



Federal Ministry
of Education
and Research



**NACHHALTIGES
LANDMANAGEMENT**



FONA

Forschung für Nachhaltige
Entwicklung

BMBF



**Recherche participative pour le soutien de la gestion durable
des terres du Plateau Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar**

**Conclusions
préliminaires**





**Recherche participative pour le soutien
de la gestion durable des terres du Plateau Mahafaly
dans le sud-ouest de Madagascar**

Conclusions préliminaires

2011–2015

Rédigé par

**S. Kobbe, E. Verjans, J. Nopper, J. C. Riemann, L. Prill, T. Andrianasolo,
J. Rakotondranary, D. Fraust, R. Ratsimbarison, D. Kübler**



Draft — Conclusions préliminaires du projet « SuLaMa » (2011–2015) :
Tous les participants sont invités à commenter. Merci d'envoyer les
commentaires avant décembre 2015 à S. Kobbe
(*Susanne.Kobbe@uni-hamburg.de*).

SuLaMa
Université de Hambourg
Tous droits réservés

Publié par : Université de Hambourg,
Biocentre Grindel,
Martin Luther King Platz 3,
20146 Hambourg

Rédigé par : S. Kobbe, E. Verjans, J. Nopper, J. C. Riemann, L. Prill, T. Andrianasolo,
J. Rakotondranary, D. Fraust, R. Ratsimbarison, D. Kübler

Révision linguistique : T. Andrianasolo, R. Ratsimbarison

Mise en page : D. Kübler, D. Fraust

Impression : bis500 Druck

Table des matières

Préface	1
1. Introduction	3
2. Recherche participative et communication entre les parties prenantes pour des stratégies de gestion durable	7
2.1. Renforcement des capacités et transfert de connaissances	8
2.2. Méthodes participatives – l’approche SuLaMa à une gestion durable des ressources naturelles	8
2.3. Role Playing Game (jeu de rôle)	10
3. Agriculture et gestion de l’élevage	13
3.1. Amélioration des systèmes de culture	14
3.2. Utilisation des espèces d’igname et des plantes médicinales	16
3.3. Gestion des pâturages et de l’élevage	18
3.4. La modélisation multi-agents du system d’elevage	25
3.5. Parasites gastro-intestinaux des zébus et des chèvres du Plateau Mahafaly	28
3.6. Les dynamiques d’élevage de bétail dans la région du Plateau Mahafaly	28
3.7. Utilisation de l’arbre fourragère <i>samata</i> (<i>Euphorbia stenoclada</i>), le problème de sa dégénération, et l’approche pour l’atténuation : Résultats du projet SuLaMa	32
4. Hydrogéologie et ressources en eaux	37
4.1. Hydrogéologie dans le sud-ouest de Madagascar	38
4.2. Etude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des ressources en eaux du Plateau Mahafaly	44
4.3. Etude physico-chimique et hydro-biologique des eaux du lac Tsimanampesotse	46
5. Gestion durable des forêts	47
5.1. Structure de la forêt, stocks de biomasse et carbone, et productivité de la forêt naturelle	48
5.2. Variations inter- et intra-annuelle de la croissance des diamètres des arbres	54
5.3. Diversité et importance des espèces d’arbres	55
5.4. Cartes de la densité des arbres, biomasse et stock de carbone	58
5.5. Évaluation des modifications de la couverture végétale le long de la transhumance	59
5.6. Charbon de bois	59
5.7. Perspectives d’avenir pour la gestion durable des forêts	62
6. Intégration de la conservation de la biodiversité et utilisation humaine des terres	63
6.1. Réactions des plantes comme indicateurs de changements environnementaux	64
6.2. Espèces phares pour la biodiversité du Sud-ouest	64
6.3. Effets de l’utilisation des terres sur les diversités animales	67
6.4. Etudes relatives à des programmes de paiement pour des services environnementaux (PSE)	70
6.5. Surveillance de la biodiversité	73
6.6. Santé de l’écosystème	74
7. Moyens d’existence et sécurité alimentaire	77
7.1. Moyens d’existence et décisions ménagères	78
7.2. La faim saisonnière de SW Madagascar : un piège socio-écologique ?	79
7.3. Potentialité de production de l’huile de l’ <i>Opuntia ficus-indica</i> pour l’amélioration des moyens de subsistance des paysans du sud-ouest de Madagascar	84
7.4. Fonction d’assurance d’élevage : la capacité d’adaptation des paysans aux sécheresses régionales au sud-ouest de Madagascar	87
8. Structures sociales, gouvernance environnementale et signification culturelle des ressources naturelles	89
8.1. Le groupe <i>Tanalana</i> : structure sociale, histoire et acteurs	90
8.2. Signification culturelle des ressources naturelles	91
8.3. Résolution de conflits	94
8.4. La connaissance de la population locale sur les activités d’utilisation des terres et la transmission de ces connaissances	96

8.5. Changement institutionnel	98
8.6. Privatisation de l'arbre fourragère <i>samata</i> (<i>Euphorbia stenoclada</i>) au littoral du Plateau Mahafaly à Madagascar	100
9. Modélisation de l'utilisation alternative des terres	103
9.1. Modélisation du changement de la couverture et de l'utilisation des sols	104
Bibliographie	113
A. Analyse des parties prenantes	119
B. Participants et auteurs collaborateurs	125
C. Liste des abréviations	129

Table des figures

1.1.	La zone de recherche de SuLaMa, le Plateau Mahafaly.	4
2.1.	Le MARP – Etude de base : Groupe de villageois réalisant une matrice historique sur la répartition des richesses avec quantification par les jujubes (Jacques Pollini).	9
2.2.	Coopération transdisciplinaire à l’atelier villageois (illustration propre, Maren Wesselow).	9
2.3.	Le « livestock game » : Groupe de participants simulant leurs décisions concernant l’élevage sur une carte de leur village à Efoetse (Maren Wesselow, Août 2014).	10
2.4.	Discussions de groupe (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).	10
2.5.	Participants reconnaissant facilement leur environnement quotidien à Andremba (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).	10
2.6.	Participants reconnaissant facilement leur environnement quotidien à Andremba (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).	11
3.1.	Les rendements de maïs et sorgho de trois champs d’essai sur le Plateau Mahafaly, SW Madagascar en 2012/2013. Les barres verticales indiquent +/- un écart-type de la moyenne (HANISCH et al. 2013).	15
3.2.	Configuration de la balance dans le village Efoetsy au littoral de la région de Mahafaly (sud-ouest de Madagascar) montrant une plate-forme en aluminium protégée par un pare-brise, un panneau solaire alimentant l’équilibre et un enregistreur de données.	15
3.3.	Quantités de rosée mensuelles au cours de la période d’observation (2013–2014) au niveau des sites Efoetsy (côtière) et Andremba (intérieur) et les précipitations mensuelles à Efoetsy, sud-ouest de Madagascar (HANISCH et al. 2015).	16
3.4.	Schéma de l’ordination (analyse de redondance) montrant le premier et le deuxième axe de l’ordination montrant la relation des espèces d’igname sauvage (flèches sans lignes) avec les facteurs environnementaux (flèche avec des lignes solides) sur le Plateau Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar. Abréviations : FER_1, SAN_0, CAL_2 et CAL_1 = types de sol locaux ; Road_Dis = distance du plot par rapport à la route principale ; Harv_Int = intensité de récolte ; NoFrag_F = forêt non-fragmenté ; Open_Veg = formation arbustive et boisements ouverts (ANDRIAMPARANY et al. 2015).	18
3.5.	Cartes prédictives des trois ignames sauvages (<i>Dioscorea</i> spp) sur le Plateau Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar utilisant des modèles de régression non-paramétrique et multiplicative (NPMR) correspondants. Les classes d’abondance représentent le nombre d’individus prédits des ignames dans 400 m ² . Les points blancs sur les cartes représentent les zones où la prédiction était impossible (ANDRIAMPARANY et al. 2015).	19
3.6.	La variabilité spatiale et saisonnière de la disponibilité en eau pour l’élevage : un puit construit à Marofijery et (b) un point d’eau salée (<i>vovo</i>) près d’Ankilibory, les deux se trouvent dans le Littoral ; (c) un puit profond (<i>vovo</i>) près de Maroarivo – l’une des rares sources d’eau permanentes sur le plateau calcaire à la fin de la saison sèche ; (d) un point d’eau temporaire pendant la saison de pluie (<i>Sihanaka</i>) près de Behalitany (plateau) et (e) un bassin de rétention d’eau pendant le début de la saison de sèche (<i>sihanaka</i>) à Ampotaka (plateau).	19
3.7.	Dynamique spatio-temporelles de la végétation : une formation arbustive d’ <i>Euphorbia steoclada</i> pendant (a) la saison des pluies (b) au début de la saison sèche ; savane sur le plateau calcaire pendant (c) la saison des pluies et (d) à la fin de la saison sèche.	20
3.8.	Installation de colliers GPS sur (a) des chèvres et (b) des zébus locaux.	20
3.9.	Variation saisonnière de la distance de marche quotidienne (km) (a) des troupeaux zébus et (b) des chèvres venant d’Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Andremba (AD), Miarintsoa (MI), et des troupeaux transhumants (C-T). Les données représentent le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS).	21
3.10.	Variation saisonnière du point de marche le plus loin de l’enclos de nuit (dist_max, km) des troupeaux (a) de zébus et (b) de chèvres d’Andremba (AD), Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Miarintsoa (MI) et des troupeaux en transhumance (C-T). Les données représentent le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS).	22
3.11.	Fraction du temps de pâture (en % du temps journalier sur les parcours) passée sur les différents types de fourrages par les zébus, les chèvres et les moutons du (a) littoral et (b) du plateau, pendant la saison des pluies (RS), au début de la saison sèche (EDS) et à la fin de la saison sèche (LDS).	23
3.12.	Calcul du modèle pour déterminer le nombre d’arbres d’ <i>Euphorbia steoclada</i> nécessaires pour nourrir une unité de bétail tropical (UBT, en anglais : « TLU ») du littoral de la région, au cours de la saison sèche.	23

