

# DYNAMIQUE DES SAVANES

Vonjison RAKOTOARIMANANA

## 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 du sud-ouest de Madagascar.

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 ; Pfund et al., 1997, Anonyme, 1997) et du sud-ouest (Grouzis & Milleville, 2001 ; Grouzis et al., 2001 ; Leprun et al., 2003). Cette problématique est aussi bien abordée en Afrique sahélo-soudanienne (Dembélé, 1996 ; Le Floch et al., 2000). Une meilleure connaissance du rôle du feu dans les processus de savanisation et la valorisation de ces acquis pour la gestion de l'espace pastoral nous ont dès lors apparus nécessaires.

L'objectif de cette recherche a été d'évaluer dans une étude expérimentale 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* (matière végétale vivante), de la *nécromasse* (matière végétale morte), de la *phytomasse* (matière végétale totale) herbacée, de la richesse et diversité floristique et des paramètres édaphiques.

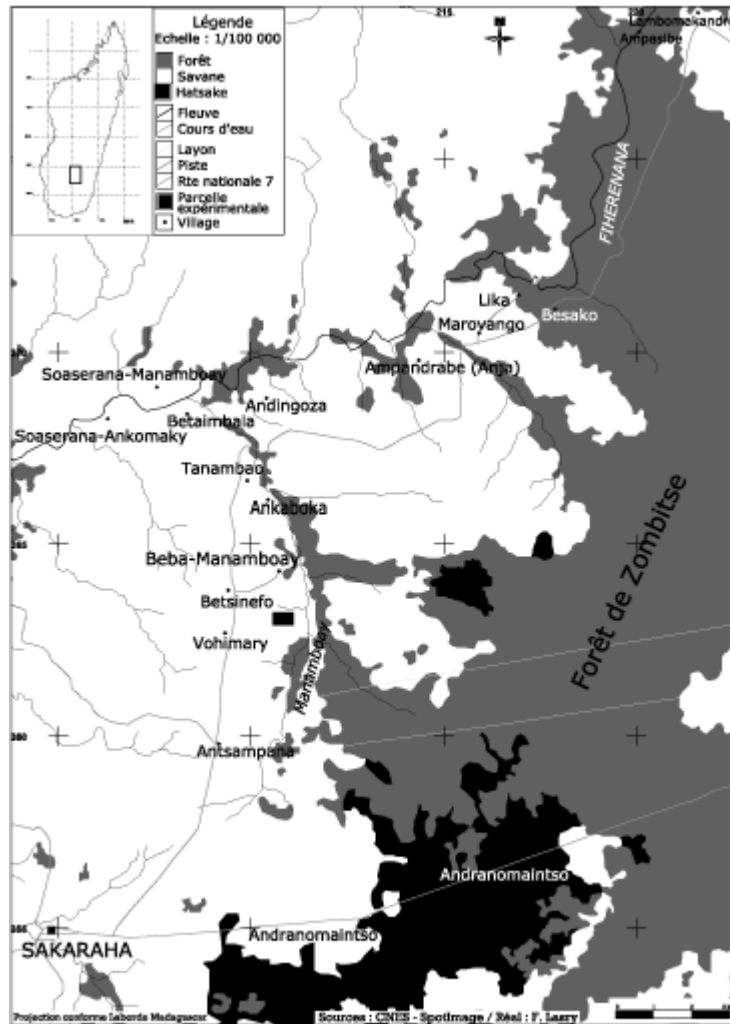
Un aspect important de la finalité de cette étude est sa contribution au développement du secteur élevage dans une région où cette activité représente une place importante dans la vie socio-économique.

## Méthodes

### *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 Toliary.

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). Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 854 mm pour la période 1935 – 1999 (Rakotoarimanana, 2002).



Localisation de la zone d'étude  
(Beba Manamboay)

Les températures moyennes mensuelles minimales enregistrées varient de 8°C à 9°C. L'ensemble de ces données permet de situer la zone d'étude dans un bioclimat de type sub-aride (Cornet, 1974 ; Fofifa, 1997, Rakotoarimanana, 2002).

