

# La gestion du risque érosif cyclonique par les Tanala (Madagascar). Opportunités et limites des techniques traditionnelles pour l'adaptation au changement climatique<sup>1</sup>.

Georges SERPANTIE<sup>2</sup> et Lovatiana Albert RAKOTONIRINA<sup>3</sup>

2. Agronome IRD BP 64501 Montpellier F 34394. courriel : georges.serpantie@ird.fr

3. Forestier et pédologue. Courriel: albert.rakotonirina@gmail.com

## Résumé

Les Tanala, paysans de l'Est de Madagascar, pratiquent une agriculture temporaire sur défriche-brûlis appelée *tavy*, généralement perçue comme une cause directe et principale de l'érosion du sol. Les enregistrements climatiques récents et les projections semblent montrer un accroissement de l'activité cyclonique, facteur d'érosion et d'inondations, justifiant d'élaborer des stratégies d'adaptation. Supposant que le *tavy* comportait une stratégie pour faire face aux contraintes érosives et d'inondations, nous avons cherché à étudier les sols et processus d'érosion, les pratiques agricoles, et les savoirs locaux dans deux terroirs villageois choisis selon l'importance des reliques forestières. Une bonne cohérence a été trouvée entre le risque érosif et les pratiques, aux échelles parcelle et paysage, révélant une gestion de la vulnérabilité à travers les « services du paysage », le choix des sols, et des pratiques précautionneuses. Les interviews des paysans et la collecte de leurs classifications confirme la profondeur de leur savoir sur leur environnement. Mais à long terme, et sous pression de la population, les dernières forêts disparaissent, des écosystèmes dégradés apparaissent, et l'érosion s'accroît. Ce savoir est désormais moins opérationnel. La politique de conservation ou de restauration forestière actuelle apparaît seulement partiellement cohérente avec cette gestion locale du paysage. Afin de faire face à la fois aux changements de population et de climat, maintenir mais améliorer le système *tavy* sur pentes fortes et intensifier le riz de bas-fond sont justifiés en tant que principaux moyens de subsistance. Renforcer la conservation ou la restauration communautaire des forêts de sommets et des agro-forêts de bas de pente est justifiée pour assurer des services environnementaux locaux, régionaux et globaux, et des productions commerciales. Une diversification des moyens de subsistance est aussi nécessaire.

**Mots clé : Madagascar, risque érosif, culture sur brûlis, savoirs locaux, services environnementaux, changement climatique.**

## Abstract

The eastern Malagasy Tanala people practise swidden agriculture called *tavy*, generally seen as a main direct cause of soil erosion. Recent climate changes in Madagascar and projections seem to increase the erosive and flooding factors, due to increasing cyclonic activity, justifying an adaptation strategy. Assuming that *tavy* included a strategy to cope with erosion constraints, we investigated soils and erosion processes, agricultural practices, and local knowledge in two village territories selected on the basis of importance of forest. A good coherence was found between erosive risk and practices, at plot and landscape levels, revealing a possible management of vulnerability through "landscape services", choice of soils, and cautious practices. Interviews of farmers and collection of their classifications

---

<sup>1</sup> Communication présentée en anglais au colloque ICARUS 2, Ann-Arbor, 5-8 mai 2011

<sup>2</sup> Agronome ; chargé de recherches ; IRD 911 Avenue Agropolis BP 64501 34394 Montpellier cedex 5 France ; tél 04 67 63 69 83 ; georges.serpantie@ird.fr

<sup>3</sup> Soil science and forestry; ingénieur, albert.rakotonirina@gmail.com

confirmed an in-depth knowledge of their environment. But in the long run and under population pressure, last forests disappear, degraded ecosystems appear, and erosion increases. This knowledge is then less operative nowadays. Current community forest conservation or restoration policy appear partially coherent to this local landscape management. In order to face both population and climate changes, maintaining but improving steep slope *tavy* systems and intensifying lowland rice are justified in so far as main livelihoods. Reinforcing top-forests and agro-forests community conservation or restoration is justified for ensuring local, regional and global landscape services, and cash crops. A diversification of livelihoods is also needed

**Key-Words: Madagascar, erosion risk, slash-and-burn, local knowledge, landscape services, climate change**

## Introduction

La question du changement climatique (CC) est devenue un défi planétaire. La dimension globale de cet événement et ses répercussions locales font intervenir plus que jamais l'information dans le débat public depuis l'invention de l'effet de serre par J.B.J. Fourier (1827), les premières observations (Brown et Keeling, 1965), jusqu'à la convention-cadre sur le changement climatique de 1992 (CCNUCC) et les rapports du GIEC<sup>4</sup>. L'information environnementale est portée par différentes institutions et acteurs : globaux (communauté scientifique internationale, GIEC), nationaux (les réseaux climatologiques, les programmes nationaux d'adaptation<sup>5</sup>) et locaux (perceptions, savoirs locaux). Les preuves et certitudes communes d'un dérèglement climatique global se sont accumulées. Après le débat, l'identification d'actions pertinentes nécessite encore de nombreuses informations détaillées.

Il s'agit en premier lieu de documenter les effets, actuels et futurs du CC sur les climats locaux, sur les écosystèmes et les conditions biophysiques de la vie et du bien-être humain (en particulier les « services écosystémiques » (Daily et al., 1997 ; MEA, 2005), en interaction avec d'autres enjeux d'environnement (biodiversité, érosion, etc).

Avec le CC, les sociétés font face en continu à de nouvelles conditions auxquelles elles sont plus ou moins bien préparées. Il existe deux dimensions du CC, l'évolution tendancielle des paramètres moyens (température, pluviosité..), et le risque d'événements climatiques extrêmes. Ces derniers posent le problème de la gestion prévisionnelle de ce risque, et de la façon dont les sociétés doivent anticiper. La vulnérabilité de chaque société rurale est un thème essentiel de la recherche sur les risques environnementaux (Scoones, 1998) et une notion centrale de la CCNUCC (Article 4.4). Comment se déclinent les vulnérabilités des systèmes « socio-écologiques », selon les niveaux de pauvreté, les types de pratiques, l'aménagement du territoire et la gouvernance des ressources ? Souvent on considère la vulnérabilité corrélée au niveau de développement humain (GIEC, 2007). Ainsi l'Afrique est régulièrement présentée comme particulièrement vulnérable au CC du fait de son faible IDH<sup>6</sup>. En fait la vulnérabilité apparaît plurielle dans l'espace et le temps, du fait des spécificités des impacts du changement climatique (Adger, 2006). Certaines publications offrent des lectures moins pessimistes sur la capacité d'adaptation des socio-écosystèmes africains. Les « paradigmes » de la dégradation des sols, de l'érosion, de la désertification et de la déforestation ont ainsi été parfois contestés (Fairhead et Leach, 1998 ; Rossi, 1998 ; Forsyth, 2003), avec l'exemple d'un certain reverdissement du Sahel (Olsson, 2005) et de

<sup>4</sup> La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a été adoptée au cours du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 par 154 États et la totalité des membres de la Communauté européenne.

<sup>5</sup> Le mot adaptation est défini dans le glossaire du troisième rapport d'évaluation (GIEC, 2001) : L'adaptation au changement climatique se réfère à l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse aux stimuli actuels ou attendus ou leurs effets, qui modère les maux ou exploite des opportunités avantageuses.

<sup>6</sup> Indice de développement humain (PNUD, 2011)

l'adaptation de l'agriculture (Mortimer et Adams, 2001) constatés depuis les sécheresses des années 1970 et 1980. Il ne faut donc pas méconnaître ces modalités endogènes d'adaptation et repérer quelles en ont été les conditions favorables.

C'est dans ce cadre de l'analyse de l'adaptation qu'il convient d'identifier la place occupée par les savoirs naturalistes et techniques locaux, non seulement dans le diagnostic et les adaptations locales, mais encore en tant qu'idées pour la recherche de pistes d'adaptation future, ou pour d'autres régions.

La façon dont les sociétés rurales se sont déjà adaptées aux contraintes de leur milieu, aux aléas bio-climatiques et aux mutations des conditions démographiques, socio-économiques et politiques est une connaissance préalable indispensable. Cette communication se propose donc de vérifier la pertinence de la mobilisation de savoirs locaux aux côtés des autres sources d'information, en matière de diagnostic du changement climatique et de la recherche d'adaptation.

