

INFLUENCE DU FEU ET DU PATURAGE SUR LA DIVERSITE FLORISTIQUE ET LA PRODUCTION DE LA VEGETATION HERBACEE D'UNE SAVANE A *Heteropogon contortus* (REGION DE SAKARAHA)

Vonjison RAKOTOARIMANANA¹, Edouard LE FLOC'H² et Michel GROUZIS³

1. CNRE/IRD, BP. 1739 - 101 Antananarivo, Madagascar ; 2. CEFE/CNRS BP. 5051, F.34293 Montpellier Cedex 5, France ; 3. IRD, BP. 434 - 101 Antananarivo, Madagascar

Résumé :

Une étude expérimentale sur le rôle de feu et du pâturage a été conduite dans la région de Sakaraha. L'objectif a été d'évaluer les effets conjugués ou séparés du feu appliqué selon différentes modalités (sans feu, feu précoce, feu tardif) et du pâturage (mise en défens, pâturé) sur l'évolution de la composition, la richesse et la diversité floristiques, ainsi que de la biomasse, la nécromasse et la phytomasse herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* et *Poupartia caffra*. Cette étude diachronique a permis de montrer (1) des modifications de la composition floristique en fonction des différents traitements, (2) l'influence du feu sur la richesse floristique (diminution), sur la diversité floristique (augmentation des indices de diversité de Shannon et de régularité) et sur l'évolution de la production (retard de la phase de croissance, tendance à l'augmentation de la phytomasse en fin de cycle), (3) le rôle du pâturage sur la richesse et la diversité floristique (augmentation des différents indices de diversité) et sur la production (diminution significative de la phytomasse dans les parcelles pâturées). La protection de la végétation contre le feu et le pâturage entraîne une régression de la diversité.

Mots-clés : savane - feu - pâturage - richesse floristique - indices de diversité - production

Abstract :

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 botanical composition, species richness and diversity, as well as on the green biomass, necromass 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 two-year study showed (1) the modification of botanical composition in response to different treatments, (2) the detrimental effects of fire on plant species richness and diversity (Shannon-Weaver diversity index and regularity index). In addition both burning treatments led to a delayed vegetation phenophase but a higher standing phytomass at the end of the growth cycle. The grazing treatment led to an increase of botanical richness and of different diversity indexes but a significant decrease of the standing phytomass. Finally protection from fire and grazing led to a decrease of botanical diversity.

Key-words : savanna - fire - pasture - flora richness - diversity indexes - production

INTRODUCTION

Les savanes sont largement représentées à Madagascar puisqu'elles couvrent 70% du territoire (Morat, 1973). Bien que stationnellement assez riches, les savanes sont d'une grande pauvreté floristique (moins de 5% de la biodiversité) et d'une grande homogénéité physiologique (Morat, 1973 ; Koechlin *et al.*, 1974). Elles jouent néanmoins un rôle économique majeur car elles assurent l'essentiel de l'alimentation des troupeaux dans les systèmes d'élevage extensif.

Alors que la dynamique de la végétation est certainement marquée par le passage annuel du feu, qui constitue une pratique courante de gestion de l'espace pastoral, il existe 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 (Ravaoarivivo, 1998 ; Rasolofoharino *et al.*, 1997 ; Pfund *et al.*, 1997, Anonyme, 1997).

Ces considérations nous ont conduits à mettre en place une étude expérimentale sur l'influence du feu et du pâturage sur l'évolution d'un certain nombre d'indicateurs biotiques (richesse et diversité floristiques, recouvrement, production, densité des ligneux) et abiotiques (paramètres hydrodynamiques du sol, état de surface, indices de fertilité) d'une savane à *Heteropogon contortus*¹, plus précisément une variante sèche de cette savane décrite par Morat (1973). 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*, *Gymnosporia linearis*, *Stereospermum euphorioides*.

Les résultats présentés dans ce papier portent plus particulièrement sur la richesse et la diversité floristiques ainsi que sur la production de la strate herbacée obtenus au cours du deuxième cycle d'expérimentation (cycle 1998-1999) dans la région de Sakaraha.

METHODES

Site d'étude

La région étudiée appartient à la partie méridionale de la plaine sédimentaire du sud-ouest de Madagascar. Elle est située au sud du village de Beba Manamboay (S 22°49'30" et E 44°35'35"), à une dizaine de kilomètres au nord de Sakaraha.

Réparties en 56 jours de pluies, les précipitations annuelles moyennes à Sakaraha, station météorologique la plus proche de notre site d'étude, s'élèvent à 735mm pour la période 1935-1960 (Oldeman, 1991) et à 826mm pour période 1935-1994 (Ferry *et al.*, 1998). 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 50mm. Le déficit hydrique climatique cumulé annuel atteint 476 mm (Cornet, 1974). La température moyenne du mois le plus froid (juillet) est de 18°C, tandis que la moyenne annuelle des températures moyennes est de 23°C (Oldeman, 1991).

L'ensemble de ces données caractérise un climat de type sub-aride (Cornet, 1974 ; Fofifa, 1997).

La région appartient au paysage des «dômes sableux» dans le domaine de l'Isalo (Sourdat, 1977). Ces dômes sont des épandages de sables roux plus ou moins évolués et tronqués (Morat, 1973). Les sols sont du type ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés (Riquier, 1968).

