

Perception paysanne des facteurs d'utilisation des terres. Cas des paysages des forêts humides du nord-est de Madagascar

Nantenaina Ramboatiana^{1,2,*}, Zo Rabemananjara³, Clovis Grinand², Herintsitohaina Razakamanarivo¹, Samuel Razanaka⁴, Alain Albrecht⁵, Tantely Razafimbelo¹

Résumé

L'utilisation des terres et le changement de couverture terrestre ou *Land use and land cover changes* (LULCC) contribuent de manière importante au changement climatique. Cependant, ces LULCC sont étroitement liés à la sécurisation alimentaire de la population locale. Pour comprendre les liens sous-jacents de l'utilisation et la gestion des terres sur la couverture terrestre, la présente étude a pour objectif d'identifier et de hiérarchiser les indicateurs d'utilisation des terres tels qu'ils sont perçus par les paysans. Ainsi, 122 ménages ont été enquêtés dans trois communes rurales de la partie nord-est de Madagascar, à l'aide de questionnaires à questions ouvertes. Les indicateurs obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive simple. Les résultats montrent que les indicateurs socio-économiques, principalement l'insuffisance des terres agricoles (56%) pousse les paysans à défricher des forêts primaires. Les indicateurs biophysiques : position au versant (95%) et pente (87%) orientent les paysans sur le choix des types de culture. Les indicateurs pédologiques et floristiques : présence de turricule des vers de terre (99%) et espèces indicatrices (59%) conditionnent le choix de l'itinéraire technique agricole. Les facteurs de LULCC et de gestion des terres peuvent être déduits de ces indicateurs. Ce sont alors des critères de modélisation des LULCC et des critères indispensables de l'aménagement du paysage forestier.

Mots clés : changement climatique, déforestation, forêt tropicale humide, indicateurs paysans, LULCC, Madagascar

Abstract

Land use and land cover changes (LULCC) contribute significantly to climate change. These LULCC are linked to the food security and livelihood of the local population. To understand the underlying links between land use and management to land cover, the aim of this study is to identify and prioritize land use indicators as perceived by farmers. To do this, 122 households were surveyed in three rural communes in the northeastern part of Madagascar, using open-ended questionnaire. Descriptive statistics analysis was applied to the indicators. The results show that socio-economic indicators, mainly insufficient of farming land (56%), force farmers to clear primary forests and prioritize food crops (87%) against cash crops. Biophysical indicators such as position on the slope (95%) and slope (87%), lead the farmers on the choice of culture types. Soil and vegetation indicators: presence of worm castings (99%), soil moisture (85%) and weeds (59%) are used by farmers to identify the technical agricultural itinerary. LULCC and land management factors can be deduced from these indicators. Also, these are criteria for LULCC modeling and essential criteria for forest landscape management.

Keywords: climate change, deforestation, tropical rainforest, farmers indicators, LULCC, Madagascar

¹ Laboratoire des Radioisotopes, Université d'Antananarivo, BP 3383, Route d'Andraisoro, 101 Antananarivo, Madagascar

² ETC Terra - Madagascar, Lot VE 26 L, Ambanidia, 101 Antananarivo, Madagascar

³ Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Mention Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, BP 175, Antananarivo 101, Madagascar

⁴ Centre National de Recherches sur l'Environnement, 39 rue Rasamimanana Fiadanana, BP 1739 Antananarivo 101 MADAGASCAR

⁵ Institut de Recherche pour le Développement Unité Mixte de Recherche Eco&Sols « Ecologie Fonctionnelle & Biogéochimie des Sols & Agro-Ecosystèmes », AIDA, Station Ligne Paradis, 7, Chemin de l'IRAT, 97410 Saint-Pierre, La Réunion

*Auteur correspondant : nramboatiana@gmail.com

Svp citer cet article comme suit : Ramboatiana N. et al., 2018. Perception paysanne des facteurs d'utilisation des terres. Cas des paysages des forêts humides du nord-est de Madagascar. *Akon'ny Ala* 34 : 03-12.

1. Introduction

L'utilisation des terres et le changement de couverture terrestre ou *Land Use and Land Cover Changes* (LULCC) sont reconnus comme étant les principaux facteurs anthropiques du changement climatique (Feddema et al., 2005, Van der Werf et Peterson, 2009; Foley et al., 2011). Ainsi, les décideurs sont confrontés au défi majeur de répondre aux demandes mondiales croissantes de produits alimentaires (Godfray et al., 2010) tout en réduisant les émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) liées à l'expansion ou à l'intensification de l'agriculture. D'où la genèse du mécanisme de réduction des émissions issues de la déforestation et de la dégradation des forêts (REDD+). Il vise à réduire les émissions anthropiques de GES issues de la déforestation en utilisant des incitations financières pour maintenir ou augmenter la superficie forestière (Lubowski et Rose, 2013). Il existe aujourd'hui de nombreuses autres initiatives ou mécanismes qui visent à réduire l'impact climatique des LULCC tout en apportant des solutions pour améliorer les conditions de vie de la population locale. Cependant, à l'échelle des paysages, il existe peu de connaissances sur les stratégies paysannes concernant leurs décisions de défrichement et d'expansion des terres agricoles.

Dans les forêts tropicales humides du nord-est de Madagascar, où le système agricole est essentiellement basé sur l'abattis-brulis ou *tavy*, les LULCC sont caractérisés par la déforestation et la gestion des recrûs forestiers post-déforestation. Ces LULCC qui sont liés à la gestion de la fertilité du sol, la sécurité alimentaire et la subsistance de la population locale, y sont les principaux facteurs de déforestation (Marcus, 2001; Styger et al., 2007 ; Gorenflo et al. 2011). A part la conversion des forêts en rizière (riz pluviale), les terres forestières sont aussi utilisées pour les cultures de rente. Celles-ci concernent le café (*Coffea robusta*) et la vanille (*Vanilla spp.*) (Rabetaliana et al., 2003). De ce fait, cette région est marquée par des taux élevés de déforestation, pour le corridor forestier : Marojejy-Tsaratana (COMATSA), le taux de déforestation annuel est de 0,77 % entre 2000 – 2005, et de 0,86 % entre 2005 – 2010 (Grinand et al., 2013).