Plusieurs projets de recherche-action se sont déjà emparés de cette question à Madagascar. C'est le cas du projet IRG-USAID (2008) et du projet canadien-malgache ACCA (CRDI, 2008, Raharinjanahary et al., 2010), qui abordent les perceptions des paysans en matière de changement climatique, co-construisent des tactiques et stratégies d'adaptation et apportent un appui pour leur mise en oeuvre. Nous utiliserons certains de leurs résultats pour évaluer la pertinence des savoirs locaux sur l'évolution du climat, par comparaison à d'autres sources d'information plus formelles.

Nous nous intéresserons ensuite à un cas exemplaire, la zone Tanala, qui a fait l'objet du programme interdisciplinaire GEREM en 2005-2006 (Serpantié et al, 2007 ; Rakotoson et al., 2010). Nous y avons étudié les savoirs locaux en matière de gestion de contraintes érosives parmi les plus élevées de Madagascar, et les pratiques manifestant une bonne adaptation à ces dernières.

## **1. Zone d'étude et hypothèses**

Les pratiques agricoles des Hautes Terres malgaches, avec leur paysage « indonésien » de rizières parfaitement étagées, contrastent avec la culture sur brûlis "basique" (appelée *tavy* en malgache) des gens de l'Est vivant au pied du grand escarpement oriental (fig 1). Les cycles répétés de *tavy* sont les principales causes directes de la déforestation à l'Est de Madagascar (Green et Sussman, 1990). L'érosion du sol est un autre processus posant des problèmes de durabilité dans plusieurs régions de l'Ile (Wells et al., 1997). Les zones de *tavy* ont été généralement décrites comme des zones de forte érosion (Bailly et al. 1976; Rossi 1979; Raunet, 1997). Sous le climat tropical hautement érosif de l'Est (2500 à 3000 mm de pluviosité annuelle, un à deux mois secs), les longues et fortes pentes des collines entraînent un risque érosif majeur (Malvos et al., 1976). Plus récemment, Brand and Rakotovo (1997) ont trouvé, sur une parcelle cultivée en riz pluvial, une perte en terre de 14,6 t/ha/an, contre 0,37 t/ha dans une jachère boisée. Ce contraste paraît confirmer le fort potentiel d'érosion diffuse du *tavy*. Les glissements de terrain apparaissent comme une autre source importante d'érosion dans cette région particulièrement sujette aux cyclones (Brand, 1997).

Pourtant, dans la région Tanala (Sud-Est), plusieurs géographes s'étaient étonnés de ne pas relever de signes d'érosion dans les paysages, malgré la pratique systématique du *tavy* dans des conditions physiques typiques de l'Est (Le Bourdieu, 1974; Battistini, 1965, cité par Le Bourdieu, 1974). De ce fait, cette région pourrait apparaître comme une exception, s'écartant de la proposition générale « le *tavy* induit nécessairement de l'érosion ».

Les Tanala anciennement attachés à leur indépendance étaient considérés comme « des gens de la forêt », pratiquant la culture sur brûlis (Le Bourdieu, 1974; Rabearimanana, 1988). Actuellement, leur forêt a pratiquement disparu, à l'exception de petits lambeaux et d'une bande continue de 10 km de large au dessus de la falaise. Les Tanala sont aujourd'hui des

paysans pratiquant le *tavy* sur des jachères buissonnantes (riz pluvial, haricot, manioc), le riz de bas-fond, et les cultures à couvert permanent représentant des cultures commerciales (banane, café, canne à sucre). Leurs moyens de subsistance sont complétés par la collecte de miel sauvage, le bûcheronnage, un petit élevage et le trafic de *toaka gasy*, un rhum artisanal.

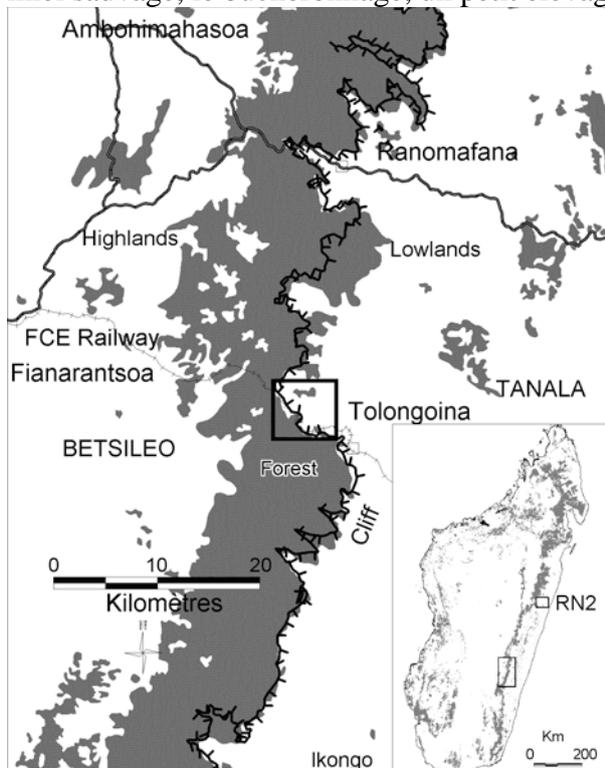


Figure 1: Zone d'étude (Commune Tolongoina, région Tanala, Madagascar)

En hypothèse, la faible occurrence apparente de l'érosion dans la région Tanala pourrait s'expliquer par une bonne adaptation des pratiques Tanala typiques à une forte érosivité climatique, à une forte susceptibilité topographique à l'érosion, et à des érodibilités variées des sols. Derrière ces pratiques adaptées, des connaissances spécifiques et une organisation sociale peuvent exister. De tels savoirs et savoir-faire pourraient alors être perçus comme une « pré-adaptation » au changement climatique. Ce savoir éventuel serait utile à prendre en compte dans une stratégie d'adaptation au CC des sociétés rurales de l'Est.

### 3. Méthodes

Afin d'établir la pertinence de l'information disponible sur le changement climatique, nous avons cherché à comparer les résultats climatologiques sur le CC et les perceptions locales relevées par les rapports des projets de Recherche-Action présents à Madagascar. Le niveau de pertinence a été déterminé à travers plusieurs critères, les variables retenues, la rigueur de l'analyse, et la cohérence entre les résultats des diverses sources d'information. Pour documenter le niveau de pré-adaptation des pratiques Tanala au CC que l'étude des savoirs sur le climat a montré (qui met en exergue un risque d'érosion et de feux accru), nous avons décrit et analysé leur mode actuel de gestion de l'érosion et du feu dans leur environnement climatiquement et topographiquement très propice à l'érosion. Pour ce faire, nous avons mis en oeuvre une investigation interdisciplinaire incluant les sciences du sol, l'étude des pratiques agricoles (Milleville, 1987), une analyse du paysage de géographie humaine (Blanc-Pamad, 1986), et une collecte de classifications locales des objets de la nature et des techniques (Friedberg, 1992). Les résultats détaillés ont été publiés dans Rakotoson et al. (2010).

Deux territoires villageois, au pied de la falaise Tanala, bordant le chemin de fer FCE, furent sélectionnés dans la commune de Tolongoina (fig. 2). Ce choix a pris en compte le taux de forêts restantes, un critère pertinent pour une étude de l'érosion en rapport avec la déforestation (Ambalavero avec 31% de couvert forestier et sans écosystèmes dégradés, et Ambodivanana avec 10% de forêt et 25% de « *roranga* »<sup>7</sup>).

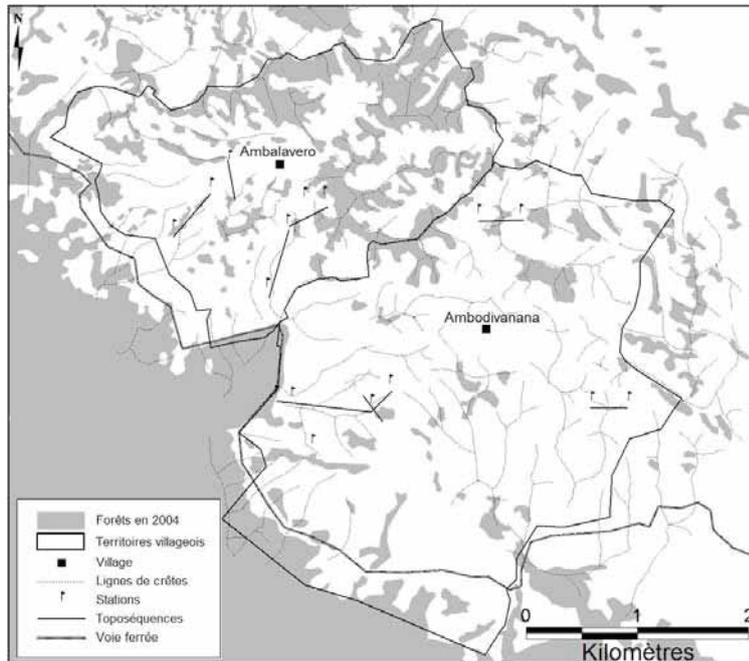


Figure 2: Les deux villages d'étude et toposéquences d'étude.

