

Systèmes de culture sur abattis-brûlis et déterminisme de l'abandon cultural dans une zone semi-aride du Sud-Ouest de Madagascar

Pierre Milleville*, Michel Grouzis*, Samuel Razanaka**, Jacques Razafindramby**

L'agriculture sur abattis-brûlis a fait l'objet de très nombreuses études (Fournier & Sason, 1983 ; Ehui & Hertel, 1989 ; Rouw, 1991 ; Gilruth *et al.*, 1995 ; Fujisaka *et al.*, 1996). La plupart d'entre elles concernent les zones tropicales humides et des contextes d'autosubsistance. Elles ont mis l'accent sur les conditions et sur les logiques de fonctionnement et de reproduction des agricultures qualifiées d'itinérantes (*shifting cultivation*). À Madagascar, des travaux anciens ou récents ont ainsi été réalisés sur le *tavy*, terme qui désigne ces systèmes de culture caractéristiques des zones forestières de l'est du pays, dans lesquels le riz pluvial tient une place prépondérante (Vicariot, 1970 ; Genini, 1996 ; Green & Sussman, 1990 ; Projet Terre-Tany-Bema, 1997-a ; Oxby, 1998).

Dans le sud-ouest malgache, en conditions semi-arides, des types d'agriculture différenciés coexistent dans l'espace régional. Des cultures intensives sont conduites en bas-fonds (riziculture) ou dans de vastes étendues dépressionnaires, sur des sols d'origine alluviale (du malgache *baiboho*, « terres de bas-fond ») où la culture cotonnière s'est considérablement développée depuis une vingtaine d'années. À la périphérie de ces zones, des cultures pluviales extensives s'étendent en savane ou aux dépens des massifs forestiers résiduels. Dans ce dernier cas, des systèmes de culture similaires au *tavy*, qui prennent localement les dénominations de *hatsake* ou de *tetikala* (de dialectes malgaches : *tavy*, *hatsake*, *tetikala*, « cultures sur abattis-brûlis ») sont depuis longtemps pratiqués. Mais ils en diffèrent sur deux points principaux : par les conditions de milieu d'abord, par la nature et le statut de la culture ensuite. C'est le maïs qui joue ici un rôle de premier plan. Production vivrière de base pour les populations du sud-ouest, le maïs est devenu aussi une culture commerciale, dont la production est stimulée par les débouchés qui lui sont assurés dans l'Océan Indien (Réunion principalement) et par la demande nationale. Le maïs constitue de ce fait le moteur d'une agriculture pionnière résolument spéculative, qui s'éloigne singulièrement des modèles habituels fondés sur l'autosubsistance. Son impact sur l'environnement s'en trouve bien entendu amplifié.

La zone d'étude retenue est située à une centaine de kilomètres au nord de la ville de Tuléar, en bordure ouest de la forêt des Mikea, autour du village d'Analabo (22°31'50" Sud, 43°33'50" Ouest). Ce village a été créé dans les années quarante, par des Masikoro d'Ampa-

* Institut de recherche pour le développement (I.R.D., ex-Orstom), B.P. 434, Antananarivo 101 (Madagascar).

** Centre national de recherche sur l'environnement, B.P. 1739, Antananarivo 101 (Madagascar).

sikibo à sept kilomètres à l'ouest, à l'occasion de l'installation d'une exploitation forestière ; ce n'est qu'une vingtaine d'années plus tard que ses habitants commençaient à défricher, à des fins agricoles, la forêt sèche située sur les sols sableux.

Avec la poursuite du phénomène migratoire et le relâchement des dispositifs de contrôle étatiques, la déforestation s'est depuis lors accélérée. Cette dynamique ne peut qu'être stimulée par la convergence entre les objectifs immédiats des agriculteurs (acquisition d'un revenu monétaire grâce à la vente du maïs) et l'assurance du contrôle foncier qui en résulte pour l'avenir. La dynamique pionnière s'amplifie par ailleurs à mesure que l'espace forestier utilisable sur le plan agricole se rétrécit. À Analabo, les fronts de défrichement (les essarteurs disent qu'ils « suivent » la forêt) atteignent en plusieurs endroits une forêt plus basse, sur des sols sableux clairs que les agriculteurs jugent inaptes à la culture du maïs. Les défrichements se déplacent pour gagner les sites favorables encore préservés ; des campements de culture sont installés, prélude fréquent à la création de nouveaux villages. Les espaces déjà exploités sont contournés et des terres éloignées sont appropriées pour contrecarrer ou pour anticiper les stratégies pionnières d'autres agriculteurs (Blanc-Pamard, 1998). En comparant les photographies aériennes de 1940 et les images Spot de 1986 et 1997, Razanaka (à paraître) rapporte que sur une aire initialement évaluée à mille quatre cents kilomètres carrés, la déforestation de la zone qui s'effectuait à un rythme de 3,5 kilomètres carrés par an, de 1970 à 1986, s'est accélérée pour atteindre une vitesse de onze kilomètres carrés par an, entre 1986 et 1997.

Les objectifs de ce travail sont de deux ordres : d'une part évaluer, en termes de conduite et de performances, les systèmes de culture pratiqués dans ce contexte d'agriculture pionnière sur abattis-brûlis ; d'autre part identifier les déterminants de l'abandon culturel, en faisant principalement référence à l'évolution de l'enherbement ainsi qu'à celle de quelques paramètres de fertilité des sols.

Matériel et méthodes

Le milieu naturel

Conditions climatiques

La région est caractérisée par un climat sub-aride : précipitations annuelles comprises entre six cents et mille millimètres, température moyenne du mois le plus frais de quinze à vingt degrés Celsius, sept à huit mois secs (P inférieure à 50 mm : Cornet, 1974 ; Projet Terre-Tany-Bema, 1997-b).

La saison des pluies s'étend principalement du mois de novembre au mois de mars (Figure 1). Les précipitations ont atteint huit cent quarante-cinq millimètres (78 jours de pluie) au cours de la saison 1996-1997 et six cent quarante-huit millimètres (89 jours de pluie) en 1997-1998. Les précipitations tombent essentiellement pendant les mois de décembre à mars (plus de 80 p. cent du total annuel). Cette période est caractérisée par des vents forts (3 m.s^{-1} en novembre-décembre), de hautes températures (26,3 à 27,9 °C), un rayonnement global élevé (5 856 à 7 493 W.m^{-2}) et une humidité relative de l'air de soixante-huit pour cent, en novembre, à quatre-vingt-treize pour cent, en février (Grouzis & Rocheteau, 1998).

