

DYNAMIQUE POST-CULTURALE DANS LA REGION D'ANALABO (FORET DE MIKEA)

Michel GROUZIS , Herizo RANDRIAMBANONA,
Andriambolantsoa RASOLOHERY et Samuël RAZANAKA

INTRODUCTION

De nombreux travaux réalisés dans différentes régions de Madagascar ont montré que la déforestation y est importante et ne cesse de s'accélérer (Guichon, 1960 ; Myers, 1986 ; UICN, 1988 ; Green & Sussman, 1990 ; Sussman *et al.*, 1994 ; Brand et Zurbruchen, 1997 ; Razanaka *et al.*, 2001).

Ce recul forestier est-il inéluctable ? Ces systèmes forestiers possèdent-ils un niveau de résilience leur permettant de se reconstituer même partiellement comme l'ont montré Saboureau (1960) et Rasolofoharinoro *et al.* (1997) pour les forêts ombrophiles ?

Le présent travail porte sur la dynamique post-culturelle dans la région d'Analabo (Forêt de Mikea). Il a pour objectif d'évaluer les conséquences sur le milieu des pratiques d'exploitation et vise d'une part, à caractériser la nature et l'intensité des changements des composantes biologiques (plus particulièrement la végétation) et abiotiques (plus particulièrement le sol) des écosystèmes affectés par les perturbations anthropiques et d'autre part, à identifier les trajectoires d'évolution de ces écosystèmes

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE

Dans une étude de succession, les changements de la végétation et du milieu sont souvent trop lents pour pouvoir être évalués directement. C'est pourquoi nous avons retenu l'approche synchronique.

Des abandons culturels âgés de 2, 4, 6, 8, 12, 20 et 30 ans (A2, A4, ... A30) ainsi que différents écosystèmes de référence [forêt primaire peu perturbée (FI), savane boisée (SB)], ont été échantillonnés dans la zone d'étude. L'âge des abandons a été précisé par les propriétaires des champs. Plusieurs recoupements réalisés auprès d'autres informateurs du village les ont confirmés. Ces abandons ont eu globalement le même passé culturel (3 à 5 cycles de culture de maïs sur abattis-brûlis). Après leur abandon, ils constituent en général des lieux de pâturage, de prélèvement de bois et sont par ailleurs soumis à des feux récurrents.

Les sites échantillonnés dans cette étude sont tous situés sur des sols ferrugineux tropicaux peu ou non lessivés (classification française des sols, C.P.C.S., 1968), correspondant aux formations quaternaires post-karimbolien de Battistini (1964) équivalent de l'erg ancien Inchirien africain (Leprun, 1998). Grouzis *et al.*, (2002) et Leprun *et al.*, (2003) ont montré que ces sites se sont développés sur un même matériau éolien, ce qui autorise les comparaisons.

Les descripteurs ou indicateurs qui ont permis de décrire l'état de ces différents écosystèmes concernent la végétation et le sol et sont réunis dans le tableau I.

Tableau I.- Les différents indicateurs utilisés

Indicateurs biotiques	Indicateurs abiotiques
Composition floristique	Densité apparente du sol
Richesse floristique (div. a)	Perméabilité de surface
Indices de diversité	Compacité de surface
Proportion d'annuelles et de pérennes	Fractions granulométriques
Recouvrement global	Carbone & Matières organiques
Densité des ligneux	Azote
Phytomasse épigée des espèces herbacées et ligneuses	P _{assimilable}
Phytomasse racinaire totale	Bases échangeables

Les données sont traitées par analyse de variance afin de caractériser l'état de l'écosystème pour un indicateur, de les comparer statistiquement et d'établir des lois de généralisation.

Pour rendre compte du degré de proximité des différentes unités étudiées, compte tenu de l'ensemble des paramètres qui les caractérise, nous avons eu recours aux analyses multivariées (ACP, AFC). Ce sont des méthodes statistiques descriptives dont l'objectif est de présenter sous forme graphique le maximum d'information contenu dans un tableau de données (programmathèque ADE4 de l'Université de Lyon). Cette approche permet de modéliser la trajectoire de l'écosystème au cours de la succession.

Nous ne reviendrons pas sur les méthodes d'étude de chaque descripteur qui ont été largement décrites dans : Rasolohery, 2000 ; Randriambanona, 2000, Grouzis *et al.*, 2002 ; Razanaka et Grouzis, 2002 ; Leprun *et al.*, 2003.

LA DYNAMIQUE POST-CULTURALE A TRAVERS LES FACTEURS EDAPHIQUES

La figure 1A représente les variations de la perméabilité de l'horizon de surface pour les différents abandons et écosystèmes de référence échantillonnés.

Il y apparaît que la perméabilité, très élevée dans l'écosystème forestier de référence (1.46 mm.s^{-1}), diminue progressivement avec l'ancienneté de l'abandon. Les valeurs obtenues dans les abandons anciens (A12 à A30) ne sont pas significativement distinctes de celle de la savane. Les moyennes relatives aux abandons récents (A2-A8) présentent des valeurs intermédiaires (0.6 à 0.31 mm.s^{-1}).