#### 4. Les changements climatiques à l'Est de Madagascar

Un changement climatique prononcé est attendu à Madagascar à l'horizon 2055 (Hewitson et Crane, 2006, Tadross et al., 2008, Hannah et al., 2008). Plusieurs sources d'information sont disponibles pour préciser cette information en vue de la recherche d'adaptation : projections de modèles planétaires, recueils et analyse d'observations climatologiques et enfin, savoirs et perceptions locales.

##### *Simulations de modèles climatiques*

Les simulations à partir d'une extrapolation et du changement d'échelle de six modèles de circulation permettent de prévoir pour 2055 un accroissement moyen de + 1,1°C (Nord et zone côtières de l'Est) à +2,6°C au Sud (Tadross et al., 2008).

Pour la région Sud-Est, les projections prévoient un accroissement de pluie en saison humide d'environ +100 mm/mois (janvier-avril) du fait de l'accroissement de la chaleur et de l'humidité atmosphérique en été, favorisant les précipitations convectives, avec des interactions probables entre mécanismes (par exemple un moindre nombre de jours de pluie).

Il y aurait en revanche une diminution des pluies en saison froide et « sèche » (environ -50 mm/mois) du fait du recul des tempêtes d'hiver vers le sud à cause de l'augmentation des hautes pressions continentales.

Les changements en potentiel de génération cyclonique indiquent une baisse de fréquence des cyclones en première partie de saison cyclonique, en revanche leur intensité est susceptible d'augmenter à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (Tadross et al., 2008).

<sup>7</sup> Les *roranga* sont des écosystèmes dégradés (graminées, fougères), au lieu de végétation arbustive (jachères kapoka) ou arborée (forêts ala)

### **Données climatologiques d'observation : températures et pluies**

Sur le XX<sup>e</sup> siècle, aucune tendance nette n'apparaît sur le signal température (fig 3), selon les moyennes mobiles réalisées pour le Nord comme pour le Sud de Madagascar, à partir des bases de données mondiales (Mitchell et al., 2004, cité par Tadross et al., 2008). Ce signal fluctue cependant, l'intervalle entre maxima et minima lissés étant de 0,8°. Ces graphiques font apparaître deux minima vers 1955 et 1970, encadrés par deux maxima, autour de 1925 et 2000. Ces minima correspondraient à un refroidissement global, (volcanisme et sulfates).

En examinant seulement la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, et seulement la partie Sud de l'Ile, Tadross et al (2008) mettent en exergue un accroissement régulier du signal température (notamment T min) à partir du minimum de 1970 jusqu'à 2000, attribuables au CC après prise en compte du refroidissement global (fig 3).

De même, il n'existe pas de tendance notable sur le signal pluie<sup>8</sup>. Il existe en fait de multiples pics de pluies (1900, 1938, 1965, 1985) coïncidant au Nord et au Sud, et deux minima, 1955 et 1975. Mais l'accroissement du signal pluie n'est de toutes façons pas attendu avant plusieurs décennies (Christensen *et al.*, 2007). Les données d'observation du XX<sup>e</sup> siècle ne valident donc pas encore de façon parfaitement convaincante le scénario retenu par les modélisateurs, ni en matière de températures, ni de pluies, qui restaient jusqu'en 2000 dans la gamme observée antérieurement.

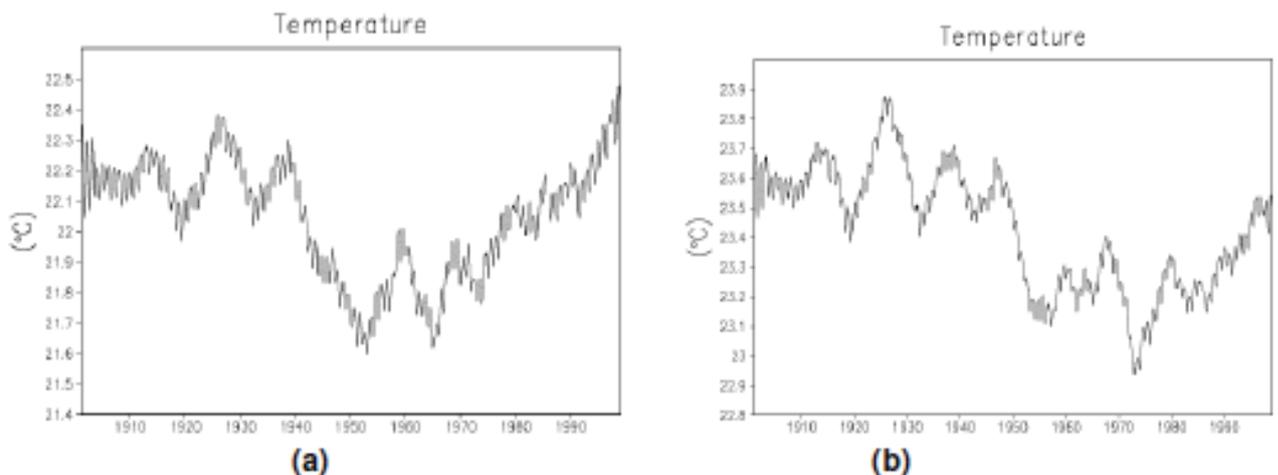


Figure 3: Moyenne glissante à pas de 6 ans de la température (°C) de l'air en surface mesures 1901-2000: a) Sud Madagascar (43-51°E, 27-20°S); b) Nord Madagascar (43-51°E, 20-11°S). Source: Tadross et al., 2008, p12, base de données du Climate Research Unit (Mitchell et al., 2004).

### **Autres composantes climatologiques représentant des conditions biologiques**

L'agriculture, l'élevage ou les écosystèmes forestiers dépendent aussi d'autres variables climatologiques. La variabilité des pluies (dates d'entrée de la saison des pluies, poches de sécheresse en saison des pluies, etc), n'a pas été documentée par les climatologues du « rapport sur le changement climatique ». Mais les agronomes des programmes d'adaptation, Alizany et al. (2010) montrent, à partir des données du Lac Alaotra, un retard des pluies croissant, et un accroissement de la variabilité en cours de saison des pluies depuis trois décennies.

Pour des biologistes de la conservation, les hivers ont été plus secs au parc de Ranomafana pendant 1986–2005 en comparaison de 1960–1985, et la production de fruits et la survie des lémuriens a diminué (Wright, 2007). Les météorologues nationaux, Rabefitia et

<sup>8</sup> L'intervalle min-max observé est de 85 à 105mm/mois au Sud, et 120 à 160 mm/mois au Nord

al, 2008, (cités par Raharinjanahary et al., 2010) indiquent que le nombre de cyclones violents de catégorie 4-5 nés dans le Sud-Est de l'Océan Indien s'est accru de 1,5 par an (18% du total) en 1975-1989 à 3,3 par an (34%) entre 1990-2004.

Il existerait donc une variation climatique sur les dernières décennies sur diverses variables : fréquence et violence cyclonique accrue, irrégularités et retards de pluies, saisons sèches plus longues et plus sèches, et température croissante depuis le minimum historique de 1970. Reste à savoir quelle serait la part du changement global anthropique, des variations aléatoires naturelles, et de facteurs locaux (déforestation par exemple) dans cette évolution.

### ***Perceptions actuelles du climat à Madagascar***

Le début capricieux de la saison des pluies 2010-2011 a entraîné diverses conséquences sur les filières agricoles. La filière des lichies d'exportation en a particulièrement souffert par défaut de calibre, et la chaleur n'a pas permis aux actions d'irrigation d'atteindre les résultats désirés. Ces contraintes sont nouvelles pour les paysans (Saralea, 2010).

Les agriculteurs de la région Alaotra-Mangoro ont confirmé l'apparition de retards croissants du début de la saison pluvieuse ainsi que de séquences sèches en pleine saison de pluie, donnant une impression d'imprédictibilité du climat croissante (Alizany et al, 2010).