3.13. L'âge au premier vêlage (a) des vaches et (b) des chèvres dans le Sud-Ouest de Madagascar, déterminé à partir des entrevues sur l'histoire des progénitures dans les six villages cibles. La distribution de la fréquence est indiquée pour le total et les sous-ensembles de données.	24
3.14. L'intervalle de parturition (a) des vaches et (b) des chèvres dans le Sud-Ouest de Madagascar, déterminé à partir des entrevues sur l'histoire des progénitures dans les six villages cibles. La distribution de la fréquence est indiquée pour le total et les sous-ensembles de données.	24
3.15. Interface utilisateur graphique du modèle multi-agents sur l'élevage, spatialement explicite, qui simule l'utilisation des ressources fourragères par les zébus sur le Plateau Mahafaly.	25
3.16. Variation du poids vif typique de zébus au fil des saisons, comme modèle émergent à partir du modèle dynamique de l'élevage.	26
3.17. Carte de répartition des pièges photographiques le long des sentiers existants dans le Parc National de Tsimanampesotse.	27
3.18. Les parasites intestinaux du bétail : Nematelminthes : A = <i>Trichostrongylus</i> ; B = <i>Cooperia</i> ; C = <i>Ostertagia</i> ; D = <i>Haemonchus</i> ; E = <i>Oesophagostomum</i> ; F = <i>Bunostomum</i> ; G = <i>Gaigeria</i> ; H = <i>Strongyloides</i> ; I = <i>Trichuris</i> ; K = <i>Skrjabinema</i> ; L = <i>Ascaris</i> ; Protozoa : M = <i>Eimeria</i> ; N = <i>Balantidium</i> (RAVOAVY RANDRIANASOLO 2015).	29
3.19. Bétail mangeant du <i>samata</i> coupé.	32
3.20. Samata coupé de manière non-durable.	33
3.21. Samata communautaire épuisé (au sud d'Anakao).	34
3.22. Samata privée de bonne qualité (Ankiririza).	35
3.23. Création d'une plantation communautaire à Ampotaka.	36
3.24. Atelier de multiplication de <i>samata</i>	36
4.1. Carte 1 – Hydrogéologie (DWORAK 2014).	39
4.2. Les modèles à petite échelle (DWORAK 2014).	40
4.3. Coupe montrant la structure géologique du Plateau Mahafaly. (X : socle cristallin ; Sakoa, Sakamena et Isalo : Karroo Groupe, conglomérats anciens et des formations de grès ; j + c : couches du Jurassique et du Crétacé, de calcaire, de mudstone et de basaltes ; e1 : Éocène inférieur, calcaire ; e2 : Eocène Moyen, la marne ; E3 : Eocène supérieur, mudstone ; q : sables quaternaires et dunes) (DWORAK 2014).	41
4.4. Typologie des sources d'eaux échantillonnées : A, B : puits creusés directement dans le sol ou renforcées en béton ou en pierre. L'eau est puisée avec un seau accrochée au bout d'une longue corde permettant ainsi la contamination de l'environnement ; C : Forage munie d'une pompe à motricité humaine construite par le PNUD ; D : Grotte ; E : Aven ; F : Source (RASOLOARINIAINA et al. 2015).	45
4.5. Carte représentant les transects étudiés au niveau du lac Tsimanampesotse (RASOLOARINIAINA 2014).	46
5.1. Carte d'inventaire des plots pour l'évaluation de la structure de la forêt, des stocks de biomasse et carbone, et de la productivité de la forêt naturelle.	48
5.2. Groupage des plots en trois sections différentes selon leurs positions le long de la transhumance.	49
5.3. Exemples d'espèces pachycaules : <i>Vontake</i> (<i>Pachypodium rutenbergianum</i> , à gauche) et <i>Fony</i> (<i>Adansonia fony</i> , à droite). Photos de Jens Haertel.	49
5.4. Nombre d'arbres (n/ha) et surface terrière (m ² ha ⁻¹) des différentes classes de diamètre et groupe d'espèces pour l'approche de biomasse.	50
5.5. Nombre d'arbres (n/ha), surface terrière (m ² ha ⁻¹) des différentes classes de diamètre et groupes d'espèces le long de la transhumance.	51
5.6. Croissance moyenne par an du DHP de toutes les espèces, des cinq espèces d'arbres les plus abondantes, et des deux groupes d'espèces dans le Parc National Tsimanampesotse, basée sur la comparaison de données des inventaires forestiers de 2008 et 2014.	53
5.7. L'installation des dendromètres à haute résolution.	54
5.8. Mesures horaires de diamètre de neuf arbres de trois espèces et les événements de précipitations dans le Parc National Tsimanampesotse. Chaque courbe noire représente un arbre. Les lignes verticales montrent les jours avec précipitations et la couleur des lignes verticales indique la quantité de celles-ci.	55
5.9. Résultats de l'analyse en positionnement multidimensionnel non métrique. A gauche, les résultats des grappes d'échantillonnage sont montrés. La couleur des points correspond au type de sol, et une enveloppe convexe a été tracée autour des grappes du même type de sol, les résultats concernant les espèces sont montrés à droite.	56
5.10. Carte de la densité des arbres (N/ha) créée à l'aide du « Random Forest models ».	58
5.11. Cartes classifiées de 1989, 2001 et 2014.	60
5.12. Distribution des tamariniers (arbre ha ⁻¹) dans les classes d'occupation des sols sur la zone du Plateau (a) et sur la zone littorale du sud ouest de Madagascar. Les données des classes d'occupation des sols sont simplifiées d'après BRINKMANN et al. (2014). Source : RANAIVOSON et al. (2015).	61