La saison sèche, c'est-à-dire celle qui reçoit moins de cinquante millimètres de pluies mensuelles, et pour laquelle le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (°C) [Projet Terre-Tany-Bema, 1997-b ; Salomon, 1987], s'étend du mois d'avril au mois d'octobre. Elle est caractérisée par des vents faibles ($1,5$ à $2,3 \text{ m.s}^{-1}$), un rayonnement global moins élevé (4 126 à 5 192 W.m^{-2}), et des températures fraîches

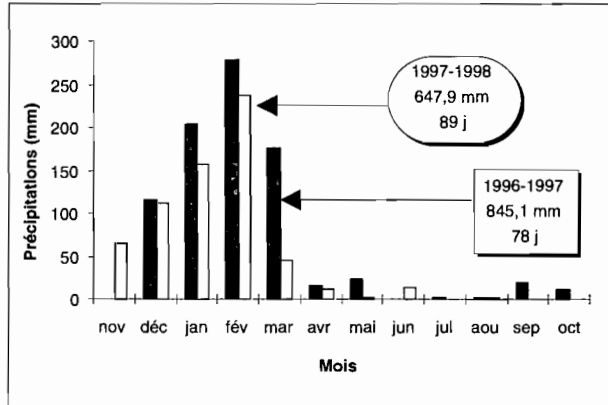


Figure 1. Variations mensuelles des précipitations à la station climatologique d'Ampasikibo (22°31'28" S ; 43°38'12" E).

(moyenne des minima des températures de juillet-août : 11,5 °C). L'humidité relative de l'air reste cependant élevée (moyenne mensuelle des H.R. de 64 à 80 p. cent) en raison de phénomènes de rosée particulièrement importants dans la zone (Salomon, 1987).

Conditions édaphiques

Deux grands types de sols ont été reconnus et décrits dans la région d'Analabo, par Leprun (1998) :

- les sols ferrugineux non lessivés (Aubert, 1964), correspondant aux formations dunaires de l'Erg ancien (Post-Karimbolien I ; Battistini, 1964). Le modelé est largement convexo-concave aplani, d'orientation nord-est-sud-ouest. Les sols (sables roux rouges) contiennent dix à quinze pour cent d'argiles. Ce sont les sols monosiallitiques rubéfiés de Sourdat (1976) ;

- les sols intergrades entre les sols ferrugineux non lessivés et les sols bruns sub-arides, correspondant aux formations dunaires de l'Erg récent (Karimbolien II ; Battistini, 1964), en alignement ondulé, d'orientation nord-nord-est-sud-sud-ouest. Ces sols (sables roux foncés) renferment cinq à dix pour cent d'argiles et correspondent aux sols bisiallitiques de Sourdat (1976).

Les formations végétales

Les formations végétales originelles, aux dépens desquelles s'établissent les cultures, correspondent à la série des forêts denses sèches à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia* définie par Humbert & Cours-Darne (1965). Le peuplement pluristratifié se compose d'une strate arborée continue dense d'une dizaine de mètres de haut (*Commiphora*, *Delonix*, *Givotia*...), dominée par un étage discontinu d'arbres pouvant atteindre vingt mètres (*Adansonia za*, *Euphorbia enterophora*...). Le sous-bois arbustif (*Grewia*, *Euphorbia*, *Pandanus*, *Chadsia*, *Baudouina*...) est assez clair. La strate herbacée est inexistante (Koechlin *et al.*, 1974 ; Razanaka, 1995). Des particularités biologiques d'adaptation à l'aridité confèrent à ces forêts leur originalité : caducité et réduction du feuillage, crassulescence (*Aloe*, *Cynanchum*, *Vanilla*...), pachycaulie (*Adansonia*, *Delonix*, *Cyphostema*, *Adenia*), géophytisme (*Tacca*, *Dioscorea*, *Gloriosa*...) (Koechlin *et al.*, 1974).

Plus à l'est s'étendent des savanes dont la strate graminéenne est largement dominée par *Heteropogon contortus*. Le cortège des ligneux qui lui est associé est représenté par *Poupartia caffra*, *Stereospermum variable*, *Gymnosporia linearis*, *Dicoma incana* et *Tamarindus indica*. Ces savanes sont caractérisées par leur grande pauvreté floristique et leur forte homogénéité (Morat 1973).

Méthodes et procédures

Enquêtes auprès des agriculteurs

De nombreuses informations ont été collectées auprès des agriculteurs, concernant leur perception du milieu et leurs pratiques. Conduites de manière ouverte, et non systématiques, ces enquêtes permettent notamment de confronter les « normes » généralement admises et les comportements concrets adoptés dans des cas précis.

Choix et observation de situations culturelles

Le principe adopté a été de constituer un échantillon de parcelles de maïs et de stations d'observation chez les agriculteurs, en fonction de l'ancienneté de la mise en culture. Il ne s'agissait pas de rechercher une représentativité statistique des surfaces cultivées correspondantes, mais de disposer de sous-échantillons de taille suffisante pour chacune des classes considérées. Dans ce qui suit, Ci désigne une culture pratiquée pour la 1^{re} fois consécutive depuis le défrichement de la forêt. Deux ou trois stations ont été retenues dans chaque parcelle. En 1996-1997, vingt-sept stations (8 de C1, 4 de C2, 6 de C3, 4 de C4 et 5 de C7) ont été choisies à la récolte, en les localisant en fonction de leur homogénéité et de la conformité de leur apparence avec la plus grande partie de la parcelle dont elles relevaient. Lors de la campagne suivante, cinquante-sept stations (7 de C1, 11 de C2, 10 de C3, 13 de C4-5, 12 de C6-7 et 4 de C8-9) ont été implantées dès le semis, dans le but d'enregistrer précisément le déroulement des opérations culturales et de conduire quelques observations en cours de cycle. Pour ces deux années, les stations affectées par des dégâts de criquets trop importants (défoliation complète et [ou] dégâts sur épis) ont été exclues des traitements.

Chaque station est représentée par une surface circulaire de cinquante mètres carrés (4 m de rayon). Lors de la récolte, les nombres de pieds et d'épis ont été relevés pour chaque poquet. La totalité des épis et des pailles a été pesée ; des échantillons ont été prélevés pour l'évaluation de la teneur en matière sèche, du taux d'égrenage et du poids moyen d'un grain.