Pour la région Analanjanorifo (Nord-Est), première région touchée par le risque cyclonique, un programme de recherche-action a mis en évidence que la culture de giroflier qui constituait jadis la principale source de revenu est actuellement sérieusement dégradée à cause des cyclones croissants en nombre et intensité (Raharinjanahary et al., 2010).

### ***Problèmes d'objectivité et de pertinence des variables analysées***

Le rapport sur le changement climatique rattache la tendance de température des trois dernières décades du XX<sup>e</sup> siècle, dans la région Sud, au changement climatique global, en prenant en compte d'autres phénomènes (volcanisme). Cette méthode d'analyse consiste à sélectionner variables, périodes et régions qui vérifient les hypothèses issues des scénarios internationaux (croissance tendancielle des températures). Les analystes ne devraient ils pas plutôt poursuivre leurs investigations le plus objectivement possible, par la mise à jour régulière des données, leur analyse globale, et travailler aussi sur les variables d'analyse intéressant les acteurs locaux ? Par exemple la variabilité des pluies en saison agricole (saison des pluies), ou l'évolution observée du risque cyclonique au XX<sup>e</sup>, que l'on trouve dans les rapports de recherche-action et dans les dires d'acteurs, sont les seules données absentes du rapport « Climate Change in Madagascar ».

Bien que les perceptions des acteurs locaux soient toujours complexes à interpréter, elles convergent mieux avec les analyses fréquentielles assurées par les ingénieurs des projets de recherche-action (caractères de la saison des pluies) et des ingénieurs météo locaux (fréquences cycloniques). De ce fait, les « savoirs locaux », apparaissent paradoxalement plus objectifs et pertinents sur les évolutions récentes que les études officielles du changement climatique, influencées par le « paradigme » du CC qui insiste sur la tendance thermique séculaire. De plus, ils ont l'avantage d'être plus en prise avec les réalités locales.

### ***Remarques conclusives***

L'on doit retenir, pour l'Est de Madagascar, plus un accroissement de la variabilité climatique et une aggravation de l'activité cyclonique sur les dernières décennies, qu'une tendance séculaire nette sur les pluies ou la température.

Pour la région Sud-Est humide, à laquelle appartient la région Tanala, on attend pour 2055 des contrastes saisonniers plus accentués (plus de pluies en saison des pluies, plus de

sécheresse en saison sèche), conduisant à l'aggravation des aléas climatologiques auxquels les gens doivent déjà faire face, tant vis-à-vis du risque érosif, que du feu.

Ces résultats invitent non seulement à une *adaptation tactique de variétés moins sensibles*, comme les programmes de recherche action le proposent déjà, mais aussi, et en tout premier lieu, sur *des stratégies d'adaptation plus structurelles* (et collectives). De telles stratégies existent déjà. Ce sont celles que les populations ont déjà mis en oeuvre depuis longtemps pour faire face aux lourdes contraintes récurrentes qui marquent leur environnement, mais aussi certaines stratégies mises en place dans le cadre de politiques de conservation. Elles feront l'objet de la partie 4 de cette communication.

## 5. La gestion Tanala du risque érosif

La gestion actuelle du risque d'érosion a été étudiée par une étude interdisciplinaire des territoires de deux villages Tanala.

### *Paysages et sols*

La zone de Tolongoina au pied de l'escarpement consiste en collines à pentes raides et vallées étroites entre 300 et 800 m d'altitude (fig. 4). Les villages et les zones agricoles sont établis à la base de l'escarpement et dans la zone des collines. Le pays anciennement forestier des Tanala (c'est-à-dire les « gens de la forêt ») a été, pour une large part, peu à peu converti en un couvert arbustif (*kapoka*), et ensuite, en quelques endroits, en un couvert herbacé (*roranga*), par des *tavy* et des feux de brousse répétés (Linton, 1933; Serpantié et al. 2007b). Les deux territoires villageois incluent le sommet forestier de la falaise (au dessus de 800 m), la pente de l'escarpement (pentes de 30° à 60°), et la zone collinaire (relief disséqué « à facettes » avec une altitude moyenne de 500m, des pentes de 20 à 40° et des sommets portant des lambeaux forestiers).

Les territoires agricoles d'Ambalavero et d'Ambodivanana ont des densités de population de 27 et 43 habitants/km<sup>2</sup> respectivement.



Figure 4 : Paysage d'Ambalavero (cliché A. Toillier)

Selon les cartes géomorphologiques disponibles au 1/500,000 (Riquier 1968; Delenne et al. 1980), la zone de Tolongoina présente les mêmes types de paysages et de sols que la région Betsimisakara qui a fait l'objet de recherches expérimentales sur l'érosion (route N2, Nord-Est, fig 1). Situées au pied du grand escarpement, ces deux régions présentent une roche-mère gneissique, et sont marquées par un relief profondément disséqué, sous forme de collines aux pentes raides couvertes d'un sol ferrallitique. La perméabilité de l'horizon de surface A est toujours très élevée. Il existe en revanche un horizon B peu perméable sur les sommets et sur les bas de pentes, mais rarement sur le milieu des pentes raides (Rakotoson et al., 2010). La forêt améliore l'infiltration sur sols peu perméables.

Aucun symptôme d'érosion massive n'a été trouvé dans la zone d'étude (Rakotonirina, 2005).

Des épisodes d'érosion en masse (glissements de terrain) et d'érosion linéaire sont observables localement, après les cyclones, mais ils ne sont ni invasifs, ni généralisés comme on pourrait s'attendre en considérant les conditions physiques [relief accusé, 2500-3000 mm de pluie, cyclones fréquents], les pratiques de *tavy*, et ce que la littérature décrit sur les effets du *tavy*. Ces observations confirment les observations anciennes des géographes sur des signes limités d'érosion dans cette région. Pourtant, les paysans ne pratiquent aucun aménagement antiérosif fortement recommandés par les services techniques pour combattre l'érosion sur les fortes pentes agricoles soumises à un climat érosif. Cependant une densité plus grande de symptômes a été observée dans le territoire d'Ambodivanana, fortement déforesté.

### ***Pratiques culturelles et de construction paysagère***

Le *tavy* est le principal système de culture Tanala, appliqué aux pentes forestières des collines et plus généralement aux pentes anciennement forestières et actuellement arbustives<sup>9</sup>. Successivement, toute la végétation est défrichée, y compris les arbres ; les résidus étalés sèchent pendant la courte saison sèche (octobre-novembre) avec un pare feu autour, puis sont brûlés plus ou moins complètement selon la teneur en eau. Le riz et/ou les haricots sont alors semés dans des trous réalisés avec un simple bâton pointu. Un désherbage manuel par arrachage et la surveillance contre les oiseaux sont les seules opérations en cours du cycle de riz. Après la récolte des panicules, les boutures de manioc sont plantées en début de saison sèche, sans travail du sol (simple entaille) après un binage superficiel des tiges de riz et du recrû avec une bêche usée. Le manioc sera superficiellement sarclé à une ou deux reprises avec une bêche. Une fois ce dernier progressivement récolté après un ou deux ans de croissance, le champ reste en jachère jusqu'à un nouveau *tavy*. Linton (1933) avait noté, pour la zone dense d'Ikongo, une durée de friche de 5 à 10 ans. Actuellement 5 années serait plutôt une moyenne.

Les paysans plantent aussi des bananiers et de la canne à sucre (qu'ils transforment en rhum local, le *toaka gasy*) sur les bas de pente et les creux topographiques, du riz dans les bas-fonds marécageux après drainage, et du riz irrigué sur les bordures de bas-fonds et thalwegs mis en terrasses (fig. 4). Le riz et le manioc constituent les vivriers de base, tandis que les bananes et la canne à sucre servent de cultures commerciales, ayant largement remplacé le café. Un examen détaillé des pratiques actuelles (Rakotoson et al., 2010) met en évidence de multiples dimensions: le positionnement des champs dans le paysage, la méthode de préparation du sol, et les caractéristiques du cycle culture-jachère. Tous ces caractères du système de culture sont inter-reliés, et peuvent être interprétés comme un système de règles appliquées par chaque Tanala.

***Principe 1:*** Mettre en oeuvre un système de gestion de l'espace. Autant que possible, éviter de pratiquer le *tavy* dans les zones pourvues de risques de ruissellement ou de dépôts

---

<sup>9</sup> Cette culture temporaire appartient soit à la classe des cultures itinérantes soit à jachère, en fonction des durées de cultures et de jachère (Ruthenberg 1971)

d'érosion en masse : gouttières *gebona*, pentes très raides *harana* (>40°), et bas de pentes. Les zones dégradées et appauvries *roranga* sont aussi évitées. Les sommets sont évités et restent en forêt car les sols sont pauvres et les jachères s'y régénèrent mal (voir principe 3). Une pratique additionnelle de réduction du risque érosif est la conservation active des jachères au dessus d'un *tavy*. Les cultures à couvert permanent (banane, canne, café) sont réservées aux zones à risque. Les bas-fonds inondables sont cultivés en deux cycles, successifs ou non pour limiter le risque d'inondation cyclonique.