L'évolution de la perméabilité en fonction de l'âge de l'abandon s'ajuste bien à une loi logarithmique (Fig. 1B). 97% de la variation de la perméabilité est expliqué par l'âge de l'abandon.

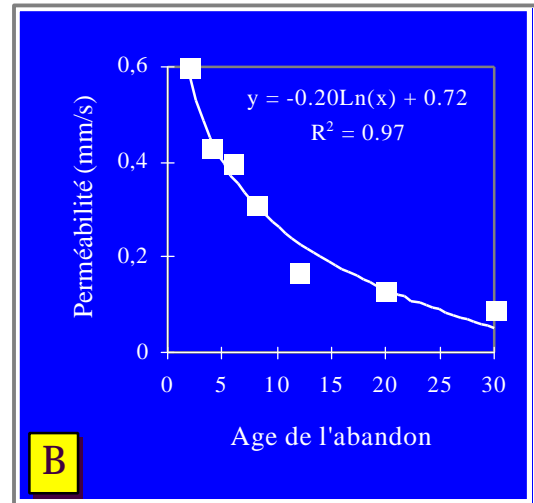
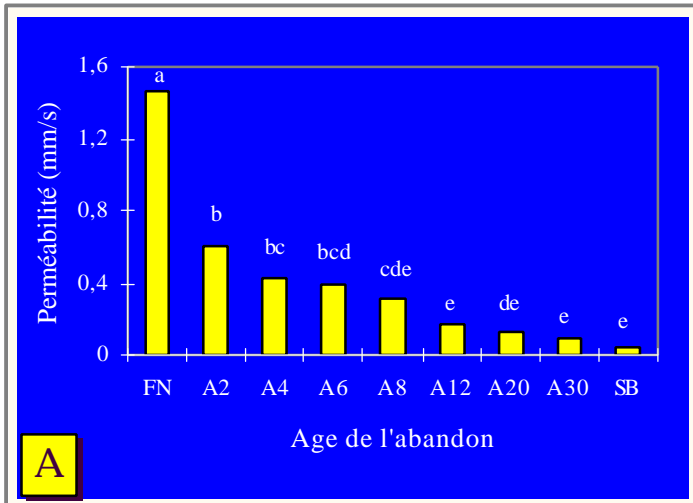
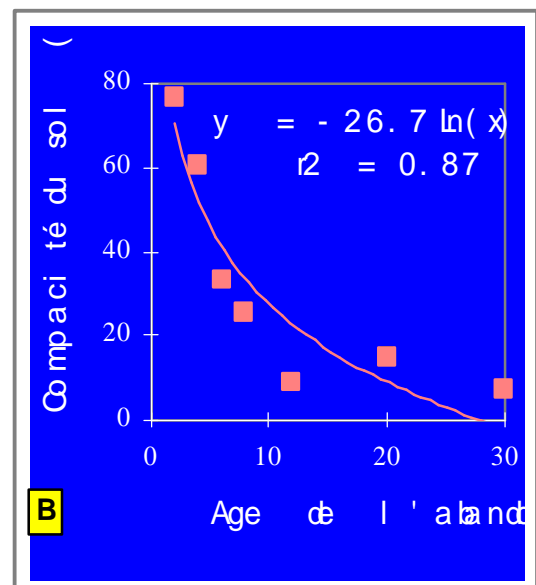
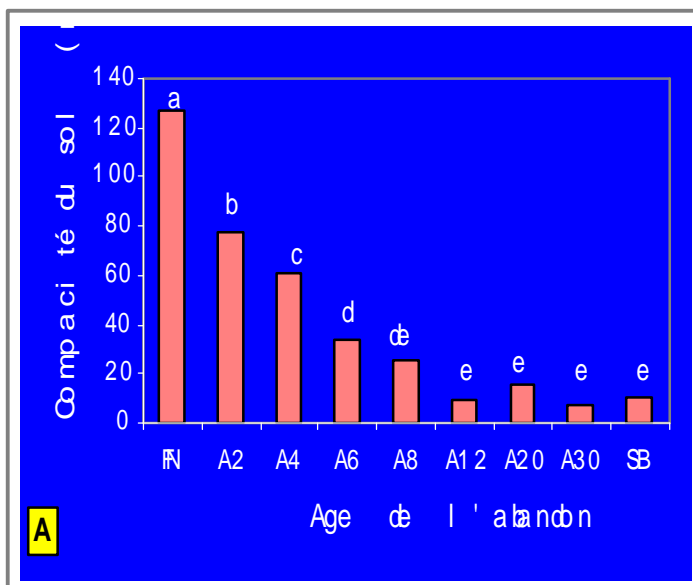


Figure 1(A & B) .- Variations de la perméabilité de l'horizon de surface pour différents écosystèmes