Étude des populations d'adventices

Au cours du cycle 1996-1997, sept parcelles correspondant à des cultures de première, deuxième, troisième, quatrième, cinquième, septième, et dixième année ont été échantillonnées. Le recouvrement des adventices est estimé globalement pour chaque parcelle. La diversité floristique a été observée sur quatre relevés de cinq mètres sur cinq répartis dans chaque parcelle. Les phytomasses épigées ont été échantillonnées sur dix carrés de un mètre carré. Le poids de matière sèche est déterminé après passage des échantillons à l'étuve (85 °C jusqu'à poids constant). Au cours du cycle 1997-1998, nous avons tenté de cerner la variabilité intersite. Pour cela, nous avons retenu les mêmes stations que celles choisies pour l'évaluation des rendements de maïs. Le recouvrement a été estimé sur un relevé de cinquante mètres carrés. Dans chaque relevé, quatre échantillons de 0,25 mètre carré ont permis de mesurer la phytomasse épigée. L'effectif total de l'échantillonnage relatif à la détermination de la phytomasse des adventices est donc respectivement de vingt-huit, quarante-quatre, quarante, cinquante-deux, quarante-huit et seize pour les parcelles âgées de un à huit-neuf ans.

Les sols

En 1996-1997, les échantillons de sol (4 échantillons composites de 5 prélèvements élémentaires) nécessaires à l'analyse de quelques paramètres de fertilité (C %, N %, P assimilable en p.p.m., K⁺ échangeable en méq %) ont été prélevés en surface (0-10 cm).

La perméabilité a été évaluée à l'aide d'un infiltromètre (cylindre métallique de 10 cm de diamètre enfoncé dans 5 cm de sol) à raison de dix répétitions par parcelle. La perméabilité est mesurée par le temps nécessaire à l'infiltration de dix centimètres d'eau.

La densité de l'horizon de surface a été évaluée par pesée d'un volume constant de sol (90 cm³) en raison de la structure particulière du sol. Cinq répétitions ont été effectuées.

Résultats

La conduite des systèmes de culture

La défriche-brûlis, fondement du hatsake

Sur le site choisi en forêt pour l'ouverture d'un nouvel *hatsake*, l'abattage des arbres (*tetiky*) est effectué à la hache durant la saison sèche. Il s'agit toujours d'un défrichement imparfait : de nombreux arbres restent en place, et les troncs sont coupés à une hauteur de 1,2 mètre environ. Les branchages sont entassés au pied des arbres les plus gros, attendant de sécher puis d'être mis à feu en fin de saison sèche. Les agriculteurs estiment qu'un séchage de trois à quatre mois s'impose si l'abattage a lieu en saison fraîche. Il peut être beaucoup plus court ensuite. Les baobabs (*Adansonia za*) sont systématiquement préservés, et les terroirs prennent l'allure d'un spectaculaire parc arboré. En fait, cet arbre n'est pas protégé pour sa valeur d'usage, mais parce que sa présence ne cause pas de préjudice sensible à la culture (faible ombrage) et parce que son élimination impliquerait une dépense excessive en travail. Trois raisons au moins motivent l'inachèvement du défrichement de première année : la première tient au souci de limiter la quantité de travail au profit de la surface défrichée ; la seconde, à la nécessité de ne pas accumuler une quantité de cendres trop importante qui nuirait au développement des plantules de maïs ; la troisième, à l'intérêt que représente pour les années suivantes le stock de bois préservé pour l'apport de cendres au bénéfice de la culture. Le travail d'essartage se poursuit donc pendant plusieurs années.

Avant le début de chaque campagne, le champ est débarrassé de ses repousses arbustives, des pailles d'adventices et des résidus de culture, qui sont brûlés. Cette opération de nettoyage (*troboky*) est réalisée en fin de saison sèche.

Le semis du maïs : rapidité et précocité

Le nettoyage de la parcelle est suivi dans tous les cas du semis direct. Plusieurs raisons expliquent l'absence de tout travail du sol préalable : la texture légère du sol, l'absence d'adventices et de fumure à enfouir, l'étendue des surfaces cultivées et la nécessité de procéder au semis le plus précocement possible. Ce n'est qu'après plusieurs années d'exploitation de la même parcelle, et si l'agriculteur opte pour une autre culture que le maïs (manioc, arachide, cotonnier), qu'il effectuera une préparation du sol.

Le semis est réalisé en poquets. La première opération consiste à creuser les trous de semis, profonds de quatre à cinq centimètres, à l'aide d'un plantoir à long manche, la seconde à laisser tomber dans chaque trou quelques grains prélevés dans un petit récipient, puis à le reboucher en tassant légèrement le sol avec le pied. Le semis est d'exécution rapide et deux personnes au moins y coopèrent. Les besoins en semences sont réduits, puisque, à raison de cinq mille à sept mille poquets par hectare et de quatre à cinq grains par poquets, huit à dix kilogrammes de grains suffisent pour semer un hectare. En première année de culture, les agriculteurs attendent en principe qu'une ou plusieurs pluies soient tombées pour procéder au semis. Après le brûlis qui suit le défrichement, la quantité de cendres accumulées à la surface du sol est considérable. La terre est jugée « chaude » (*tany mafana*), et les plantules de maïs semé avant les pluies risqueraient d'y « brûler ». Il faut attendre que les pluies aient

« refroidi » le sol, en amorçant la lixiviation des éléments minéraux et en diluant la solution du sol, pour créer des conditions favorables à la croissance des jeunes plantules de maïs. Ce semis en sol humide est appelé *lonty*.

En revanche, la règle est d'effectuer un semis en sol sec (*katray*), à partir de la seconde année de culture. Les semences peuvent ainsi germer dès la première pluie de la saison, ce qui laisse les meilleures chances à la culture pour achever son cycle avant l'apparition d'un déficit hydrique qui pourrait résulter d'un arrêt précoce des précipitations en fin de saison. L'objectif d'un bon calage du cycle du maïs est d'autant plus recherché que tous les agriculteurs se plaignent d'une dégradation des conditions pluviométriques, tant en terme de hauteur des précipitations que de durée de la saison pluvieuse (qui débiterait beaucoup plus tardivement que par le passé). Ferry *et al.* (1998), en appliquant la méthode d'analyse des tendances de Kendall à des séries pluviométriques de longues durées, ont cependant montré qu'il n'y avait aucun indice d'aridification du climat. À cet effet, le semis est réalisé en fin de saison sèche, dès le mois d'octobre, lorsque l'agriculteur dispose de grandes surfaces à emblaver, ou plus tard, en novembre, à l'approche des premières pluies. Mais cette technique traduit une prise de risque élevée, puisque l'agriculteur ne peut préjuger de l'occurrence ni de la hauteur des premières pluies de la campagne. Une première pluie isolée peut provoquer la germination des grains et la levée des plantules qui se dessècheront ensuite rapidement (d'autant que la température diurne est élevée à cette période de l'année). Un semis précoce constitue le gage d'une espérance de rendement élevé, mais il est par en revnache affecté d'un risque d'échec important. De fait, il est rare qu'un *katray* réussisse totalement, et un ou plusieurs semis successifs, au moins partiels, s'imposent souvent. Ce risque d'échec est pleinement assumé par les agriculteurs, compte tenu du faible investissement en travail et en semences que représente l'opération de semis.

