

Diagnostic régional de la gestion du risque érosif Étude autour du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar)

GEORGES SERPANTIÉ, ERWAN COADOU LE BROZEC,
DOMOINA RAKOTOSON, ALBERT RAKOTONIRINA, AURÉLIE TOILLIER

IRD, programme CNRE-IRD GEREM, B. P. 434-101, Antananarivo, Madagascar,
Courriels : serpantie@ird.mg ; toillier@ird.mg

1. Problématique

La réduction de la pauvreté, la durabilité du développement des activités agrosylvo-pastorales, la préservation des richesses de l'environnement naturel, et la décentralisation de leur gestion sont les maîtres-mots de l'action en zone rurale malgache. Dans un tel contexte, la déforestation, la pression sur les terres et leur corollaire fréquent, l'érosion des sols et la perte de leurs aptitudes deviennent logiquement une préoccupation de fond. Comment gérer territoires et sols en vue d'une exploitation productive et durable ? Les **conditions régionales et locales** de l'exploitation (climat, sol, topographie et paysage végétal, conditions socioculturelles, marchés, offre technique disponible) doivent être confrontées aux **conditions propres**, moyens et objectifs socioéconomiques, modes de faire-valoir, pratiques et perceptions qui prévalent chez les acteurs (paysans, intervenants). La variété de ces conditions exclut toute approche partielle, standardisée et universelle, et appelle des diagnostics ciblés et complets, outils pour la définition, par les acteurs, de leurs stratégies d'action.

Cet article donne un exemple d'une telle démarche de diagnostic à l'échelon régional. Nous présentons ici les premiers résultats d'une étude-formation menée à Madagascar, dans le cadre du programme GEREM (CNRE-IRD). Il s'agissait, avec des étudiants agronomes, forestiers et géographes, d'évaluer la gestion du risque érosif dans la région du corridor forestier de Fianarantsoa, une zone frontière entre Hautes Terres et Basses Terres de l'Est, dans un contexte d'accroissement de l'emprise des cultures sur *tanety* (versants), de conversion des forêts artificielles de pins, et raccourcissement de jachères forestières, dans les terroirs périphériques au corridor. Ce *processus* peut être attribué à la croissance démographique mais aussi à des mesures de conservation qui réduisent les revenus forestiers traditionnels ainsi que l'accès aux réserves foncières en jachère (Blanc-Pamard, Ralaivita, 2004).

Cette communication présente les méthodes et résultats mis en œuvre dans ce diagnostic ainsi que les premiers résultats obtenus.

2. Analyse bibliographique : recherche de liens entre pratiques, dynamiques des milieux et érosion à l'Est des Hautes Terres

Les données expérimentales sur le facteur érosion des couverts végétaux et des techniques culturales doivent être prises en compte dans un diagnostic régional, mais resituées dans leur contexte d'origine. Le tableau 1 résume quelques travaux sur le « système *tavy* » dans l'Est (défriche-brûlis sur pentes fortes suivi de deux ans de riz pluvial sans labour et cinq à sept ans de jachère).

On peut être étonné de la grande différence de résultats pour le seul riz sur brûlis entre Andasibe et Beforona. Outre de réelles différences de dimensions de parcelles, de milieu climatique et édaphique (l'agressivité du climat de Beforona est supérieure) il faut reconnaître que le nombre d'années de mesure est faible eu égard à la nature exceptionnelle des événements érosifs (liés essentiellement aux épisodes cycloniques). Mais un autre facteur a probablement joué : Beforona est anciennement exploité (jachères sous-arbustives) alors que les parcelles de Andasibe étaient défrichées à partir de *savokas* (jachères) arbustives. Le « système *tavy* » n'a certainement pas les mêmes conséquences dans différentes régions et sur un milieu neuf ou usé. Les conséquences érosives du « système *tavy* », bénignes au moment du premier *tavy* sur forêt, s'aggravent après une succession de cycles, au fur et à mesure que l'érodibilité du sol dégradé s'accroît. Si les mêmes techniques ne donnent pas le même rendement suivant les situations, elles ne font pas non plus la même érosion.