**Principe 2:** Ne pas perturber la structure du sol, ou si c'est nécessaire, le faire aussi superficiellement que possible, le plus rarement possible, ou de manière progressive (récolte du manioc par exemple), avec un étalement des résidus. Ceci minimise le risque qu'un sol ameubli soit entraîné par un éventuel ruissellement ou que des cavités provoquent des sur-infiltrations et des glissements de terrain<sup>10</sup>. Ceci permet aux jachères de mieux se régénérer (cfr principe 3). Le terrassement, les canaux sont réservés aux terres les plus stables (alluvions, pentes faibles, éboulis anciens).

**Principe 3:** Culture temporaire et longue jachère (plus de 5 ans autant que possible) : laisser l'écosystème de pente cicatriser aussi longtemps que possible après défriche. Ainsi la structure du sol reste meuble pour permettre la culture sur les sols non labourés (cfr principe 2).

**Un quatrième principe** a été enregistré par Le Bourdieu (1974) : Défricher des forêts (primaires ou secondaires) de préférence aux jachères *kapoka*, les Tanala disant que l'érosion se développe plus sur un *tavy* de jachère que de forêt. Ce principe impliquait la mobilité. Actuellement, ce principe ne peut plus être suivi, depuis que les reliques forestières sont protégées comme réserves, et depuis que les villages sont définitivement sédentaires.

Ces principes techniques reliés peuvent être qualifiés de "passifs" étant donné qu'ils ne sont pas des actions en tant que telles, mais plutôt des actes passifs : abandonner les champs, ne pas travailler le sol ni dessoucher, éviter certaines zones. Pourtant, ce sont bien des principes implicites de gestion précautionneuse du milieu.

THEME	VOCABULAIRE	
	<i>Malagasy tanala</i>	Français ou <i>Latin</i>
Morphologie générale	<i>efitra, an-tety</i>	crêtes, plateau
	<i>amboditety</i>	ped de l'escarpement
	<i>vohitra</i>	collines à pentes raides
Pentes	<i>harana</i>	pentcs très raides
	<i>foringa</i>	pentcs moyennes
	<i>harenana</i>	replats et pentcs douces
Vallées	<i>gebona</i>	creux sur versants et vallons
	<i>farihy</i>	bas-fonds
	<i>horaka</i>	marais
Exposition	<i>mianatsimo loha</i>	exposition nord « tête au sud »
	<i>ala, Tanala, an ala</i>	forêt mature ; Gens de la forêt, pays tanala
Végétation et cultures	<i>tavy</i>	action de défriche-brûlis, champ sur d.b., syst. de culture sur d.b.
	<i>tovoindy</i>	jachère herbacée d'interculture riz-manioc
	<i>hibohibo</i>	jeune jachère arbustive (2-4 ans)
	<i>kapoka, k. antitra</i>	jachère arbustive (>5 ans), jachère boisée
	<i>roranga</i>	couvert herbacé après multiples <i>tavy</i> , feux, jachères courtes
	<i>am-patrana</i>	région sans forêt (pays betsileo de pseudo-steppes)

<sup>10</sup> Par exemple, on ne dessouche pas, on ne laisse pas d'arbres dans les défriches, de peur qu'en remuant avec le vent, ils ne déclenchent des fissures qui seraient autant d'entrées pour les eaux de ruissellement, entraînant des glissements de terrains lors des cyclones.

Plantes indicatrices de terrains à riz	<i>hazo hambo</i> <i>Longoza</i> <i>Harongana</i> <i>dingana vavy</i>	arbres <i>Aframomum angustifolium</i> <i>Harungana madagascariensis</i> <i>Psiadia altissima</i>
Plantes indicatrices de terrains impropres au riz	<i>Ringotra</i> <i>Ampanga</i> <i>Anjavidy</i> <i>Radriaka</i> <i>Tenina</i>	<i>Dicranopteris linearis</i> <i>Pteridium aquilinum</i> <i>Philippia spp.</i> <i>Lantana camara</i> <i>Imperata cylindrica</i>
Outils agricoles et forestiers	<i>angady, miava</i> <i>goro, mibioka,</i> <i>famaky, antsilahy,</i> <i>Fitomboaka</i> <i>Karima</i>	bêche étroite, binage léger à l' <i>angady mondro</i> (usée) Serpe d'abattis à manche long, fauchage d'adventices au <i>goro</i> Cognée, hache d'abattis bâton à semer lame à récolter les panicules
Description du sol	<i>Tany</i> <i>tany mainty</i> <i>tany roaka</i> <i>Volondohan</i> <i>tany mena mavo</i> <i>tany mena voalohany</i> <i>andrin tany</i> <i>tain kenkana</i> <i>menaka, emboka</i> <i>tsiron-tany</i>	sol, terre, terre des ancêtres horizon "A <sub>0</sub> ", horizon organique (seulement sous forêt) horizon "A" après défriche-brûlis horizon "A" d'un sol cultivé ("cheveux de la tête") « terre rouge-jaune » (horizon B ou BC jaune sur rouge) « première terre rouge » (horizon B ou BC) « pilier du sol » (horizon C) turricules de vers « huile » (matière organique) « goût du sol », nutriments et propriétés du sol liées à sa fertilité
Propriétés du sol	<i>malemy / mahery</i> <i>tsara / ratsy</i> <i>mainty / mena</i> <i>lonaka / maina</i> <i>mafana / manara</i> <i>Maditra</i> <i>am-patrana</i> <i>Masiaka</i>	meuble, gentil / dur, fort bon / mauvais noir / rouge arrosé / sec chaud / froid indomptable, têtu. Généralement associé à la végétation <i>roranga</i> A la steppe (sans forêt), région de sols durs rude, sévère, méchant, attaché à un interdit ( <i>fady</i> )
Erosion et ruissellement	<i>tany toha</i> <i>tany miambaka</i> <i>longeona, hady</i> <i>Abolima</i> <i>ranovohitra, sagoaka</i>	glissement de terrain fissures, décrochements chenaux souterrains, rigoles profondes éboulement des tranchées et des talus de la voie de chemin de fer ruissellements massifs en période cyclonique, ruisseaux et crues

Tableau 1 : Vocabulaire des Tanala de Tolongoina en rapport à l'érosion (dérivé de Rakotonson et al, 2010)

Seules les forêts des creux et des pentes ne sont pas ménagées, ces «gens de la forêt» étant en fait, des paysans pionniers plus que d'authentiques forestiers. Cette technologie rudimentaire n'est donc pas due à une ignorance agricole, mais plutôt à une forme d'économie environnementale, en harmonie avec d'autres aspects de la culture temporaire tels que la gestion de l'écosystème (le contrôle de l'enherbement, la disponibilité en nutriments, le maintien de capacité de régénération), l'économie du travail, et une économie de l'organisation (chaque paysan gérant une toposéquence). Ainsi, un système de gestion du risque érosif existe bien, révélé autant par les caractéristiques du *tavy*, les discours techniques et une connaissance fine du milieu que montre les classifications locales en rapport avec l'érosion (tab 1).

### ***Dépendance des processus érosifs vis à vis de l'état de l'écosystème***

Selon nos observations que confirment les savoirs locaux, l'érosion peut se produire dans les champs de *tavy*, mais rarement, et différemment selon les conditions d'écosystème et de gestion. Le *tavy* conduit toujours à l'érosion de l'horizon de surface organique (A<sub>0</sub>) qui peut être déjà partiellement détruit lors du brûlis. L'érodibilité de la plupart des sols

ferrallitiques de milieu de pente, très perméables, reste faible, tant que la végétation n'a pas été dégradée par de multiples *tavy*, par des jachères trop courtes, et des feux de brousse, et que les forêts des sommets n'ont pas été coupées.