Une autre raison renforce l'utilité de la pratique du *katray* : la nécessité de protéger la culture des attaques de criquets, qui ont été particulièrement intenses en 1996-1997 et que les agriculteurs redoutaient encore plus pour la campagne 1997-1998. Il est manifeste que dans la plupart des cas les dégâts occasionnés par les criquets ont été d'autant plus graves que les semis étaient tardifs.

L'entretien de la culture et le paradoxe de l'herbe

L'enherbement constitue la contrainte principale de l'agriculture pluviale ; ce sont en grande partie les problèmes liés à son contrôle qui justifient les dynamiques temporelle et spatiale de l'exploitation et de l'abandon des terres de culture. Le défrichement forestier et le brûlis qui l'accompagne laissent, durant la première année de culture, un sol dépourvu de toute végétation herbacée. Au cours des deux premières années de culture, appelées *hatsabao*, aucun désherbage n'est réalisé. Les agriculteurs procèdent en revanche à la coupe des repousses ligneuses de souches, qui peuvent être particulièrement abondantes. À partir de la troisième année, et surtout de la quatrième, le contrôle des adventices s'impose. La parcelle de culture rentre dans la phase appelée *monka*. Ce contrôle peut consister à arracher des touffes plus ou moins éparées d'herbacées (*bira*), d'un sarclage proprement dit réalisé à l'aide de l'*antsoro* (terme désignant localement la bêche malgache), ou d'une combinaison de ces deux types d'interventions. L'intérêt d'un entretien précoce réside dans la nécessité de limiter la compétition des adventices sur les jeunes plants de maïs, et d'éliminer les plantes herbacées indésirables avant leur mise à graines.

Le feu constitue un autre moyen de lutter contre les adventices. Les herbes sont brûlées en fin de saison sèche avec les résidus de pailles de maïs. La surface du sol, ainsi nettoyée, est prête pour le prochain semis. Le feu semble surtout permettre de détruire une fraction plus ou moins importante des semences d'adventices et d'en limiter par conséquent la réinfestation lors du retour des pluies. Pour que cet effet soit sensible, le feu doit être intense, ce qui

implique de disposer d'une biomasse herbacée importante. Cette technique, pratiquée sur *monka* à la suite d'une saison favorable à la croissance des adventices, permet de poursuivre la mise en culture de la parcelle et de limiter le travail d'entretien au cours de la campagne suivante. Lorsque la biomasse d'herbes sèches est jugée insuffisante, l'agriculteur préfère abandonner temporairement la parcelle pendant un ou deux ans, puis mettre à feu la végétation de la jachère (*mondra*) avant de procéder à un nouveau semis. Des périodes courtes de jachère semblent ainsi trouver leur principale justification dans le contrôle de l'enherbement par le feu, tandis que les abandons plus longs (eux aussi dénommés *mondra*) correspondraient plutôt à une altération plus profonde des paramètres de fertilité (incluant d'ailleurs la question de l'enherbement). Une telle pratique, justifiée par l'objectif de limiter le temps de travail, repose sur une éradication incomplète des adventices. L'herbe constitue bien pour l'agriculteur à la fois une nuisance et une ressource qui, grâce au feu, participe à son propre contrôle.

Rendements et ancienneté de la mise en culture

Les niveaux de rendement mesurés sur les stations sont affectés d'une forte variabilité, même pour une classe donnée d'âge de la parcelle. Un tel constat n'étonne pas, s'agissant d'observations réalisées en conditions paysannes, puisqu'elles interfèrent bien d'autres facteurs que celui qui a été privilégié pour stratifier l'échantillon. La localisation des parcelles, en liaison avec le type de sol, semble jouer un rôle important, ainsi que les conditions particulières de fertilité pouvant notamment résulter de la concentration plus ou moins forte d'éléments minéraux. Parmi les variables techniques, la date de semis joue un rôle majeur. Il est possible qu'elle soit à l'origine d'une part sensible de la variabilité constatée en 1996-1997, car des resemis partiels ou totaux avaient dû être réalisés, en raison des conditions pluviométriques défavorables du début de campagne. En revanche, en 1997-1998, la quasi-totalité des semis en sec a réussi, et les resemis partiels ont été très limités. Cette dernière année correspond donc à des conditions d'implantation de la culture très homogènes.

Tableau I. Valeurs moyennes des composantes du rendement du maïs (A) et matrices de corrélations entre composantes du rendement (B) en 1997.

A : 1997	C1	C2	C3	C4	C7
N	8	4	6	4	5
Nb poq.ha ⁻¹	7 114	5 273	6 103	4 676	4 099
Pg.poq ⁻¹ (g)	296	383	254	232	204
P 1 000 g (g)	246	262	245	240	238
Rdt (kg/ha)	2 006	1 928	1 553	1 094	818
B : 1997	nb poq.ha ⁻¹		Pg.poq ⁻¹		P 1 000 g
Nb poq.ha ⁻¹		1			
Pg.poq ⁻¹		-0,09		1	
P 1 000 g		-0,16		+ 0,79	1
Rdt		+ 0,56		+ 0,77	-0,56

N : nombre de stations ; nbpoq.ha⁻¹ : nombre de poquets à l'hectare ; Pg.poq⁻¹ : poids sec de grain par poquet ; P 1 000 g : poids sec de 1 000 grains ; Rdt : poids sec de grain par hectare.

Tableau II. Valeurs moyennes des composantes du rendement du maïs (A) et matrices de corrélations entre composantes du rendement (B) en 1998.

A : 1998	C1	C2	C3	C4-5	C6-7	C8-9
N	7	11	10	13	12	4
Nbpoq.ha ⁻¹	6 141	6 187	6 308	5 771	4 776	5 423
Pg.poq ⁻¹ (g)	189	242	206	199	80	17
P 1 000 g (g)	269	275	256	269	239	190
Rdt (kg.ha ⁻¹)	1 149	1 460	1 281	1 158	398	94
B : 1998	nb poq.ha ⁻¹		Pg.poq ⁻¹		P 1 000 g	
Nb poq.ha ⁻¹	1					
Pg.poq ⁻¹	+ 0,19		1			
P 1 000 g	+ 0,19			+ 0,65		1
Rdt	+ 0,49			+ 0,93		+ 0,62

N : nombre de stations ; nbpoq.ha⁻¹ : nombre de poquets à l'hectare ; Pg.poq⁻¹ : poids sec de grain par poquet ; P 1 000 g : poids sec de 1 000 grains ; Rdt : poids sec de grain par hectare.