#### Dispositif

Le *dispositif expérimental* 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.

Les observations ont été menées pendant trois années consécutives, au moment du maximum de végétation (mois de mars).

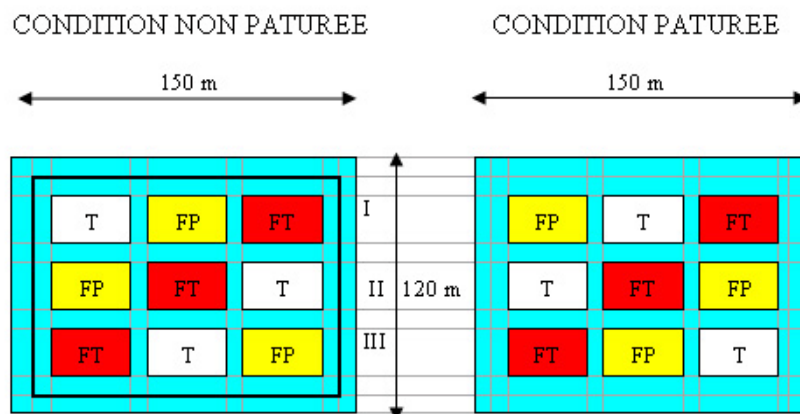


Figure 1 : Dispositif expérimental

T Témoin sans feu   
 FP Feu précoce   
 FT Feu tardif (30 x 40 m)

: Pare-feu (10 m de large autour du dispositif, 5 m de large entre les parcelles élémentaires, entretenu chaque année)

Barbelés de protection

I, II, III : blocs

### Paramètres

Les différentes méthodes, largement décrites par *Rakotoarimanana (2002)* sont résumées ci-après.

#### Richesse et diversité floristique

La végétation de 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 1 200 m<sup>2</sup>.
- les indices de diversité et de régularité, évalués sur des relevés de 3 600 m<sup>2</sup> (réunion des trois répétitions).

#### Structure spécifique

Une *Analyse Factorielle des Correspondances (Dagnélie, 1977)* 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.

#### Phytomasse et biomasse épigées herbacées

La détermination de la *phytomasse épigée totale* et de la *biomasse* est faite par la méthode de *la récolte intégrale (Levang & Grouzis, 1981)* appliquée à 10 répétitions par parcelle (soit 30 échantillons par traitement) d'une surface de 50 x 50 cm réparties sur deux lignes disposées dans le sens de la largeur de chaque parcelle.

#### Paramètres édaphiques

Le sol a été caractérisé par ses propriétés physiques (perméabilité, compacité) et par ses propriétés chimiques (matières organiques, matières minérales).

La mesure de la *perméabilité* a été faite à l'aide d'un cylindre de 25 cm de long et de 10 cm de diamètre enfoncé à 5 cm dans le sol avec 10 répétitions disposées en deux groupes, parallèles à la largeur de la parcelle. Les résultats sont exprimés par la vitesse d'infiltration (mm/s). Plus cette vitesse est grande, plus le sol est perméable.

La mesure de la *compacité* a été faite à l'aide d'un pénétromètre en appliquant une force équivalente à 8,4 kgf.cm<sup>-2</sup> avec 20 répétitions disposées en deux groupes parallèles à la longueur de la parcelle. Plus la profondeur de pénétration est faible, plus le sol est compact.

Les analyses chimiques portent sur la teneur en matières organiques (C, N) et minérales (Ca, Mg, K, Na, P) des sols sous l'effet du feu et du pâturage. Un échantillon composite constitué de cinq prélèvements (4 coins + 1 au milieu de chaque parcelle) de l'horizon de surface (0 – 10 cm), soit 3 répétitions par traitement feu, a été effectué dans chaque parcelle élémentaire après la mise à feu. La détermination des différents constituants dans l'échantillon composite a été réalisée selon les méthodes d'analyses utilisées par le laboratoire de Radioisotopes d'Antananarivo.