Pour façonner des stratégies efficaces de conservation des ressources forestières, les gestionnaires de projet REDD+ doivent comprendre les liens sous-jacents entre les LULCC et les processus de déforestation (Kates et al., 2001). De nombreuses études ont porté sur les modes de changement d'utilisation des terres afin de décrire et de comprendre les LULCC et ont essayé d'identifier les facteurs d'influence par lesquels les terres sont transformées à l'aide d'enquêtes socio-économiques, de système d'information géographique (SIG) et de modélisation spatiale (Koomen et al., 2007). Cependant, beaucoup de ces modèles

statistiques ne peuvent capter toute la complexité des systèmes humains, environnementaux ainsi que leurs interactions (Berger, 2001) et utilisent souvent des proxys simples (proximité à la route, proximité à la forêt, etc.). La modélisation des LULCC à l'échelle des paysages est un outil important pour fournir une description exhaustive (cartographie) et compréhensible (modèle relationnel) des LULCC futures et probables afin d'aider et alerter les décideurs. Cela nécessite une compréhension fine du processus de gestion des terres par les paysans dans ce paysage et de le conceptualiser. L'objectif de cet article est d'identifier et de hiérarchiser les indicateurs d'utilisation des terres tels qu'ils sont perçus par les paysans dans les paysages de la partie nord-est de Madagascar. La finalité de cette recherche est de concevoir un modèle de changement d'utilisation des terres qui peut traduire de manière plus précise les règles de prises de décisions des paysans quant à leur utilisation des terres.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans trois communes rurales (Doany, Bevonotra et Amboriala) de la zone périphérique de la Nouvelle Aire Protégée (NAP) appelée corridor forestier Marojejy – Tsaratana (COMATSA). Parmi les communes incluses dans la NAP COMATSA, ces trois communes ont été sélectionnées sur la base de l'importance de la déforestation et le changement de l'utilisation des terres (Grinand et al., 2013). Le corridor se trouve dans la partie nord-est de Madagascar et s'étend sur une surface de 195 000 ha (Figure 1). La région est soumise à un climat de type tropical humide caractérisé par une alternance d'une saison fraîche et sèche de mai en novembre et d'une saison chaude et humide à partir de décembre (CREAM, 2013). La base de données de WorldClim (Hijmans et al., 2005) informe que la température moyenne annuelle dans le corridor est de 11 °C en saison fraîche et de 23 °C en saison chaude tandis que la précipitation moyenne annuelle est de 1444 à 1983 mm. L'altitude varie de 400 à 2400 m, et la zone est caractérisée par une succession de collines et de montagnes avec une pente variant de 6 à 45°. La classification des formations végétales proposée par Koehlin (1972), révisée et publiée par Messmer et al. (2000) permettent d'identifier les différentes formations végétales naturelles du site d'étude : (i) forêt dense humide de montagne (800 – 1800 m d'altitude), (ii) forêt dense sclérophylle de montagne (1800 – 2000 m d'altitude) et (iii) fourré de montagne au-dessus de 2000 m d'altitude. Sur le plan socio-économique, près de 44 300 habitants vivent et cultivent la terre au pourtour immédiat de la nouvelle aire protégée (CREAM, 2013). La densité de la population est très faible ~8,65 hab/km² par rapport à la moyenne nationale de 33,4 hab/km² (Vieilledent et

al., 2013). La population est essentiellement composée de l'ethnie *Tsimihety* à (90% de la population). Enfin, on y compte des ressortissants chinois et indopakistanaïes. Les principales activités économiques sont l'agriculture, dont la riziculture ainsi que les cultures de rente (vanillier, caféier) et l'élevage, notamment bovin, et l'aviculture.

2.2. Collecte des données

Les données utilisées durant la présente étude ont été collectées principalement à travers des enquêtes par questionnaire réalisé entre septembre et novembre 2015. Une première version du questionnaire a été testée dans la commune de Doany, ce qui a entraîné la reformulation et la modification de certaines questions et terminologies utilisées. Le questionnaire a ensuite été traduit suivant le dialecte local. Et, il a été élaboré de sorte que la durée de l'enquête ne dépasse pas les 30 minutes et que l'ordre des questions évite le va-et-vient sur une question (Ketele et Roegiers, 1993 ; FAO, 1997). Par la suite, les enquêtes ont été réalisées auprès de 122 ménages

sélectionnés au hasard dans les trois communes d'intervention. L'unité d'échantillonnage était le ménage avec (i) le chef du ménage ou (ii) la personne qui prend les décisions de gestion des terres en tant que répondant. Le questionnaire comprenait des questions ouvertes concernant les indicateurs de choix d'utilisation des terres par les paysans, à savoir : (i) les indicateurs de déforestation (accès à la terre, expansion des terres agricoles ou gestion de la fertilité du sol), (ii) les indicateurs utilisés sur la gestion des recrûs forestiers (mise en culture, mise en jachère ou conversion en pâturage) et (iii) les indicateurs utilisés dans le choix du type de culture à cultiver sur une parcelle (culture vivrière ou culture de rente). En effet, afin de pouvoir hiérarchiser les indicateurs utilisés par les paysans et de ne pas orienter la réponse des enquêtés, des questions ouvertes ont été utilisées. Les lacunes dans les données ont été regroupées par examen quotidien des questionnaires remplis. Trois entretiens de groupe (un pour chaque commune) et 13 entretiens individuels ont été menés pour aider à combler ces lacunes.