Les valeurs moyennes des composantes du rendement en fonction de l'ancienneté de la mise en culture, ainsi que les corrélations croisées entre composantes (Tableaux I & II A, B), appellent les commentaires suivants.

Les rendements moyens décroissent régulièrement avec l'âge de la mise en culture. Ils apparaissent très faibles au delà de quatre à cinq ans.

Les résultats de première année semblent particulièrement dépendants du contexte climatique de l'année : excellents en 1997 (845 mm de pluie environ), médiocres en 1998 (pluviométrie de 648 mm et arrêt précoce des pluies en fin de saison). Le rendement en première année de culture est affecté d'une forte variabilité spatio-temporelle, sans doute en raison des phénomènes de toxicité ou de déséquilibre entre la nutrition minérale et l'alimentation en eau qui peuvent se manifester lorsque l'accumulation de cendres est excessive.

Interrogés de manière générale, la plupart des agriculteurs hiérarchisent ainsi les rendements en fonction de l'ancienneté de la mise en culture : C2 > C1 > C3 > C4 ... Les résultats enregistrés apparaissent conformes à ce classement, en tenant compte de la réserve précédente. Cette hiérarchie est encore mieux respectée pour le poids de grain par poquet qui, en 1997 comme en 1998, atteint sa valeur maximale en seconde année de culture. La baisse tendancielle de cette composante au cours des années suivantes indique une détérioration progressive des conditions de croissance et de développement du maïs.

La variabilité du rendement est plus à imputer au poids de grain par poquet qu'au nombre de poquets à l'unité de surface. Aucune corrélation n'existe d'ailleurs globalement entre ces deux composantes (absence de compensation). On notera néanmoins que les densités de peuplement les plus faibles sont observées dans les parcelles les plus anciennes (conséquence probable d'une compétition avec les adventices en début de cycle). Le poids moyen d'un grain apparaît quant à lui stable, et constitue donc une caractéristique propre du matériel végétal, tel qu'on le reconnaît habituellement.

Adventices et ancienneté de la mise en culture

Analyse de la diversité

Il apparaît nettement sur le tableau III que la proportion de thérophytes augmente avec l'ancienneté de la mise en culture. Aucune espèce annuelle n'est observée en première année de culture. On pouvait s'y attendre dans la mesure où la forêt originelle est dépourvue de strate herbacée. Cette proportion augmente à 17,5 p. cent la deuxième année. Les espèces les plus fréquentes sont *Tridax procumbens*, *Boerhaavia diffusa*, *Cenchrus biflorus* et *Achyranthes aspera*. Dans l'ensemble, leur recouvrement reste faible (Rec inférieur à 2 p. cent). Entre la troisième et la cinquième année de culture, la proportion de thérophytes se stabilise à trente pour cent. Le recouvrement de *Tridax* et de *Boerhaavia* augmente (10 à 15 p. cent), tandis que d'autres espèces telle que *Dactyloctenium aegyptium* (Rec égal à 2-6 p. cent) apparaissent. Les dernières années de mise en culture voient la stabilisation de la proportion des annuelles à environ quarante pour cent. *Boerhaavia* (Rec égal à 17-21 p. cent), et *Tridax* (Rec égal à 5-12 p. cent) confortent leur position, tandis que de nouvelles espèces s'établissent. Citons notamment *Sesbania madagascariensis* (Rec égal à 2-19 p. cent) et *Commelina benghalensis* (Rec égal à 5-14 p. cent).

Tableau III. Variations de la proportion des différents types biologiques en fonction de l'ancienneté de la mise en culture au cours du cycle 1996-1997.

	C1	C2	C3	C4	C5	C7	C10
Thérophytes (%)	0	17,5	29	29,7	29,7	41,8	42,5
Moyenne					29,5		42
Géophytes (%)	5	2,7	4	2,7	2,7	2,7	3
Moyenne					3		2,8
Phanérophytes (%)	95	79,7	67	67,6	67,6	55,5	54,5
Moyenne					67,4		55

La proportion des géophytes varie peu (5 à 3 p. cent). Ils sont essentiellement représentés par *Tacca pinnatifida* et par des Dioscoréacées (*Dioscorea maciba* et *Dioscorea bemandry*). Le recouvrement de ces espèces reste faible (Rec inférieur à 2 p. cent) quel que soit l'âge de la mise en culture.

La proportion des phanérophytes diminue progressivement avec l'âge de la mise en culture. Très important la première année (95 p. cent) en raison des nombreux rejets sur souches, ils ne représentent plus que cinquante-cinq pour cent du spectre biologique après sept et dix années de mise en culture. Ils sont essentiellement représentés par les espèces de la forêt originelle. Parmi les plus fréquentes citons notamment *Cordyla madagascariensis*, *Diospiros humbertii*, *Alchornea* sp., *Tylachium heterophyllum*, *Byttneria voulily*, *Dalbergia* sp., *Poupartia sylvatica*, *Croton catati*, *Fernandoa madagascariensis*. Le recouvrement des phanérophytes reste dans l'ensemble très faible (Rec inférieur à 1 p. cent) à l'exception de *Fernandoa* qui peut atteindre cinq pour cent. Cet état est imputable à la maîtrise des repousses des ligneux par les agriculteurs.

Évolution du recouvrement

La figure 2 donne les résultats relatifs aux variations du recouvrement des adventices en fonction de l'ancienneté de la mise en culture au cours des deux cycles culturaux observés. Les valeurs du cycle 1996-1997 ne sont pas encadrées par l'intervalle de confiance car il n'y a pas eu de répétition dans l'observation de ce paramètre cette année-là. Quel que soit le cycle, il apparaît que le recouvrement des adventices augmente avec l'âge de la mise en culture. Inférieur à dix pour cent pour les cultures de première et deuxième année, le recouvrement s'élève à environ trente-cinq pour cent entre trois et cinq ans et se stabilise autour de soixante pour cent au-delà de sept années de mise en culture. Il n'y a pas de différences fondamentales entre les deux cycles culturaux.