Tableau 1 Données expérimentales sur les effets de certains modes de gestion des terres en zone Est.

Auteurs	Méthode	Site	variables*	forêt secondaire	riz <i>tavy</i>	jachères de <i>tavy</i> , savanes	andains + cultures+ bananiers	Gingem- bre labouré
Bailly <i>et al.</i> (1974), p 62	mesures à l'exutoire de 3 petits bassins- versants de 1,5 ha environ pendant deux ans	station forestière d'Andasibe ; <i>savokas</i> de Maroloana, corridor forestier, alt 900m, P= 1900 mm	Kr % P en t.ha ⁻¹ .an ⁻¹	6,2 ε	13,2 4,6	>6 ε	9,2 0,9	-
Brand, Rakotovoao (1997) pp13.51	Mesures à l'exutoire de parcelles de 20 m pendant deux ans.	Beforona (30 km d'Andasibe), terroirs, altitude 300-800 m, P=2800 mm	Kr % P	1 ε	19,0 14,6	7 ε	-	19 144

* Kr= Taux annuel de ruissellement ; P= Pertes en terre annuelles

Quoi qu'il en soit, l'érosion moyenne sur système *tavy* reste toujours modérée, à l'échelle d'un cycle complet (1,5 à 4 t/ha/an, soit 0,1 à 0,25mm de sol/an), certes supérieure à un système agroforestier bien protégé (0,9 t/an/ha) mais très inférieure à une culture labourée et sarclée à jachère courte (50 t/ha/an). Le travail du sol le rend sensible à l'érosion ravinante et ces cultures présentent une mauvaise couverture (le gingembre ne couvre encore que partiellement le sol à la récolte). De plus, le *tavy* pourrait être amélioré : des jachères alternant avec des cultures sur la pente pourraient récupérer une partie des matériaux déplacés, comme le fait le système à andains.

Cet exemple illustre l'importance à accorder aux états réels des milieux étudiés, ce qui ne peut se faire que sur la base d'un diagnostic local après zonage.

3. Zonage de la région du corridor de Fianarantsoa

Zonage sous-régional

La région du corridor est marquée par une rapide variation de milieux physiques et de climats qu'accompagne une variation de sociétés humaines (figure 1). De l'Ouest élevé (climat frais) à l'Est (basses terres, climat chaud), citons :

L'Ouest

– la **lisière des savanes Betsileo** (collines pâturées, brûlées et cultivées en cultures sèches, et bas-fonds rizicoles), à forte densité de population, alt. 1000 m, P=1500 mm. Morphologiquement, il s'agit d'une surface d'aplanissement fini tertiaire disséquée sur gneiss (1000 m), au relief émoussé (croupes basses et allongées séparées par de larges bas-fonds rizicoles, sommets à sols ferrallitiques remaniés et à structure dégradée sous prairie, pentes à sols tronqués « pénévoulés », bas de pentes à sols développés sur des colluvions ou sur la base des altérations encore riches en minéraux primaires), pentes : 20-30°

– la **partie ouest habitée du corridor forestier** à 1200 m d'altitude, sous 2 000 mm de pluies, l'humidité freinant la progression des feux. Succédant aux basses collines sur *gneiss*, vient un talus de raccord à relief juvénile (fortes pentes), avec des sols de nature variée (associations de sols ferrallitiques typiques, de sols tronqués « pénévoulés », de sols peu évolués, de sols à carapace gibbsitique) ; couvert d'une mosaïque de forêts reliques, jachères arbustives, vergers et parcelles cultivées intensivement en cultures labourées alternant avec des jachères herbacées, et aménagées en banquettes. A l'Est de ce talus, vient une surface d'aplanissement méso-tertiaire disséquée sur granitoïdes (1200 m) et portant souvent sur pente des sols pénévoulés tronqués, faisant affleurer parfois la roche mère. Cette surface est encore en majeure partie forestière, en jachère ou en fourrés à Fougères et Ericaées dans les zones anciennement gérées en pâturage par des feux.