6.1.	Pourcentage des espèces de plantes en fructification de Juin 2007 à Mars 2009 dans les trois types de végétations du Parc National Tsimanampesotse : forêt sèche sur sol sableux (DFS), fourrée xérophytique sur sol calcaire (XBC) et forêt sèche sur sol ferrugineux (DFF). (Source : RATOSONAMANA et al. 2011).	64
6.2.	Sites de suivi de la tortue radiée (Source : RASOMA et al. 2010).	65
6.3.	Sites de suivi de <i>Galidictis grandidieri</i> (from MARQUARD et al. 2011).	66
6.4.	Sites de suivi de <i>Typhleotris</i> spp. (RASOLOARINIAINA non publié).	66
6.5.	Pourcentage des espèces de la communauté locale d'oiseaux appartenant aux huit guildes alimentaires dans les zones aux alentours du Parc National Tsimanampesotse (RAONIZAFINARIVO 2013).	67
6.6.	Nombre des espèces et individus d'oiseaux en relation avec la distance du chemin de transhumance (RANDRIAMIHARISOA et al. 2015).	68
6.7.	Les espèces d'oiseaux chassées le long du chemin de transhumance à travers le Parc National Tsimanampesotse. Les pourcentages des interviewés ayant consommé les espèces respectives sont affichés (from RANDRIAMIHARISOA et al. 2015).	69
6.8.	Abondance en espèces fouisseuses de reptiles dans les habitats exposés à différentes formes d'utilisation humaine des terres.	70
6.9.	Schéma montrant la relation entre la richesse spécifique en reptiles et la structure hétérogène du paysage (NOPPER et al. 2015).	70
6.10.	Exemple d'une choice card utilisé a Antananarivo.	72
6.11.	Exemple d'une choice card au Plateau Mahafaly.	72
6.12.	Occurrence des parasites multicellulaires intestinales du <i>Microcebus griseorufus</i> en relation avec la dégradation de l'habitat. Rouge : infecté ; bleu : non infecté ; *p < 0.05 (ANDRIANASOLO et al. non publié).	74
6.13.	Prévalence des tiques sur les tortues endémiques (<i>Pyxis arachnoides</i>) dans les zones non dégradées et dégradées ; Rouge : infecté ; bleu : non infecté ; ***p < 0.001 (EHLERS et al. soumis).	74
7.1.	Revenu de l'élevage vs revenu total non agricole, 3000 Ariary=1€.	82
7.2.	Dépenses alimentaires et revenus non agricoles en 2014, 3000 Ariary=1€.	82
7.3.	% de ménages adoptant des stratégies d'adaptation, poids d'échantillonnage appliqué (voir Méthodes).	82
7.4.	Contrainte monétaire et disponibilité d'aliments saisonnières des fermiers, source : CORAL (2014).	83
7.5.	Illustration de la piège socio-écologique, montrant comment les facteurs externes interagissent avec une série de variables clé du système dans un processus de rétroaction qui réduit le potentiel de la fertilité du l'agroécosystème au cours du temps, menant à l'appauvrissement du moyen de subsistance.	83
7.6.	% de différents <i>Opuntia</i> spp. dans les haies.	86
7.7.	Revenu et dépense monétaire de l'élevage et du commerce d'animaux et des sources de revenus non agricoles, poids d'échantillonnage appliqué (voir Méthodes).	88
8.1.	Différentes fonctions des ainés dans la société <i>Tanalana</i> .	91
8.2.	Communication entre les êtres humains et les êtres surnaturels à travers les intermédiaires.	92
8.3.	Lac du Tsimanampesotse. D'après le système de croyance des <i>Tanalana</i> , un endroit considéré comme sacré appartient à des esprits de la nature, appelés <i>tambahoake</i> . Les ressources présentes (boue, plantes, eau) sont collectées et utilisées comme moyens de guérison par les devins-guérisseurs. (Jutta Hammer)	94
8.4.	Phases d'apprentissage (d'après RIDDLE et CHESTERFIELD (1977), p.116).	97
9.1.	Tendances générales des couvertures des terres de 1973 en 2013 pour toute la zone d'études et tendances de la population de 1993 en 2013 pour les trois districts Betioky-Sud, Toliara II et Ampanihy dans le Sud-Ouest de Madagascar (BRINKMANN et al. 2014). Les classes ont été simplifiées comme suit : forêt = classes 7, 8 et 9 ; savane = classes 4 et 5 ; champs de cultures et sols nus = classes 10 et 3 ; zones aquifères ou eaux = (classe 1) et zones salées/ zones affectées par le sel (classe 2) ne sont pas représentées. . . .	107
9.2.	Utilisation des terres de 1949 en 2012 sur le littoral de la région Mahafaly, Sud Ouest Madagascar (NOROMIARILANTO et al. 2014).	108
9.3.	Sources de consommation alimentaire des ménages (%) et le ratio d'autosuffisance en nourritures (%) de 2013 de la région Mahafaly, Sud Ouest Madagascar.	108
9.4.	Les entités, les processus et la planification de l'approche du SEALM au sein de SuLaMa, SO Madagascar.	109
9.5.	L'interface utilisateur du module des ménages et de la production des cultures du SEALM dans Netlogo 5.1.0 montrant le panneau de contrôle (à gauche), la carte (au milieu) et des graphiques de sortie (à droite). La carte représente le village Miarintsoa avec les champs cultivés (chaque couleur représente une espèce différente de cultures) et ses environs (noir = zone du village avec des bâtiments, vert = forêt et les fruticées, marron = terres cultivées des villages voisins, brun clair = pâturages).	110

Liste des tableaux

3.1. Statistiques descriptives des variables (moyenne \pm SD) utilisés dans l'évaluation de la connaissance et de l'utilisation d'igname sauvage et des plantes médicinales de la région de Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar. Source : ANDRIAMPARANY et al. 2014.	17
3.2. Prévalence parasitaire chez la chèvre et chez le zébu du Plateau Mahafaly. N = Nombre total des individus examinés (RAVOAVY RANDRIANASOLO 2015).	28
3.3. Résultats d'analyse des plots de <i>samata</i> sauvage.	33
4.1. Résultats de l'étude hydrogéologique.	43
4.2. Pourcentage des sources d'eau contaminées (RASOLOARINIAINA et al. 2015).	45
5.1. Aperçu des inventaires forestiers réalisés pour l'approche de biomasse.	49
5.2. Nombre des plots d'échantillonnage, nombre d'arbres et surface terrière pour l'approche de transect.	51
5.3. Estimations du volume, biomasse et carbone de l'aire de l'approche de biomasse pour toutes les plots, à l'intérieur et à l'extérieur du parc national.	52
5.4. Valeurs moyennes des indices de diversité de tous les plots et ceux sur les différents types de sols.	56
5.5. Les mesures d'importance écologique 25 espèces les plus importantes du Parc National Tsimanampesotse en fonction de l'indice de valeur d'importance (IVI). Les espèces sont triées par ordre décroissant de l'IVI.	57
5.6. Evolution de la biomasse en bois de tamarinier sur la Plateau Mahafaly, SO Madagascar (RANAIVOSON et al. 2015).	62
6.1. Les espèces d'oiseaux les plus abondantes par type d'habitat (RAONIZAFINARIVO 2013).	67
6.2. Liste des espèces de reptiles et amphibiens au Parc National Tsimanampesotse (NOPPER non publié)	69
7.1. Concept des pièges de la résilience, Source : CGIAR (2014).	81
7.2. Liste des espèces et leur période de fruit.	86
7.3. Surface de la couverture totale des haies, surface des <i>Opuntia</i> spp. dans les haies (m ²) et proportion d' <i>Opuntia</i> en %.	86
7.4. Huile exploitable par ménage agricole dans les trois villages couverts.	87
8.1. Liste des principaux clans <i>Tanalana</i> dans notre zone de recherche. Les plus importants sont marqués en gras.	91
8.2. Caractéristiques des spécialistes impliqués dans la gestion de conflits <i>Tanalana</i>	96
9.1. Caractéristiques des types de villages dans la région Mahafaly résultant de l'analyse typologique (BRINKMANN et al. 2014).	106

Préface

Dans une préface d'un projet bilatéral à long terme du Ministère Fédéral de l'Éducation et de la Recherche (en allemand, BMBF) entre le Brésil et l'Allemagne, Günter Keil, alors membre de l'équipe de gestion de projets du BMBF, a, en 1998 écrit : « De nos jours, si quelqu'un envisage un programme de recherche dans le vaste champ des sciences de la vie, il/elle demandera certainement une approche interdisciplinaire, c'est une norme coutumière — au moins sur papier. En fait, en réalité, cette demande est très rarement accomplie » (Compte rendu du troisième atelier SHIFT Manaus, à Manaus du 15–19, 1998). Très peu de choses ont changé depuis. SuLaMa a fait le maximum pour surmonter l'approche sectorielle, non seulement entre les domaines de recherche, mais aussi entre les différentes cultures dans les approches, les concepts et la communication aussi bien au sein des ressortissants qu'entre les équipes nationales. Nous sommes loin d'avoir comblé les fosses entre les domaines et parvenir à une approche transdisciplinaire cohésive, mais SuLaMa a commencé à créer les ponts. Ce dernier a été géré par des jeunes étudiants malgaches et allemands ainsi que des jeunes post-doctorants au début de leurs carrières, dirigé par des chercheurs seniors et des superviseurs. Une « supervision » peut être nécessaire dans certains cas, mais la supervision peut aussi signifier imposer des sentiers battus sur une situation qui nécessiterait de nouvelles approches. Une discussion scientifique, ouverte et franche est nécessaire pour arriver à un consensus entre cultures et générations. En faisant confiance à la jeune génération et en leur donnant des responsabilités, SuLaMa a franchi un grand pas dans la bonne direction, mais il n'y est pas encore.

Ce compendium a été conçu comme document de travail ouvert aux commentaires et requêtes des parties prenantes ainsi qu'à l'établissement de nouveaux liens entre projets qui ont été réalisés en parallèle sur terrain sans que personne ne se rende compte qu'il y aurait des options pour des interprétations interdisciplinaires. Il sera complété par d'autres recherches qui n'ont pas été analysées de façon suffisamment détaillée. Le but principal de la présente compilation de contributions est de demander aux participants (et d'autres parties prenantes qui peuvent ne pas être présentes) à souligner les écarts, à identifier les options pour les approches inter- et transdisciplinaires, à définir les orientations futures de la recherche, à la gestion et à l'implémentation, et de contribuer de propres idées qui peuvent être intégrées. Le résultat devrait être un volume vraiment inter- et transdisciplinaire qui sera utilisé au profit du peuple et de l'environnement de Madagascar.