Évolution de la phytomasse épigée

Les variations de la phytomasse épigée en fonction de l'ancienneté de la mise en culture sont reportées sur la figure 3. Inférieure à cent kilogrammes à l'hectare la première année de mise en culture, la phytomasse des adventices augmente rapidement pour atteindre mille à deux mille kilogrammes à l'hectare après sept ans et près de quatre mille kilogrammes à l'hectare au bout de la dixième année, au cours du cycle 1996-1997. Les valeurs obtenues au cours du cycle 1996-1997 sont dans l'ensemble largement supérieures à celles observées en 1997-1998. Comme pour le rendement du maïs, ce résultat est à mettre en relation avec le contexte climatique plus favorable de cette année.

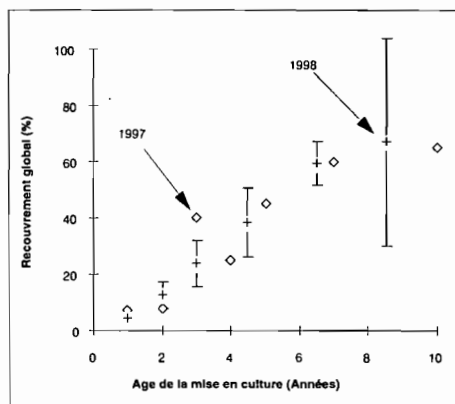


Figure 2. Variations du recouvrement des adventices en fonction de l'ancienneté de la mise en culture (les barres verticales indiquent l'intervalle de confiance pour $p = 0,05$).

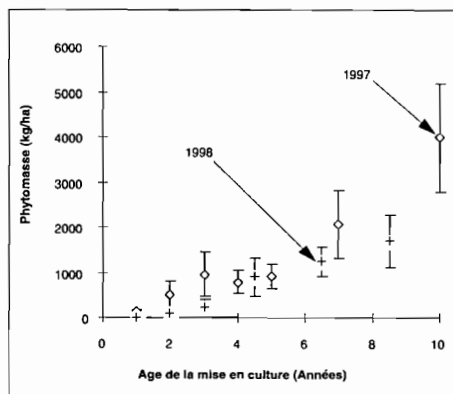


Figure 3. Variations de la phytomasse épigée des adventices en fonction de l'ancienneté de la mise en culture (les barres verticales indiquent l'intervalle de confiance pour $p = 0,05$).

Déterminisme de l'abandon cultural

Nous avons reporté sur la figure 4-A les variations des rendements du maïs et celles de la phytomasse et du recouvrement des adventices au cours du cycle 1997-1998. Les rendements diminuent très nettement au delà de la cinquième année de mise en culture. À ce moment, le recouvrement des adventices atteint quarante pour cent et leur phytomasse mille kilogrammes à l'hectare. Il apparaît sur les figures 4-B et 4-C que le rendement du maïs peut

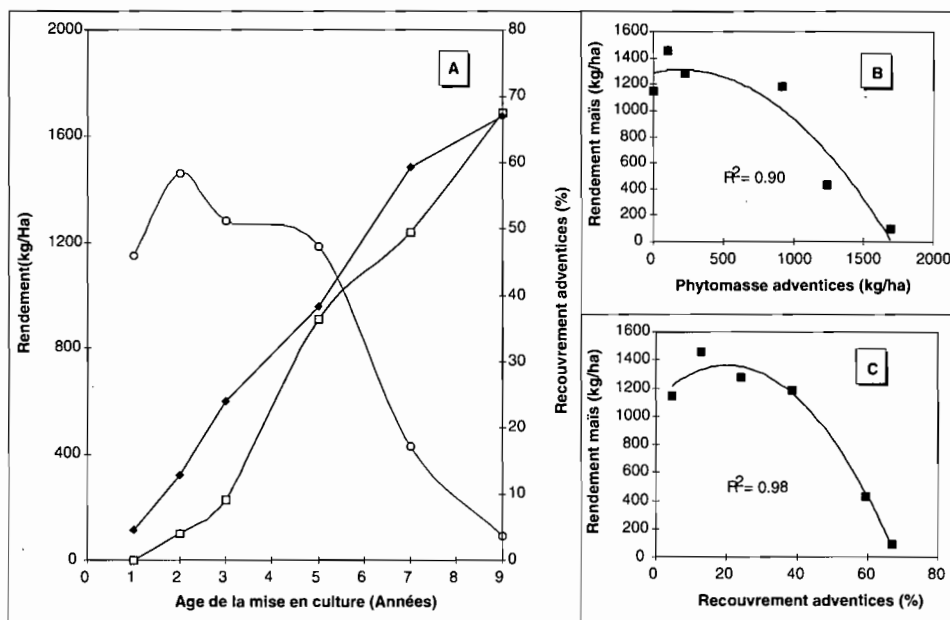


Figure 4. Variations des rendements du maïs, de la phytomasse et du recouvrement des adventives en fonction de l'ancienneté de la mise en culture (A) et expression du rendement en fonction de la phytomasse (B) et du recouvrement (C) des adventives au cours du cycle 1997-1998.

être exprimé en fonction de la phytomasse et du recouvrement des mauvaises herbes par une fonction polynomiale d'ordre 2. La variance totale du rendement expliquée par le recouvrement (98 p. cent) est plus élevée que celle expliquée par la phytomasse (90 p. cent) des adventives, en raison de la plus faible variabilité des observations relatives au recouvrement.

Les pertes de rendement peuvent donc être liées à d'autres contraintes, notamment la fertilité. Nos résultats relatifs à la baisse de la fertilité sont encore fragmentaires. Signalons néanmoins que nous avons mesuré dans l'horizon de surface (0-10 cm), entre la première année et la cinquième année de mise en culture, une baisse de près de soixante pour cent du phosphore assimilable (30 à 12 p.p.m.); de quarante-quatre pour cent de la quantité de carbone (1,99 à 1,11 p. cent); de cinquante-cinq pour cent de la quantité d'azote (0,20 à 0,09 p. cent); de vingt-sept pour cent du potassium échangeable échangeable (0,11 à 0,08 méq p. cent). Ces transformations chimiques sont par ailleurs accompagnées de modifications des paramètres physiques. Ainsi on a pu mesurer, par rapport à la forêt de référence (Erg I), que la densité de l'horizon de surface d'une culture de cinquième année passe de 1,32 à 1,46 gramme par centimètre cube, entraînant une baisse de près de quarante-sept pour cent de la perméabilité (1,46 mm.s^{-1} à 0,77 mm.s^{-1}). Ces résultats sont d'ailleurs appuyés par les observations de Leprun (1998) qui, après avoir décrit plusieurs profils pédologiques dans des séries culturales et d'abandons culturaux de la région, rapporte :

on assiste, en moins de dix ans après l'abattis-brûlis de la forêt originelle, à une transformation radicale des horizons supérieurs humifères, biologiques friables et bien structurés sous forêt, en un horizon A11 massif et compact type des sols ferrugineux sous culture et savane... Il est probable que dès la cinquième année de culture, ces caractères sont acquis et difficilement réversibles.