L'Est

– la **partie est presque inhabitée du corridor forestier**, sous 3 500 mm de pluies, impropre au riz pluvial et sans bas-fonds, non brûlée, à 1 100 m d'altitude,

– le **grand escarpement Tanala**, couvert de nuages et exposé aux vents d'Est, qui aggravent la baisse de température altitudinale, où la forêt apparaît à la cote 800 m environ, sous l'effet de systèmes de cultures de pente (riz, manioc, haricot, bananier) qui perdent de l'intérêt au dessus de ce niveau. Sur cet escarpement, aux sols peu évolués dans les éboulis s'associent des sols rajeunis sur pente.

– La **lisière Tanala**, peuplée, à 600 m d'altitude (plus chaud), sous 3 000 mm de pluie, constituée d'un semis de collines à pentes fortes et rectilignes et arêtes étroites (relief juvénile « polyédrique ») et étroits bas-fonds. Les pentes sont cou-

vertes de grandes parcelles de riz sur brûlis, manioc sur précédent riz, et jachères *kapoka* à sous-arbustes, forêts sommitales et caféières en bas de pente.

Zonage local

À l'Ouest du corridor, la variabilité des situations porte surtout sur l'éloignement au corridor et à la dynamique des forêts artificielles (certaines étant maintenues, d'autres défrichées). À l'Est du corridor, c'est l'ancienneté de la déforestation (fortement liée au dynamisme de population de chaque village) et la distance aux voies de communication qui sont des causes de variabilité des situations.

4. Caractériser l'érosion potentielle et réelle par zone, en regard du milieu et des pratiques paysannes.

Par des mesures physiques, recherche de symptômes sur transects et parcours systématiques, étude des pratiques de gestion des terres dans le temps et dans l'espace à plusieurs échelles (exploitation, versant, territoires villageois), on cherche ici à établir un constat sur les phénomènes érosifs et à en identifier des causes parmi les modes de gestion des terres.

Les terrains et leur susceptibilité

À l'Ouest

Sur 15 profils réalisés sous diverses végétations, tous les horizons A étudiés ont un taux de matière organique supérieur à 5 % considéré parfois comme un seuil d'érodibilité négligeable. (Bouchard, 1966). Sauf exceptions, les indices de structure mesurés (I_s Hénin $< 0,5$) et calculés sont effectivement « exceptionnels » à « très bons ». Les sols forestiers de la station voisine d'Ampamaherana ont une érodibilité $K = 0,03$, classée comme « très résistant à l'érosion », mais il est précisé que cette résistance s'estompe rapidement en cas de mise en culture renouvelée. Ces sols de texture sablo-argileuse (Sa) à As en surface ont une excellente porosité ($> 60\%$) et une infiltrabilité de surface le plus souvent supérieure à 500 mm/h. En revanche l'horizon B est marqué une fois sur deux d'une très faible infiltrabilité (proche de 0) que l'on peut relier à une texture « argile sableuse », à $I_s > 0,5$, à une faible teneur en MO, et une structure peu marquée. L'absence de pellicules de battance dans les cultures sur brûlis montre que seul peut se produire un ruissellement d'engorgement dès que l'horizon A est saturé (contenant maximal sur 30 cm : 180 mm, donc le ruissellement peut commencer à partir de 60 à 120 mm de pluie cumulée selon l'état d'humectation préalable du A et l'importance de l'enracinement ligneux). C'est la saturation du A qui provoque les ruissellements. C'est donc plus l'intensité journalière qui joue, compte tenu de la mauvaise perméabilité des horizons B. En revanche un tel ruissellement n'est pas forcément suivi d'érosion sur les parcelles végétalisées ou même en défriche-brûlis. En revanche sur les parcelles plusieurs fois cultivées et surtout labourées (patates, haricots, manioc peuvent être peu couvrants en février mars sur les parcelles tardi-

ves) s'observent des symptômes de dégradation structurale de surface. Mais elles sont aménagées pour en réduire les conséquences en matière de ruissellement et érosion (rigoles, banquettes).