FI : forêt primaire dense sèche caducifoliée ; A2 A30 : abandon de 2 à 30 ans ; SB : savane boisée. Les moyennes repérées par une (des) mêmes lettre(s) ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de $p = 0.05$ selon le test de Newman-Keuls

La compacité de l'horizon de surface du sol augmente avec l'âge de l'abandon (Figure 2). Celle-ci atteint 127 mm dans la formation initiale, s'accroît rapidement et se stabilise entre 10 - 15 mm dans les abandons anciens (A12-A30) et dans la savane boisée. Dans ces derniers sites elle est en moyenne 13 fois plus élevée que dans la forêt originelle. L'augmentation de la compacité avec l'âge de l'abandon peut aussi être ajustée à une fonction logarithmique, mais le coefficient de détermination ($r^2 = 87\%$) est moins élevé que dans le cas de la perméabilité.

Figure 2.- Variations de la compacité de l'horizon de surface pour différents écosystèmes
 FI : forêt primaire dense sèche caducifoliée ; A2 A30 : abandon de 2 à 30 ans ; SB : savane boisée. Les moyennes repérées par une (des) mêmes lettre(s) ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de $p=0.05$ selon le test de Newman-Keuls





capacité et la perméabilité de

par un tassement et un
ce une diminution de la

de surface en fonction de
e sont consignées dans le

de différents écosystèmes de

2 à 30 ans ; SB : savane
soumises à une analyse de
sont pas significativement
(analyse non effectuée)

S			
A12	A20	A30	SB
a			

a
0.011^b b^c

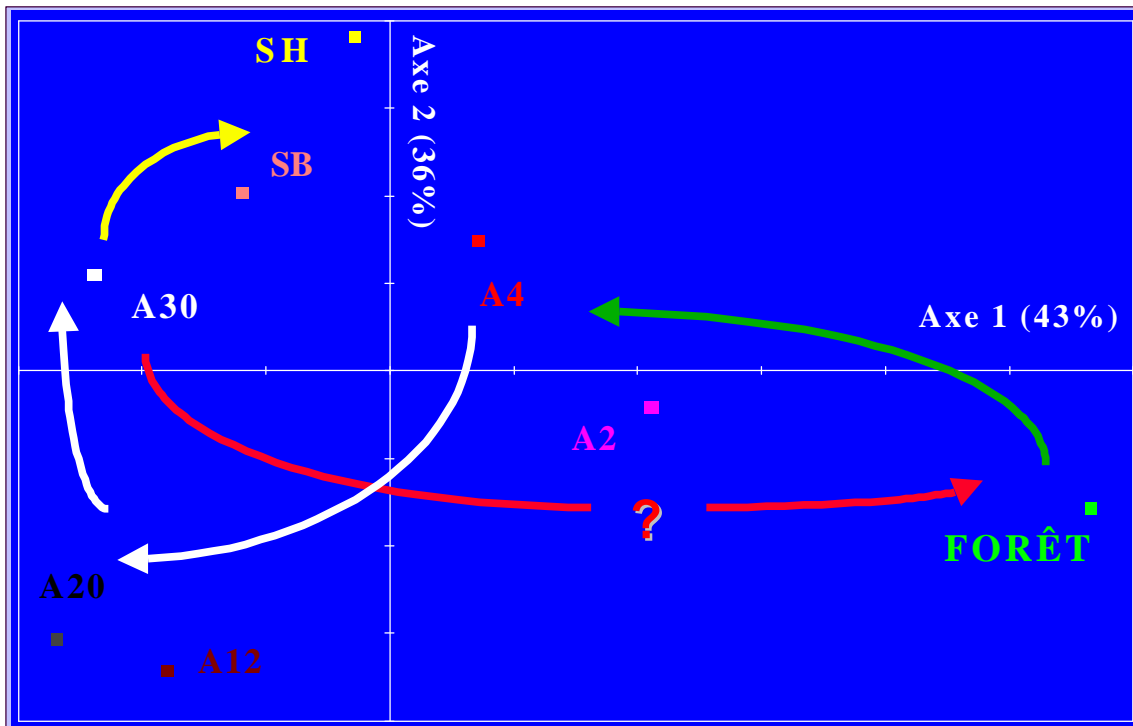


Figure 3.- Dynamique des systèmes écologiques sur la base des paramètres édaphiques : diagramme des relevés dans le premier plan de l'Analyse en composantes principales.

FI : forêt primaire dense sèche caducifoliée ; A2 A30 : abandon de 2 à 30 ans ; SB : savane boisée ; SH : savane herbeuse.

L'examen de la trajectoire des points représentatifs des écosystèmes révèle que l'écosystème forestier abattu, brûlé, cultivé et abandonné s'éloigne rapidement, de par ses caractéristiques édaphiques, de son état originel et se rapproche nettement de l'écosystème savane boisée.