Dispositif

Le dispositif expérimental (Figure 1A) 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.

On trouvera, sur la figure 1B, le chronogramme des observations par rapport au traitement feu et à la mise en place de la protection.

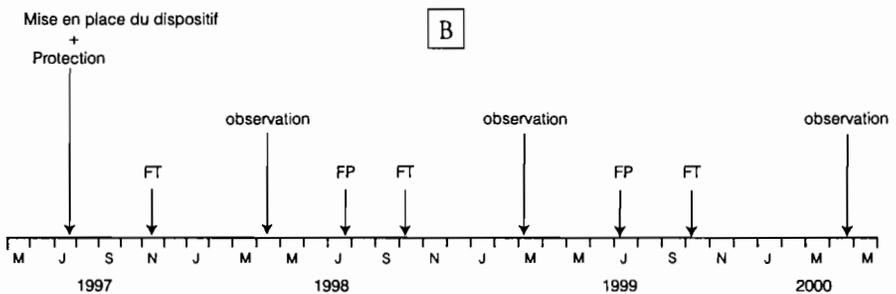
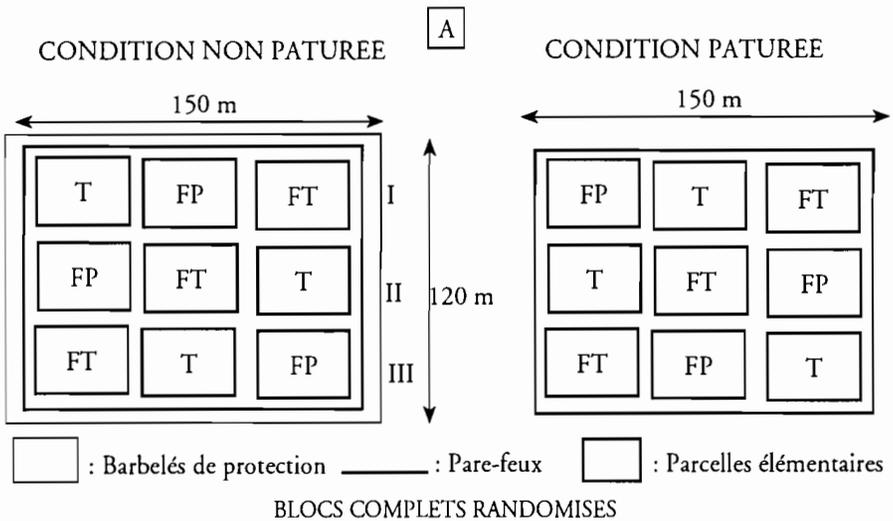


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental (A) et chronogramme des observations (B).
T : Témoin sans feu ; FP : Feu précoce ; FT : Feu tardif ; I, II, III : blocs

Les observations ont été menées pendant deux années consécutives mais seuls les résultats de la dernière année sont présentés dans ce travail.

La zone d'expérimentation a été divisée en deux essais suivant les niveaux du facteur pâturage. Dans chaque essai, trois blocs sont installés et dans chaque bloc trois parcelles élémentaires de 30m x 40m 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 et de l'exploitation par l'homme. L'essai pâturé ne fait l'objet d'aucune restriction particulière.

Paramètres

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

Richesse et diversité floristiques

La végétation qui correspond à chaque traitement a été caractérisée par :

- la richesse floristique (effectif des familles, des genres et des espèces) évaluée sur trois répétitions de relevé d'une superficie de 1200 m² chacune ;
- les indices de diversité et de régularité, évaluées sur des relevés de 3600m² (réunion des trois répétitions) et définies comme suit (Frontier et Pichod-Viale, 1993 ; Barbault, 1997) :

- Diversité maximale : $H_{\max} = \log_2 S$

- Indice de diversité de Shannon et Weaver : $H' = - \sum_{i=1}^n f_i * \log_2 f_i$ avec $0 < f_i < 1$

- Indice de régularité : $R = H' / H_{\max}$

équations dans lesquelles S est l'effectif total des espèces et f_i la contribution spécifique de l'espèce i ($f_i = n_i / \sum n_i$), établie à partir de relevés linéaires (Daget et Poissonet, 1971).

Structure spécifique

Une Analyse Factorielle des Correspondances a été appliquée à la matrice des relevés* espèces pour déterminer la structure des relations entre les différents traitements et les cortèges floristiques qui les caractérisent. Deux passages successifs ont été nécessaires pour identifier les groupes floristiques liés à chaque traitement.

Recouvrement global (Rg)

Le recouvrement global a été évalué par la méthode des relevés linéaires (Daget et Poissonet, 1971). A chaque traitement correspond à un échantillonnage de $N = 300$ points espacés de 20cm.

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

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

Phytomasse épigée herbacée

La détermination de la phytomasse épigée totale accumulée, est faite par la méthode de la récolte intégrale (Levang et Grouzis, 1981), qui est particulièrement fiable grâce à sa simplicité et à sa précision (Fournier et Lamotte, 1983). Elle consiste à couper au ras du sol la matière végétale épigée sur des placettes de 0,25 m² avec 30 répétitions par traitement. Les résultats exprimés 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) (Cornet, 1981). Les données ont été traitées par analyse de variance et les moyennes multiples comparées à l'aide du test de Newman-Keuls (Dagnélie, 1980).

