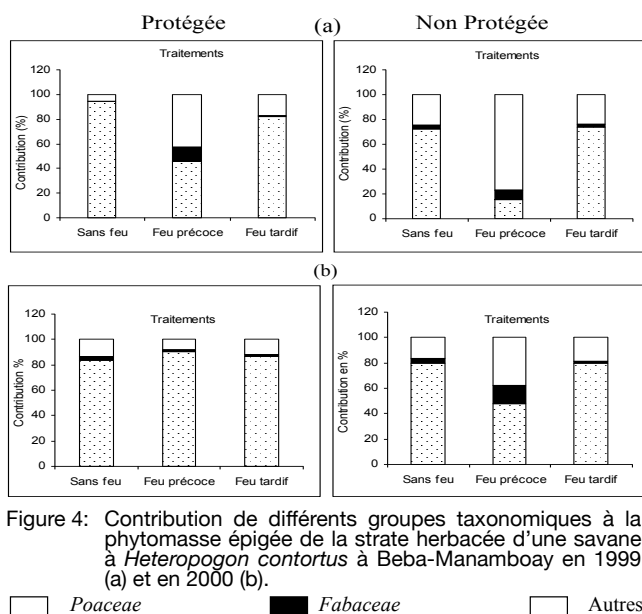


Figure 4: Contribution de différents groupes taxonomiques à la phytomasse épigée de la strate herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* à Beba-Manamboay en 1999 (a) et en 2000 (b).

□ Poaceae ■ Fabaceae □ Autres

des pluies jusqu'en mars pour croître ensuite au début de la saison sèche (avril). Aucune différence n'est décelable dans les variations de la nécromasse des différents traitements feux en conditions non protégées.

La phytomasse épigée du témoin en zone protégée (Figure 3C) est supérieure à celles des parcelles soumises au feu, en raison essentiellement de l'accumulation de la nécromasse. Par contre, en conditions non protégées, l'évolution de la phytomasse épigée suit celle de la biomasse épigée.

3. Contribution de quelques groupes taxonomiques à la phytomasse herbacée épigée

La figure 4 représente en fonction du feu et du pâturage les variations de la contribution de différents groupes taxonomiques à la phytomasse en 1999 et 2000.

Quelles que soient les conditions de pâturage, la contribution des *Poaceae* est plus élevée (90 à 95%) dans les traitements sans feu et feu tardif que celle des *Fabaceae* et des autres familles. Les *Poaceae*, presque exclusivement constituées de *Heteropogon contortus*, présente une qualité fourragère excellente au cours de la phase de croissance (MAD/UF ~109) de décembre à fin février. Cette qualité se dégrade rapidement dès le stade floraison fructification (MAD/UF: 46 à 2 de mars à octobre) (44, 45).

Le feu précoce diminue généralement la contribution des *Poaceae* au profit des autres familles dont les *Fabaceae* exception faite pour l'année 2000 en conditions protégées.

Le pâturage diminue la contribution des *Poaceae* quel que soit le type de feu appliqué. C'est dans le cas de feu précoce que cette diminution est la plus forte au profit des *Fabaceae* et des autres familles (*Euphorbia hirta* L., *Tridax procumbens* L., *Anthospermum thymoides* Baker).

Cette augmentation de la proportion des *Fabaceae* peut être considérée comme favorable en raison de la plus grande richesse en azote de ces espèces. Il nous faut cependant modérer cet effet dans la mesure où la biomasse totale des herbages soumis à un feu précoce est inférieure à celles obtenues dans le témoin et le feu tardif.

En ce qui concerne la variation interannuelle, la contribution à la phytomasse sur pied de chaque groupe végétal n'évolue pas beaucoup entre 1999 et 2000 (Figure 3) dans le cas du témoin sans feu et du feu tardif quelles que soient les conditions de pâturages. Dans ces mêmes conditions, le feu précoce détermine par contre une augmentation de la contribution des *Poaceae*.