## Résultats

### Richesse floristique

Nos résultats ont montré que *l'effet feu*, qui avait tendance à diminuer la richesse spécifique (1998) et générique (1998/1999), s'estompe au cours du temps. Mais, il ne modifie pas l'effectif des familles. Par contre, *l'effet pâturage* se confirme de plus en plus au cours du temps en augmentant la richesse floristique.

Tableau I : Evolution de la richesse floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* au cours des trois années d'expérimentation.

Les moyennes repérées par une (ou des) même(s) lettre(s) appartiennent à des groupes statistiquement homogènes selon le test de Newman-Keuls ( $p=0,05$ ). Les significations statistiques de l'analyse de variance sont NS : non significatif, S : significatif ( $p = 0,05$ ) et HS : hautement significatif ( $p \leq 0,01$ ).

	Effectif des familles			Effectif des genres			Effectif des espèces		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
<b>Protégé</b>									
Témoin	12 (a)	13 (a)	10 (b)	23 (a)	29(ab)	23(b)	25 (a)	37 (a)	25 (b)
Feu précoce		13 (a)	11 (b)		27(ab)	25(b)		32 (a)	29 (b)
Feu tardif	11 (a)	13 (a)	12 (b)	22 (b)	24(b)	25(b)	23 (b)	28 (a)	28 (b)
<b>Non protégé</b>									
Témoin	12 (a)	15 (a)	13 (a)	23 (a)	35(a)	31(a)	25 (a)	46 (a)	37 (a)
Feu précoce		16 (a)	14 (a)		31(ab)	33(a)		37 (a)	39 (a)
Feu tardif	10 (a)	13 (a)	12 (a)	17 (b)	28(ab)	26(a)	18 (b)	33 (a)	30 (b)
<b>Probabilité</b>									
Théorique	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Feu	0,24 NS	0,35 NS	0,41 NS	0,03 S	0,02 S	0,08 NS	0,04 S	0,28 NS	0,06 NS
Pâturage	0,39 NS	0,08 NS	0,00 HS	0,16 NS	0,01 S	0,00 HS	0,19 NS	0,06 NS	0,00 HS
Interaction	0,39 NS	0,45 NS	0,25 NS	0,11 NS	0,76 NS	0,08 NS	0,24 NS	0,57 NS	0,04 S

## Diversité floristique

Quelles que soient les conditions de pâturage, il a été possible de montrer que le *facteur feu augmente la diversité floristique*, impliquant une grande égalité des contributions individuelles et traduisant une faible organisation de ce système de savane. Ceci peut être interprété d'une part comme un seuil relativement faible de l'effet du facteur feu et d'autre part comme l'aptitude presque égale des espèces à résister au feu.

Tableau II : Evolution des indices de diversité d'une savane à *Heteropogon contortus* au cours des trois années d'expérimentation.

Année	Diversité maximale			Indice de Shannon et Weaver			Indice de régularité		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
<b>Protégé</b>									
Témoin	5,29	5,21	5,32	2,49	2,09	2,49	0,47	0,40	0,47
Feu précoce		5	5,43		3,74	2,98		0,75	0,55
Feu tardif	5,17	4,81	5,32	2,7	2,33	2,21	0,52	0,48	0,42
<b>Non protégé</b>									
Témoin	5,09	5,52	5,81	2,19	2,80	3,05	0,43	0,51	0,53
Feu précoce		5,21	5,75		3,29	3,49		0,63	0,61
Feu tardif	4,81	5,04	5,46	2,16	3,48	2,97	0,45	0,69	0,54

A l'exception des parcelles soumises à un feu précoce, les valeurs des indices de diversité augmentent avec le pâturage.

L'évolution des valeurs des *indices de Shannon & Weaver* et de *régularité* varient au cours du temps :

- en conditions protégées, dans le cas du témoin, les indices de Shannon & Weaver et de régularité varient dans le même sens : ils sont relativement constants excepté la deuxième année où les valeurs sont légèrement plus faibles. Dans le cas de feu précoce et de feu tardif, les indices de diversité de Shannon & Weaver et de régularité diminuent au cours de temps.