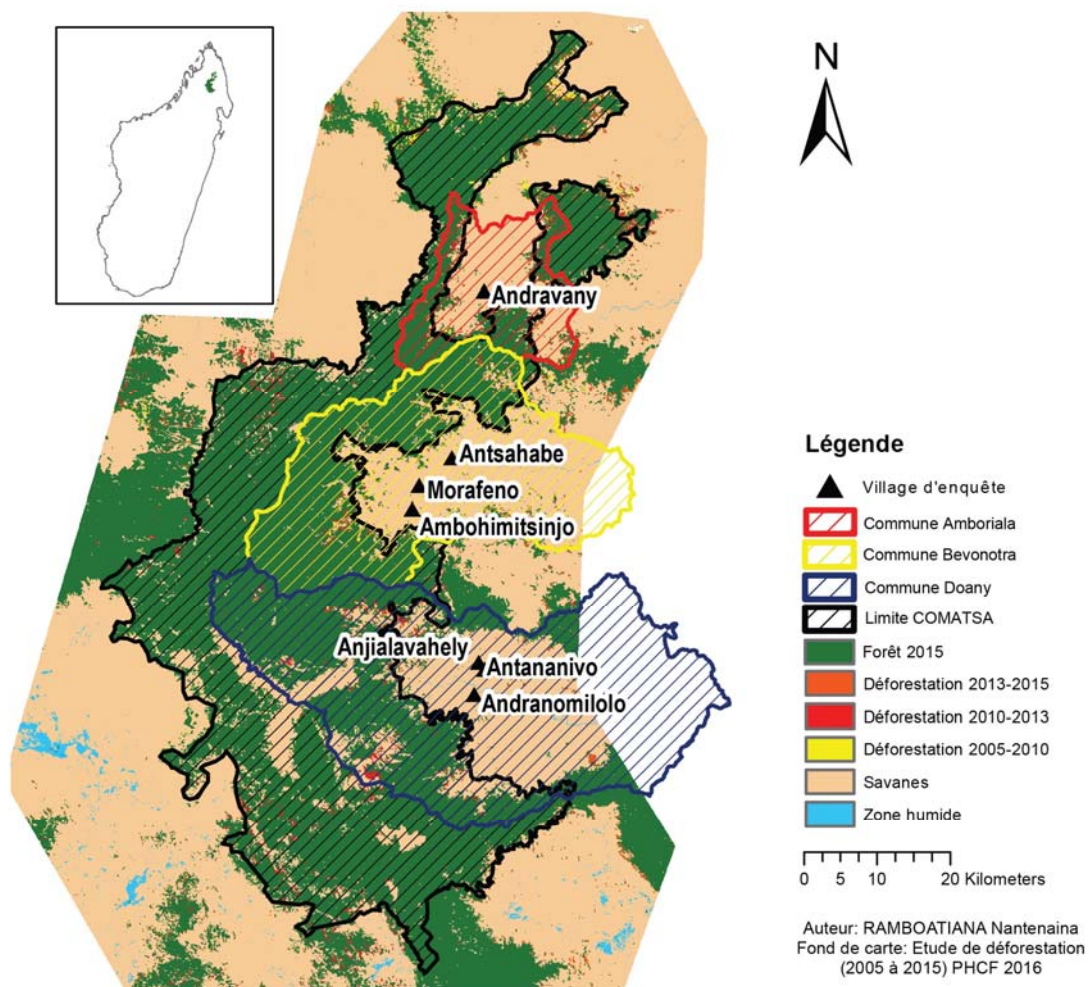


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et des villages d'enquêtes

2.3. Traitements des données

La première étape du dépouillement des données a été la structuration des informations. En effet, trois niveaux d'information ont été donnés par les paysans : i) la modalité des indicateurs de choix de l'utilisation des terres, ii) l'indicateur de choix de l'utilisation des terres et enfin iii) le type d'indicateur de choix de l'utilisation des terres. Les informations directement tirées des réponses des paysans sont les modalités des indicateurs, par exemple, pour répondre à la question : « Quels sont les indicateurs d'une parcelle prête à être mise en culture ? », les réponses des paysans peuvent être les modalités suivantes : « sol noir », « abondance de turricule », « dominance d'*Harungana madagascariensis* » et « dans un bas-fond ». À partir de ces modalités les indicateurs d'utilisation des terres ont été déduits, par exemple : « couleur du sol », « turricule de vers de terre », « espèce indicatrice » et « position par rapport au versant ». Et les indicateurs d'utilisation des terres ont été ensuite groupés en types d'indicateur, à savoir : « indicateur pédologique », « indicateur floristique », « indicateur biophysique » et/ou « indicateur socio-économique ». Chaque indicateur et ses modalités ont par la suite, fait l'objet d'une analyse descriptive des proportions simples à l'aide du logiciel R (version 3.4.0). Du fait de l'utilisation d'un questionnaire à questions ouvertes, les réponses sont multiples et ont été regroupées en des modalités homogènes. L'importance d'un indicateur et celle de ses modalités sont ensuite évaluées par rapport aux fréquences de leurs citations par les paysans, ceux qui sont cités les plus fréquemment sont les plus importants. Enfin, la hiérarchisation des indicateurs, selon leur importance, a été faite à travers la construction d'un arbre de décision. Les graphes et les figures ont ensuite été construits dans le logiciel Adobe Illustrator cs6.

3. Résultats

3.1. Facteurs de déforestation de forêt primaire

Le premier changement de couverture terrestre rencontré dans la zone d'étude est la conversion de la forêt naturelle en parcelle de culture. Les indicateurs de déforestation utilisés par les paysans sont principalement d'ordre foncier à savoir, le souhait d'acquérir de nouvelles terres agricoles (56 %) et la saturation des bas-fonds aménageables en rizière (43 %). La majorité des enquêtés (70 %) affirment que la première défriche (défriche brulis de forêt primaire) est destinée à la culture vivrière principalement le riz et non à la culture de rente (vanille et café). L'enclavement et l'éloignement des marchés obligent les paysans à prioriser la culture du riz pour l'autoconsommation avant les cultures de rente qui sont les principales sources de revenu des ménages. Ce sont, ensuite les critères biophysiques qui orientent

les choix de l'emplacement des parcelles à défricher. En effet, avec un relief dominé par une succession de montagnes et de collines, les paysans (87 %) préfèrent défricher sur les zones de collines et bas de pente. Cette préférence est justifiée principalement par la productivité des sols (34 %), la facilité d'aménagement (9 %), l'accessibilité en eau (7 %) et la proximité par rapport au village (7 %).