Discussion

Les résultats relatifs au système de culture sur abattis-brulis pratiqué en zone semi-aride du Sud-Ouest de Madagascar ont montré que les rendements de maïs diminuent avec l'ancienneté de la mise en culture. Cette chute que l'on peut observer dès la troisième année lorsque les conditions pluviométriques sont favorables, n'est sensible qu'au-delà de la cinquième année en conditions moins favorables. Ces résultats confirment ceux généralement obtenus en zone tropicale humide (Kang, 1975 *in* Fournier & Sasson, 1983; Rouw, 1991; Levang, 1993). L'évolution du milieu cultivé semble cependant ici moins rapide qu'en zone tropicale humide où la durée de la phase culturale apparaît beaucoup plus courte (un à deux ans, rarement plus). On peut raisonnablement penser que l'accroissement de la pluviométrie annuelle totale (supérieur à 2 000 mm) s'accompagne d'une plus forte pression de l'enherbement ainsi que d'une lixiviation des éléments minéraux plus intense. En effet, cette baisse de rendement est notamment imputable à la concurrence des adventices. Il semble que ce facteur explique dans notre cas une plus grande part de la variabilité du rendement, contrairement à Weber *et al.* (1997), qui rapportent que la couverture des adventices n'expliquent que huit pour cent de la variance totale des rendements en grain. Cela est certainement à mettre en relation avec le caractère erratique des précipitations, qui peut accentuer les rapports de compétition adventices-culture.

La baisse du rendement est aussi due à la dégradation des caractéristiques édaphiques des paramètres chimiques, d'une part - en cela, nos résultats rejoignent ceux des nombreux travaux réalisés dans ce domaine (Andriessse, 1977; Nye & Greenland, 1964; Pfund *et al.*, 1997) -, et des paramètres physiques, d'autre part. La mise en culture des sols forestiers se traduit en effet par un tassement et un compactage de l'horizon de surface et par une réduction importante de la macroporosité (Brand & Rakotondranaly, 1997; Leprun, 1998). Le système racinaire pénétrant mal se localise en surface, ce qui augmente les risques de sécheresse et de mauvaise nutrition minérale (Bourgeat, 1996). La diminution du rendement après défrichement et mise en culture résulte donc de l'effet combiné de la concurrence des adventices et des pertes de fertilité. Il est difficile d'évaluer, au vu des données actuellement disponibles, leurs incidences respectives. Les agriculteurs justifient le plus souvent l'abandon de leurs champs en raison des contraintes d'enherbement. On sait par ailleurs qu'une culture comme le maïs s'accommode mal de mauvaises conditions nutritionnelles. On peut émettre l'hypothèse, dans ce contexte où les apports d'éléments fertilisants (hors brûlis) sont inexistants, qu'un déséquilibre de plus en plus profond se manifeste, pour la nutrition azotée notamment (maïs sans doute aussi pour le phosphore), entre les besoins de la culture et les disponibilités du sol.

Le caractère spéculatif de la culture du maïs et les enjeux liés à l'accès à de nouvelles ressources en terre qui se raréfient ont précipité la dynamique de déforestation au cours de la dernière décennie. L'objectif des agriculteurs est de produire, en valorisant de la meilleure façon leur travail, facteur de production le plus rare. Pour ce faire, ils jugent préférable d'abandonner le site de culture après quelques années, et de pousser toujours plus loin l'essartage. À quelques exceptions près, les friches plus ou moins anciennes ne semblent pas, jusqu'à présent, avoir été défrichées et remises en culture. Elles ne constituent donc pas de véritables jachères. Seules des jachères courtes (1 ou 2 ans) se rencontrent en liaison directe avec les impératifs du contrôle de l'enherbement par le feu.

Mais la situation évolue rapidement. L'espace forestier « utile » se réduit, tandis que les fronts de défrichement reculent et que les conditions de vie dans les campements et dans les villages pionniers deviennent de plus en plus contraignantes. Une double tendance se manifeste dans le sens d'une fixation de l'agriculture :

- l'allongement de la durée de culture après défrichement de la forêt (certains champs sont ainsi cultivés depuis plus de dix ans, malgré une pression d'enherbement considérable), d'une part ;

- le changement de système de culture, avec le recours au travail du sol et l'introduction d'autres plantes que le maïs : manioc d'abord (souvent coplanté au moins dès la troisième ou quatrième année de culture), mais aussi arachide et cotonnier, d'autre part.

Ces tentatives butent encore sur des problèmes techniques mal résolus, qu'il convient donc d'aborder. L'introduction de périodes de jachères dans les successions culturales pourrait constituer une autre solution.

Conclusion

L'analyse du système de culture sur abattis-brûlis pratiqué en zone semi-aride du sud-ouest malgache montre que les rendements de maïs baissent avec l'ancienneté de la mise en culture. Cette diminution s'accompagne d'un net accroissement de la pression d'enherbement, d'une réduction de la disponibilité minérale et d'une dégradation de l'état structural du sol. Ces différentes contraintes conduisent l'agriculteur à abandonner ses champs dès la cinquième ou sixième année. La durabilité de ce système de culture se pose avec acuité. En réponse à la réduction sensible de l'espace forestier utilisable, les paysans tendent à adopter d'autres pratiques qui vont dans le sens de la fixation de l'agriculture.