RESULTATS

Richesse floristique

Le tableau I présente les résultats de l'analyse de variance sur la richesse floristique des espèces herbacées d'une savane à *Heteropogon contortus* sous l'influence du feu et du pâturage.

Les moyennes suivies de mêmes lettres constituent un groupe statistiquement homogène selon le test de Newman-Keuls.

Tableau I : Impact du feu et du pâturage sur la richesse floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* de Beba-Manamboay (NS : non significatif ; * significatif à $p = 0,05$)

	Effectif des familles	Effectif des genres	Effectif des espèces
Non pâturé (Protégé)			
Sans feu : Témoin	13	29(ab)	37
Feu précoce	13	27 (ab)	32
Feu tardif	13	24 (ab)	28
Pâturé (Non protégé)			
Sans feu : Témoin	15	35 (a)	46
Feu précoce	16	31 (ab)	37
Feu tardif	13	28 (ab)	33
Probabilité théorique	0,05	0,05	0,05
Probabilité du facteur feu	0,35 NS	0,02*	0,28 NS
Probabilité du facteur pâturage	0,08 NS	0,01*	0,06 NS
Interaction des facteurs	0,45 NS	0,76 NS	0,57 NS

L'analyse du tableau montre que le feu diminue le nombre de genres (significatif à $p = 0,05$), mais ne modifie pas ni l'effectif des familles et ni l'effectif des espèces.

Le pâturage augmente la richesse générique ($p = 0,05$) et la richesse en familles et en espèces (significatif à $p = 0,1$)

Il n'y a pas d'interaction significative au seuil de probabilité de 5% entre les facteurs feu et pâturage.

Il est évident que la richesse floristique seule (en terme d'effectif) ne suffit pas réellement à juger de l'évolution de la biodiversité. Des niveaux équivalents de diversité peuvent cacher des changements floristiques importants. Ces derniers seront caractérisés non par une étude des indices de similarité (Gounot, 1969) mais par une analyse multivariée.

Indices de diversité

A noter tout d'abord qu'il n'a pas été possible d'effectuer ici une analyse de variance, car les relevés relatifs aux trois répétitions par traitement ont été réunis pour accroître la surface du relevé.

Dans les conditions de mise en défens, l'indice de diversité de Shannon et Weaver augmente avec l'effet feu surtout avec le feu précoce. Les variations qui vont dans le même sens sont encore plus marquées en conditions pâturées.

Tableau II : Impact du feu et du pâturage sur les indices de diversité d'une savane à *Heteropogon contortus* de la région de Beba-Manamboay.

	Diversité maximale	Indice de Shannon et Weaver	Indice de régularité
Non pâturé (Protégé)			
Sans feu : Témoin	5,21	2,09	0,40
Feu précoce	5	3,74	0,75
Feu tardif	4,81	2,33	0,48
Pâturé (Non protégé)			
Sans feu : Témoin	5,52	2,80	0,51
Feu précoce	5,21	3,29	0,63
Feu tardif	5,04	3,48	0,69

Par ailleurs, il apparaît que cet accroissement de l'indice de diversité est essentiellement dû à l'augmentation de l'indice de régularité.

Pour ce qui concerne l'effet pâturage, on peut noter que l'indice de Shannon et Weaver augmente pour les témoins et dans le cas des feux tardifs. Cette évolution est due à l'accroissement à la fois de l'indice de diversité maximale et de l'indice de régularité. Par contre dans le cas de feu précoce, H' diminue en raison essentiellement de la chute de l'indice de régularité (0,75 à 0,63)

Structure spécifique

La première analyse porte sur le critère présence/absence de 81 espèces dans six relevés. Les résultats sont reportés sur la figure 2. Les deux premiers axes absorbent 62% de la variabilité totale. On limitera donc l'interprétation à l'étude de ce plan.

L'axe 1 oppose les relevés effectués en conditions pâturées (abscisses négatives : TNP, FPNP, FTNP) aux relevés réalisés en défens (abscisses positives : TP, FPP, FTP). L'axe 2 oppose les relevés des témoins non soumis au

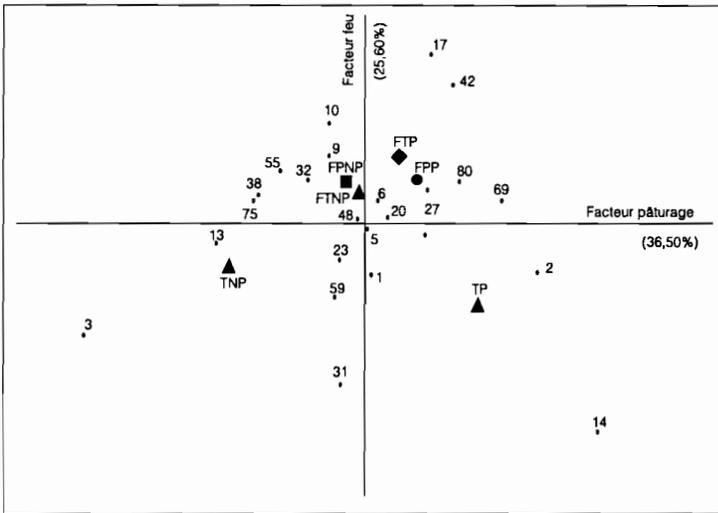


Figure 2 : Analyse globale : carte factorielle dans le plan 1-2 des relevés et des espèces.