Tuleár, septembre 2015
Jörg Ganzhorn

Chapitre 1.

Introduction

Dans plusieurs régions du monde, des pratiques et des modes de gestion des terres amènent à une utilisation non durable des terres. Les relations et les effets sur les interactions de l'écosystème et la diversité biologique avec le mode de gestion locale des terres sont souvent faiblement compris voire négligées. En général, à Madagascar, surtout dans la Région Sud-Ouest, les décisions sur la gestion des terres sont régies par des considérations économiques qui amènent à une forme d'utilisation non durable des terres. Pourtant, les fonctions et les services assurés par les écosystèmes sont essentiels pour le bien-être de la population ainsi que pour différents secteurs de l'économie, malheureusement, il a été constaté qu'ils jouent paradoxalement un rôle mineur dans les décisions sur les modes actuels de gestion de l'utilisation des terres du fait qu'ils ne sont pas directement associés avec les valeurs et prix sur le marché.

Il y a donc nécessité de repenser les enjeux des pratiques actuelles et de redéfinir les chemins à emprunter pour instaurer le mécanisme de développement approprié pour ne pas compromettre le bien-être des générations futures. Faisant partie du programme international de recherche « Sustainable Land Management » financé par le Ministère de l'Éducation et de Recherche de la République Fédérale d'Allemagne (BMBF), SuLaMa a pour buts d'étudier les relations entre les écosystèmes et leur diversité biologiques et la gestion locale des terres sous l'impact de la pression démographique croissante, de la pauvreté, de l'absence de capacité d'initiative et des futurs changements climatiques sur le Plateau Mahafaly.

En effet, partant de la manifestation d'intérêt initiale, présentée à BMBF par Gerard Rambeloarisoa (Ministère de l'Environnement, des Forêt et du Tourisme ; actuellement Directeur Madagascar Biodiversity Fund/WWF), Guy Suzon Ramangason (Directeur ANGAP devenu actuellement MNP) et Jörg Ganzhorn (Université de Hambourg) sur le « Besoin et capitaux pour le système d'observation de la biodiversité à Madagascar, comme base pour la gestion durable de l'utilisation des terres et la conservation des fonctions et services de l'écosystème », une conférence organisé à Spier, Afrique du Sud (2008), le projet a changé son principal objet du « Suivi de la biodiversité et conservation » vers une recherche qui permettra de contribuer directement au développement de plan d'aménagement et de gestion du développement. Dans son document de projet, le SuLaMa s'est fait un défi de chercher à développer des alternatives de gestion de l'utilisation des terres pour une amélioration durable des moyens de subsistance des générations présentes et futures. A de telles initiatives sera associé le maintien et le rehaussement des capacités des écosystèmes à assurer

ses fonctions et services environnementaux, et à faire face aux effets futurs des changements climatiques.

La zone de recherche de SuLaMa (voir figure 1.1), le Plateau Mahafaly, est une région unique, aride, très diverse abritant de nombreuses espèces animales et végétales que l'on ne trouve nulle part ailleurs. Elle est aussi une des régions les plus désavantagées de Madagascar, à la fois du point de vue économique et climatique. Les sécheresses récurrentes, la pauvreté et les alternatives limitées d'utilisation des terres représentent un énorme défi pour la population locale. Cette situation est aggravée par le manque de sources de revenus alternatives, en même temps correspondant à un développement économique faible de la région. Dans une très large mesure, les populations locales dépendent des ressources naturelles pour assurer leur subsistance. Cependant, les ressources naturelles de la région sont dangereusement surexploitées et des techniques non durables d'utilisation des terres ont conduit à la fragmentation des forêts, à l'érosion des sols et à la sédimentation des vallées fluviales dans toute la région du sud de Madagascar. A long terme, la destruction consécutive des services et fonctions écologiques perturbe les moyens de subsistance de la population locale.

Dans ce contexte, plusieurs institutions universitaires d'Allemagne¹ en collaboration avec des universités et institutions de recherches œuvrant à Madagascar² ont soumis la proposition de projet, intitulé « Participatory research to support **sustainable land management** on the Mahafaly Plateau in south-western **Madagascar** » ou « **SuLaMa** », à BMBF-Funding Measure « Sustainable Land Management » en mars 2010. Le projet SuLaMa a obtenu le financement du BMBF et a pu commencer en 2011. Le projet s'est focalisé sur les objectifs suivant :

- Améliorer la compréhension des interactions entre le FES et les pratiques de gestion des terres au niveau régional ;
- Développer une stratégie de suivi-évaluation profond permettant de fournir les éléments et les outils de base pour arriver à des décisions bien informées/documentés sur la gestion des terres, considérant le contexte socio-économique ainsi que le maintien et le rehaussement du FSE ;
- Développer et évaluer des outils et des méthodes opératoires dans cette zone à haute intensité de conflits d'utilisation des terres et de dégradation

¹Universités de Cottbus, Greifswald, Goettingen, Hamburg, Kassel, Marburg, WWF Deutschland ; joint par l'Université de Bochum.

²Madagascar National Park, Université d'Antananarivo, Université de Toliara, Vahatra, World Wide Fund for Nature ; joint par Voakajy.

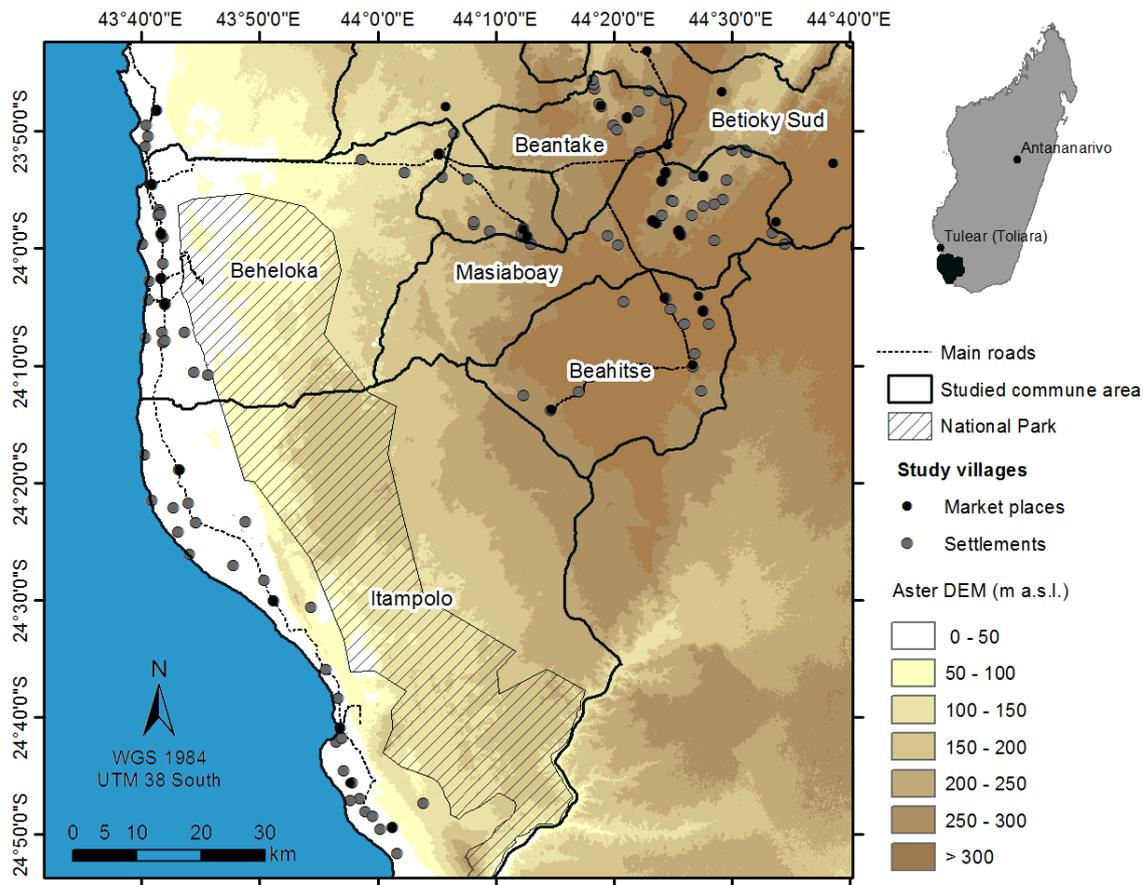


FIGURE 1.1.: La zone de recherche de SuLaMa, le Plateau Mahafaly.

des écosystèmes naturels, et généraliser les résultats à des niveaux plus élevés, interrégionaux et internationaux ;

- Mettre en œuvre les résultats dans la zone d'intervention avec les partenaires locaux et régionaux et avec les projets opérationnels à long terme.