Globalement, ces indices montrent une faible érodibilité des sols, une couverture végétale dense, et une susceptibilité au ruissellement réduite aux parcelles labourées suivies de longues périodes pluvieuses, susceptibilité limitée par les mesures préventives des paysans.

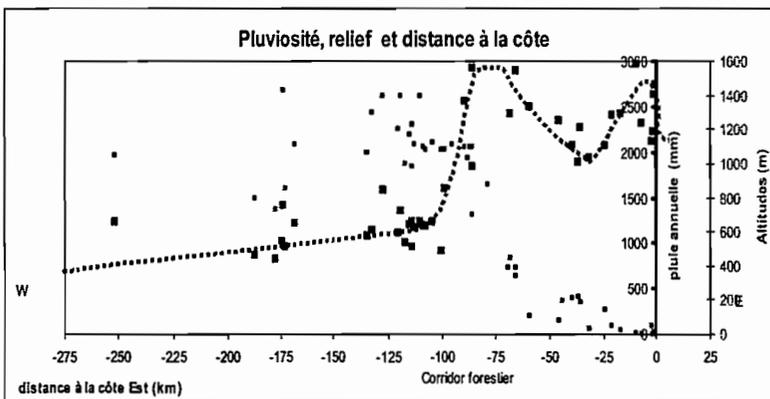
À l'Est, il n'y a pas de différence significative de part et d'autre du corridor en matière d'infiltrabilité. L'infiltration à travers les horizons B dépend des fissures (autour des racines d'arbres). Les horizons A et B sont plus épais qu'à l'Ouest. On trouve aussi de nombreux cas de troncature haute (A absent ou « sols rajeunis »), signalant des glissements de terrain relativement récents même sous forêt. Cette région se caractérise en effet par l'instabilité des pentes fortes (30 à 40°), leur état meuble et humide toute l'année, et l'existence de ruissellements généralisés qui réclame une couverture végétale dense et un « filet de sécurité » de racines d'arbres.

La principale différence entre les deux côtés du corridor tient plutôt aux pentes (20° à l'Ouest ; 40° à l'Est) ainsi qu'à la faible cohésion du sol et du sous-sol, toujours meubles à l'Est, plus cohérents à l'Ouest.

Le climat et son agressivité

La figure 1 replace la zone du corridor dans la pluviosité régionale. Le corridor correspond précisément à une zone de rupture climatique, touchant à la fois à la température (altitudes) et à l'humidité.

Figure 1.



Le tableau 2 résume les données disponibles sur les caractères climatiques et met en évidence une très forte agressivité climatique à l'Est, plus marquée par les cyclones et leurs pluies de longue durée que l'Ouest.

Tableau 2. Comparaison des risques de pluviosité de part et d'autre du corridor.

	Ouest	Est
Pluie annuelle	1600 mm (Ampamaherana)	3000 mm (Tolongoina)
Erosivité (Malvos <i>et al.</i> , 1976)	476 (Ampamaherana)	975 (Toamasina)
Intensité max en 15mn de fréquence annuelle (Chaperon <i>et al.</i> , 1993)	100 mm/h (Fianarantsoa)	92 mm/h (Mananjary)
Fréquence inter-annuelle des pluies cycloniques de >120 mm/j (Chaperon <i>et al.</i> , 1993)	0,8 années sur 10 (Fianarantsoa)	4,4 années sur 10 (Ifanadiana)

Symptômes constatés et pratiques antiérosives

À l'Ouest, les symptômes constatés et spatialisés d'érosion en masse sont très rares et limités à la zone du talus de raccord 1000-1200 m sur des pentes de 50°. Seules les parcelles plusieurs fois remises en culture depuis le tavy initial montrent des indices de ruissellement et d'érosion nets, mais limités par les banquettes et rigoles réalisées dès le début du labour, au bout de 3 cycles culture-jachère généralement. Le labour répond à une détérioration de l'état structural. Il limite le ruissellement mais accroît certainement le risque érosif. Des griffes et petites ravines sont visibles sur certaines banquettes lorsque les dispositifs paysans de déviation des ruissellements entrants et de correction de pente ont été dépassés par un événement pluvieux sur un champ récemment travaillé. Mais cette occurrence est rare à l'échelle d'un terroir, compte tenu du grand étalement des travaux et de la taille réduite des parcelles travaillées.