- en conditions non protégées, les indices de diversité et de régularité augmentent en général avec le temps, exception faite de traitement feu tardif pour lequel la valeur la plus élevée est obtenue au cours la deuxième année d'observation.

## Structure spécifique

Pour mettre en évidence les tendances évolutives de la structure spécifique des trois années d'expérimentation, nous avons utilisé la matrice 25 espèces x 12 traitements correspondant aux trois années d'expérimentation. Ces espèces sont issues des *relevés effectués sur les lignes permanentes* installées dans les différents traitements et non de la liste exhaustive des espèces de chaque parcelle. Dans le souci de rendre plus explicite l'interprétation des plans factoriels, les relevés sont suivis par le rang (1 à 3) de l'année d'observation.

On constate (*figure 2*) que les traitements correspondant à une même année se regroupent plus que les traitements eux-mêmes.

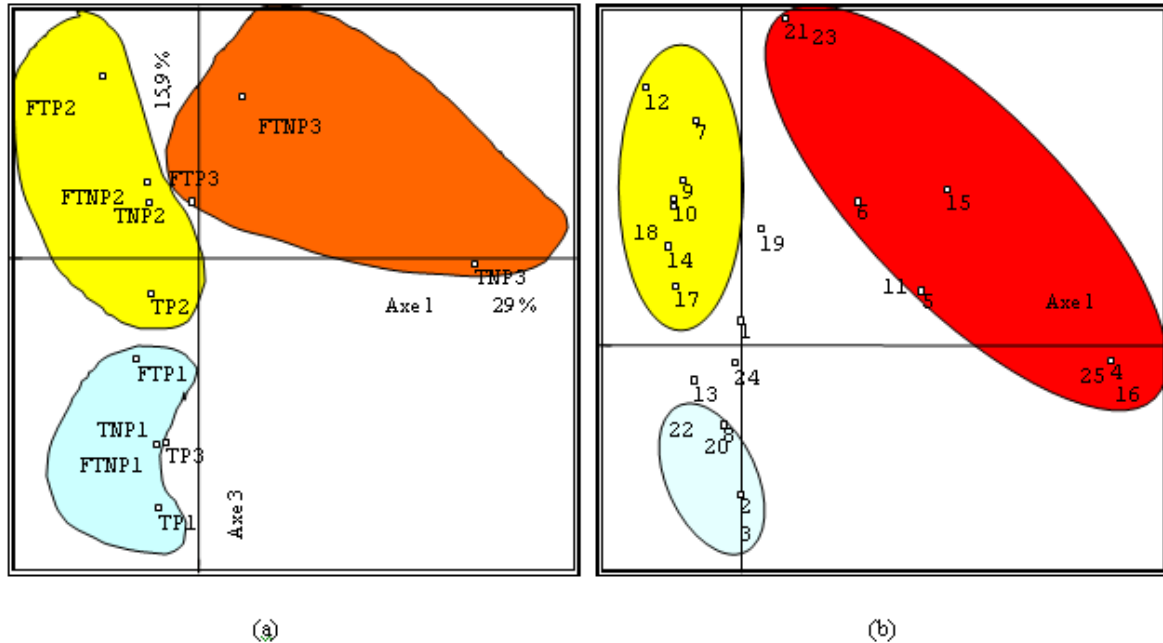


Figure 2 : Cartes factorielles dans le plan 1-3 des 12 traitements (a) et des 25 espèces (b) recensées sur les lignes permanentes au cours des trois années d'expérimentation.

FPP : feu précoce protégé ; FTP : feu tardif protégé ; FPNP : feu précoce non protégé ; FTNP : feu tardif non protégé. Les relevés d'une même année sont suivis d'un numéro.

Première année
  Deuxième année
  Troisième année

La variabilité interannuelle est donc forte et masque les effets traitements. Chaque année étant caractérisée par un groupe d'espèces.

La première année est largement dominée par les hémicryptophytes : *Sporobolus festivus* (22), *Heteropogon contortus* (8), *Aristida congesta* (2), *Bulbostylis mahafalensis* (3), *Schizachyrium brevifolium* (20).