TP : témoin protégé ; FPP : feu précoce protégé ; FTP : Feu tardif protégé ; TNP : Témoin non protégé ; FTNP : feu tardif non protégé ; FPNP : feu précoce non protégé.
La signification des numéros des espèces est donnée en annexe 1.

feu (ordonnées négatives) aux relevés traités par le feu (ordonnées positives). L'axe 2 discrimine donc l'effet feu.

La superposition de certaines espèces avec les relevés permettent d'identifier globalement des espèces caractéristiques des relevés en défens (*Hyparrhenia rufa* (42), *Tephrosia boiviniana* (80), *Achyranthes aspera* (2), *Pogonarthria squarrosa* (69) et des relevés de végétation pâturée (*Sida acuta* (75), *Panicum mahafalense* (59), *Aeschynomene patula* (3), *Dioscorea soso* (31), *Aristolochia acuminata* (9)).

Les relevés relatifs aux témoins bien individualisés en ordonnées négatives permettent aussi d'extraire les espèces 14, 2, 1, 5, 24 (*Alysicarpus vaginalis*, *Crotalaria cyanoxantha*, *Brachiaria sp.*, *Achyranthes aspera*, *Abutilon pseudocleistogamum*) caractéristiques du témoin protégé TP et les espèces 3, 13, 23, 59, 31 (*Brachiaria pseudodichotoma*, *Commelina ramulosa*, *Digitaria biformis*, *Aeschynomene patula*, *Corchorus trilocularis*) caractéristiques du témoin pâturé TNP.

Par contre les relevés relatifs aux parcelles soumises aux feux sont trop concentrés dans la partie centrale pour permettre une identification des espèces. Une deuxième analyse a été effectuée sur la matrice 4 relevés x 65 espèces. Les résultats sont consignés sur la figure 3.

On se limitera aussi au plan défini par les axes 1 et 2 qui absorbent 75 % de la variabilité.

Les espèces suivantes caractérisant les différents traitements sont :

FPNP : 10, 27 : *Asparagus greveanus*, *Cynodon dactylon*

FTP : 56, 9, 42, 1 : *Ocimum canum*, *Aristolochia acuminata*, *Abutilon pseudocleistogamum*, *Hyparrhenia rufa*

FPP : 6, 20, 2 : *Anthospermum thymoides*, *Commelina lyalli*, *Achyranthes aspera*

FTNP : 23, 5, 13 : *Alysicarpus vaginalis*, *Crotalaria cyanoxantha*, *Brachiaria pseudodichotoma*

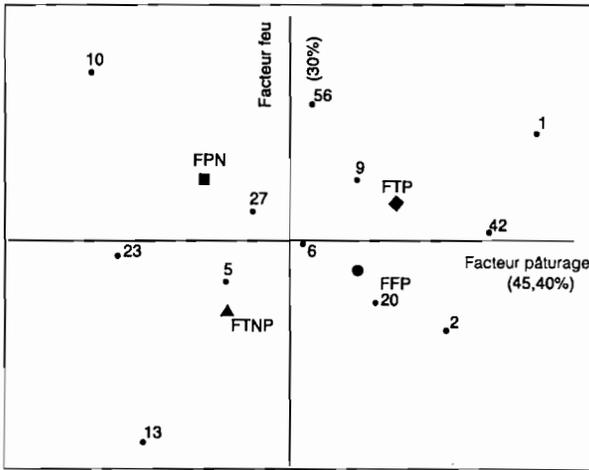


Figure 3 : Analyse partielle : carte factorielle dans le plan 1-2 des relevés et des espèces.
 TP : témoin protégé ; FPP : feu précoce protégé ; FTP : feu tardif protégé ;
 TNP : Témoin non protégé ; FTNP : feu tardif non protégé ;
 FPNP : feu précoce non protégé.
 La signification des numéros des espèces est donnée en annexe 1.

Il apparaît donc que dès la deuxième année d'observation, il est possible de reconnaître des groupes floristiques caractéristiques des différents traitements.

Recouvrement et phytomasse herbacée

Le tableau III présente des résultats de l'analyse de variance relative au recouvrement et à la phytomasse de la strate herbacée au moment du maximum de végétation.

Il apparaît au cours de cette deuxième année d'expérimentation que le feu diminue de manière hautement significative ($p = 0,01$) le recouvrement de la végétation herbacée.

Le feu et le pâturage présentent un effet hautement significatif ($p = 0,01$) sur la biomasse et la phytomasse au moment du maximum de végétation. La phytomasse la plus importante est obtenue après un feu tardif. Par contre, le feu précoce détermine une faible production. La phytomasse herbacée épigée est moins importante en conditions pâturées, ce qui est logique en raison notamment du prélèvement par les animaux.

Les résultats montrent aussi qu'il y a interaction significative entre le feu et le pâturage sur la phytomasse totale.