Les pentes fortes sont, paradoxalement, les plus sûres pour des cultures annuelles temporaires sans travail du sol. Le niveau de perturbation physique du sol est un facteur impactant autant la capacité de régénération de la végétation (Randriamalala et al. 2007) que le risque érosif (Brand et Rakotovao 1997) comme le savent les paysans. En pays Tanala, le *tavy* reste heureusement sans travail du sol. Les mauvaises herbes sont arrachées ou binées avec précaution avec une bêche usée. Les seuls endroits où les Tanala labourent ou creusent des canaux sont les rizières sur alluvions Fluvisols et les terrasses sur des bas de pente peu pentus. Ces travaux délicats sont souvent réalisés par des salariés Betsileo des Hautes Terres au climat tempéré, où le labour, les canaux et le terrassement, posent beaucoup moins de problèmes, et y sont devenues les normes techniques. Dans le cas d'écosystèmes dégradés ou en l'absence de forêts de sommets, l'érosion diffuse s'accroît sous un faible couvert végétal.

Le nombre de brûlis de *tavy* et de feux de brousses, la position de la couverture boisée dans le paysage, la durée de jachère, les pratiques culturales, le degré de pente, le type de sol local et la texture du sous-sol, sont donc les multiples sources de variation du risque érosif local. Aussi, le savoir scientifique, qui attache systématiquement le *tavy* à une érosion sévère peut avoir été faussé par une généralisation hâtive des résultats des premières expérimentations des années 1960. Celles des années 1990 fournirent de nouvelles perspectives mais l'échantillonnage était aussi limité (une parcelle, un an). En 1995, à Beforona, 144 t/ha/an de perte en terre ont été mesurées sur un champ labouré de gingembre, tandis que le riz pluvial de *tavy* perdait 14,6 t/ha/an, une nouvelle jachère 5,5 t/ha/an, et une vieille jachère boisée *kapoka* seulement 0,37 t/ha/an (Brand and Rakotovao 1997). Ces données montrent le risque majeur lié au travail du sol. La valeur annuelle de perte en terre sur l'ensemble du cycle du *tavy* serait seulement de 5 t/ha/an environ, soit 0,5 mm de sol.

Le type de couvert végétal et le niveau de perturbation du sol sont les deux seuls facteurs testés dans les expérimentations en parcelle d'érosion. Nos études au champ montrent que beaucoup d'autres facteurs devraient être pris en compte dans la gestion du risque érosif, en premier lieu la position dans le paysage, ce que les paysans prennent précisément en compte, comme une règle collective. Aussi, compte tenu de l'ensemble des précautions observées, la moyenne de l'érosion dans les « jeunes » paysages de *tavy* est probablement bien inférieure à 5t/ha/an, mais elle augmentera avec le temps.

### ***Limites de la gestion du risque érosif en cas de pression démographique.***

Le taux de paysans cultivant le riz pluvial à Ambalavero était de 44% en 2006, mais de seulement 9% à Ambodivanana. Le facteur limitant contrôlant la production à Ambodivanana est la fertilité. L'impact de la culture temporaire sur la fertilité dépend de plusieurs variables, le plus important étant la durée de jachère et la réserve de forêts. La croissance de population, et la rareté de forêts sous le climat favorable au riz pluvial (<800 m sur l'escarpement, Serpantié et al., 2007b) ont d'abord contribué à réduire la période de jachère. Le système de gestion contractualisée des forêts mis en place par le gouvernement malgache à Tolongoina en 1999 a promu des règles de conservation et a rendu aux communautés une responsabilité pour la gestion de leurs forêts. En échange de ce nouveau droit, la communauté était obligée de s'engager à limiter le *tavy* aux jachères de moins de 5 ans. Aujourd'hui, les paysans ne défrichent plus ni forêts ni jachères de plus de 4 ans, et n'osent pas laisser en jachère plus de 2 ans, de peur de perdre d'autres terres. Ils sont partagés entre ces nouvelles règles qui leur font réduire les temps de jachères, leurs propres règles (jachères de plus de 5 ans autant que possible) et la perte d'espace qui s'ensuit. A

Ambalavero, où n'existaient pas de terres dégradées, le système de culture a réduit sa durabilité avec de telles jachères courtes. Localement de nouveaux *rorangas* sont observés.

Avec une densité de population plus forte, Ambodivanana avait été exploité pendant une durée plus longue que Ambalavero, et montre un environnement dégradé avec 25% de *roranga* (fig. 5). Il faut prendre en compte le nombre de cycles culture-jachère, chaque nouveau recrû de jachère étant plus lent que les précédents (Pfund, 2000). De plus, la dynamique régressive de la végétation des jachères tend vers une composition riche en espèces favorables aux feux de brousse (graminées, fougères) caractéristique de la végétation *roranga*. A Ambodivanana, il y a plus de signes d'érosion linéaire et les sols contiennent moins d'argile, autre signe d'érosion. En cas de *tavy* sur une jachère trop courte ou sur un *roranga*, les rendements de riz sont trop faibles et beaucoup de paysans y ont renoncé pour se consacrer au seul manioc, dont le pouvoir érosif est supérieur du fait des perturbations du sol (binage et récolte).



Figure 5 : Paysage cultivé à Ambodivanana. Crêtes déforestées à végétation dégradée *roranga* (cliché G.Serpantié)

Bien que la dégradation du sol soit admise par la plupart des paysans d'Ambodivanana, leurs techniques n'ont pas changé. A cause des besoins vivriers, les terres de moins en moins fertiles sont paradoxalement destinées à être de plus en plus intensivement exploitées. Comme *dans tous les villages Tanala, ils n'utilisent ni engrais ni fumier*. Les options techniques de nouvelles variétés et systèmes de culture intensifs sont peu nombreuses, ou non faisables eu égard aux risques additionnels, coûts d'investissement, ou conditions requises (Serpantié et al. 2007c). De nouvelles filières commerciales (comme le Jatropha ou la vanille) sont encore sans résultats probants, ou négligées par des gens souffrant à un niveau plus élémentaire d'un accès réduit aux services de base (hôpitaux, écoles, barrages d'irrigation, routes). Tolongoïna, le plus gros village, avec un marché et un centre de soins, est à trois heures de marche rapide, et ni Ambodivanana ni Ambalavero n'ont leurs propres écoles.

## 6. Discussion

Nous nous proposons de discuter de la pertinence des savoirs locaux en matière de climat et en gestion du risque érosif.

Madagascar donne un bon exemple des problèmes de compatibilité entre les multiples sources d'information sur le CC. Nous avons montré la pertinence d'une approche travaillant simultanément sur les savoirs et perceptions locales et une approche scientifique. Cette dernière peut être divisée en un certain nombre de disciplines, d'approches, de pas de temps, de variables. Chacune fournit une information utile pour autant que l'analyse reste objective et relative à des problèmes concrets. Les études basées sur les données climatiques et les savoirs locaux sont très utiles pour les tactiques et stratégies d'adaptation actuelles, d'autres (simulations de modèles) sont nécessaires pour des politiques à long terme mais sont plus difficiles d'emploi pour le court terme.

La richesse de savoirs que les paysans des Hautes terres ont de leurs sols et du contrôle de l'érosion a été étudiée antérieurement (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995; Blanc-Pamard et Rakoto-Ramiarantsoa, 2006). En contraste, on savait encore peu de choses des populations Tanala de l'Est, considérées longtemps plus comme un peuple forestier qu'un peuple de paysans. Rakotoson et al. (2010), ont mis en évidence un profond savoir formel, sous forme de classifications détaillées des objets d'environnement liés à la problématique de l'érosion, tab. 1), ce qui confirme nos déductions, même si les règles que nous avons proposées ne sont jamais formellement énoncées par les Tanala eux mêmes. Notre recherche s'est ainsi appliquée à mettre au jour un système de gestion des terres sous-jacent aux pratiques, qui pourrait expliquer la faible occurrence de symptômes d'érosion, dans un pays où l'érosion due à un climat tropical pluvieux et pentes très fortes est un risque majeur. Bien que leurs outils soient rudimentaires, les pratiques Tanala ont pu être interprétées comme de multiples précautions pour prévenir les risques de pertes de terre. La manière des Tanala de conduire le tavy et ses règles implicites, et la richesse de leurs savoirs sur leur écosystème, ont été des clés de réduction de la vulnérabilité au risque érosif, en particulier cyclonique.