Le projet SuLaMa traduit ainsi la volonté de redonner du sens à l'action politique dans le domaine du développement et de l'environnement à travers des études des interdépendances et des interactions entre la gestion des terres et les fonctions et services écosystémiques (FSE). Ce projet de recherche participative et appliquée a adopté une approche multidisciplinaire qui combine les expertises sur le terrain en matière d'écologie, de socio économie, de changement global ainsi que de gestion des ressources. Le développement et la considération des solutions par les communautés et les partenaires locaux pour remplacer les pratiques de gestion non durables des terres, à l'instar de la démographie croissante, des effets des changements climatiques, des perspectives minières et agricoles orientées vers le marché et l'exportation, étaient accompagnés de renforcement de capacité, ayant permis des dialogues pour le développement durable.

Le projet a donc été mis en œuvre depuis 2011 dont la phase trisannuelle de recherche (2011–2014) et la dernière phase de développement et de promotion des « Produits »

à vulgariser (2014–2015) au service du développement et de la conservation de l'écosystème. La recherche a donc été menée à travers un système de « working package » opérant chacun dans son domaine de spécialisation tout en respectant les principes d'approche participative et pluridisciplinaire, de complémentarité des thématiques ainsi que de l'articulation des méthodologies. Les buts de recherches ont été réalisés avec la contribution des sept « working packages » : Coordination, Agriculture, Elevage, Biodiversité et Environnement, Socio-Culturel, Socio-Economique et Agro-Economique, supplémenté par une étude hydrologique.

Le présent document est le rassemblement des résultats des recherches obtenus par SuLaMa jusqu'à ce jour. Les analyses des données ne sont pas encore complètes au niveau des chercheurs. Puis, surtout l'intégration des besoins des « stakeholders » manque. Ce document est donc vu comme un **draft** pour les participants et les stakeholders de contribuer leurs idées pour qu'on arrivera à la fin à un document qui propose des outils d'aide au développement des orientations économiques, d'un plan d'aménagement et de gestion durable des terres au service du développement durable multi niveau pour la zone du Plateau Mahafaly et dont l'application peut s'étendre à toute la Région Sud-Ouest, voire aux différentes zones semi-arides de Madagascar. Le document ne prétend pas couvrir tous les différents besoins de thèmes de recherches pour la zone du Plateau Mahafaly, qui

est bien couvert par des approches régionales des stakeholders différents (ex. : ACF, GIZ, WWF). Toutefois, il se veut être en mesure d'encourager la continuation participative de la recherche de nouveaux éléments de connaissances permettant de développer, avec les partenaires à la base, des pistes de solutions associant le développement au besoin de préserver et de rehausser la capacité de la biodiversité des écosystèmes à assurer leur fonction et à fournir des services pour le bien-être durable de la population et de l'économie de la zone.

Chapitre 2.

Recherche participative et communication entre les parties prenantes pour des stratégies de gestion durable

En tant qu'un projet transdisciplinaire, SuLaMa vise à combiner les intérêts des parties prenantes avec le savoir-faire scientifique dans les domaines de l'écologie, de la socio économie, de la gestion du paysage et de la gestion des ressources naturelles. Les méthodes du projet vont depuis des recherches expérimentales en agriculture, en élevage et la foresterie jusqu'à des présentations publiques, des entretiens, des ateliers pour discuter collectivement des scénarios futurs . Les méthodes participatives permettent notamment l'inclusion de différentes parties prenantes dans un processus intégré de planification, d'apprentissage et de prise de décision. Ainsi, un des objectifs principaux de l'œuvre du projet était (et est) de favoriser la communication entre les parties prenantes telles que les autorités institutionnelles, les techniciens, les chercheurs et les utilisateurs des ressources. Dans ce sens, le but le plus important de SuLaMa était d'intégrer les différents niveaux et les intérêts des parties prenantes dans le processus de recherche et de mise en œuvre du projet.

2.1. Renforcement des capacités et transfert de connaissances

Pour assurer des capacités concertées d'ensemble et le transfert des connaissances (au niveau national, régional et local), le concept de recherche de SuLaMa a suivi une approche « en tandem », dans laquelle des étudiants des universités allemandes et malgaches ont collaboré étroitement en tant qu'« homologues » dans les disciplines scientifiques et ont mené des évaluations et des analyses conjointement. Ces étudiants sont des doctorants ou des étudiants préparant leur DEA ou diplôme de masters. A l'échelle locale, le projet a employé des personnes des communautés rurales comme para-écologues, qui ont appris des techniques de surveillance dans l'agriculture et l'écologie du paysage ainsi que des méthodes pour mener des interviews. Afin de favoriser la communication entre les chercheurs et les parties prenantes locales, le projet collabore avec des agents communautaires de liaison (socio-organisateur). Les socio-organisateur ne fournissent pas seulement un « lien de communication et culturel » entre les scientifiques et les communautés rurales, mais soutiennent aussi plusieurs initiatives de transfert de connaissances dans le domaine d'étude (création des parcs scolaires auto-organisés, organisation des sorties éducatives et des réunions d'informations dans les villages).

Des essais de mise en œuvre par le WWF et l'équipe de SuLaMa à Toliara, et par d'autres partenaires œuvrant dans la zone, comme l'ACF et le GIZ, ont permis d'enrichir les résultats des recherches et d'initier les paysans dans l'application de certaines découvertes de SuLaMa. Une autre initiative a été l'organisation d'écoles d'été annuelles interdisciplinaires, en coopération avec une ONG nationale (Vahatra), où les étudiants des trois universités malgaches (Antananarivo, de Fianarantsoa et Tuléar) ont appris différentes méthodes et techniques de recherche. Des ateliers de restitution aussi bien au village (atelier villageois) qu'au niveau régional (atelier de travail pour discuter les produits à vulgariser) ont été organisés pour permettre respectivement aux communautés et aux partenaires institutionnels (Ministères chargés de l'Environnement & Forêt, de l'Agriculture, du développement de l'Élevage, ...) et aux projets de confirmer ou d'infirmier les informations collectées et les recommandations à vulgariser développés par les étudiants.

2.2. Méthodes participatives – l'approche SuLaMa à une gestion durable des ressources naturelles

Gertin Randrianambinina, Solohery Jean Patrick Randriamampionona, Domoïna Rakotomalala, Yedidya Ratovonamana, Rivo Ratsimbarison, Louis Mansare Marikandia, Jacques Pollini, Susanne Kobbe, Daniel Plugge, Nadine Fritz-Vietta, Katja Brinkmann, Susanne Stoll-Kleemann, Regina Neudert, Maren Wesselow

En ce qui concerne les points de ressources communes, une gestion durable des ressources naturelles ne peut être atteinte sans impliquant les individus locaux et les communautés. Les acteurs sont cependant très différents et possèdent chacun une perception individuelle de la situation et des intérêts spécifiques. D'un côté, c'est la grande diversité d'intérêts, de l'autre c'est la raréfaction des ressources naturelles engendrant des conflits entre ces acteurs. Le projet s'est servi d'un processus de communication structuré afin de répondre aux différents défis. Cette communication structurée permet de se comprendre l'un à l'autre, de négocier les intérêts et de planifier communément la future. Premièrement, au début du projet, une étude de base a été menée et deuxièmement, lors de la phase d'implantation du projet, un jeu de simulation (RPG) a été mis en place dans les villages de notre étude.

Etude de base

Lorsque le projet SuLaMa cherchait à intégrer l'opinion des populations locales et leur compréhension du monde de manière participative et interdisciplinaire, les partenaires avaient décidé d'utiliser au début du projet une nouvelle technique intégrative, appelée étude de base ou MARP (Méthode Accélérée de Recherche Participative/Rapid Rural Appraisal). L'idée de cette étude était d'entrer en contact avec les populations locales et de se familiariser avec la situation qui était complètement nouvelle pour une majorité de chercheurs présents. De fait que le projet de l'ensemble du projet SuLaMa est de développer une gestion durable du territoire, nous avons recherché les informations élémentaires sur la vie des populations locales (figure 2.1). Les objectifs concrets étaient d'établir un lien entre les chercheurs issus de différentes disciplines pour atteindre une compréhension globale du projet, de former ces chercheurs à la méthodologie MARP, de comprendre les grandes lignes des stratégies de subsistance des populations locales et plus particulièrement de leur utilisation des ressources naturelles et d'explorer la diversité sociale et environnementale des situations dans la région du Plateau Mahafaly. L'étude de base nous a offert la possibilité de commencer tous ensemble, en tant que groupe interdisciplinaire de chercheurs internationaux et avec un même objectif.



FIGURE 2.1.: Le MARP – Etude de base : Groupe de villageois réalisant une matrice historique sur la répartition des richesses avec quantification par les jujubes (Jacques Pollini).