L'examen des variations au cours du cycle de végétation (Figure 4) des différents paramètres de production permet de compléter l'information obtenue au moment du maximum de végétation.

Pour ce qui concerne la biomasse, il apparaît que :

- le feu retarde, dans les conditions de mise en défens, le démarrage de la végétation : la croissance dans les parcelles soumises au feu 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, les biomasses des parcelles soumises au feu tardif ont tendance à être plus élevées.
- les résultats relatifs aux parcelles soumises au feu précoce sont dans l'ensemble inférieurs à celles obtenues avec des feux tardifs

Tableau III : Impact du feu et du pâturage sur le recouvrement et la phytomasse herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* de Beba-Manambooy, au moment du maximum de végétation.

(NS : non significatif à $p=0.05$; ** : hautement significatif à $p= 0.01$). Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène selon le test de Newman-Keuls.

	Recouvrement	Phytomasse totale	Biomasse
Non pâturé (Protégé)			
Sans feu : Témoin	83 (a)	2,27 (a)	1,40 (ab)
Feu précoce	51 (b)	1,07 (cd)	1,01 (bc)
Feu tardif	65 (ab)	1,80 (ab)	1,73 (a)
Pâturé (Non protégé)			
Sans feu : Témoin	77 (ab)	0,68 (d)	0,56 (cd)
Feu précoce	61 (ab)	0,42 (d)	0,40 (d)
Feu tardif	56 (b)	1,42 (bc)	1,73 (ab)
Probabilité théorique	0,05	0,05	0,05
Probabilité du facteur feu	0,00**	0,00**	0,00**
Probabilité du facteur pâturage	0,69 NS	0,00**	0,00**
Interaction des facteurs	0,26 NS	0,01*	0,34 NS

- la phytomasse du témoin en zone protégée est supérieure aux phytomasses des parcelles soumises au feu, en raison essentiellement de l'accumulation de la nécromasse.

DISCUSSION

Les changements induits par le feu et le pâturage observés au cours de la deuxième année d'expérimentation ont porté à la fois sur les aspects structural (composition, richesse et diversité floristique) et fonctionnel (phytomasse).

Structure spécifique

Dès la seconde année il a été possible d'identifier des ensembles d'espèces caractéristiques des stations pâturées et mises en défens, confirmant ainsi les tendances mises en évidence au cours de la première année d'étude. De plus, il a été possible de reconnaître des groupes floristiques correspondant aux différents traitements feu.

On peut cependant se demander comment évoluera la stabilité de ces groupes floristiques, compte tenu qu'ils renferment de nombreuses espèces annuelles, dont l'établissement est le reflet de la quantité et du rythme des précipitations de l'année.

Richesse floristique

Nous avons montré que le feu diminue la richesse générique, mais ne modifie pas l'effectif des familles et des espèces. Dombé (1996) dans une savane soudanienne au nord du Mali-

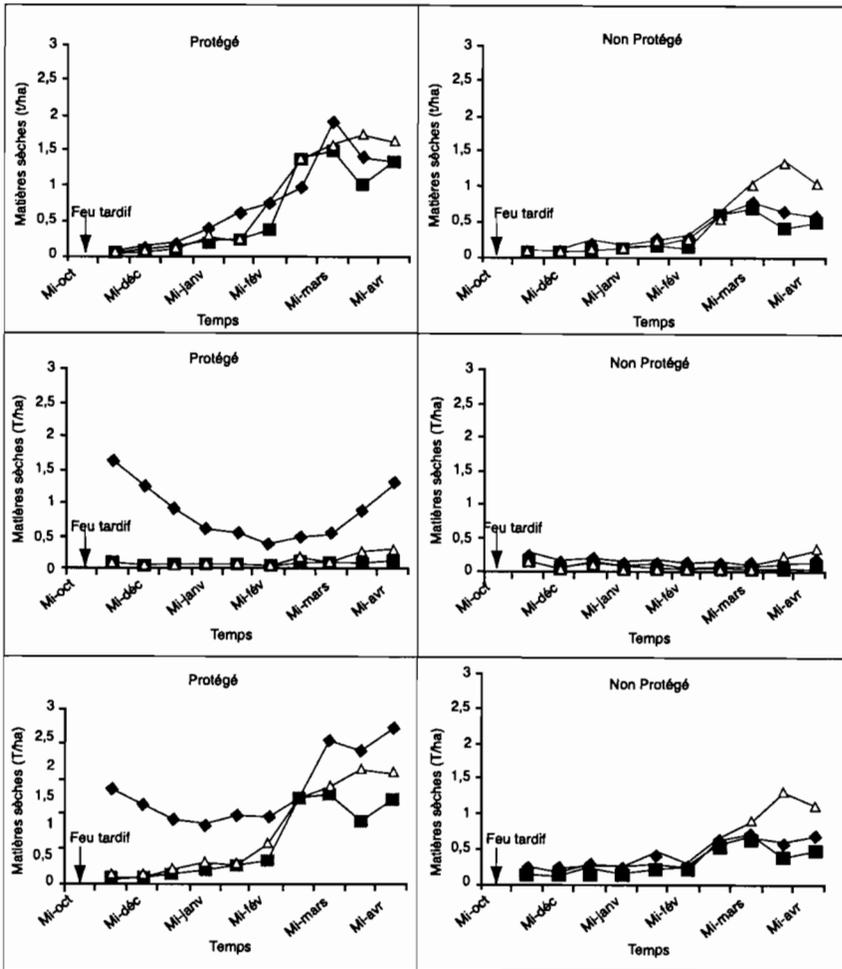


Figure 4 : Evolution saisonnière de la biomasse (A), de la nécromasse (B) et de la phytomasse (C) exprimées en t.ha⁻¹ au cours du cycle de végétation 1999, pour les différents traitements. (T : témoin ; FP : feu précoce appliqué à la mi-juillet 1998 ; FT : feu tardif appliqué à la mi-octobre 1998).