Bien que souvent diabolisé dans le monde scientifique et technique, le tavy, tel que conduit par les Tanala, semble particulièrement adapté à la topographie accidentée et au climat tropical très humide. Une telle « adaptation culturelle » à son environnement avait déjà été notée par Kotak (1971). Cependant, ***adapté ne signifie pour autant ni « durable », ni adapté à n'importe quelles conditions.*** Dénier un risque érosif dû au tavy serait aussi fallacieux que dénoncer le tavy sur le fait du risque érosif qu'il accroîtrait. De plus, tous les systèmes « tavy » ne sont pas égaux en perte en terre. Ainsi, les manifestations érosives s'accroissent visiblement dans un village ***déforesté depuis longtemps***. La proposition « le tavy induit de l'érosion » a donc été confirmée à long terme, dans le cas de fortes densités de population, et des populations sédentaires. Au contraire, dans les villages qui ont été déforestés depuis moins d'un siècle, et dont la déforestation n'a pas atteint les crêtes, les pratiques et les savoirs locaux permettent encore d'atténuer le risque érosif.

***Une forte population résidente, une faible disponibilité en rizières, un temps écoulé important depuis la déforestation, des pratiques moins précautionneuses par nécessité, peuvent constituer des facteurs aggravants qui peuvent ne pas trouver de réponse dans les savoirs locaux.*** Cependant emprunter à partir d'autres corpus cognitifs dans le but de s'adapter à la densité de population ou à une aggravation des risques climatiques requiert de la prudence. Adopter le système de gestion de la région Betsileo, reconnue pour ses savoirs-faire sophistiqués, conduirait à des catastrophes pires, particulièrement avec le changement climatique (fig. 6).



Figure 6 : Eboulement sur parcelle aménagée en « rideaux » par un migrant Betsileo (cliché Serpantié)

## 7. Conclusion: Potentiel et limites des savoirs locaux dans la recherche de solutions de consensus pour faire face à la pression démographique et au CC.

L'étude du détail des pratiques et des représentations des sols a permis de comprendre pourquoi l'interdiction gouvernementale de défricher les dernières forêts de sommets de colline et l'obligation de mettre en place des pare-feux au nom de la conservation de la biodiversité ou des « services écosystémiques » était respectée voire encouragée par les paysans d'Ambalavero. Cette injonction ne contredisait pas les savoirs locaux sur les fonctions locales des forêts (protection des pentes et des sources, conservation des ressources en bois, en miel de proximité, sur les besoins de faune du sol). Elle ne coûte pas cher socialement, du fait que les forêts restantes se trouvent sur des sols ou des expositions peu recherchés et que les pare-feux sont faciles à faire.

D'un autre côté, la conservation des jachères de 5 ans et plus restant sur les pentes est contradictoire avec les 3e et 4e principes tanala de gestion des terres, et réduit fortement l'espace disponible. Les gens n'approuvent pas cette mesure qui crée des effets pervers (réduire la jachère à 2 ans interdit le riz pluvial, et encourage l'érosion).

Finalement, la politique de conservation communautaire dans le but de fournir des « services environnementaux » ou « de la biodiversité » apparaît seulement partiellement cohérente avec le système local de gestion basé sur les savoirs locaux. D'un autre côté, ces derniers sont partiellement obsolètes quand la population dépasse un seuil de densité. Des pratiques introduites auront de meilleures chances d'adoption si elles sont compatibles avec les savoirs locaux, mais *un nouveau savoir adapté aux nouvelles conditions de population est aussi attendu. La croissance démographique, la pauvreté, et les restrictions foncières suite à la conservation peuvent, par manque de connaissance d'alternatives, conduire les paysans à mettre en oeuvre des techniques qu'ils savent être dommageables pour leur environnement, et encore plus avec le changement climatique*<sup>11</sup>.

Bien qu'atteignant ses limites de validité avec les conditions actuelles de population de certains territoires, le savoir des Tanala semble particulièrement adapté à l'aggravation des conditions climatiques, notamment cycloniques. Aussi il fournit une piste pour les gestionnaires et la recherche agricole. Les principes et pratiques tanala, mettant en exergue *une perturbation minimale du sol et sa couverture par des résidus, la prise en compte des*

<sup>11</sup> A Ambodivanana en particulier, les tentatives d'étendre les rizières en terrasses avec des canaux ont conduit à des effondrements. Sur les collines, le labour et le terrassement en vue d'accroître la surface cultivable peut aussi conduire à une érosion massive. (fig 6)

*sols et des plantes indicatrices, la culture temporaire ou à couvert permanent, et la gestion du paysage, sont des principes compatibles avec l'agriculture de conservation et l'agroforesterie promues par les centres agronomiques.* L'agroforesterie doit cependant être assez diversifiée, pour participer à la fourniture alimentaire, énergétique, et en fertilisants (plantains, oléagineux, légumineuses) (Nambena, 2004).

Dans le but de faire face non seulement au changement climatique mais aussi à la surpopulation, on attendrait donc un renforcement de la gestion forestière communautaire, justifiée et éventuellement financée par des services environnementaux locaux, régionaux et globaux, jointe à un *tavy* maintenu mais amélioré autant que possible (rendement et limitation du feu), à une intensification du riz de bas-fonds, et à la diversification des moyens de subsistance (nouveaux produits et activités).

## Remerciements

Cette recherche a été conduite à travers les programmes GEREM (CNRE-IRD) et SERENA (IRD-CIRAD-CEMAGREF). Il a bénéficié d'une aide de l'Agence Nationale de la Recherche (programme SYSTERRA). Il a été réalisé par l'UMR GRED (IRD-Université Montpellier 3).

## Références

- Adger W.N., 2006.** Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 : 268–281
- Alizany N., Albrecht A., Rabeharisoa L., Ramanantsialonina S., Androrazaka V., 2010.** Vulnérabilité des rizières entourant le village d'Amparhimpony (Com. Ambatosorotra, Rég. Alaotra-Mangoro) vis-à-vis du retard de la première pluie et des poches de sécheresse, projet ACCA Madagascar, CRDI-ESSA-LRI-IRD, 37 p.
- Bailly, C., Benoit de Cognac, Malvos, C., Ningre J.M, Sarrailh J. M., 1976.** Etude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar. Expérimentation en bassins versants élémentaires. Cahiers scientifiques. *Revue Bois et forêts des tropiques*, n°4, Nogent sur Marne, CTFT, 114 p.
- Battistini R., 1965.** Notes de reconnaissance sur quelques types de paysages agraires traditionnels du Sud et du Sud-Est de Madagascar. In *Madagascar, Revue de Géographie*, 6, jan-juin 1965: 115
- Blanc-Pamard C., Milleville P., 1985.** Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire, In "A travers champs Agronomes et Géographes". Paris, Orstom: 101-138.
- Blanc-Pamard C., Rakoto-Ramiantsoa H., 2006.** Les pratiques paysannes de gestion de l'érosion sur les Hautes Terres Centrales. In: Actes des journées scientifiques régionales du réseau Erosion et GCES, Antananarivo, AUF:168- 178.
- Brand J., 1997.** Impact des cyclones, *Cahier Terre Tany* n°6, Antananarivo-Berne, FOFIFA – GDE / GIUB: 19 – 33
- Brand J., Rakotovoao W., 1997.** Dégradation des sols, *Cahier Terre Tany* n°6, Antananarivo-Berne, FOFIFA – GDE / GIUB: 19 – 33
- Brown, C.W., Keeling C.D., 1965.** The concentration of atmospheric carbon dioxide in Antarctica. *Journal of geophysical research*, 70, 24 : 6077-6085.
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioic A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K, Kwon W.-T., Laprise R., Rueda V.M., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. and Whetton P., 2007.** Regional Climate Projections. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- CRDI, 2008.** Rapport annuel 2007-2008 du programme ACCA. Renforcer les capacités d'adaptation aux changements climatiques en Afrique. 37 p
- Daily, G.C. (ed.), 1997.** Nature's services : societal dependence on natural ecosystems. Washington D.C., Island Press.
- Delenne M., Pelletier F., Bied-Charreton M., Bonvallet J., Dandoy G., Hugot B., Peltre P., Pomart E., Portais M., Raison J.P., Randrianarisoa J., Galice P., 1980.** Conditions géographiques de la mise en valeur agricole de Madagascar: thème 1: potentiel des unités physiques »: feuille Sud. Paris, ORSTOM.
- Fairhead J., Leach M., 1998.** Reframing Deforestation, Global Analyses and Local Realities; *Studies in West Africa.* Routledge, London.
- FAO, 2006.** "World reference base for soil resources 2006". *World soil resources reports* 103, 128p + annexes.
- Forsyth, T., 2003.** "Science, myth and knowledge : testing Himalayan environmental degradation in Thailand". *Geoforum*, 27, 3 : 375-392.