3.2. Facteurs de gestion des recrûs forestiers

La gestion des recrûs forestiers, c'est-à-dire des forêts secondaires ainsi que les vieilles ou jeunes jachères, est aussi responsable du changement de couverture terrestre dans les zones périphériques de la NAP COMATSA. La gestion d'un recrû forestier consiste à l'utiliser pour : (i) le *tavy*, c'est-à-dire une rotation/succession de culture vivrière/jachère (abandon temporaire de la parcelle afin de restaurer la fertilité du sol) et/ou pâturage (abandon définitif de la parcelle et brûlis annuel avant la période de pluie) ou (ii) de le transformer en parcelle permanente de culture de rente (Vanillier ou Caféier). Pour 70% des cas, le paysan priorise le *tavy*. Cependant, la décision de convertir sa jachère en culture de rente reste possible à condition que le ménage ait plusieurs terres disponibles (87 %) et que le prix des produits sur le marché augmente (14 %). Après ce choix, conversion d'un recrû en *tavy* ou en culture de rente, les indicateurs utilisés par les paysans pour chaque cas sont décrits ci-dessous.

3.2.1. Cas d'une conversion en *tavy*

Le choix de mettre en jachère, de cultiver ou de convertir la parcelle en pâturage dépend principalement des caractéristiques floristiques et pédologiques de la parcelle. Au total, 3 indicateurs floristiques et 5 indicateurs pédologiques ont été cités par les paysans. Les modalités des indicateurs pédologiques ont été plus citées que celles des modalités des indicateurs floristiques (Fig. 2). Il n'y a pas de différence sur les modalités utilisées sur le choix de la mise en jachère et de la conversion en pâturage. Dans la Fig. 2, les modalités utilisées pour ces deux choix sont toutes les mêmes sauf pour l'espèce floristique dominante sur la parcelle. Après chaque récolte, le choix du paysan est de recultiver ou de laisser la parcelle en jachère. La mise en pâturage n'est pas un choix de gestion, mais la conséquence des gestions antérieures. Ainsi, le choix de mettre une parcelle en culture ou non dépend essentiellement de : la présence de turricule (91%), l'humidité du sol (85%), la densité du sol (84%), la couleur du sol (81%), la structure du sol (77%), la strate dominante de végétation (69%) et l'état de la végétation (68%). Ensuite, c'est par rapport à l'espèce floristique dominante (59%) sur place que le paysan décide sur la durée de l'abandon (Tab. 1). Par exemple, si la parcelle

est envahie par *Arthropteris orientalis* (42%), le paysan va l'abandonner et la convertir en pâturage ; sinon la régénération de la végétation en jachère arborée ou arbustive est encore possible.

3.2.2. Cas d'une conversion en culture de rente

Les cultures de rente rencontrées dans la zone d'étude, principalement la culture de vanillier et de caféier, sont des exploitations familiales de petites surfaces. Nécessitant de l'ombrage, ces cultures sont réalisées sur des jachères âgées d'environ 4 ans. Le choix de la spéculation est en fonction des paramètres biophysiques des parcelles. Nos résultats montrent que le vanillier est plus productif sur une parcelle en

mi-versant (58%), en haute altitude (60%) et sur une pente moyenne (66%). Tandis que le caféier est mieux en bas-fond (92%), basse altitude (79%) et sur pente faible (73%). Les indicateurs pédologiques sont utilisés, mais ne déterminent pas le choix car les modalités utilisées pour les deux cas sont les mêmes (Fig. 3). Deux autres indicateurs qui n'ont pas été fréquemment cités par les paysans, mais sont déterminant sur le choix de la spéculation sont : l'exposition de la parcelle au soleil (18%) et la proximité d'une rivière (13%). Le vanillier ne tolère pas l'exposition au rayon du soleil et le caféier demande de l'eau et est mieux approvisionné à proximité d'une rivière.

Tab. 1. Liste des espèces indicatrices et la décision sur la gestion de la parcelle

Décision paysanne	Espèce indicatrice (Nom vernaculaire)	Espèce indicatrice (Nom scientifique)	Fréquence (%)
Convertir en pâturage	Ohotro	<i>Arthropteris orientalis</i>	41
	Manevika	<i>Imperata cylindrica</i>	39
	Bozaka	<i>Aristida similis</i>	26
	Antsanjy	<i>Neyraudia madagascariensis</i>	15
	Harongana	<i>Harungana madagascariensis</i>	39
Mettre en culture	Angezoka	<i>Trema orientalis</i>	34
	Radriaka	<i>Lantana camara</i>	24
	Longoza	<i>Aframomum angustifolium</i>	21
Mettre en jachère	Angivibe	<i>Solanum indicum</i>	12
	Dingadingana	<i>Psiadia altissima</i>	11

1.1. Hiérarchisation des indicateurs

Les changements de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre dans la zone d'étude sont influencés par le choix de gestion des terres des paysans. Et, ces choix sont guidés par des indicateurs qui sont hiérarchisés et résumés dans l'arbre de décision (Fig. 4). Ainsi, les indicateurs socio-économiques influencent en premier lieu les décisions des paysans sur la gestion des terres. L'insuffisance des terres agricoles, essentiellement causée par la saturation des bas-fonds aménageables en rizière (riz irrigué) et de la diminution de la productivité des terres à disposition, pousse les paysans à défricher de nouvelles terres forestières (56%). Cette lutte pour la sécurité alimentaire incite les paysans à prioriser les cultures vivrières (87 %) face aux cultures de rente. En effet, les paysans décident de s'orienter vers les cultures de rente (vanillier et caféier) seulement dans le cas où le ménage a encore des réserves de recrûs

forestiers (86 %) et que les prix des cultures de rente sont élevés (14 %). Dans ce cas, les indicateurs biophysiques orientent les paysans sur le choix des types de spéculation. Effectivement, le vanillier et le caféier ont leurs besoins biophysiques spécifiques. Et finalement, les indicateurs pédologiques et floristiques caractérisant la parcelle conditionnent le choix de l'itinéraire technique de la gestion d'une parcelle de *tavy* (mise en culture, mise en jachère ou conversion en pâturage). Ainsi il peut être déduit que : (i) les indicateurs socio-économiques influencent en premier lieu les décisions des paysans sur la gestion de la couverture terrestre (forêt à non-forêt) et le choix du type de culture (culture vivrière ou culture de rente) ; (ii) les indicateurs biophysiques orientent les paysans sur le choix des types de spéculation (rizière, vanillier ou caféier) et (iii) les indicateurs pédologiques et floristiques conditionnent le choix de l'itinéraire technique de la gestion d'une parcelle de *tavy*.