La deuxième année est caractérisée par la dominance des thérophytes : *Mollugo nudicaulis* (12), *Indigofera tenuipes* (10), *Polycarpea corymbosa* (17), *Euphorbia hirta* (7), *Indigofera diversifolia* (9), *Polygala schoelankii* (18), *Oldenlandia virgata* (14).

La troisième année est caractérisée par les espèces suivantes : *Spermacoce stricta* (21), *Tephrosia linearis* (23), *Eragrostis cylindriflora* (6), *Panicum pseudovoeltzkowii* (15), *Cassia mimosoides* (5), *Indigofera tenuipes* (11), *Phyllanthus descoingsii* (16), *Cassia mimosoides* (4), *Waltheria indica* (25).

### **Phytomasse et biomasse épigées herbacées**

Les résultats de l'analyse de variance relative à la phytomasse et à la biomasse épigées de la strate herbacée, au maximum de végétation au cours des trois années d'expérimentation, sont présentés dans le *tableau III*. Le feu tardif diminue la phytomasse aérienne en conditions protégées et l'augmente en conditions non protégées. Il augmente aussi la biomasse sur pied quelles que soient les conditions de pâturage. Par contre, l'effet du feu précoce sur ces deux paramètres est encore probant.

Tableau III : Evolution de la phytomasse et de la biomasse herbacées d'une savane à *Heteropogon contortus* au cours des trois années d'expérimentation dans la région de Beba-Manamboay.

Les traitements suivis 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 NS : non significatif, S : significatif et HS : hautement significatif ( $p = 0,01$ ).

	Phytomasse totale (t.ha <sup>-1</sup> )			Biomasse (t.ha <sup>-1</sup> )		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
<b>Protégé</b>						
Témoin	2,55 (a)	2,27(a)	1.64(c)	-	1,40(ab)	1,37(c)
Feu précoce	1,83 (ab)	1,07(cd)	2.98(c)	-	1,01(bc)	2.61(a)
Feu tardif	1,83 (ab)	1,80(ab)	2.39(b)	-	1,73(a)	2.11(b)
<b>Non protégé</b>						
Témoin	1,54 (ab)	0,68(d)	1.47(c)	-	0,56(cd)	1.33(c)
Feu précoce	0,87 (b)	0,42(d)	1.35(c)	-	0,40(d)	1.27(c)
Feu tardif	0,87 (b)	1,42(bc)	1.71(c)	-	1,37(ab)	1.54(c)
<b>Probabilité</b>						
Théorique	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,05
Feu	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	-	0,00 HS	0,00 HS
Pâturage	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	-	0,00 HS	0,00 HS
Interaction	0,83 NS	0,01 S	0,00 HS	-	0,34 NS	0,00 HS

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

La phytomasse épigée du témoin en zone protégée (figure 3) 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.

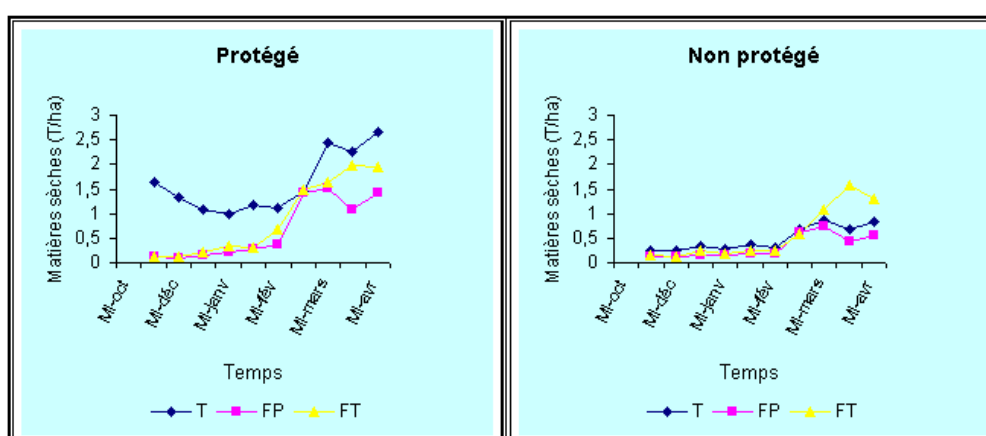


Figure 3 : Evolution saisonnière de la phytomasse totale épigée, exprimées en t.ha<sup>-1</sup> au cours de l'année 1999, pour les différents traitements.