- Friedberg C., 1992.** « Représentations, classifications: comment l'homme pense ses rapports au milieu naturel » In: Jollivet M (ed.) Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières: 357-391
- Green G.M., Sussman R.W., 1990.** "Deforestation history of the Eastern Rainforest of Madagascar from satellite Images". *Science* 248: 212 – 215.
- Hannah L., Dave R., Lowry P.P., Andelman S., Andrianarisata M., Andriamaro L., Cameron A., Hijmans R., Kremen C., MacKinnon J., Randrianasolo H.H, Andriambololonera S., Razafimpahanana A., Randriamahazo H., Randrianarisoa J., Razafinjatovo P., Raxworthy C., Schatz G.E., Tadross M., Wilme L., 2008.** Climate change adaptation for conservation in Madagascar. *Biol. Lett.* 4 : 590–594
- Hewitson B.C., Crane R.G., 2006.** Consensus between GCM climate change projections with empirical downscaling: precipitation downscaling over South Africa, *Int. J. Climatol.* 26 : 1315–1337.
- IPCC, 2001.** Climate Change. Third assessment. Synthesis report.
- IPCC, 2007.** Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kottak C.P., 1971.** Cultural adaptation, kinship, and descent in Madagascar". *Southwestern Journal of Anthropology*, 27, 2: 129-147.
- Le Bourdier F. 1974.** Hommes et paysage du riz à Madagascar, Antananarivo, FTM, 468 p.
- Linton R., 1933.** The Tanala, a hill tribe of Madagascar, Chicago, Field Museum of Natural History, bull 317, Anthropol. Series, vol. 22.
- Malvos C., Sarraïlh J.M., Bailly C., Rakotomanana J.L., 1976.** « Etude de la susceptibilité à l'érosion des sols de Madagascar. Expérimentations en parcelles élémentaires ». Antananarivo, CTFT, Centre national de la recherche appliquée au développement rural. 37 p.
- MEA, 2005.** *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*, Millennium Ecosystem Assessment, New York, Island Press.
- Milleville, P., 1987.** Recherches sur les pratiques des agriculteurs. *Les Cahiers de la Recherche-Développement*, n°16: 3-6
- Mitchell, T. D., Carter T.R., Jones P.D., Hulme M. and New M., 2004.** A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). Norwich, UK, Tyndall centre for climate change research.
- Mortimer M., Adams W., 2001.** Farmer adaptation, change, and "crisis" in the Sahel. *Global Environmental Change* 11:49-57
- Nambena J., 2004.** Analyse de la subsistance paysanne dans un système de production en crise et identification participative de stratégies durables d'adaptation. Cas de Beforona, versant oriental de Madagascar, Thèse. Université Heidelberg, 236 p.
- Olsson L., Eklundh L., Ardo J., 2005.** A recent greening of the Sahel-trends, patterns and potential causes *Journal of Arid Environments* 63 : 556–566
- Pfund J.L., 2000.** Culture sur brûlis et gestion des ressources naturelles: Evolution et perspectives de 3 terroirs ruraux du versant Est de Madagascar. Thèse de doctorat en Sciences Naturelles, Ecole polytechnique de Zurich et de Lausanne, 262 p.
- Rabearimanana L., 1988.** Le paysan de l'Est de Madagascar. Du tavy à la riziculture irriguée, une mutation tardive. *Omalysy Anio*, 27: 75-91.
- Rabefitia Z., Randriamarolaza L.Y., Rakotondrafara M.L., Tadross M., Ki Yip, Z., 2008.** Le changement climatologique à Madagascar. Direction Générale de la Météorologie, 32 p.
- Raharinjanahary H., Alizany N., Ranaivonasy J., Rakotondravelo J.C., Rabarijaona R., Rabeharisoa L., Ramparany M., Tiani A.M., 2010.** Recherche-action participative et dynamisme des agriculteurs face aux changements climatiques: cas de la région Analanjirofo (Est de Madagascar), CRDI-ESSA-LRI-IRD, 32p.
- Rakotonirina A., 2006.** Diagnostic du risque érosif en pays Tanala: Cas des villages d'Ambalavero et d'Ambodivanana (Commune rurale de Tolongoïna - Fianarantsoa). Mémoire de fin d'études, ESSA, Université d'Antananarivo, 91p. + annexes.
- Rakoto-Ramiantsoa H., 1995.** « Chair de la terre, oeil de l'eau. Paysanneries et recompositions de campagne en Imerina (Madagascar) », Paris, IRD, Coll. A travers champs.
- Rakotoson D.J., Rakotonirina L.A., Serpantié G., 2010.** Mobilizing farmers' knowledge of the soil. In: Landa E.R. (ed.), Feller Christian (ed.), Descola P. (préf.) Soil and culture. Dordrecht: Springer, p. 287-309.
- Randriamalala R.J., Serpantié G., Carrière S.M., 2007.** Influence des pratiques culturelles et du milieu sur la diversité des jachères d'origine forestière (Hautes Terres, Madagascar) ». *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 62: 169-189.
- Raunet M., 1997.** Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matière de conservation des sols à Madagascar: solutions techniques de lutte contre l'érosion, volume III. Antananarivo, CIRAD – FOFIFA – ANAE, 460 p, CD-ROM 2005.
- Riquier, J., 1968.** Carte pédologique de Madagascar au 1/1000000, Antananarivo, Bondy, ORSTOM.

- Rossi G., 1979.** L'érosion à Madagascar: l'importance des facteurs humains,. *Cahiers d'Outre mer*, 128, 355-370.
- Rossi G., 1998.** « Une relecture de l'érosion en milieu tropical ». *Annales de Géographie*, 107, 601 : 318-329.
- Ruthenberg H., 1971.** (3ème Ed.1980), "Farming systems in the tropics". Oxford, Oxford Science Publications, 424 p.
- Saralea J., 2010.** Les filières agricoles victimes du réchauffement planétaire *L'Express de Madagascar* 12-29-N° 4804
- Scoones I, 1998.** Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis IDS Working Paper 72, Institute of Development Studies
- Serpantié G., Rakotonirina A., Carrière S., Rakotondramanana M. & Ramarorazana B, 2007b.** « Origines climatique et humaine des couloirs forestiers malgaches ». In G. Serpantié, Rasolofoharinoro, S. Carrière (eds) Transitions agraires, dynamique écologiques et conservation. Le « corridor » Ranomafana-Andringitra Antananarivo, CITE-IRD: 27-39
- Serpantié G., Ramiarantsoa M., Rakotondramanana M., Toillier A., 2007c.** Intensifier la riziculture autour du corridor Ranomafana-Andringitra: L'offre technique est-elle adaptée à la diversité des situations et des ménages ? » In G. Serpantié, Rasolofoharinoro, S. Carrière (eds) Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation. Le « corridor » Ranomafana-Andringitra, Antananarivo, CITE-IRD: 213-224
- Serpantié G., Rasolofoharinoro, Carrière S., (Eds sc.) 2007a.** Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation. Le « corridor » Ranomafana Andringitra, Madagascar. Actes du séminaire GEREM, Antananarivo, 9-10 novembre 2006. IRD-CITE Ed. Paris, Antananarivo, 278p. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers09-03/010042175.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010042175.pdf)
- Tadross M., Randriamarolaza L., Rabefitia Z., Zheng K.Y., 2008.** Climate change in Madagascar; recent past and future, Washington, DC, World Bank. pp.18.
- USAID, 2008.** Impacts of climate change on rural livelihoods in Madagascar and the potential for adaptation. International Resources Group., 67p
- Wells N.A., Andriamihaja B.R., 1997.** Extreme gully erosion in Madagascar and its natural and anthropogenic causes" In: Goodman SM & Patterson BD (eds) Natural change and human impact in Madagascar, Washington, London, Smithsonian Institution Press: 44 -74.
- Wilmé L., Goodman S.M., Ganzhorn, J.U., 2006.** Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. *Science* 312 : 1063–1065.
- Wright, P., 2007.** Considering climate change effects in lemur ecology and conservation. In Lemurs, ecology and adaptation (eds L. Gould & M. Sauther), pp.385–401. New York, NY: Springer.



Ambassade de France en Haïti

# Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles

Editeurs scientifiques

Eric ROOSE, Hervé DUCHAUFOUR et Georges DE NONI

avec le soutien de

l'Université d'État d'Haïti

l'Université de Quisqueya

le SCAC de l'Ambassade de France en Haïti

l'Institut de recherche pour le développement (IRD)

IRD EDITIONS

Marseille, 2012

© IRD, 2012

ISBN : 978-2-7099-1728-5