L'écosystème forestier perturbé et abandonné évolue donc sur la base des propriétés physico-chimiques du sol vers un système de type savanicole et non vers un système de type forestier..

LA DYNAMIQUE POST-CULTURALE A TRAVERS LES FACTEURS FLORISTIQUES

Une analyse factoriel des correspondances (AFC) a été réalisée sur la base des données floristiques [9 relevés * 244 espèces] (Razanaka et Grouzis, 2002). La figure 4 représente la projection des points représentatifs des différents écosystèmes dans le premier plan de l'AFC qui absorbe près de 45 % de l'inertie.

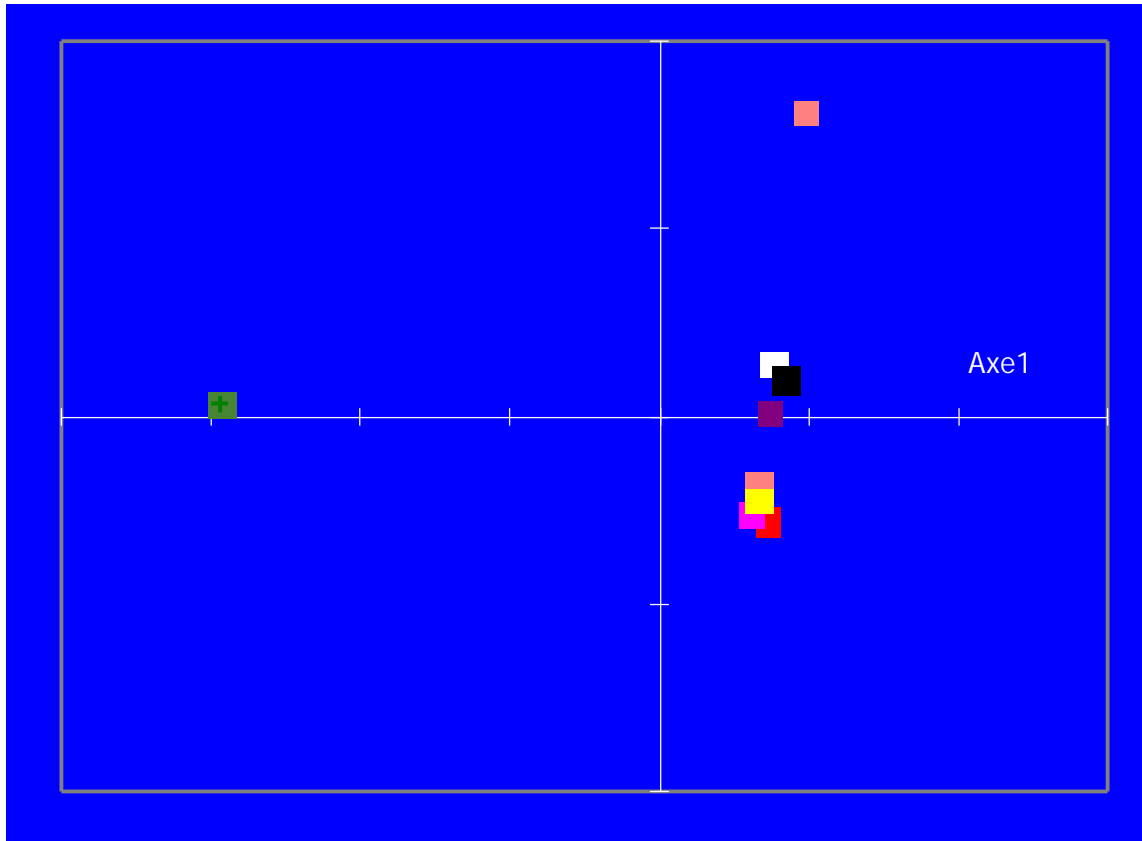


Figure 4.- Dynamique des systèmes écologiques sur la base des paramètres floristiques (présence/absence) : diagramme des relevés dans le premier plan de l'AFC.
Forêt primaire peu perturbée : FI ; Abandons (A2, A4,A30) ; savane boisée (SB)

Le premier axe (26.4 % de la variabilité) qui oppose le relevé de forêt à ceux des abandons et de la savane, rend essentiellement compte de la perturbation. Le long de l'axe 2 (18.3 % de l'inertie) s'ordonnent les abandons (abandons récents en ordonnées négatives, abandons anciens en ordonnées positives). Cet axe représente le processus de savanisation.

L'examen de la trajectoire des points représentatifs des écosystèmes (Fig. 4) révèle que l'écosystème forestier perturbé et abandonné s'éloigne rapidement, de par ses caractéristiques floristiques de son état originel et se rapproche nettement de l'écosystème savane boisée. L'évolution de la végétation conduit à une flore très différente de la flore originelle, avec remplacement des espèces forestières par des espèces herbacées à caractère savanicole. Sur le plan structural la formation forestière est remplacée par des formations mixtes ligneux/herbacées ouvertes de type savane boisée.