Outre une pluviométrie moindre, les pentes moyennes, la nature moins meuble du profil (existence d'une saison sèche), sont des atouts pour limiter fortement les risques d'effondrement ou de glissements qui restent exceptionnels, et autorisent donc les aménagements en banquettes sans risque.

À l'Est

En pays Tanala, l'essentiel des symptômes constatés ou déclarés est représenté par des glissements de terrain dans les zones défrichées, et par des glissements de terrain et une érosion en nappe (surtout sur les terres appauvries et dans le manioc récolté en saison sèche qui perturbe le sol) dans les vieux terroirs. En dehors de l'absence de labour et de la remise en jachère rapide, qui sont de sages précautions en soi, les paysans ne réalisent pas d'aménagements particuliers sur les pentes, excepté qu'ils couvrent les sols désherbés de lits de fougères. Les Betsiléo qui s'installent en pays Tanala ne font rien de plus, alors qu'ils font des banquettes à l'Ouest. Seules des zones peu pentues sont cultivées en gingembre sur banquettes labourées.

Les observations et enquêtes effectuées dans cette région écologiquement sensible permettent donc de fortement relativiser le phénomène d'érosion dans les terroirs récemment défrichés en gestion « cultures temporaires sans travail du

sol ». Il s'agit bien d'une gestion prudente. Les banquettes et rigoles ne sont réalisées que sur les milieux les moins sensibles aux mouvements de masse (Ouest, faibles pentes à l'Est). Mais ce diagnostic s'aggrave dans les vieux terroirs, les terrains étant plus érodibles. La question se pose donc des limites de ces pratiques préventives au delà d'une certaine intensité d'exploitation, c'est-à-dire au-delà d'une certaine densité de peuplement.

5. Enquêtes sur les savoirs sur l'érosion, et sur sa gestion par l'ensemble des paysans et des intervenants extérieurs

Il s'agit d'abord de caractériser le degré de sensibilisation des paysans sur les phénomènes érosifs et d'identifier les objectifs (y-a-t-il une gestion propre de l'érosion ou un simple évitement ?) et les conditions (notamment les coûts et les bénéfices) des pratiques liées à cette gestion. On étudie pour cela temps de travaux, organisation des travaux, discours des paysans, discours et actions des intervenants extérieurs, degré d'adoption de nouvelles idées techniques.

Les deux côtés du corridor, un système élaboré de termes vernaculaires (généralement différents) s'applique à toutes les facettes du problème de la gestion des sols : types de pentes, types de sols, facteurs du ruissellement, de l'érosion en nappe, en ravine ou en masse, durées de jachères nécessaires en fonction des cas de figure, utilité et nécessité d'un aménagement physique, révélant des savoirs élaborés. On a même identifié à l'Est un qualificatif pour des phénomènes peu connus dans la littérature scientifique, tels que les *longeona*, phénomènes de pertes, drains souterrains et résurgences de *ranovohitra* (ruissellements) liés probablement à des macro-chenaux biologiques, et facteurs déclenchants de certains mouvements de masse.