Discussion

L'analyse des variations de la phytomasse au cours du cycle de végétation a permis de mettre en exergue certaines tendances, notamment:

- les feux précoce et tardif retardent la croissance qui ne s'établit qu'au milieu de la saison des pluies dans nos

conditions d'observation (évaluation faite au cours de la saison de végétation). En fait, le feu précoce provoque des repousses qui n'ont pas été comptabilisées dans notre étude.

- le feu tardif augmente la phytomasse et la biomasse de la strate herbacée épigée en fin de saison de végétation, à l'exception évidemment de la parcelle protégée où la phytomasse du témoin est largement supérieure en raison de l'accumulation de la nécromasse.

De nombreux auteurs ont tenté de cerner l'influence du feu sur la production herbacée. La production est plus importante dans les savanes non soumises au feu (35, 49). Des résultats similaires ont été obtenus par d'autres auteurs (13). Par contre, pour différentes zones écologiques du monde, le passage du feu stimule la production (14, 21, 26, 28, 31).

Lorsqu'il est démontré que le feu favorise la croissance, les avis sont de nouveau contradictoires quand il s'agit de déterminer l'effet de la date de la mise à feu. Ainsi, c'est le feu tardif qui induit une meilleure production (1, 17, 40, 47), car il est en général suivi par l'établissement de la période des pluies régulières (6), qui autorise une croissance rapide des repousses. Pour d'autres auteurs, c'est le feu précoce qui est plus favorable car il accroît la durée de la phase de croissance active de la végétation (35). Cette proposition ne nous semble acceptable que dans la mesure où le feu précoce ne soit pas trop éloigné du début des pluies efficaces car les rares pluies d'hiver et les précipitations occultes sont insuffisantes pour assurer une croissance normale. Dans nos conditions d'observation, c'est le feu tardif qui semble être le plus favorable.

L'effet du pâturage sur la phytomasse de la strate herbacée est moins complexe. La phytomasse herbacée totale sur pied au pic de végétation est significativement plus importante en conditions non pâturées qu'en conditions pâturées. Nous vérifions ainsi un résultat largement obtenu au Burkina Faso (18, 24), au Mali (13), en Nouvelle Zélande (34), au Cameroun (15). 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 terme de productivité, les résultats correspondant aux deux situations auraient pu différer en raison notamment de la stimulation de la croissance des espèces pérennes par le broutage (9).

Globalement, le feu diminue le recouvrement de la végétation. Des résultats comparables ont été rapportés sur les savanes des hauts plateaux malgaches (22) et sur une savane préforestière de Côte-d'Ivoire (37).

De même, le pâturage tend à réduire globalement le recouvrement végétal. Ces résultats corroborent ceux trouvés dans le milieu pâturé nord ivoirien (9). Cependant, ces mêmes auteurs rapportent que le pâturage peut avoir un effet stimulant sur les plantes. Les différentes espèces réagissent en effet de façon particulière au pâturage. Certaines espèces réagissent à la pâture en augmentant le diamètre de leurs touffes, de sorte que le couvert végétal augmente et peut se maintenir à un niveau relativement élevé si le surpâturage peut être évité.

Quelles que soient les conditions de pâturages, nous avons aussi relaté que le feu tardif, comparativement au feu précoce, détermine une forte contribution des *Poaceae* et une faible contribution des *Fabaceae* et des autres familles. Ceci peut s'expliquer d'une part, par le fait que le feu tardif stimule la levée et la repousse des Monocotylédones et d'autre part par le fait que le feu agit sur la composition floristique en modifiant la valeur sélective des espèces en faveur des pyrotolérantes (notamment *Heteropogon contortus*) au détriment des pyrosensibles, ce qui conduit à l'élimination de certaines espèces et au développement des autres (19, 29).