Cette étude a été subdivisée en six parties : 1. Introduction à la technique, 2. Collecte de données sur le littoral, 3. Analyse des données collectées du premier site d'investigation, 4. Collecte de données sur le Plateau, 5. Analyse des données collectées sur le deuxième site, et 6. Présentation des résultats. Les informations sur les stratégies de subsistance sont détaillées dans les thèmes suivants : processus de prise de décision et des personnes en charge, concepts de richesse et de bien-être et stratégies d'accumulation de ressources.

Village workshop

En Juillet et Août 2014, plusieurs ateliers villageois avaient eu lieu dans deux villages du littoral (Efoetse et Ankilibory) et dans deux villages du plateau (Andremba, Miarentsoa). Ces ateliers villageois visaient à valider les modèles d'utilisation des terres concernant l'agriculture, l'élevage et les activités non agricoles. Lors de ces ateliers, nous avons coordonné le développement interdiscipli-

naire de la méthode et fournit une assistance méthodologique. Les sessions de l'atelier étaient facilitées et documentées par une équipe malgache de professeurs, chercheurs, socio organisateurs et le coordinateur international. Le WWF a fourni l'infrastructure et l'assistance logistique. Dans chaque village, deux groupes de 12 participants travaillaient simultanément pendant quatre jours. Au total, les ateliers ont duré quatre semaines auxquels 96 participants ont pris part.

Pour préparer les activités, un pré tour était mené deux semaines à l'avance. Nous avons demandé aux communautés locales de sélectionner les participants. Les critères fixés par les scientifiques étaient les équilibres de lignages, de sexe et d'âge. En outre, les participants devaient vivre dans les villages, pratiquer des activités pertinentes et connaître le processus de prise de décision au sein des foyers. Ces scientifiques ont utilisé une méthodologie participative, appelée « Role Playing Game » ou « jeu de rôle ».



FIGURE 2.2.: Coopération transdisciplinaire à l'atelier villageois (illustration propre, Maren Wesselow).

2.3. Role Playing Game (jeu de rôle)

Maren Wesselow, Regina Neudert, Rivo Ratsimbarison, Louis Mansare Marikandia, Susanne Stoll-Kleemann

Après que notre recherche compréhensive ait été complétée par les autres disciplines, l'équipe du projet a collecté et intégré les connaissances interdisciplinaires de l'ensemble des produits des différentes disciplines pour créer, en 2014, une méthodologie innovatrice. Un jeu de simulation (Role Playing Game) a été conçu pour la communication participative ainsi que des outils de décision. L'idée de ce jeu est que les participants simulent des décisions de la vie réelle dans un espace-temps, à l'aide de matériels visuels. Le principal avantage de cette méthode est sa capacité à introduire des processus d'apprentissage collectifs et mutuels pour des procédures complexes d'utilisation des terres avec une multitude d'acteurs à une échelle régionale, et ce, de manière interactive et ludique. Deux jeux de simulation participative ont ainsi été créés et testés dans les villages concernés par l'atelier de travail en 2014 : le jeu de simulation du mode de vie (« Livelihood Game ») et celui des activités d'élevage (« Livestock Game »). Ces deux jeux cherchaient à valider les processus de décision de différents foyers. Nous avons pu déterminer le fait que ces décisions dépendent des conditions environnementales, des ressources économiques et du niveau d'éducation. Les influences culturelles et les interactions sociales y ont été aussi incluses. Lors du « Livelihood Game », les participants ont endossé le rôle d'un des foyers villageois (figure 2.3, 2.4, 2.5 et 2.6). Les participants localisaient leur maison et leurs champs sur une carte satellite des villages, des alentours et les champs agricoles quadrillés. Les foyers fictifs devaient planifier leur subsistance annuelle en termes d'activités agricoles, d'élevage et d'activités non agricoles. Chaque décision était représentée par des cartes, des couleurs et des symboles. Ce jeu (« Livestock Game ») s'est révélé bien plus simple que celui du mode de vie et cherchait donc principalement à comprendre et à discuter les décisions des éleveurs concernant les zones de pâturage, le fourrage et à l'accès à l'eau. Du fait que les décisions concernant les zones de pâturage varient tout au long de l'année, le jeu couvrait une période d'une seule année et comprenait un scénario de risques de vol de bétail (*malaso*).

Les deux méthodes participatives présentées ici, l'étude MARP et le Role Playing Game, sont des instruments très prometteurs pour entrer en contact avec les populations locales et créer avec elles des partenariats pour élaborer de nouvelles idées. Leur compréhension de la situation locale et leurs perspectives sur les divers fonctionnements, ont ainsi pu être effectivement observés et intégrés à la gestion durable dans la région du Plateau Mahafaly.



FIGURE 2.3.: Le « livestock game » : Groupe de participants simulant leurs décisions concernant l'élevage sur une carte de leur village à Efoetse (Maren Wesselow, Août 2014).



FIGURE 2.4.: Discussions de groupe (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).



FIGURE 2.5.: Participants reconnaissant facilement leur environnement quotidien à Andremba (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).



FIGURE 2.6.: Participants reconnaissant facilement leur environnement quotidien à Andremba (Jacques Rakotondrany, Juillet 2014).

Chapitre 3.

Agriculture et gestion de l'élevage

L'agriculture et l'élevage de subsistance sont les premières sources de revenu de la population rurale de la région du Plateau Mahafaly. Cependant, les impacts des pratiques agro-pastorales non durables ont considérablement réduit les sols disponibles pour l'agriculture et les pâturages. La production agricole courante se compose d'agriculture pluviale de manioc, maïs, patate douce, sorgho et légumes avec des outils manuels. Les conditions défavorables des sols ainsi que la rigueur du climat (précipitations faibles et irrégulières, fréquence élevée des sécheresses, vents violents et passages de cyclones) en combinaison avec des organismes nuisibles aux cultures (en particulier les invasions acridiennes) et maladies qui attaquent les cultures entraînent des conditions extrêmement difficiles pour ces dernières. En période de crise, les agriculteurs s'orientent plutôt vers des stratégies alternatives d'adaptation qui ne sont pas basées sur l'agriculture. La collecte accrue d'igname sauvage et de plantes médicinales, qui sont les produits forestiers non ligneux les plus importants (non-wood timber forest products, NTFPs) figure parmi ces stratégies. Ceux-ci contribuent directement à la sécurité alimentaire et la santé de la population locale, mais ils sont également menacés par la surexploitation à cause de la pratique de collecte non durable et de la déforestation. Outre les récoltes, l'entretien du bétail joue un rôle essentiel pour les moyens de subsistance et les cultures des populations. Le système d'élevage très extensif est susceptible de plusieurs facteurs contraignants tels que l'eau saisonnière et la pénurie du fourrage, les maladies animales et tout récemment, les questions de sécurité en termes de vols de bétail ainsi que la concurrence entre les agriculteurs pour les ressources de la terre. Forçant les éleveurs nomades locaux à ajuster leur gestion du pâturage en changeant plus fréquemment de pâturages et modifier les modèles traditionnels de transhumance ; ces facteurs déterminants contribuent à augmenter le risque de surpâturage des parties substantielles de la végétation naturelle de la zone côtière. En même temps, ceci illustre l'importance des plantes fourragères supplémentaires, en particulier de l'arbre *samata* (*Euphorbia stenoclada*) pour l'alimentation du bétail. Toutefois, la pression d'utilisation sur le *samata* est immense et a entraîné une surutilisation sévère de nombreux stocks. Ceci à son tour réduit encore plus la productivité du système local d'élevage, et par conséquent les moyens de subsistance et/ou les revenus générés par le bétail.

Dans ce contexte, le chapitre suivant reflète les thèmes de recherche qui contribuent à la compréhension du système agropastoral actuel afin de soutenir le développement d'alternatives d'utilisation durables des terres :

- Amélioration des systèmes de culture
- Utilisation des espèces d'igname et des plantes médicinales
- Gestion des pâturages et de l'élevage
- La modélisation multi-agents du system d'eleavage
- Parasites gastro-intestinaux des zébus et des chèvres du Plateau Mahafaly
- Les dynamiques d'élevage de bétail dans la région du Plateau Mahafaly
- Utilisation de l'arbre fourragère *samata* (*Euphorbia stenoclada*), le problème de sa dégénération, et l'approche pour l'atténuation : Résultats du projet SuLaMa

3.1. Amélioration des systèmes de culture

Susan Hanisch et Andreas Buerkert

Avec 97% de la population active dans l'agriculture, l'augmentation de la productivité des systèmes de culture est à la base de l'amélioration des conditions de vie dans la région du Plateau Mahafaly, où des pratiques culturelles traditionnelles, extensives et sans utilisation d'intrants ont conduit à une expansion des terres cultivées et de la déforestation par 45% dans les quatre dernières décennies. L'intensification des systèmes de culture est donc nécessaire en raison de la diminution des surfaces disponibles et la fertilité des sols accompagnée par la croissance démographique. L'utilisation du fumier d'élevage a été identifiée comme une opportunité majeure pour l'intensification des systèmes de culture sur des sols pauvres, car celui-ci est une ressource facilement disponible pour la plupart des agriculteurs, cependant il est actuellement pas encore utilisé. Egalement, le charbon de bois, qui est disponible dans la zone d'étude sous forme de résidus de la production de charbon de bois, a le potentiel d'améliorer les caractéristiques du sol et le rendement des cultures, ce qui a été démontré antérieurement dans d'autres régions semi-arides. La principale culture de base qui est cultivée par 99% des agriculteurs est le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), qui est capable de résister à la sécheresse et n'est pas attaqué par les criques. Ainsi, il est la source principale de nourriture dans la période de soudure.