Côté Ouest, les aménagements physiques effectués localement traditionnellement (**épierrage, rigoles, banquettes ou rideaux, terrasses**) sur de petites surfaces demandant un investissement raisonnable et surtout progressif sont finalement peu différents en terme d'efficacité apparente et de coûts réels que les propositions standard des intervenants en matière de lutte antiérosive « en courbe de niveau » dans cette même région, et sont donc redondantes. Il faut excepter les nouvelles grandes parcelles de manioc réalisées sur d'anciens reboisements sur pentes plus fragiles, qui appellent effectivement un appui en organisation et en moyens. Il apparaîtrait cependant que les pratiques paysannes actuelles portent souvent la marque de programmes d'appui menés anciennement (plantations agroforestières, modèles particuliers), ce qui appelle une évaluation spécifique pour en saisir l'impact et l'utilité finale.

Côté Tanala, les principaux appuis concernent la couverture des talus de chemin de fer par le vetiver et des fruitiers (technique bien adoptée grâce à un encadrement rapproché et des incitations financières), l'agro-foresterie sur des espaces privilégiés. Aucune véritable alternative aux *tavy* sur jachères si décriés n'est encore proposée. La question de l'érosion des pentes ne manquera pas de s'aggraver avec la réduction de l'espace affecté à l'agriculture dans les villages

encore forestiers (mesures de conservation) et par la croissance de population dans les villages non forestiers.

6. Conclusion

En zone Est Corridor, sur pentes, le système *tavy*, même dans les vieux terroirs, resterait donc un moindre mal eu égard aux systèmes de culture labourés (gingembre, etc), lesquels exigent des situations particulières (zones de replats ou bas-versants protégés) doublés de précautions techniques (mini-parcelles, pentes faibles et banquettes, haies de fixation des talus, couvertures, fumiers) déjà vulgarisées ou en voie de l'être. Les deux systèmes ne peuvent donc pas être substitués sur les mêmes sites, ils se complètent dans le paysage bien plus qu'ils ne s'opposent.

En prévision cependant d'un accroissement de la pression sur la terre, liée aux mesures de conservation forestière et à l'accroissement démographique, de nouvelles idées techniques ou organisationnelles sont attendues et les paysans ne seront évidemment pas en reste dans leur élaboration, soit comme innovateurs indépendants, soit comme testeurs d'idées exogènes, ce qui appelle des recherches dans ces deux directions.

À l'Est, le système *tavy* des pentes, pour l'instant au coeur de la subsistance (Nambena, 2002) et moins risqué (en cas de cyclone, le riz de *tavy* est moins endommagé que les rizières, Brand, 1997), devra trouver une réelle alternative qui ne fasse appel ni au labour, ni au terrassement (risques d'effondrements), ni aux rigoles de drainage (risques d'érosion linéaire). Dans l'attente de ces nouveaux thèmes, ce système simple et bien connu ne peut être abandonné sans importants coûts sociaux. Une diversification alimentaire (banane plantain, patate, sorgho), de l'élevage (porcs, volailles), de l'arboriculture de pente (alimentaire et monétaire) et une amélioration culturale rizicole tant en plaine que sur pentes (engrais à diffusion lente, parcelles plus petites et alternant avec les jachères, pour la récupération de sédiments, variétés à meilleur enracinement) seraient des pistes de travail. Elles requièrent, outre des études techniques, non seulement le volontarisme des paysans et de leurs appuis mais un meilleur environnement commercial, auquel il manque visiblement une agence de régulation, et un élargissement spatial des filières de commercialisation du matériel végétal amélioré et des produits de l'arboriculture. Elles sont encore trop inféodées à des bassins de production spécialisés, dans l'ancienne tradition de l'économie de plantation, et dès lors trop soumises aux risques du marché.

Remerciements à Bruno Ramarozana, Jean-Louis Rakotomanana et Danièle Ramiamanana du Fofifa, qui ont appuyé les études des sols et l'encadrement des stagiaires.