Conclusion

Cette étude qui a porté sur les effets du feu et du pâturage sur la strate herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* dans la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar) a permis de mettre en évidence les faits suivants:

- les feux diminuent le recouvrement herbacé et provoquent un retard de la phase de croissance notamment dans les conditions non pâturées.
- les phytomasses obtenues en fin de cycle dans les parcelles soumises à un feu tardif ont tendance à être plus élevées que

celles des parcelles soumises à un feu précoce et à celles des témoins.

- ce sont les *Poaceae* qui contribuent le plus à la phytomasse épigée. Cette contribution baisse avec les feux au profit des autres familles surtout les *Fabaceae* dans le cas d'un feu précoce.
- le pâturage tend à réduire le recouvrement végétal dans le témoin et sous feu tardif, et le faire croître sous feu précoce, réduit la quantité de matières végétales produites aussi bien en terme de biomasse que de phytomasse épigée et diminue la contribution des *Poaceae* au profit des autres familles.

La production des savanes à *Heteropogon contortus* est donc influencée par les différentes pratiques de feu et de pâturage. La phytomasse en conditions protégées est toujours plus élevée qu'en conditions pâturées quel que soit le traitement (en moyenne 2 fois tous traitements confondus). Il en est de même de la biomasse. Le rapport de même ordre de grandeur est toutefois moins élevé (1.80). A noter qu'il s'agit de production en fin de saison de végétation et non de productivité ne prenant pas en compte le prélèvement par les animaux. L'intérêt d'un repos temporaire du parcours (rotation mise en défens / exploitation) réside sur son effet de régénération sur le long terme: protection contre l'érosion éolienne pendant la saison sèche, protection

contre l'érosion hydrique et augmentation de l'infiltration au cours des premières averses; relèvement du niveau de fertilité du sol et augmentation de la richesse floristique des pâturages. Cependant ce sont les systèmes non protégés qui sont les plus pratiques et d'ailleurs mis en œuvre par les populations locales.

Un feu tardif engendrera la meilleure production en fin de cycle de végétation et autorisera donc l'alimentation d'un plus grand nombre de bétail pendant la saison sèche.

Un feu précoce favorisera plus la qualité des herbages d'une part par les repousses qu'il provoque au cours de la saison sèche (riches en azote) et d'autre part par la modification du rapport *Poaceae* / *Fabaceae* en faveur de ces dernières. Cependant la production en fin de saison de végétation d'un pâturage soumis à un feu précoce ne représente globalement qu'environ 70% de celle d'un pâturage soumis à un feu tardif. C'est le feu précoce améliore la qualité des herbages et la charge n'est pas limitante dans le secteur d'étude parcourus sans feu qui est le moins performant en conditions non protégées (phytomasse en fin de saison similaire à celle d'un feu précoce, mais de moindre qualité).

Compte-tenu du fait que, l'éleveur pratiquera ce type de feu.