rapporte que le feu diminue la richesse floristique. Notre résultat est donc comparable au sien, mais s'oppose à ceux de Bodian *et al.* (2000) réalisés en Haute Casamance et à ceux de Donfack (1998) dans le nord Cameroun.

Nous avons aussi relaté que le pâturage augmente la richesse floristique. Ce résultat, bien qu'il ne concerne statistiquement que la richesse générique et à un moindre degré les familles et les espèces, est assez étonnant car il est attendu que le nombre d'espèces devrait croître avec la protection, en raison de la diversification des niches écologiques. Il s'oppose généralement à ceux obtenus en milieu sahélien (Grouzis, 1988 ; Hiernaux, 1998) qui montrent que le pâturage intense et continu diminue la richesse floristique, tout en favorisant les poacées, les annuelles à cycle court et les xérophytes.

Il peut cependant être interprété comme étant dû à l'introduction d'espèces zoochores dans le milieu, comme l'a démontré Thomas *et al.* (1999) dans une savane des montagnes

rocheuses des USA. Le niveau nutritionnel du milieu peut aussi être pris en compte dans l'interprétation de cette variation (Proulx et Mazumder, 1998). La richesse floristique pourrait augmenter même en cas de forte intensité de pâturage, si le système est suffisamment riche en éléments nutritifs pour permettre le développement de certaines espèces après pâturage.

Diversité floristique

Quelles que soient les conditions de pâturage, il a été possible de montrer que le facteur feu augmente la diversité floristique. Cet accroissement de la valeur de l'indice de Shannon est surtout dû aux variations de l'indice de régularité.

Les valeurs plus élevées des indices de diversité dans les parcelles soumises au feu signifient une grande égalité des contributions individuelles des espèces, c'est-à-dire une aptitude égale des espèces à résister au feu. Par contre, la protection contre le feu favorise la dominance d'un nombre restreint d'espèces (*Sporobolus festivus*, *Anthospermum thymoides*, *Tridax procumbens*, *Schyzachyrium brevifolium*) ce qui traduirait une forte organisation du système. Celle-ci aboutirait à terme à une homogénéisation de la flore avec prédominance de taxons à faible résistance au feu.

Des résultats comparables ont été rapportés par Bodian *et al.* (2000), Dembélé (1996) et Le Floc'h *et al.* (2000). Ceux obtenus par Donfack (1998) ne sont pas généralisables. Dans certaines unités de végétation, l'auteur rapporte qu'il n'y a pas d'effet perceptible du feu sur la diversité floristique, alors que dans les unités de végétation établies sur vertisols, il trouve que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon & Weaver des stations protégées sont supérieures à celles des stations soumises annuellement au feu. Dans ce cas, le feu semble donc diminuer la contribution individuelle des espèces sensibles au feu. L'auteur conclut cependant que ses six années d'observation, qui correspondent à des périodes de grands remaniements floristiques, ne lui permettent pas de prédire l'évolution de la diversité floristique en conditions de pâturage ou de feu contrôlé.

A l'exception des parcelles soumises à un feu précoce, les indices de diversité augmentent avec le pâturage. Tout comme le feu, le pâturage provoque dans nos conditions d'expérimentation, une égalité des contributions individuelles des espèces. Cette assertion s'oppose à celle de Hiernaux (1998) qui rapporte que le pâturage intensif entraîne la dominance d'un petit nombre d'espèces (H' faible).

Il semble que l'intensité du pâturage peut être prise en compte pour l'interprétation de ces contradictions. Ainsi Balent *et al.* (1998) montrent que le pâturage augmente la diversité spécifique des prairies quand l'intensité est moyenne (cas de Beba-Manamboay), et la diminue quand l'intensité du pâturage est forte (cas du Sahel).

La phytomasse herbacée

Au moment du maximum de végétation, le feu présente une influence significative sur la biomasse et sur la phytomasse totale de la strate herbacée. Cependant l'analyse des variations des paramètres de production au cours du cycle de végétation a permis de mettre en exergue certaines tendances, notamment :

- le rôle du feu sur les modalités de mise en place de la végétation, en retardant la croissance qui ne s'établit qu'à partir du cœur de la saison des pluies.

- le rôle du feu tardif sur la production en fin de saison de végétation : les biomasse et phytomasse de la strate herbacée obtenues dans les parcelles soumises au feu tardif ont tendance à être supérieures, à l'exception évidemment de la parcelle protégée où la phytomasse du témoin est supérieure en raison de l'accumulation de la nécromasse.