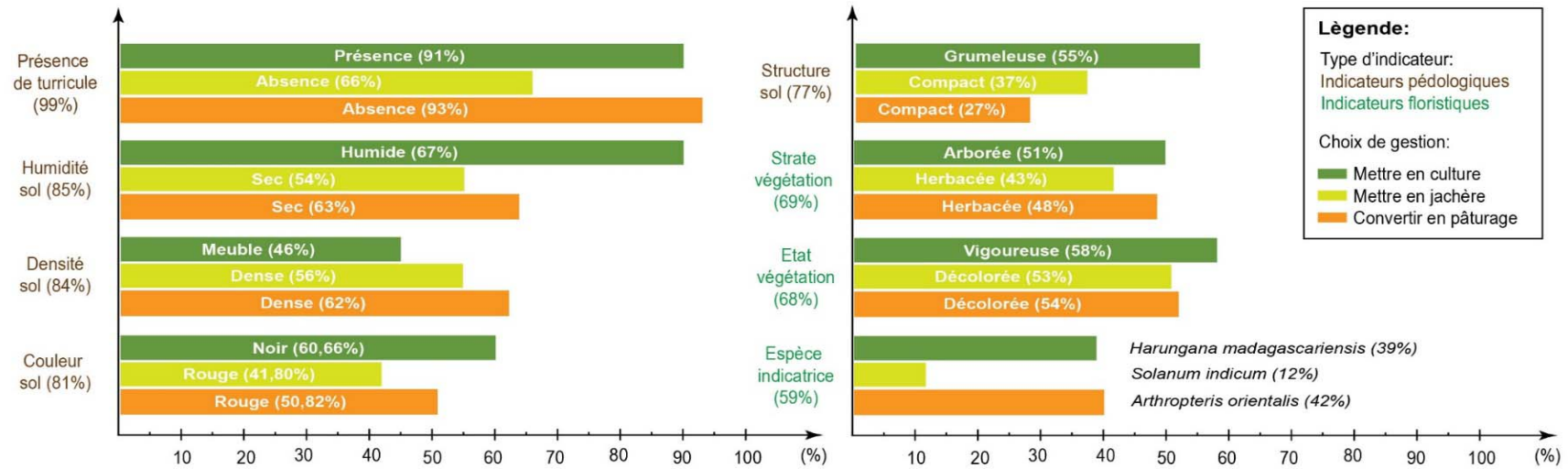


Fig. 2. Indicateurs et modalités des indicateurs utilisés pour la conversion d'une parcelle en tavy

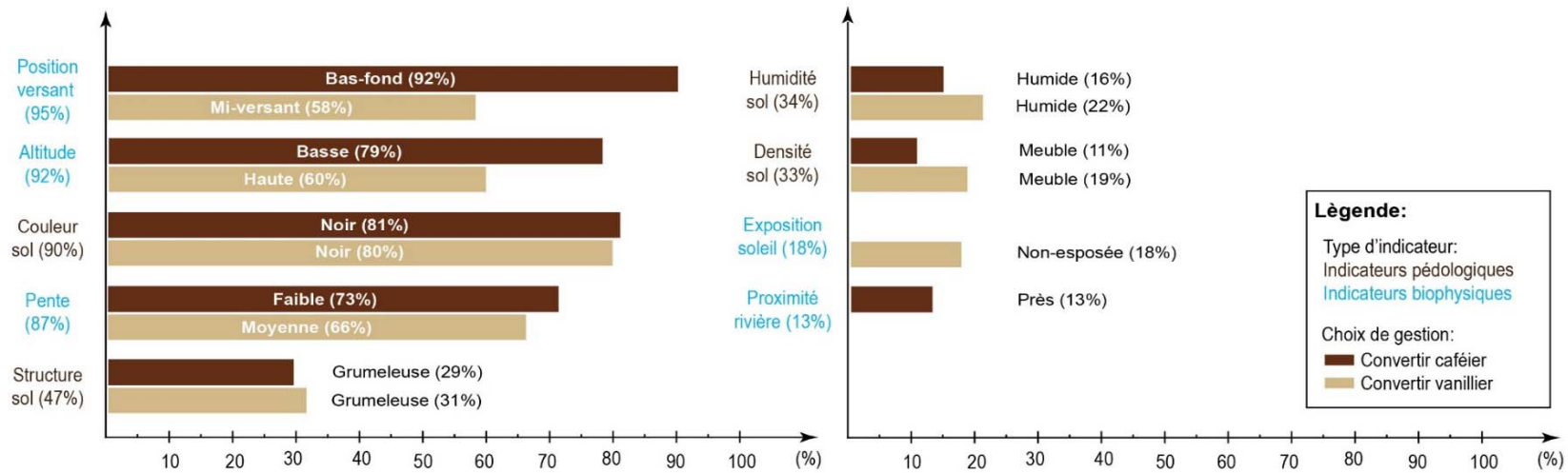


Fig. 3. Indicateurs et modalités des indicateurs utilisés pour la conversion d'une parcelle en culture de rente