Références bibliographiques

1. Afolayan T.A., 1978, Grass biomass production in a northern Guinea savanna ecosystem. *Oecol. Plant.*, **13**, 4, 375-386.
2. Anonyme, 1997, Un système agro-écologique dominé par le Tavy: la région de Beforona, falaise est de Madagascar. Cahier «Terre-Tany», 6, 153 p.
3. Bille J.-C., 1977, Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 65, 81 p.
4. Bosser J., 1969, Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar. Mémoire ORSTOM, 35, Paris, 440 p.
5. Breman H. & Cissé A.M., 1977, Dynamic of sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Ecologia*, **28**, 301-315.
6. Cissé A., 1986, Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud sahélienne. PPS, C.A.B.O., 211 p.
7. Cornet A., 1974, Essai cartographique bioclimatique à Madagascar. Notice explicative, 55, ORSTOM, Paris.
8. Cornet A., 1981, 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.* **16**, 3, 231-266.
9. Daget P. & Godron M., 1995, Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER-AUPELF/UREF, 510 p.
10. Daget Ph. & Poissonet J., 1971, Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann. Agron.* **22**, 1, 5-41.
11. Dagnelie P., 1980, Les transformations des variables. Théories et méthodes statistiques, Applications agronomiques. Presses Agronomiques de Gembloux, 2, 463 p.
12. Dauget J.M. & Menaut J.-C., 1992, Evolution sur 20 ans d'une parcelle de savane boisée non protégée du feu dans la Réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). *Candollea*, **47**, 621-630.
13. Dembélé F., 1996, 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. Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali. CEE/CNRS, France, 179 p.
14. Dhillon S.S. & Anderson R.C., 1993, Production on burned and unburned sand prairies during drought and non-drought years. *Vegetation*, **115**, 51-59.
15. Donfack P., 1998, Végétation des jachères du nord Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production. Thèse de Doctorat des Sciences, Université de Yaoundé 1, 225 p.
16. FOFIFA / ANAE / CIRAD, 1997, Bilan et évaluation des travaux et réalisation en matière de conservation des sols à Madagascar. Atlas des cartes. Projet de conservation des sols.
17. Fournier A., 1987, Cycle saisonnier de la phytomasse et de la production herbacée dans les savanes soudanaises de Nazinga (Burkina Faso). Comparaison avec d'autres savanes ouest-africaines. *Bull. Ecol.* **18**, 4, 409-430.
18. Fournier A., 1994, Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudanaises pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso). *Ecologie*, **25**, 3, 173-188.
19. Fournier A., Floret C. & Gnahoua G.-M., 1999, Végétation des jachères et succession post-culturelle en Afrique tropicale. Pp. 123-168 in: Floret, Ch. & Pontanier, R. (Editors). «La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances», John Libbey Eurotext, Paris.
20. Fournier A. & Lamotte M., 1983, Estimation de la production primaire des milieux herbacés tropicaux. *Ann. Univ. Abidjan, Série E (Ecologie)*, **16**, 7-38.
21. Frost P.G.H. & Robertson F., 1987, Determinants of tropical savannas. Pp. 93-140 in: Walker B.H. (editor.), IUBS., Monograph series n° 3 IRL Press Ltd.
22. Granier P., 1967, Le rôle écologique de l'élevage dans la dynamique des savanes à Madagascar. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures, Université de Tananarive, 78 p.
23. Granier P. & Cabanis Y., 1976, Les feux courants et l'élevage en savane soudanienne. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pay. Trop.* **29**, 3, 267-275.
24. Grouzis M., 1988, Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso), Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 336 p.
25. Grouzis M. & Milleville P., 2001, Modèle d'analyse de la dynamique des systèmes agro-écologiques. Pp. 229-238 in: Razanaka S., Grouzis M., Milleville P., Moizo B. & Aubry C. (Editors), «Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar». CNRE/IRD, Antananarivo.
26. Guevara J.C., Stasi C.R., Wuilloud C.F. & Estevez O.R., 1999, Effects of fire on rangeland vegetation in south-western Mendoza plains (Argentina): composition, frequency, biomass, productivity and carrying capacity. *Journal of Arid Environments*, **41**, 27-35.