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

En ce qui concerne la biomasse herbacée épigée, la *figure 4* montre que :

- le feu retarde, dans les conditions protégées, 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. En conditions non protégées, les variations de biomasse dans le témoin et dans le feu précoce sont comparables. Celles correspondant au feu tardif commencent à être plus élevées bien avant la fin de la saison de végétation (mi-mars).

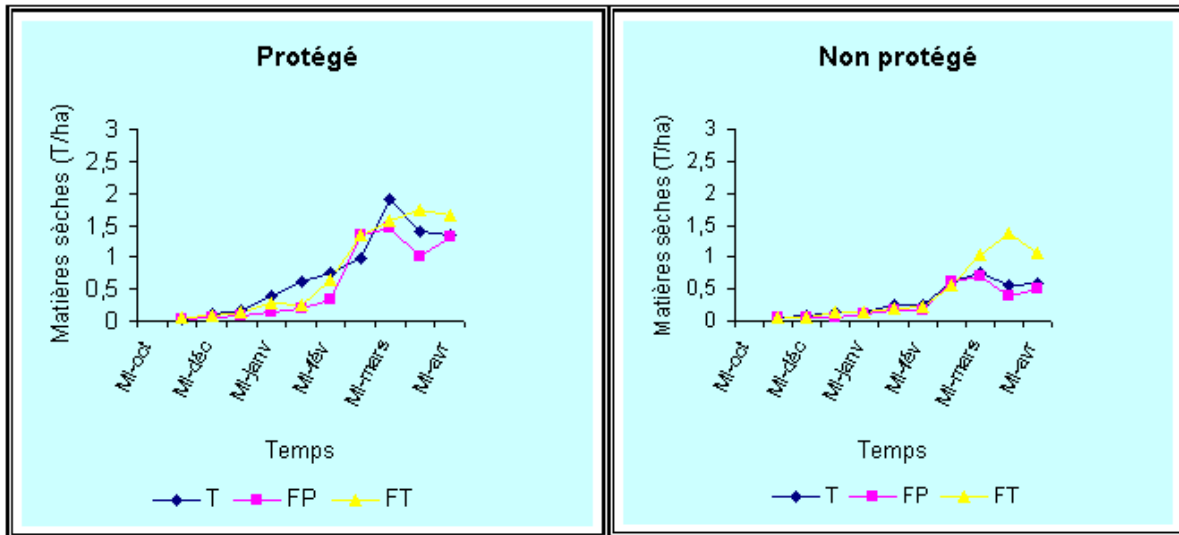


Figure 4 : Evolution saisonnière de la biomasse épigée, exprimées en t.ha<sup>-1</sup> au cours de l'année 1999, pour les différents traitements.

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

- les résultats relatifs aux parcelles soumises au feu précoce sont dans l'ensemble inférieurs à celles obtenues avec des feux tardifs.

### Paramètres édaphiques

#### Paramètres physiques

Le *tableau IV* présente les variations de la moyenne interannuelle de la perméabilité et de la compacité du sol de surface en fonction des différents traitements.

Tableau IV : Variations de la moyenne interannuelle de la perméabilité (mm.s<sup>-1</sup>) et de la compacité (mm) du sol de surface en fonction des différents traitements.

	Sans feu		Feu précoce		Feu tardif	
	Protégé	Non Protégé	Protégé	Non protégé	Protégé	Non protégé
Perméabilité	0.21	0.15	0.14	0.10	0.16	0.10
Compacité	27.77	27.47	30.76	24.43	26.61	25.18



Le feu a tendance à diminuer la perméabilité quelles que soient les conditions de pâturage. Par ailleurs, la perméabilité est plus forte en conditions protégées qu'en conditions non protégées.