Références bibliographiques

- ANDRIANOMANANA, M., RAKOTOROA, P., RAHARINAIVO, R., 1996, *Bilan-Évaluation des projets de conservation des sols de la région de Beforona*, document PCS, ANAE-CIRAD-FOFIFA, Antananarivo
- BAILLY, C., COGNAC, B. DE, MALVOS, C., NINGRE, J.-M., SARRAILH, J.-M., 1976, « Étude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar, Expérimentation en bassins versants élémentaires », *Cahiers scientifiques, Bois et Forêts des Tropiques*, n° 4, Nogent sur Marne, CTFT, 114 pp.
- BARTHES, B., ROOSE, É., 2001, « La stabilité de l'agrégation, Un indicateur de la sensibilité des sols au ruissellement et à l'érosion : validation à plusieurs échelles », *Cahiers Agriculture*, n° 10, 185-193
- BLANC-PAMARD, C., ANDRIANTSEHENO, D., RAKOTO RAMIARANTSOA, H., *Foncier et Territoires, entre pouvoirs locaux et politiques publiques environnementales, Pratiques, acteurs, enjeux (corridor betsiléo, Madagascar)*, GEREM IRD-CNRE, CNRS-EHESS-CEAF, ICOTEM, IRD Ur 168, 162 pp. + ann
- BOUCHARD, L., 1966, *Étude pédologique de la région d'Alakamisy-Ambohimaha, Pce de Fianarantsoa*. rapport de stage ORSTOM, Antananarivo, 105 pp.
- BOURGEAT, F., VAN NHAN, H., VICARIOT, F., ZEBROWSKI, C., 1973, « Relations entre le relief, les types de sols et leurs aptitudes culturales sur les Hautes Terres malgaches », *Cahiers ORSTOM Biol.*, 19, 23-41
- BOURGEAT, F., 1972, *Sols sur socle ancien à Madagascar, Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire*, mémoire ORSTOM n° 57, Paris, Orstom, 335 pp.
- BRAND, J., 1997, « Impact des cyclones », in *Cahiers Terre-Tany*, n° 6, FOFIFA-GDE/GIUB, Antananarivo-Berne, 19-33
- BRAND, J., 1997, « L'agroclimat et le cycle de l'eau », in *Cahiers Terre-Tany*, n° 6, FOFIFA-GDE/GIUB, Antananarivo-Berne, 19-33
- BRAND, J., RAKOTOVAO, W. L., 1997, « Dégénération des sols », in *Cahiers Terre-Tany*, n° 6, FOFIFA-GDE/GIUB, Antananarivo-Berne, 19-33
- CHAPERON, P., DANLOUX, J., FERRY, L., 1993, *Fleuves et Rivières de Madagascar*, Paris, IRD, 874 pp.
- COADOU LE BROZEC, E., 2004, *Diagnostic du risque érosif et de sa gestion au regard des pratiques paysannes, Etude menée aux lisières du corridor forestier de Fianarantsoa*, Madagascar, mémoire de DESS, Université Paris-XII, 71 pp.
- COIGNAC, B., BAILLY, C., MALVOS, C., HUEBER, M., RAMANANDRAY, F., 1973, « Essai d'aménagement des terres dans la zone forestière de l'Est de Madagascar, Expériences des villages de Marofala et Andranomody », *Bois et Forêts des tropiques*, n°152, nov.-dec.
- FOURNIER, J., SERPANTIE, G., DELHOUME, J.-P., GATHELIER, R., 2001, « Rôle des jachères sur les écoulements de surface et l'érosion en zone soudanienne du Burkina, Application à la gestion des terres cultivées », *Sud Sciences et Technologies, EIER Ouagadougou*, 5, pp. 4-15
- LEMALADE, J.-L., 1997, *Aperçu historique et spatial des opérations et projets de conservations des sols à Madagascar depuis 1950*, 65 pp., document PCS, ANAE-CIRAD-FOFIFA, Antananarivo
- LOCATELLI, B., 1996, *Les déterminants des pratiques paysannes relatives à l'érosion hydrique : étude comparative en milieu rural à Madagascar*, rapport de mission, CIRAD, Antananarivo, 69 pp.
- MALVOS, C., SARRAILH, J.-M., BAILLY, C., RAKOTOMANANA, J.-L., 1976, *Étude de la susceptibilité à l'érosion des sols de Madagascar, Expérimentations en parcelles élémentaires*, CTFT, Centre national de la recherche appliquée au développement rural, 37 pp.
- MARTIN, P., PAPY, F., SOUCHERE, V., CAPILLON, A., 1998, « Maîtrise du ruissellement et modélisation des pratiques de production », *Cahiers Agricultures*, n° 7, pp. 111-119
- MOREAU, S., 2002, *Les Gens de la lisière. La Forêt, l'Arbre et la Construction d'une civilisation paysanne Sud-betsiléo, Madagascar*, thèse géographie, Univ. Paris-X, France, 2002, 667 pp.
- NAMBENA, J., 2002, *La Subsistance des ménages dans la région de Beforona*, thèse, Université Heidelberg
- PETIT, M., 1998, *Présentation physique de la grande île de Madagascar*, ACCT-FTM, 192 pp.
- RAKOTO RAMIARANTSOA, H., 1995, *Chair de la terre, œil de l'eau, Paysanneries et Recompositions de campagne en Imérina (Madagascar)*, Paris, IRD, coll. « À travers champs »
- RAKOTOMANANA, J.-L., 1987, *Climat, Érosion et Techniques culturales sur les hauts plateaux de Madagascar*, Centre national de recherche appliquée au développement rural, département de recherches forestières et piscicoles, n° 580, 16 pp.
- ROOSE, É., 1994, « Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité

des sols (GCES) », *Bulletin pédologique de la FAO*, n° 70, Rome, 420 pp.

ROOSE, É., SARRAILH, J.-M., 1990, « Érodibilité de quelques sols tropicaux, Vingt années de mesure en parcelle d'érosion sous pluies naturelles », *Cahiers ORSTOM Pédol.*, vol. XXV, n° 1-2, pp. 7-30

SERPANTIE, G., LAMACHERE, J.-M., 1992, « Contour stone bunds for water harvesting on cultivated land in the north Yatenga region of Burkina Faso », in *Érosion, conservation and small-scale farming*, Hurni, H., Tato, K., (6th International conf. held in Ethiopia and Kenya, 6-18th nov. 1989, 459-469)

SHOONMAKER FREUDENBERGER, K., 2003, « Vetiver victorious, The systematic use of vetiver to save Madagascar's FCE railway », *Technical bulletin*, n° 2003.2, Pacific rim Vetiver Network, 16 pp.

SHOONMAKER-FREUDENBERGER, K., RAVELONAHINA, J., WHYNER, D., 1999, *Le Corridor coincé*, LDI, Fianarantsoa, Madagascar, 56 pp.

TASSIN, J., 1995, « La protection des bassins-versants à Madagascar, Bilan des actions conduites dans la région du lac Alaotra ». *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 246, pp. 7-22

Actes des Journées scientifiques
du réseau de chercheurs
Érosion et GCES

**ÉROSION ET
GESTION
CONSERVATOIRE DE
L'EAU ET DE LA
FERTILITÉ DES SOLS**

Sous la direction de :

**Simone Ratsivalaka
Georges Serpantié
Georges De Noni
Éric Roose**



Éditions scientifiques GB

as

actualité scientifique



Agence universitaire de la Francophonie



Université d'Antananarivo



Agence universitaire de la Francophonie

ÉROSION ET GESTION CONSERVATOIRE DE L' EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS

ACTES
DES JOURNEES SCIENTIFIQUES
DU RÉSEAU ÉROSION ET GCES DE L'AUF
ANTANANARIVO (MADAGASCAR) , DU 25 AU 27 OCTOBRE 2005

Sous la direction de

Simone RATSIVALAKA
Georges SERPANTIÉ
Georges DE NONI
Éric ROOSE

Copyright© 2006 Contemporary Publishing International (C.P.I). Publié sous licence par les Éditions scientifiques GB et en partenariat avec l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF)

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Éditions scientifiques GB
41, rue Barrault
75013 Paris
France

ISBN : 2-84703-032-8

Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, a été souvent conservée.