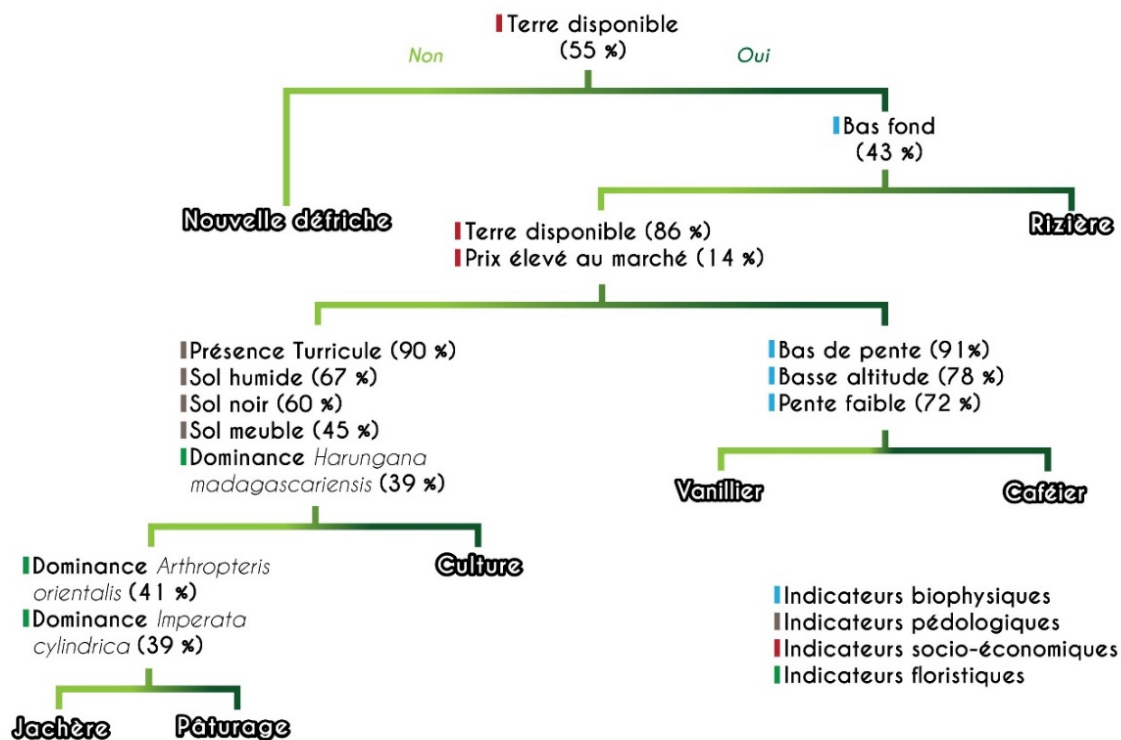


Fig. 3. Hiérarchisation des indicateurs utilisés par les paysans conduisant aux différentes couvertures terrestres

2. Discussion

2.1. Importance des savoirs locaux

Généralement, les indicateurs utilisés par les paysans sont surtout des critères ou caractéristiques qu'ils peuvent voir et comparer visuellement d'une parcelle à une autre. Les indicateurs identifiés dans la présente étude coïncident avec ceux mentionnés par les paysans dans d'autres études similaires, à savoir: la couleur du sol, la facilité du travail du sol, la capacité de rétention d'eau du sol, la présence de turricule des vers de terre, la présence de la macrofaune du sol, la présence de mauvaises herbes indicatrices et le niveau de symptômes de déficit sur les feuilles (Murage et *al.*, 2000 ; Desbiez et *al.*, 2004 ; Dawoe et *al.*, 2012 ; Fritz-Vietta et *al.*, 2017). Ces indicateurs sont issus des savoirs locaux et des expériences paysannes. En effet, les décisions d'utilisation des terres sont prises suivant l'interprétation des paysans du milieu environnant (Fritz-Vietta et *al.*, 2017). Le savoir en question prend la forme de compétences qui ont été développées sur de nombreuses années et qui sont transmises oralement lors des pratiques aux champs (Ohmagari et Berkes, 1997, Sillitoe, 1998). Ainsi, l'exactitude et l'efficacité de ces savoirs sont prouvées et validées par la communauté locale. Il est donc nécessaire de considérer et d'intégrer ces savoirs dans la recherche, l'élaboration et la vulgarisation de nouvelles techniques agricoles.

2.2. Facteurs de changement d'utilisation des terres et de couverture terrestre

Les facteurs socio-économiques et biophysiques conditionnent le changement d'utilisation des terres et de la couverture terrestre. En effet, l'insuffisance des terres agricoles est la principale cause directe de la conversion d'une terre forestière en terre agricole. Tandis que, les caractéristiques biophysiques du milieu (pente, altitude, ensoleillement et disponibilité en eau) ainsi que le changement du prix des produits agricoles sur le marché conditionnent le choix de l'utilisation des terres (riz irrigué sur bas-fond, culture sur abattis-brulis, ou culture de rente) (Fig. 5). Ces résultats confirment que les LULCC sont les résultats de processus complexes causés par des facteurs biophysiques et socio-économiques ainsi que leurs interactions (Global Land Project, 2005; Lantman et *al.*, 2011; De Sherbinin, 2002; Milne et *al.*, 2009; Turner et *al.*, 1999; Verburg et *al.*, 2009). L'expansion des terres agricoles est le facteur le plus cité dans les ouvrages (Geist et Lambin, 2001), mais la spécificité du cas présenté dans cette étude est la faible taille de l'exploitation agricole contrairement aux grandes exploitations industrielles des autres pays tropicaux (par exemple, l'élevage bovin en Amazonie, le palmier à huile et la production de bois en Asie du sud-est ; Boucher et *al.*, 2011). Les LULCC dans le nord-est de Madagascar sont conditionnés par les petites exploitations familiales des terres. Ainsi, afin d'obtenir

de bonnes simulations du changement futur de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre dans la zone d'étude, les modélisateurs devront adopter une approche visant à coupler les conditions socio-économiques des ménages et les facteurs biophysiques du paysage. Et la présente étude à travers l'identification et la hiérarchisation de ces facteurs, fournit des éléments indispensables pour la réalisation d'un tel projet de modélisation.