A l'exception du feu précoce en conditions protégées, le feu a tendance à augmenter la compacité du sol. La compacité du sol a cependant tendance à être plus élevée en conditions non protégées qu'en conditions protégées.

#### *Paramètres chimiques*

Nous ne présentons ici que la *synthèse des résultats*, donnés en détail par *Rakotoarimanana (2002)*, des constituants présentant des différences significatives imputables à l'effet du feu et du pâturage pendant les trois années d'observation. Ce sont la matière organique, le phosphore, le K<sup>+</sup>, le Na<sup>+</sup>.

Tableau V : Variations de la moyenne interannuelle des teneurs en matière organique (MO), potassium (K<sup>+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>) et phosphore assimilable (P<sub>ass</sub>) dans l'horizon de surface en fonction des différents traitements.

	Sans feu		Feu précoce		Feu tardif	
	Protégé	Non Protégé	Protégé	Non protégé	Protégé	Non protégé
MO (t.ha <sup>-1</sup> )	22.4	18.9	22.1	22	20.27	24.6
K <sup>+</sup> (t.ha <sup>-1</sup> )	0.066	0.077	0.105	0.065	0.087	0.09
Na <sup>+</sup> (t.ha <sup>-1</sup> )	0.083	0.08	0.11	0.12	0.093	0.093
P <sub>ass</sub> (t.ha <sup>-1</sup> )	0,007	0,007	0.01	0.008	0.011	0.009

En conditions protégées, le feu, notamment le feu tardif, a tendance à diminuer la teneur en matière organique. Par contre, en conditions non protégées, la teneur en matière organique augmente sous l'effet du feu et notamment du feu tardif. Globalement, les feux augmentent les teneurs en K<sup>+</sup>, en Na<sup>+</sup> et en P du sol de surface quelles que soient les conditions de pâturage.

Le pâturage a tendance à diminuer la teneur en matière organique des parcelles témoins mais à augmenter celle des parcelles de feu tardif. Il augmente la teneur en K<sup>+</sup> des parcelles témoins. Par contre, il la diminue dans le cas du feu précoce. Il n'a presque pas d'effet sur cette teneur dans le cas de feu tardif. Le pâturage n'a pas d'effet sur la teneur en Na<sup>+</sup> et cela quels que soient les traitements feux. Dans les parcelles soumises au feu, la teneur en phosphore assimilable est moins élevée en conditions non protégées.

## **Conclusion**

Ce travail, a porté sur la dynamique des savanes dans la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar) en réponse aux facteurs anthropiques les plus récurrents tels que les feux et le pâturage.

L'approche diachronique qui a été retenue, a permis d'obtenir après trois années d'expérimentation, les principaux résultats suivants :

- Le feu provoque une diminution de la richesse floristique et une augmentation de la diversité et de la phytomasse du couvert herbacé ;
- Le pâturage induit une augmentation de la richesse et de la diversité floristiques ; la phytomasse de la strate herbacée dans les parcelles protégées est plus élevée que celle des parcelles pâturées par le bétail ;
- La perméabilité des horizons de surface du sol est diminuée par le feu et le pâturage.

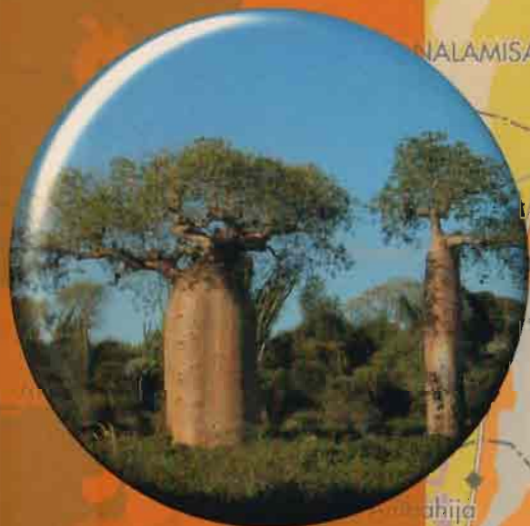
Certains indicateurs (richesse et diversité floristique, phytomasse herbacée) rendent bien compte des changements opérés au cours des premiers stades de la succession, alors que d'autres (compacité du sol) n'ont pas franchi des seuils d'irréversibilité. Cette caractéristique serait à mettre en relation, d'une part avec la forte hétérogénéité spatiale du substrat, et d'autre part avec la forte variabilité interannuelle des conditions écologiques, notamment des précipitations qui masquent l'effet des traitements et certainement avec la relative résistance des savanes aux perturbations du fait de sa stabilité.