On peut donc conclure que dans le sud-ouest, l'écosystème forestier perturbé et abandonné évolue vers un système de type savanicole et non vers un système de type forestier. En d'autres termes la résilience de la forêt caducifoliée du sud-ouest est faible. Ce résultat confirme ce que nous avons mis en évidence avec les critères édaphiques.

LA DYNAMIQUE POST-CULTURALE A TRAVERS LES FACTEURS BIOTIQUES

Les variations des principaux paramètres biotiques en fonction de l'âge de l'abandon et pour différents écosystèmes de références sont consignées dans le tableau III.

L'examen de ce tableau montre que :

- la richesse floristique, très élevée dans les systèmes forestiers de référence (~140 espèces), diminue progressivement au cours de la succession post-culturelle et se stabilise autour de 60 -70 espèces dans les abandons anciens et dans la savane.

Tableau III.- Indicateurs biotiques caractéristiques des abandons et de différents écosystèmes de référence de la région d'Analabo.

FI : forêt primaire dense sèche caducifoliée ; A2 A30 : abandon de 2 à 30 ans ; SB : savane boisée. Lorsque des répétitions ont été effectuées, les valeurs ont été soumises à une analyse de variance. Les moyennes repérées par la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes pour $p = 0.05$ d'après le test de Newman-Keuls. * valeurs estimées

PARAMETRES	STATIONS								
	FI	A2	A4	A6	A8	A12	A20	A30	SB
Richesse floristique (n/aire minimale)	141	86	89	67	86	65	68	64	73
Proportion d'annuelles (n/ 2500 m²)	0	20	22.2	23.9	18.8	29.2	24.2	20	27
Densité (n/ha)	8628	5984	8652	6440	12404	6976	4112	3380	4508
Phytomasse herbacée épigée (kg.ha⁻¹)	0	1520 ^c	1487 ^{bc}	2473 ^b	1698 ^c	1792 ^{bc}	1549	2269 ^a	997
Phytomasse ligneuse épigée (kg.ha⁻¹)	170590	8444 ^c	11404 ^c	13965 ^{bc}	22629 ^{abc}	26848 ^{ab}	29939 *	33804 ^a	20000 *
Phytomasse hypogée (kg.ha⁻¹)	18510	3527 ^c	4164 ^c	4963 ^c	7055 ^b	10000 ^a	7000 *	3608 ^c	7005
Phytomasse totale (kg.ha⁻¹)	189100	13491	17055	21401	31382	38640	38488 *	39681	28002 *

- les thérophytes sont absents du système forestier originel. Leur proportion augmente jusqu'à A12 (30%), puis diminue dans les abandons plus anciens. Dans la savane, la proportion de thérophytes est plus élevée (27%)
- à l'exception de l'abandon âgé de 8 ans où l'on a enregistré une densité de ligneux toutes espèces confondues, particulièrement élevée (12 000 individus.ha⁻¹), la densité des

ligneux varie globalement d'environ 8000 individus.ha⁻¹ dans l'écosystème de référence (forêt primaire peu perturbée) à environ 4000 individus.ha⁻¹ dans les abandons anciens (A20, A30) et la savane boisée.

- la phytomasse épigée herbacée correspond à la moyenne des mesures effectuées au cours des cycles 1996-1997 et 1997-1998. Malgré cette pondération, la phytomasse herbacée se caractérise par une forte variabilité. Nulle dans la forêt originelle, elle atteint 1500 à 2500 kg.ha⁻¹ dans les abandons allant de A2 à A30 et est inférieure à 1000 kg.ha⁻¹ dans la savane boisée.
- après 2 ans d'abandon, la phytomasse épigée des ligneux (hors mis le bois mort et la litière au sol) représente moins de 5% de la phytomasse forestière initiale qui s'élève à plus de 170 000 kg.ha⁻¹. Celle-ci augmente ensuite en fonction de l'âge de l'abandon. Sur cette même séquence, Rasolohery (2000) exprime cette variation selon la relation :

$$\text{Phytomasse épigée (kg.ha}^{-1}\text{)} = 10.7 \text{ Ln (Age) } + 0.17 \text{ avec } r^2 = 0.95$$

- les phytomasses hypogées sont dans les abandons entre 2 et 5 fois plus faibles que dans la forêt originelle. Elle augmente en fonction de l'ancienneté de l'abandon jusqu'à A12 (limite entre abandon ancien et savane). Les abandons anciens offrent des valeurs assez faibles et comparables à celles mesurées dans les savanes (Randriambanona , 2000).