2.3. Facteurs de gestion des terres

Les résultats de cette étude indiquent aussi que la composition floristique et les propriétés pédologiques de la parcelle sont des facteurs de gestion des terres. Les propriétés floristiques et pédologiques des parcelles aident les paysans dans le choix de l'itinéraire technique (mise en culture, mise en jachère ou conversion en pâturage). Or, l'itinéraire technique influence, par la suite, les propriétés floristiques et pédologiques de la parcelle (Fig. 5). Donc, d'un côté, les caractéristiques floristiques et pédologiques d'une parcelle aident les paysans dans le choix de la gestion de la parcelle (Desbiez et *al.*, 2004 et Dawoe et *al.*, 2012). Et d'un autre côté, le changement d'utilisation

des terres influence les caractéristiques pédologiques et floristiques de la parcelle (Styger et *al.*, 2007; Raharimalala et *al.*, 2010; Gay-des-Combes et *al.*, 2017). La compréhension de cette interrelation entre les caractéristiques de la parcelle et la décision de gestion des terres va aider les décideurs et tous les acteurs de conservation dans l'élaboration de stratégie efficace d'aménagement des terres forestières. Par exemple, afin d'obtenir de bonnes qualités pédologiques (couleur noire, humide, avec une structure grumeleuse et riche en pédofaune) et de minimiser la concurrence des mauvaises herbes avec les cultures (parcelle à abondance d'espèce arborée comme *Harungana madagascariensis* et *Trema orientalis*), les paysans doivent rallonger les périodes de jachères et attendre l'apparition des indicateurs susmentionnés avant de recultiver une parcelle. Ainsi, l'aménagement du paysage ainsi que la recherche et la vulgarisation de nouvelles pratiques agricoles doivent prendre en compte ces indicateurs. Et il est impératif de savoir interpréter ces indicateurs dans l'identification du seuil de tolérance de l'écosystème à affronter le changement et à s'y adapter.

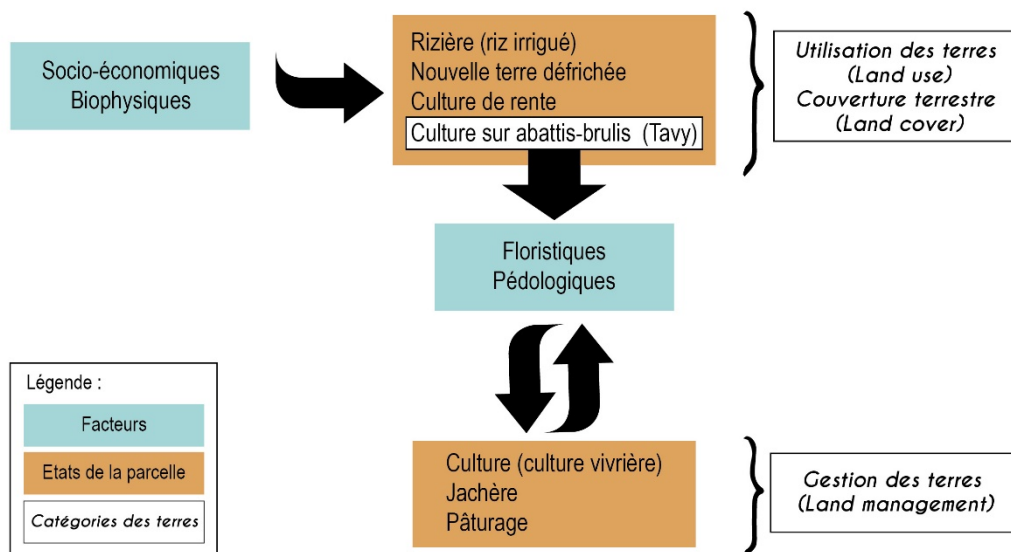


Fig. 4. Facteurs d'utilisation des terres, de changement de couverture terrestre et de gestion des terres

1. Conclusion

En conclusion, les facteurs socio-économiques liés au régime foncier de chaque ménage, dont l'acquisition de nouvelles terres agricoles et la saturation des bas-fonds aménageables en rizière conditionnent les nouvelles défriches. À cause de l'enclavement de la zone, les paysans priorisent la culture vivrière pour assurer la sécurité alimentaire et ne s'orientent vers la culture de rente que lorsqu'il y a des réserves de

terres et que le prix des produits sur le marché augmente. La localisation spatiale de la parcelle caractérisée par les indicateurs biophysiques, comme la position de la parcelle sur le versant, l'altitude et la pente, oriente les paysans dans le choix de la spéculation dans les cultures de rente. Les indicateurs pédologiques et floristiques, tels que la présence de turricule des vers de terre, l'humidité du sol, la densité du sol, l'état de la végétation et la présence d'espèce indicatrice, aident les paysans dans le choix de

l'itinéraire technique à adopter pour maintenir la fertilité du sol. La connaissance de ces facteurs va aider les gestionnaires dans l'élaboration de stratégie de développement rural et de conservation des ressources forestières. De plus, les indicateurs identifiés sont des variables importantes dans les futures tentatives de modélisation de la dynamique du changement de couverture terrestre et l'aménagement du paysage dans la zone d'étude. Une analyse spatiale de l'influence de l'évolution de ces facteurs socio-économiques et biophysiques sur le changement d'utilisation des terres et de la couverture terrestre pourra valider les dires paysans présentés dans la présente étude. Aussi, des analyses plus poussées sur les relations entre la succession de la végétation, l'évolution des propriétés physico-chimiques du sol et le changement d'utilisation des terres et de la couverture terrestre pourraient aider à mieux comprendre la logique paysanne de gestion des terres décrite durant cette étude.

2. Remerciements

Cette recherche a été effectuée dans le cadre du Programme Holistique de Conservation des Forêts deuxième phase (PHCF II) menée dans le COMATSA. Notre reconnaissance s'adresse à tous les rapporteurs et éditeurs du présent article. Nous adressons nos sincères remerciements aux différents centres de recherche : LRI, IRD, ESSA-Forêts et le CNRE qui ont contribué énormément à la réalisation de cette étude et à la rédaction de cet article. Nous remercions également les partenaires techniques du PHCF II à savoir : l'équipe de l'Etc-terra, le WWF SAVA et l'Agri-Sud SAVA. Je remercie aussi Ramboatiana Mahery pour les figures.

3. Références

Berger T., 2001. Agent-based models applied to agriculture: A simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis. *Agricultural Economics* 25, 245–260.

Boucher D., Elias P., Lininger K., May-Tobin C., Roquemore S., Saxon E., 2011. The root of the problem: what's driving tropical deforestation today? Union of concerned scientist.

CREAM., 2013. Monographie de la région SAVA Madagascar. Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar.

Dawoe E.K., Quashie-Sam J., Isaac M.E., Opong S.K., 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma* 179–180, 96–103.

Desbiez A., Matthews R., Tripathi B., Ellis-Jones J., 2004. Perceptions and assessment of soil fertility by farmers in the mid-hills of Nepal. *Agriculture Ecosystems and Environment* 103, 191–206.