Il s'avère donc nécessaire de suivre l'expérimentation sur une plus longue période pour intégrer ces variations aléatoires.

IRD  
Editions



# Environnement et pratiques paysannes à Madagascar



Éditeurs scientifiques  
Florent Lasry  
Chantal Blanc-Pamard  
Pierre Milleville  
Samuel Razanaka  
Michel Grouzis

ATLAS CÉDÉROM

La région sud-ouest de Madagascar fait l'objet de mutations agraires, rapides et de grande ampleur, dans lesquelles interfèrent des phénomènes démographiques, sociaux, techniques et écologiques.

Le programme de recherche Gestion des espaces ruraux et environnement à Madagascar (GEREM), mené conjointement par des chercheurs de l'IRD et du CNRE de 1996 à 2002, a mobilisé des écologues, des agronomes et des géographes pour étudier les relations entre les pratiques paysannes et l'environnement sur trois sites de la région, et notamment dans la forêt des Mikea.

La culture pionnière du maïs sur abattis-brûlis constitue depuis une vingtaine d'années la cause principale d'une déforestation spectaculaire, et sans doute irréversible, qui s'accélère au cours du temps. Avec l'installation des populations migrantes et la réduction des terres agricoles disponibles, de profondes recompositions affectent les relations sociales, les systèmes de production et l'organisation de l'espace rural ; implanté depuis longtemps, l'élevage est aussi un facteur important dans la dynamique des savanes du Sud-Ouest. Dans un tel contexte, les questions de développement et d'environnement sont étroitement liées, et se posent avec acuité.

Ce Cédérom privilégie l'observation de terrain des dynamiques de déforestation, et fait une place importante à l'outil cartographique, à l'iconographie, et à la vidéo ; la photographie aérienne en paramoteur a notamment été utilisée, coordonnée avec les images satellitaires. Il synthétise les travaux de l'ensemble de l'équipe, et fournit aux chercheurs, aux acteurs du développement, aux opérateurs de l'environnement, aux étudiants, une riche base de données sur une région-témoin du Sud-Ouest malgache.

Recherches de l'UR 100 « Transitions agraires et dynamiques écologiques » (2000 – 2004)

#### Liste des auteurs :

AUBRY Christine  
BLANC-PAMARD Chantal  
GARDETE Yves-Marie  
GROUZIS Michel  
LASRY Florent  
LE FLOCH Edouard  
LEPRUN Jean-Claude  
MANA Parfait  
MILLEVILLE Pierre

RAHERISON Mahefasoa  
RAJADONARIVELO Sitraka  
RAKOTOARIMANANA  
Vonjison  
RAKOTOJAONA  
Hanitriniomy  
RAKOTONDAMANANA  
Modeste  
RAKOTONIRINA Bruno

RAMAROMISY Auguste  
RANAIVOARIVELO Nivo  
RANDRIAMBANONA Heizoa  
RASOLOHERY  
Andriambolantsoa  
RAZANAKA Samuel  
REBARA Flavien  
TERRIN Sandrine

CD-ROM  
PC/MAC

Configuration requise :  
PC : Windows NT, 2000, XP ;  
Internet Explorer configuré  
pour ouvrir des fichiers  
Acrobat dans une fenêtre  
HTML  
Macintosh : MacOS ou OS X,  
Acrobat Reader 5 ou plus



Institut de recherche  
pour le développement  
Paris, France



Centre National de Recherches  
sur l'Environnement



9 782709 915177

ISBN : 2-7099-1571-5

35 €