De nombreux auteurs ont tenté de cerner l'influence du feu sur la production herbacée. West (1965) cité par Menaut (1993) rapporte que la production est plus importante dans les savanes non soumises au feu. Des résultats similaires ont été obtenus par Dembélé (1996) et par Donfack (1998). Par contre Koffi (1982), Frost et Roberston (1987), Dhillon et Anderson (1994), Le Houerou (1995), Guevara et al. (1999) montrent pour différentes zones écologiques du monde que le passage du feu stimule la production.

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 du feu. Ainsi pour Afolayan (1978), Ola-Adams et Adegbola (1982) et Sanford (1982) cité par Fournier (1987), c'est le feu tardif qui induit une meilleure production, car il est en général suivi par l'établissement de la période des pluies, qui autorise une croissance rapide des repousses. Pour d'autres auteurs, comme Menaut (1993) c'est le feu précoce qui est plus favorable car il accroît la durée de la phase de croissance active de la végétation. Cette proposition ne nous semble acceptable que dans la mesure où le feu précoce n'est pas trop éloigné du début des pluies efficaces. Pour ce qui nous concerne, c'est le feu tardif qui semble être plus favorable.

L'effet du pâturage sur la production de la strate herbacée est moins complexe. La phytomasse herbacée totale est significativement plus importante en conditions non pâturées. Nous vérifions ainsi un résultat largement obtenu : Grouzis (1988) et Fournier (1994) au Burkina Faso, Dembélé (1996) au Mali, Mac Intosh *et al.* (1997) en Nouvelle Zélande, Donfack (1998) au Cameroun. Ces résultats sont notamment dûs au fait qu'une partie de la production n'est pas comptabilisée car elle a été consommée par les animaux domestiques.

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 :

- le feu, qu'il soit précoce ou tardif, diminue la richesse floristique mais augmente la diversité.
- le feu diminue le recouvrement herbacé, provoque un retard de la phase de croissance notamment dans les conditions non pâturées. Cependant, les phytomasses obtenues en fin de cycle dans les parcelles soumises à un feu tardif ont tendance à être plus élevées.
- le pâturage augmente la richesse et la diversité mais diminue la phytomasse
- la protection de la végétation contre le feu et le pâturage entraîne une régression de la diversité.

La production et la diversité floristique des savanes à *Heteropogon contortus* sont donc influencées par les différents pratiques de feu et de pâturage.

Un suivi à moyen terme, voire à long terme est nécessaire pour mieux appréhender les effets du feu et du pâturage sur la dynamique des savanes, compte-tenu d'une part

des profonds remaniements floristiques des premiers stades d'évolution et d'autre part de l'effet de la forte variabilité interannuelle des précipitations de ces zones.

Il est évident qu'il est difficile, sinon impossible, de supprimer les feux de brousse à cause de la multiplicité et de la diversité de leurs causes et de leurs origines, mais il reste cependant possible d'en aménager la pratique afin de réduire les effets néfastes pour une meilleure gestion des ressources naturelles.

Note :

1. Détermination d'après la Flore complète de Madagascar et Bosser (1969)

Les binômes avec le nom d'auteur et la famille d'appartenance sont rassemblés en annexe 1.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFOLAYAN T.A., 1978.- Grass biomass production in a northern Guinea savanna ecosystem. *Oecol. Plant.*, 13(4) : 375-386.
- ANONYME, 1997.- Un système agro-écologique dominé par le tavy : la région de Beforona, falaise est de Madagascar. *Cahier Terre-Tany*, 6 : 153 p.
- BALENT G., ALARD D., BLANFORT V. & GIBON A., 1998.- Activités de pâturage, paysages et biodiversité. *Ann. Zootech*, 47 : 419-429.
- BARBAULT R., 1997.- *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Masson et Cie Ed., Paris : 286 p.
- BODIAN A., DIATTA M. & DIEDHIOU I., 2000.- Effets des feux sur l'évolution de la végétation en zone sub-humide du Sénégal. In Floret Ch. & Pontonnier R. (Ed.), "La jachère en Afrique Tropicale : rôles, aménagement, alternatives". vol. I. Actes du séminaire international. Dakar (Sénégal), 13-16 avril 1999, Paris, John Libbey, 2 vol. : Résumé-Abstract.
- BOSSER J., 1969.- *Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar*. Mémoire ORSTOM n°35, Paris : 440 p.
- CORNET A., 1974.- *Essai cartographique bioclimatique à Madagascar*. Notice explicative n°55, ORSTOM, Paris : 28 p.
- 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*, 2(16), 3 : 231-266.
- DAGET Ph. & POISSONET J., 1971.- Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann. Agron.*, 22, 1 : 5-41.
- DAGNELIE P., 1980.- *Les transformations des variables. Théories et Méthodes statistiques, Vol.2. Applications agronomiques*. Presses Agronomiques de Gembloux : 463 p
- DEMBELE 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. CEFECNRS, France : 179 p.
- DHILLION S.S. & ANDERSON R.C. , 1994.- Production on burned and umbur-