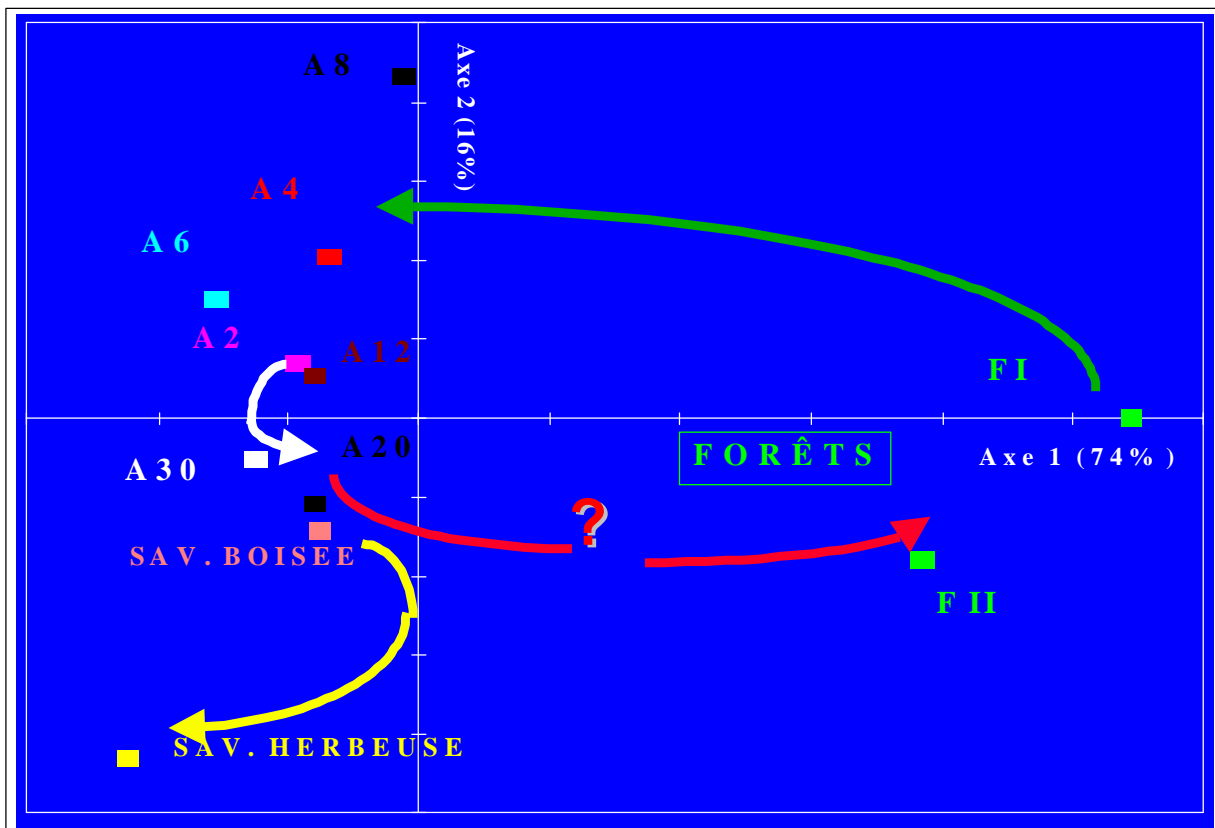


Figure 5.- Dynamique des systèmes écologiques sur la base des indicateurs biotiques : diagramme des relevés dans le premier plan de l'AFC.
Forêt primaire peu perturbée : FI & FII; Abandons (A2, A4,A30) ; savane boisée , savane herbeuse

Afin de caractériser la trajectoire des écosystèmes sur la base des indicateurs biotiques, une ACP a été réalisée sur la base des résultats du tableau III complétées par les données de la forêt sur Erg II et celles de la savane herbeuse [11 relevés * 7 variables]

Les points représentatifs des différents écosystèmes sont projetés sur le premier plan de l'ACP qui absorbe 90% de la variabilité (Fig.5). L'examen de la trajectoire de ces points révèle de nouveau que l'écosystème forestier perturbé et abandonné s'éloigne rapidement, de par ses caractéristiques biotiques de son état originel et se rapproche nettement de l'écosystème savane boisée.

PROCESSUS DE SAVANISATION ET RESILIENCE

Quels que soient les indicateurs d'état pris en considération (indicateurs édaphiques, floristiques, biotiques), il apparaît nettement dans notre situation que, l'évolution de la végétation et du milieu après abandon cultural, conduit à une formation mixte ligneux-herbacée, ouverte à caractères savanicoles (diversité, densité des ligneux, phytomasses largement inférieures à celles du système forestier originel, proportion élevée d'annuelles, perméabilité faible, compacité forte, teneurs en C et N faibles).

Dans la zone semi-aride du sud-ouest étudiée, la dynamique post-culturelle se caractérise donc par un processus de savanisation. En d'autres termes, la résilience de la forêt primaire dense sèche caducifoliée est faible. Ce résultat est original dans la mesure où il s'écarte de ceux obtenus dans d'autres zones bioclimatiques de Madagascar et de la zone intertropicale. Citons notamment les travaux de Saboureau (1960), Rasolofoharinoro *et al.* (1997), Gautier *et al.*, (1999) et Rasolofoharinoro (2001) qui montrent que la reconstitution partielle de la forêt ombrophile de moyenne altitude est possible bien que très lente (20 à 40 ans). Pour l'Afrique, les travaux de Guelly *et al.* (1993) pour le Togo, de Mitja et Puig (1993) pour la Côte d'Ivoire et de Roussel (1994) pour l'Afrique de l'Ouest rapportent que la reconstitution de la végétation originelle semble possible aussi bien dans les forêts sous climat humide que dans les savanes en milieux à saisons contrastées, à condition toutefois de les protéger contre les feux.