27. Koechlin J., Guillaumet J.-L. & Morat P., 1974, Flore et végétation de Madagascar. Cramer, Vaduz, 687 p.
28. Koffi V.A., 1982, Etude de quelques facteurs de production d'herbe en savane guinéenne. Deux ans d'observation. Bouaké, CRZ, Note Technique Pât. **10**, 26 p.
29. Lacey C.J., Walker J. & Noble J.R., 1982, Ecology of tropical savannas. Pp. 246-272 in: Huntley B.J. & Walker B.H. (Editors.), *Ecological studies*, **42**, New York.
30. Le Floc'h E., Dembélé F. & Yossi H., 2000, Succession et diversité floristique des jeunes jachères. Influence du feu et du pâturage (zone soudanienne-nord du Mali). Pp. 415-421 in: Floret Ch. & Pontanier R. (Editors.), «La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives». Actes du Séminaire international, Dakar. John Libbey Eurotext, Paris.
31. Le Houérou H.N., 1995, Informe de las Visitas a la Argentina: Octubre-Noviembre 1992 y Setiembre-Noviembre 1995. Mendoza, IADIZA, 26 p.
32. Leprun J.-C., 2000, Compte-rendu de mission à Madagascar. Projet GEREM, 8 p. + annexe.
33. Levang P. & Grouzis M., 1981, Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes: application à la Mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta Oecologica*, *Oecol. Plant.* **15**, 3, 231-244.
34. McIntosh Peter D., Ralph Allen B. & Neal Scott, 1997, Effects of enclosure and management on biomass and soil nutrient pools in seasonally dry high country, New Zealand. *Journal of Environmental Management*, **51**, 169-186.
35. Menaut J.-C., 1993, Effets des feux de savanes sur le stockage et l'émission du carbone et des éléments-trace. *Sécheresse*, **4**, 4, 251-263.
36. Mitja D., 1992, Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotow-Touba). Collection Etudes et thèses, ORSTOM, Paris, 270 p.
37. Monnier Y., 1968, Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte-d'Ivoire. Etudes éburnéennes n°9, Abidjan, 260 p.
38. Monnier Y., 1990, La poussière et la cendre: paysage, dynamique des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest, 2^{ème} éd., Ministère de la coopération et du développement, Paris, 264 p.
39. Morat P., 1973, Les savanes de sud-ouest de Madagascar. Mémoires ORSTOM n° 68, Paris, 235 p.
40. Ola-Adams B.A. & Adegbola P.O., 1982, Effects of burning crop and litter accumulation of derived savanna in the Olokemeji forest reserve pp. 151-159 in: Sanford W.W., Yefusu H. & Ayeni J. (Editors), *Nigerian savannas*, New Bussea, Kainji Lake Research Institute, Nigeria.
41. Oldeman L.R., 1991, An agroclimatic characterization of Madagascar. Technical Paper 21, ISRIC-FOFIFA-IRRI. Annexe I. Agroclimatic database of Madagascar, ISRIC, Wageningen, 64 p.
42. ORSTOM / DMH / CNRE, 1995, Banque de données pluviométriques de Madagascar. Antananarivo, Madagascar.
43. Pfund J.-L., Brand J., Ravoavy L. & Razafintsalama V., 1997, Culture sur brûlis: bilan de nutriments et successions écologiques. Cahier «Terre-Tany», 6, 68-88.
44. Rakotoarimanana V., 2002, Feu, pâturage et dynamique des savanes à *Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. Ex Roem. & Shult. Dans le sud-ouest de Madagascar (Région de Sakaraha). Thèse de 3^{ème} cycle, Université d'Antananarivo, 177 p.
45. Ranaivoarivelo N., 2002, Elevage bovin et exploitation d'un espace agropastoral dans le sud ouest de Madagascar (région de Sakaraha). Thèse, Université de Strasbourg, 259 p.
46. Ravaoarivelo N.H., 1998, Impacts des feux de végétation sur les faciès forestiers dans la région de Beparasy. D.E.A., Faculté des Sciences, Université de Tananarive, 62 p.
47. Sanford W.W., 1982, The effects of seasonal burning: a review. Pp. 160-188 in: Sanford W.W., Yefusu H., Ayeni J. (editors), *New Bussea, Kainji Lake Research Institute, Nigeria*.
48. Sourdât M., 1977, Le sud-ouest de Madagascar. Morphogenèse et pédogenèse. ORSTOM, Paris, 212 p.
49. West O., 1965, Fire in vegetation and its use in pasture management with special reference to tropical and subtropical Africa. *Commonwealth Bur Past Field Crops Report*, **1**, 1-53.

V. Rakotoarimanana, Malgache, Docteur en Ecologie, Chercheur. M. Grouzis, Français, Docteur es Sciences, Chercheur IRD.
E. Le Floc'h, Français, Ingénieur de Recherche, Chercheur CNRS.