Références

- Andriessse J.-P. (1997). « Nutrient level changes in a 20 years shifting cultivation in Sarawak (Malaysia) », Kuala Lumpur, *I.S.S.S. Conference Clamatrops*, 15-20th August, 15 p.
- Aubert G. (1964). « La Classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride », *Sols Africains*, vol. IX, n° 1 : pp. 97-106.
- Battistini R. (1964). *L'extrême Sud de Madagascar*, th. doct. lettres, Toulouse, Cujas, 2 t., 636 p.
- Blanc-Pamard Ch. (1998). *A l'Ouest d'Analabo : Une agriculture en marche dans le Masikoro (Sud-Ouest de Madagascar)*, Antananarivo, Gerem-C.N.R.E.-Orstom-C.N.R.S., rapp., 84 p., *multigr.*
- Bourgeat F. (1996). « Les grandes unités pédo-morphologiques dans la région de Morondava », in Ganzhorn (J.U) & J.-P. Sorg (éd., 1996) : pp. 21-31.
- Brand J., Rakotondranaly N. (1997). « Les caractéristiques et la fertilité des sols », *Cahiers Terre-Tany*, n° 6 : pp. 34-48.
- Cornet A. (1974). *Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar*, Paris, Orstom, 28 p. (Note explicative, n° 55).
- Ehui S.K., Hertel T.W. (1989). « Deforestation and agricultural productivity in the Côte d'Ivoire », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. LXXI, n° 3 : pp. 703-711.
- Ferry L., Wesseling A., L'hote Y. (1998). *Les précipitations dans le Sud-Ouest de Madagascar*, Montpellier, Orstom, rapp., 10 p., *multigr.*
- Floret Ch., Serpantié G. (éd.). (1993). « La jachère en Afrique de l'Ouest », Paris, Orstom, 494 p. (coll. *Colloques et Séminaires*).
- Fournier F., Sasson A. (1983). *Écosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique*, Paris, Orstom-Unesco, 473 p.
- Fujisaka S., Hutardo L., Uribe R. (1996). « A working classification of slash-and-burn agricultural systems », *Agroforestry systems*, vol. XXXIV, n° 2 : pp. 151-169.
- Ganzhorn J.U., Sorg J.-P. (éd.). (1996). *Ecology and Economy of a tropical dry forest in Madagascar*, Primate Report, Special Issue, vol. XLVI, n° 1, 382 p.
- Genin M. (1996). « Déforestation », in Ganzhorn & Sorg, (éd., 1996) : pp. 49-51.
- Gilruth P.T., Marsh S.E., Itami R.A. (1995). « A dynamical spatial model of shifting cultivation in the highlands of Guinea, West Africa », *Ecological modelling*, vol. LXXIX, n° 1-3 : pp. 179-197.

- Green G.M., Sussman R.W. (1990). « Deforestation history of the eastern rain forests of Madagascar from satellite images », *Science*, n° 248 : pp. 212-215.
- Grouzis M., Rocheteau A. (1998). *Station Ampasikibo : Données météorologiques, Saison 1997-1998*, Antananarivo, Gerem-C.N.R.E.-Orstom, rapp., 25 p., multigr.
- Humbert H., Cours-Darne G. (1965). « Notice de la carte de Madagascar », *Travaux Sect. Sc. et Techn., Institut Français de Pondichéry*, h.-s., n° 6 : pp. 46-78.
- Koechlin J., Guillaumet J.-L., Morat Ph. (1974). *Flore et Végétation de Madagascar*, Vaduz, J. Cramer, 686 p.
- Leprun J.-C. (1998). *Rapport de Mission à Madagascar*, Antananarivo, Gerem-C.N.R.E.-Orstom, 12 p.
- Levang P. (1993). « Jachère arborée et culture sur brûlis dans les îles extérieures de l'archipel indonésien », in Floret & Serpantié (éd., 1993) : pp. 179-192.
- Morat Ph. (1973). *Les savanes du sud-ouest de Madagascar*, Paris, Orstom, 235 p. (*Mémoires Orstom*, n° 68).
- Nye P.M., Greenland D.J. (1964). « Changes in the soil after clearing tropical forest », *Plant and Soil*, vol. XXI, n° 1 : pp. 101-112.
- Oxby C. (1985). « Forest farmers : the transformation of land use and society in eastern Madagascar », *Unasylva*, vol. XXXVII, n° 148 : pp. 42-51.
- Pfund J.-L., Brand J., Ravoavy L., Razafintsalama V. (1997). « Culture sur brûlis : bilan de nutriments et successions écologiques », *Cahiers Terre-Tany*, n° 6 : pp. 68-88.
- Projet Terre-Tany-Bema. (1997-a). « Un système agro-écologique dominé par le Tavy : la région de Beforona, Falaise Est de Madagascar », *Cahiers Terre-Tany*, n° 6, 153 p.
- Projet Terre-Tany-Bema. (1997-b). *Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matière de conservation des sols à Madagascar. Atlas des cartes*, Projet Conservation des sols, Antananarivo, Fofifa-Anae-Cirad.
- Razanaka S. (1995). *Délimitation de zone de contact des aires semi-aride et subhumide de la végétation du sud-Ouest de Madagascar*, th. doct. 3^e cycle, faculté de sciences, univers. de Antananarivo, 266 p. + 4 cartes.
- Rouw A. de. (1991). *Rice, weeds and shifting cultivation in a tropical rain forest*, Wageningen (Pays-Bas), th., univers. agronomique, 292 p.
- Salomon J.-N. (1987). *Le sud-ouest de Madagascar*, t. I, univers. Aix-Marseille, 420 p.
- Sourdat M. (1976). « Le Sud-Ouest de Madagascar : Étude géodynamique », *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XIV, n° 3 : pp. 245-251.
- Vicariot F. (1970). « Le problème du Tavy en pays Betsimisaraka (Madagascar) : Analyses préliminaires », *Cah. Orstom, sér. Biol.*, n° 14 : pp. 3-12.
- Weber G., Elemo K., Lagoke S.T.O. (1995). « Communauté d'adventices dans les systèmes de production intensive à dominante céréales en zone de savane nord guinéenne », *Weed Research*, n° 35 : pp. 167-178.
- Weber G., Elemo K., Lagoke S.T.O. (1997). « Communauté d'adventices dans les systèmes de production intensive à dominante céréales en zone de savane nord guinéenne », *La recherche à l'IIITA*, n° 13 : pp. 10-15.

La jachère en Afrique tropicale

Rôles, Aménagement, Alternatives

Ch. Floret et R. Pontanier

Volume 1

Actes du Séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999



**La jachère en Afrique tropicale.
Rôles, aménagement, alternatives**

*Fallows in tropical Africa.
Roles, Management, Alternatives*

Volume I

Actes du Séminaire international

Dakar, 13-16 avril 1999

Proceedings of the International Seminary

Dakar, Avril 13-16, 1999

Édité par

Ch. Floret et R. Pontanier



ISBN : 2-7099-1442-5

ISBN : 2-7420-0301-0

Éditions John Libbey Eurotext

127, avenue de la République, 92120 Montrouge, France

Tél : (1) 46.73.06.60

e-mail: contact@john-libbey.eurotext.fr

[http : www.john-Libbey.eurotext.fr](http://www.john-Libbey.eurotext.fr)

John Libbey and Company Ltd

163-169 Brompton Road,

Knightsbridge,

London SW3 1PY England

Tel : 44(0) 23 80 65 02 08

John Libbey CIC

CIC Edizioni Internazionali

Corso Trieste 42

00198 Roma, Italia

Tel. : 39 06 841 26 73

© John Libbey Eurotext, 2000, Paris