Diverses raisons peuvent être évoquées pour expliquer la faible résilience des systèmes forestiers du Sud-Ouest malgache. Signalons principalement :

o l'intensité et la durée de la perturbation

La phase culturale, qui dure généralement 5 ans, mais parfois 7 à 10 ans, épuise les capacités de régénération du système. En Afrique de l'Ouest c'est clairement le déssouchage ou non et la durée de la culture qui sont les facteurs prépondérants de la dynamique régressive (Yossi, 1996 ; Donfack, 1998 ; Fournier *et al.*, 2000). Par ailleurs, bien qu'abandonnées, les terres anciennement cultivées sont réaffectées au pastoralisme et subissent les méfaits des feux récurrents qui contrecarrent l'évolution progressive des systèmes.

o les conditions du milieu

Les conditions climatiques et édaphiques qui caractérisent le Sud-Ouest (faiblesse et variabilité des précipitations, températures et évaporations élevées, forte saisonnalité avec une longue saison sèche, substrats sableux quartzes pauvres) sont nettement plus drastiques que celles qui prévalent dans les zones humides de l'Est malgache, de Manongarivo et de la Côte d'Ivoire. De ce fait, elles induisent des dynamiques beaucoup plus lentes.

o la fragilité de la flore autochtone

La dernière raison relève des caractéristiques intrinsèques à la végétation, notamment aux caractères insulaires de la flore. La fragilité de cette flore, sur une île isolée du continent africain depuis le Crétacé et sa faible compétitivité face aux espèces allochtones, ainsi que l'absence d'une flore forestière secondaire, vigoureuse et bien différenciée diminuent la résilience du système forestier (Koechlin *et al.*, 1974).

A cela s'ajoute l'absence d'une strate herbacée dans la forêt primaire, ce qui rend les espèces savanicoles très envahissantes. Les processus de reconstitution sont bloqués car aucune espèce ne peut réduire et contrôler un tant soit peu par leur installation.

La dynamique post-culturelle dans le sud-ouest semi-aride de Madagascar (région d'Analabo) se caractérise donc par un processus de savanisation.

Dans ces conditions, la pratique de la culture itinérante a un coût écologique énorme aussi bien au niveau de l'écosystème que de la diversité spécifique.

Sur le plan économique, cette dynamique de savanisation qui affecte la phase post-culturelle a pour conséquence que les friches, même anciennes, ne peuvent être remises en culture à l'aide du même système de culture, puisqu'il faut alors impérativement contrôler l'enherbement. Elle ne peut constituer que la phase pionnière d'exploitation agricole de la forêt primaire, et doit laisser la place à d'autres systèmes de culture afin de pérenniser ultérieurement la mise en valeur agricole.

LE MODELE GENERAL DE LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES ECOLOGIQUES DANS LA REGION DE MIKEA

Ces travaux ont permis de proposer un modèle générale de la dynamique des systèmes écologiques dans la région de la forêt de Mikea (Fig.6).

Ici, l'écosystème de référence est une forêt dense sèche caducifoliée, en équilibre avec les facteurs du milieu. C'est un système peu organisé, caractérisé par une forte diversité, et mobilisant 120 à 170 t.ha⁻¹ de matières sèches sur pied.

C'est un système " métastable ", c'est-à-dire un système pour lequel les variables d'état, non seulement fluctuent peu, mais surtout sont susceptibles de rétablir rapidement leurs valeurs originelles après de légères perturbations.