Nous avons donc étudié les effets de fumier et de charbon de bois sur les rendements de manioc, ainsi qu'estimé la contribution d'autres facteurs limitant le rendement du manioc dans la zone d'étude. En outre, dans la zone littorale où l'eau souterraine est disponible toute l'année, on a investigué le potentiel de la culture de légumes irrigués avec du fumier et charbon de bois pour diversifier les revenus et l'alimentation au cours de la saison sèche. Un autre objectif de cette recherche était l'estimation de la quantité de rosée et sa contribution dans le bilan hydrique annuel, comme il était suggéré que la rosée est importante pour la végétation naturelle et les cultures de contre saison, ainsi que comme une source potentielle d'eau potable pour la population locale pendant la saison sèche.

Le manioc a été cultivé pendant trois années dans trois champs d'essai dans deux villages sur le plateau, avec les taux de fumier de zébu de 5 et 10 t ha⁻¹, les taux de charbon de bois de 0,5 et 2 t ha⁻¹, et une densité de boutures de manioc de 4500 ha⁻¹. Les rendements de tubercules sur les parcelles témoins à travers les trois années variaient de 1 à 1,8 t matière sèche (MS) ha⁻¹ parmi les champs. Fumier n'a pas eu un effet sur les rendements dans la première année, mais a conduit à une augmentation de rendement de tubercules de 30 à 40% après trois ans dans un champ avec faible niveau de fertilité du sol et qui était cultivé continuellement. Les effets de fumier ont été plus prononcés dans les plantes non infectées par le virus de

mosaïque du manioc (CMV) et n'ont pas été observés dans les autres champs d'essais, ce qui peut s'expliquer en partie par les stocks de nutriments du sol suffisants associés à une demande de nutriments relativement faible par le manioc. Charbon de bois n'a pas affecté les rendements dans l'ensemble de la période d'essai. L'infection par le CMV a significativement affecté les rendements dans la plupart des cas et a conduit à une dépression du rendement de tubercules jusqu'à 30%. La densité des boutures a été réduite par 4 à 54% du total au cours des années, probablement en raison des périodes de sécheresse et d'utilisation de boutures à faible vigueur. Ces résultats indiquent que la disponibilité de matériel de plantation de haute qualité et adapté de manioc, la disponibilité limitée en eau et des facteurs de gestion sont les principaux facteurs limitant le rendement du manioc dans la zone d'étude. Tandis que le fumier n'a pas systématiquement augmenté les rendements et n'a eu aucun effet sur la croissance dans la première année d'application, les quantités de nutriments appliquées avec 2,5 t ha⁻¹ de fumier de bétail local serait suffisant pour remplacer les nutriments extraits par les tubercules et la biomasse de manioc au niveau de rendements actuels.

La carotte (*Daucus carota* L. var. Nantaise) et l'oignon (*Allium cepa* L. var. Red Créole) ont été cultivés dans un essai dans le village littoral d'Efoetsy pendant deux saisons sèches avec des semences obtenues d'un fournisseur de la capitale régionale de Toliara. Nous avons testé les effets de fumier du zébu local épandu à 40 t ha⁻¹, les résidus de charbon de bois appliquée à 10 t ha⁻¹, ainsi que de l'ombrage sur les rendements des légumes. Les parcelles ont été irriguées deux fois par jour à la main avec de l'eau de puits locale, avec un niveau de salinité de 7,65 mS cm⁻¹. Les rendements de carottes et oignons à travers les traitements et saisons variaient de 0,24 à 2,56 t MS ha⁻¹ et de 0,30 à 4,07 t MS ha⁻¹, respectivement. Fumier et charbon n'ont pas affecté les rendements d'aucune des cultures et aucune année. Ombrage a diminué le rendement de carotte par 33% dans la première année et a augmenté le rendement par 65% dans la deuxième année, tandis que les rendements de l'oignon ont été soulevés par 148% et 208% sous l'ombrage dans la première et la deuxième année, respectivement. Des expériences de germination de semences ont révélé que la salinité de l'eau d'irrigation ainsi que la qualité des semences de Toliara ont réduit de façon significative les taux de germination, conduisant à un peuplement particulièrement faible en cas des parcelles d'oignons. Sous les rendements obtenus et le système de gestion appliqué et en tenant compte des prix du marché locaux et régionaux de produits, la rémunération du travail étaient les plus élevés pour la culture de carotte sous l'ombrage de la deuxième année avec 10 700 MGA. La rémunération du travail étaient souvent négative dans le cas de parcelles ombragées en raison des coûts de matériel d'ombrage, et généralement trop faible pour permettre une production commerciale.

Essais de démonstration ont été mis en place dans le village Miarintsoa sur le Plateau et le village Marofijery dans le littoral, avec trois essais par village dans des champs des différents agriculteurs installés avant le début de la

saison des pluies de 2012/2013. Les traitements consistaient en fumier épandu sur des trous de plantation avec le taux de 30 t ha^{-1} , et un contrôle sans application de fumier ou d'autres modifications. Une variété de maïs à cycle court et tolérante à la sécheresse (CIRAD 412) et une variété de sorgho à cycle court (IRAT 204) ont été utilisés sur le plateau, et maïs et une variété de mil à cycle court (SOSAT C88) dans le Littoral. Le choix pour ces cultures représentait les préférences alimentaires locales et des agriculteurs et leurs familiarité avec les cultures. Le maïs et le sorgho/mil ont été intercalées dans les rangées en alternance à une distance de 1 m entre et au sein des lignes. Les cultures de mil et de sorgho ont été fortement ravagées par le Fody (*Foudia madagascariensis*) sur toutes les parcelles, nécessitant une protection de têtes individuelles avec des moustiquaires un mois avant la récolte. Sur les parcelles de plateau, les rendements de contrôle de maïs et de sorgho étaient de 0 à $0,4 \text{ t ha}^{-1}$ et de 0,1 à $0,7 \text{ t ha}^{-1}$, respectivement, tandis que les rendements sur les parcelles fertilisées ont augmenté de 50 à 200% (figure 3.1). Les parcelles au Littoral n'ont donné aucun produits exploitables en raison de périodes de sécheresse importantes observées au cours de la saison.

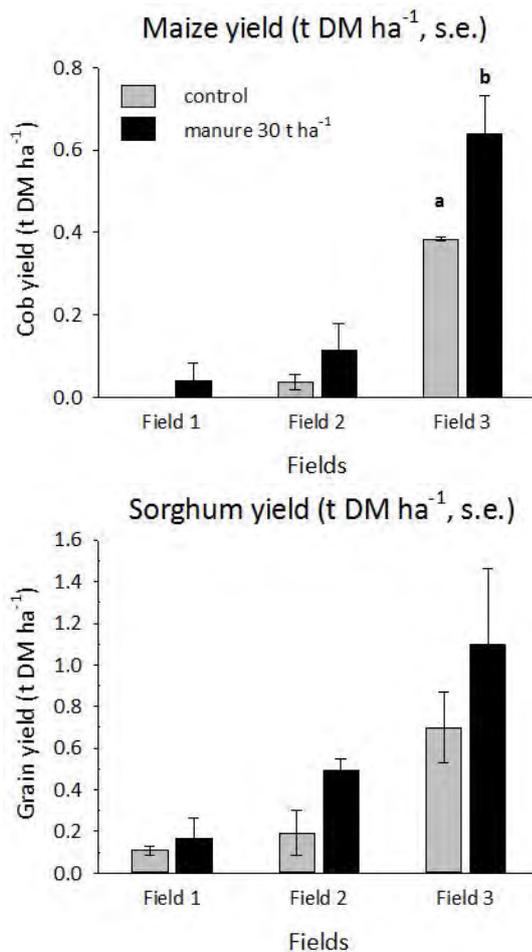


FIGURE 3.1.: Les rendements de maïs et sorgho de trois champs d'essai sur le Plateau Mahafaly, SW Madagascar en 2012/2013. Les barres verticales indiquent +/- un écart-type de la moyenne (HANISCH et al. 2013).