De Sherbinin A., 2002. A guide to land-use and land-cover change (LUCC). Center for International Earth Science Information Network of Columbia University.

FAO, 1997. Enquêtes agricoles à base de sondage multiple Volume 1. FAO Rome.

Feddema J. J., Oleson K.W., Bonan G.B., Mearns L.O., Buja L.E., Meehl G. A., Washington W. M., 2005. The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science*, 310, 1674–1678.

Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., Mueller N. D., O'Connell C., Ray D.K., West P. C., Balzer C., Bennett E. M., Carpenter S. R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockstrom J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., et Zaks D. P. M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337–342.

Fritz-Vietta N.V.M., Tahirindrazza H.S., Stoll-Kleemann S., 2017. Local people's knowledge with regard to land use activities in southwest Madagascar - Conceptual insights for sustainable land management. *Journal of Environmental Management* 199, 126–138.

Gay-des-Combes J.M., Robroek B.J.M., Hervé D., Guillaume T., Pistocchi C., Mills R.T.E., Buttler A., 2017. Slash-and-burn agriculture and tropical cyclone activity in Madagascar: Implication for soil fertility dynamics and corn performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 239, 207–218.

Geist H.J., Lambin E.F., 2001. What drives tropical deforestation. *BioScience* 52(2), 143 – 150.

Global Land Project., 2005. Science Plan and Implementation Strategy. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19. IGBP Secretariat, Stockholm.

Godfray H.C., Beddington J.R., Crute I. R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812–818.

Gorenflo L. J., Corson C., Chomitz K. M., Harper G., Honzák M., Özler B., 2011. Exploring the association between people and deforestation in Madagascar. In: Cincotta R., Gorenflo L. (eds). *Human Population. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, Springer vol 214 197–221.

Grinand C., Rakotomalala F., Gond V., Vaudry R., Bernoux M., Vieilledent G., 2013. Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. *Remote Sensing of Environment* 139, 68–80.

Hijmans R.J., Cameron J.L., Parra P.G., Jarvis A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965–1978.

- Kates R.W., Clark W.C., Corell R., Hall J.M., Jaeger C.C., Lowe I., McCarthy J.J., Schellnhuber H.J., Bolin B., Dickson N.M., Faucheux S., Gallopin G.C., Grubler A., Huntley B., Jager J., Jodha N.S., Kasperson R.E., Mabogunje A., Matson P., Mooney H., Moore III B., O'Riordan T., Svedlin U., 2001. Sustainability science. *Science* 292, 641–642.
- Ketele J., Roegiers X., 1993. Méthodologie du recueil d'informations : fondements des méthodes d'observation, de questionnaires, d'interviews et d'étude de documents. De Boeck Université.
- Koechlin J., 1972. Flora and Vegetation of Madagascar. In Battistini R., Richard-Vindard G. (eds). Biogeography and Ecology in Madagascar. *Monographiae Biologicae*, vol 21. Springer, Dordrecht.
- Koomen E., Stillwell J., 2007. Modelling Land-Use Change. In Koomen E., Stillwell J., Bakema A., Scholten H.J. (eds). *Modelling Land-Use Change. The GeoJournal Library*, vol 90. Springer, Dordrecht.
- Lantman J.V.S., Verburg P.H., Bregt A.K., Geertman S., 2011. Core principles and concepts in land-Use modelling: a literature review. In Koomen, E., Beurden, J. Borsboom-van. (Eds.). *Land-Use Modelling in Planning Practice. GeoJournal Library*, Vol. 101. Springer, Dordrecht.
- Lubowski, R. N. et Rose, S. K., 2013. The Potential for REDD+: Key Economic Modeling Insights and Issues. *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 67–90.
- Marcus R.R., 2001. Seeing the forest for the trees: integrated conservation and development projects and local perceptions of conservation in Madagascar. *Human Ecology* 29, 381–397.
- Messmer N., Rakotomalaza P.J., Gautier L., 2000. Structure and floristic composition of the vegetation of the Parc National de Marojejy, Madagascar. In Goodman S.M. (eds). *A floral and faunal inventory of the Parc National de Marojejy, Madagascar: With reference to elevational variation*, *Fieldiana: Zoology*, new series, Vol 97, 41-104.
- Milne E., Aspinall R., Veldkamp T.A., 2009. Integrated modelling of natural and social systems in land change science. *Landscape Ecology* 24, 1145–1147.
- Murage E.W., Karanja N.K., Smithson P.C., Woomer P.L., 2000. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's Central Highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79, 1–8.
- Ohmagari K., Berkes F., 1997. Transmission of indigenous knowledge and bush skills among the western James Bay Cree women of Subarctic Canada. *Human Ecology* 25, 197 - 222..
- Rabetaliana H., Bertrand A., Razafimamonjy N., Rabemananjara E., 2003. Dynamiques des forêts naturelles de montagne à Madagascar. *Bois et forêts des tropiques* 276, 59–72.
- Raharimalala O., Buttler A., Dirac Ramohavelo C., Razanaka S., Sorg J.-P., Gobat J.-M., 2010. Soil-vegetation patterns in secondary slash and burn successions in Central Menabe, Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 150–158.
- Sillitoe, P., 1998. The development of indigenous knowledge: a new applied anthropology. *Current Anthropology* 39, 223-252.
- Styger E., Rakotondramasy H.M., Pfeffer M.J., Fernandes E.C.M., Bates D.M., 2007. Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 257–269.
- Turner B.L., Skole D., Sanderson S., Fischer G., Fresco L., Leemans R., 1999. Land-Use and Land-Cover Change. *Science/Research Plan (HDP Report No.7)*.
- Van der Werf E., Peterson S., 2009. Modeling linkages between climate policy and land use: an overview, *Agricultural Economists* 40, 507–517.
- Verburg P.H., 2006. Simulating feedbacks in land use and land cover change models. *Landscape Ecology* 21, 1171–1183.
- Vieilledent G., Grinand C., Vaudry R., 2013. Forecasting deforestation and carbon emissions in tropical developing countries facing demographic expansion: a case study in Madagascar. *Ecology and Evolution* 3, 1702–1716.