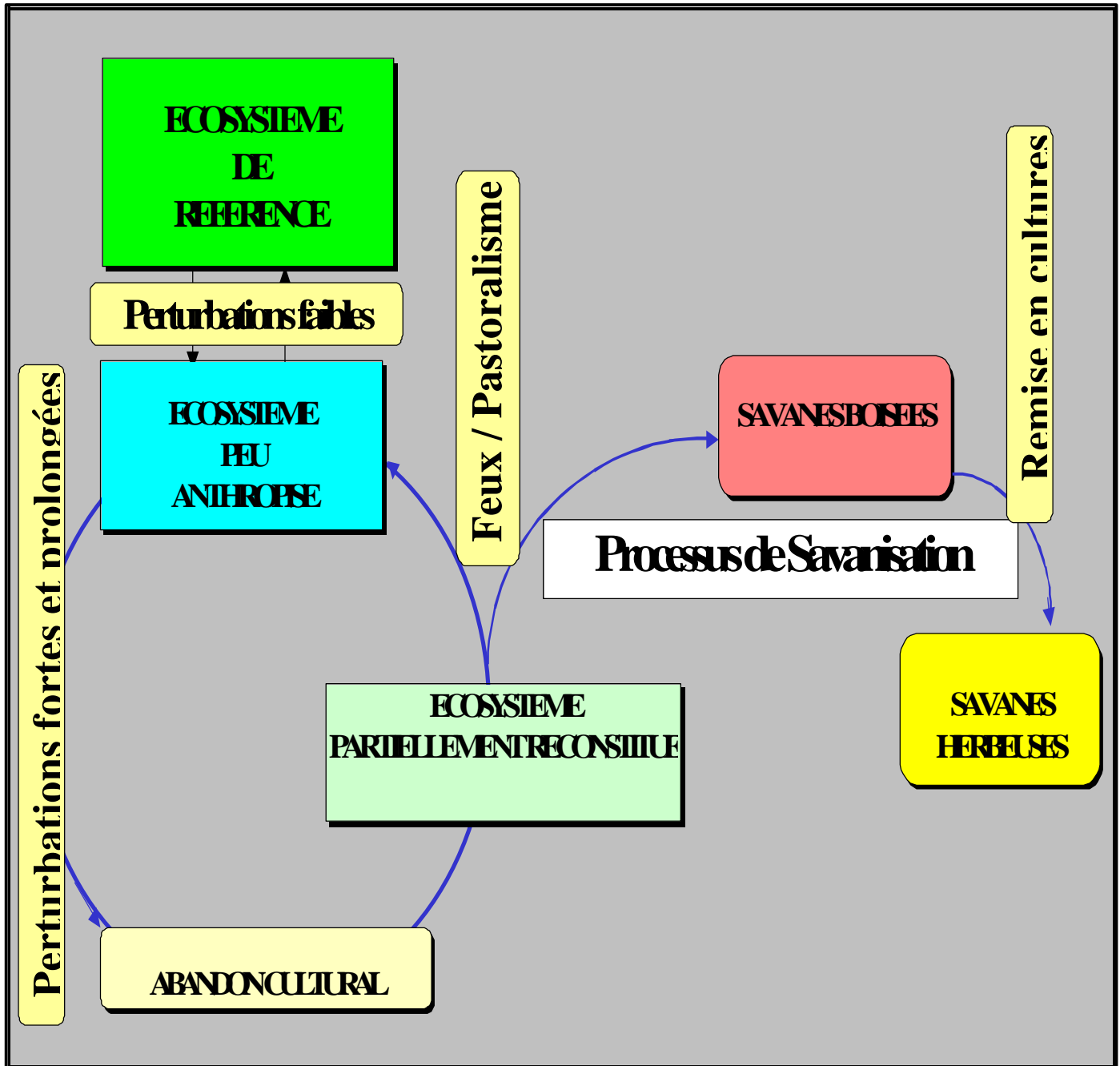


Figure 6.- Modèle de la dynamique des systèmes écologiques de la forêt de Mikea

L'écosystème peu anthropisé, c'est-à-dire la forêt primaire faisant l'objet de prélèvements limités (Fig. 6), se trouve profondément bouleversé par la culture sur abattis-brûlis qui se prolonge durant plusieurs années consécutives. Il en résulte une succession régressive aboutissant à l'abandon culturel, justifié par l'altération des conditions de production (enherbement croissant et dégradation des propriétés du sol) et la baisse des rendements qui en résulte.

A nouveau peu exploité, cet écosystème se reconstitue partiellement par rejet de souches des espèces forestières relictuelles et multiplication des plantes herbacées. Le recouvrement du sol par la végétation s'accroît. On pourrait donc s'attendre à un retour plus

ou moins rapide à un écosystème de type forestier, comme cela a été largement démontré dans les zones tropicales humides. Mais les observations montrent au contraire que la dynamique progressive est interrompue, car les abandons culturels se trouvent réaffectés à d'autres usages (pastoralisme, prélèvements sélectifs de bois) et soumis au passage récurrent des feux. Un processus de savanisation en résulte et conduit à des savanes boisées, voire à des savanes herbeuses après reprise culturale et élimination de la strate ligneuse.

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 son caractère éversif, 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.

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

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

RAHERISON Mahefasoa
RAJAONARIVELO Sitraka
RAKOTOARIMANANA
Vonjison
RAKOTOJAONA
Hanitriniomy
RAKOTONDARAMANANA
Modeste
RAKOTONIRINA Bruno

KAMAROMISY Auguste
RANAIVOARIVELO Nivo
RANDRIAMBANONA Heriza
RASOLOHERY
Andriambolantsoa
RAZANAKA Sambo
REBARA Flavien
TERRIN Sandrine

IRD

Institut de recherche
pour le développement
Paris, France



Centre National de Recherches
sur l'Environnement



9 782709 915717

ISBN : 2-7099-1571-5

35 €