- ned sand prairies during drought and non-drought years. *Vegetation*, 115 : 51-59.
- DONFACK, P., 1998.- *Végétation des jachères du nord Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production*. Thèse de Doctorat des Sciences, Université de Yaoundé 1 : 225 p.
- FERRY L., L'HOTE Y. & WESSELINK A., 1998.- Les précipitations dans le sud-ouest de Madagascar.- *Water Resources variability in Africa during the XXth Century*. Proceeding of the Abidjan 98, Abidjan, Côte d'Ivoire, IAHS, 32 : 89-96.
- 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, Antananarivo.
- FOURNIER A. & LAMOTTE M., 1983.- Estimation de la production primaire des milieux herbacés tropicaux. *Ann. Univ. Abidjan, Série E (Ecologie)*, tome XVI : 7-38.
- FOURNIER, A., 1987.- Cycle saisonnier de la phytomasse et de la production herbacée dans les savanes soudaniennes de Nazinga (Burkina Faso). Comparaison avec d'autres savanes ouest-africaines. *Bull. Ecol.*, 18(4) : 409-430.
- FOURNIER A., 1994.- Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudaniennes pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso), *Ecologie*, 25(3) : 173-188.
- FRONTIER S. & PICHOD-VIALE D., 1991.- *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Collection d'Ecologie, 21, Masson et Cie Ed., Paris : 392 p.
- FROST P.G.H. & ROBERTSON, F., 1987.- The ecological effects of fire in savannas. In : WALKER, B.H. (Ed.) *IUBS, Determinants of tropical savannas*. IRL Press Ltd, Monograph series n° 3 : 93-140.
- GOUNOT M., 1969.- *Méthode d'étude quantitative de la végétation*. Masson et Cie Ed., Paris : 314 p.
- GROUZIS M., 1988.- *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*, Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris : 336p.
- 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.
- HIERNAUX P., 1998.- Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecology*, 138 : 191-202.
- KOECHLIN J., GUILLAUMET J-L. & MORAT P., 1974.- *Flore et végétation de Madagascar*. Cramer, Vaduz : 687 p.
- KOFFI, V.A., 1982.- *Etude de quelques facteurs de production d'herbe en savane guinéenne. Deux ans d'observation*. Bouaké, CRZ, Pât., Note Technique N° 10 : 26 p.
- LE FLOCH E., DEMBELE F. & YOSSE H., 2000.- Succession et diversité floristique des jeunes jachères. Influence du feu et du pâturage (zone soudanienne-nord du Mali). In Floret Ch. & Pontanier R. (Eds.), "La jachère en Afrique Tropicale : rôles, aménagement, alternatives ". vol. I. Actes du séminaire international. Dakar (Sénégal), 13-16 avril 1999, Paris, John Libbey, 2 vol : 415-421

- LE HOUEROU, H. N., 1995.- *Informe de las Visitas a la Argentina : Octubre-Noviembre 1992 y Setiembre-Noviembre 1995*. Mendoza, IADIZA : 26 p.
- 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.*, vol.1(15), 3 : 231-244.
- McINTOSH P.D., RALPH ALLEN B. & NEAL SCOTT, 1997.- Effects of exclosure and management on biomass and soil nutrient pools in seasonally dry high country, New Zealand. *Journal of Environmental Management*, 51 : 169-186.
- MENAUT, J.C., 1993.- Effets des feux de savanes sur le stockage et l'émission du carbone et des éléments-trace. *Sécheresse* n°4, vol.4, 251-263.
- MORAT, P., 1973.- *Les savanes de sud-ouest de Madagascar*. Mémoires ORSTOM, n° 68, Paris : 235 p.
- OLA-ADAMS, B.A., & ADEGBOLA, P.O., 1982.- Effects of burning crop and litter accumulation of derived savanna in the Olo kemeji forest reserve. In : Sanford W.W., Yefusu H. & Ayeni J. (éds), *Nigerian savannas*, New Bussea, Kainji Lake Research Institute, Nigeria : 151-159.
- 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.
- 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.
- PROULX M. & MAZUMDER A., 1998.- Reversal of grazing impact on plant species richness in nutrient-poor vs. nutrient-rich eco systems. *Ecology*, 79(8) : 2581-2592.
- RASOLOFOHARINORO, BELLAN M-F & BLASCO F., 1997.- La reconstitution végétale après l'agriculture itinérante à Andasibe-Périnet (Madagascar). *Ecologie*, 28(2) : 149 – 165.
- RAVAOARINIVO N.H., 1998.- *Impacts des feux de végétation sur les faciès forestiers dans la région de Beparasy*. D.E.A., Faculté des Sciences
- RIQUIER J., 1968.- *Carte pédologique de Madagascar*, à l'échelle du 1.000.000. ORSTOM, Tananarive, 3 feuilles en couleur.
- SANFORD W.W., 1982 .- The effects of seasonal burning : a review. In Sanford W.W., Yefusu H. & Ayeni J.(éds) *Nigerian savannas*, New Bussea, Kainji Lake Research Institute, Nigeria : 160-188.
- SOURDAT M., 1977.- *Le sud-ouest de Madagascar. Morphogenèse et pédogenèse*. ORSTOM, Paris : 212 p.
- THOMAS J., STOHLGREN L.S.D. & BRIAN VANDEN HEUVEL, 1999.- How grazing and soil quality affect native and exotic plant diversity in rocky mountain grasslands. *Ecological applications* , 9(1) : 45-64.
- 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.