La rosée a été mesurée entre Avril 2013 et Septembre 2014 (Efoetsy) ainsi qu'Avril 2013 et Août 2013 (Andremba). Le dispositif de mesure est une balance numérique connecté à un enregistreur de données programmable librement. Les mesures ont été prises à des intervalles de 30 minutes de 19 heures à 7 heures en enregistrant le poids d'une plate-forme de collecte d'aluminium après-étalonnage du zéro initial. La plate-forme de collecte de rosée a été latéralement protégée par un pare-brise d'une hauteur de 50 mm pour permettre des lectures de poids qui ne sont pas perturbées par le vent (figure 3.2).



FIGURE 3.2.: Configuration de la balance dans le village Efoetsy au littoral de la région de Mahafaly (sud-ouest de Madagascar) montrant une plate-forme en aluminium protégée par un pare-brise, un panneau solaire alimentant l'équilibre et un enregistreur de données.

La rosée dans le village littoral d'Efoetsy se montait à 58 mm et a donc représenté 19% des précipitations pendant la période d'observation de 18 mois, ce qui indique que la rosée en effet contribue significativement au bilan hydrique annuel. Les quantités de rosée étaient inférieures dans le village à l'intérieur par rapport au village littoral, et étaient également considérablement plus faibles au cours des mois de la saison de pluie par rapport aux mois de la saison sèche. Les valeurs journalières maximales ont atteint 0,48 mm. L'analyse de régression avec les données météorologiques locales a révélée que les facteurs expliquant la plupart des quantités quotidiennes de rosée étaient la vitesse moyenne du vent, les valeurs maximales de différence entre la température de l'air et le point de rosée ($T_{\text{air}} - T_{\text{dp}}$) et la chute de température de l'air au cours de la nuit ($T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$), ce qui est en cohérence avec les résultats obtenus dans d'autres études. Le dispositif de la mesure de rosée qui était employé a

pu mesurer fiablement la rosée sur la plaque de condensation métallique, et les coefficients de corrélation avec plusieurs méthodes d'étalonnage ont été de l'ordre de 0,71 à 0,84. L'importance écologique de la rosée pour la végétation naturelle et les cultures reste à étudier.

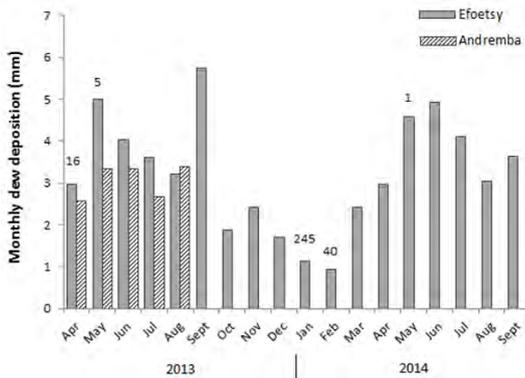


FIGURE 3.3.: Quantités de rosée mensuelles au cours de la période d'observation (2013–2014) au niveau des sites Efoetsy (côtère) et Andremba (intérieur) et les précipitations mensuelles à Efoetsy, sud-ouest de Madagascar (HANISCH et al. 2015).

Conclusion

Nos résultats suggèrent que le fumier actuellement disponible dans les enclos de bétail villageois peut être de trop faible qualité pour être utilisé dans les essais et par les agriculteurs sur les terrains de culture en raison de la longue période de stockage et les conditions de stockage défavorables. Les engrais utilisés dans les études présentées avaient un ratio de C:N jusqu'à 33, et les effets faible ou l'absence d'augmentation du rendement par l'épandage de fumier peuvent être dû à l'immobilisation de N après l'application. Par conséquent, de préférence du fumier fraîchement produit ou proprement stocké ou composté devraient être utilisés dans les recherches futures pour évaluer le potentiel defertilisation du fumier local. En outre, le fumier n'est actuellement pas disponible en quantités suffisantes dans la zone d'étude pour être la seule source de fertilisation des terres cultivées en raison de la densité de bétail relativement faible par rapport aux zones cultivées. L'hétérogénéité ou l'absence d'effets de fumier confirment qu'il y a un besoin d'augmenter la disponibilité de l'eau et l'accès au matériel de plantation adapté et de haute qualité pour permettre des augmentations de rendement et une utilisation efficace de fumier.

En ce qui concerne les approches de recherche futures, les parties prenantes et les autorités régionales en continu remarquer qu'il y a un besoin d'une meilleure coordination entre les acteurs et la documentation des interventions en cours pour améliorer la prise de décision. En outre, il y a un besoin de renforcement des capacités des villageois à travers des méthodes participatives ainsi que des agents de vulgarisation et des chercheurs locaux pour assurer le soutien continu des agriculteurs par essais à long terme.

3.2. Utilisation des espèces d'igname et des plantes médicinales

Noromalala Jessica Andriamparany, Katja Brinkmann, Vololoniaina Jeannoda et Andreas Buerkert

Les ménages ruraux dans la région semi-aride de Mahafaly Plateau dans le sud-ouest de Madagascar dépendent fortement de l'utilisation des ressources naturelles pour leur besoins essentiels et aussi comme source de revenu. En tenant compte de la pression croissante sur les services et les fonctions écosystémiques, ce sous-groupe a analysé la disponibilité des importants services d'approvisionnement d'habitats forestiers et leur importance pour la subsistance de la population locale de cette région. Les ignames sauvages et les plantes médicinales ont été choisies comme importantes services d'approvisionnement, étant souvent collectées à partir des habitats forestiers et utilisés de diverses manières par les populations locales dans la région de Mahafaly, pour améliorer la sécurité alimentaire et la santé. Cependant, la surexploitation de ces ressources menace leur environnement naturel et les moyens de subsistance la population locale.

Une enquête ethnobotanique a été menée pour étudier la diversité, l'utilisation et la connaissance traditionnelles des ignames sauvages et des plantes médicinales dans cinq villages de la région de Mahafaly. Au total, 250 ménages ont été sélectionnés au hasard et d'entrevue à l'aide de questionnaires semi-structurés, pour rassembler les données socio-économiques et des informations sur les connaissances locales des espèces d'igname sauvage et des plantes médicinales. Cela a été suivi par des inventaires sur terrain pour collecter des plantes pour une identification botanique. Compte tenu de l'exploitation actuelle de cette ressource, il est nécessaire d'identifier et de prédire la distribution des espèces d'igname le long des gradients environnementaux pour améliorer notre compréhension sur la gestion durable de cette ressource. L'abondance des espèces et les variables environnementales ont été collectées sur terrain à l'aide d'une méthode d'échantillonnage systématique dans la zone de récolte d'ignames sauvages de quatre villages (58 plots). Une analyse de redondance (RDA) a été menée pour étudier la relation entre les espèces d'igname sauvage et les 12 variables environnementales. Les modèles de distribution et les courbes de réponse des espèces ont été établis pour les espèces d'igname sauvage les plus abondantes, en utilisant la régression non-paramétrique et multiplicatif (NPMR). Ces modèles ont été ensuite utilisés conjointement avec des données géo-spatiales pour la cartographie prédictive.

Six espèces endémiques d'igname sauvage ont été identifiées comme des sources potentielles de nourriture sur le Plateau (sur 22 espèces recensées dans la région sud-ouest). Tous les ménages interrogés (n=250) consomment des tubercules d'ignames sauvages et 70% d'entre eux

TABLEAU 3.1.: Statistiques descriptives des variables (moyenne \pm SD) utilisés dans l'évaluation de la connaissance et de l'utilisation d'igname sauvage et des plantes médicinales de la région de Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar. Source : ANDRIAMPARANY et al. 2014.

Variabes	Ampotake (n = 50)	Andremba (n = 50)	Itomboina (n = 50)	Miarintsoa (n = 50)	Efoetse (n = 50)
Collecte d'ignames sauvages (%)					
<i>D. alatypes</i>	92.2	80.3	80.0	42.0	0.0
<i>D. bemandry</i>	94.1	51.5	80.0	87.2	0.0
<i>D. fandra</i>	54.9	60.6	60.0	59.6	0.0
<i>D. ovinala</i>	76.5	62.1	64.4	46.8	0.0
<i>D. nako</i>	43.1	21.2	66.7	48.9	0.0
<i>D. soso</i>	7.8	39.4	46.7	21.3	0.0
Nombre d'espèces d'igname sauvage collectées	3.9 \pm 1.1	3.9 \pm 1.3	4.2 \pm 1.4	4.9 \pm 1.9	0.0
Fréquence de récolte d'igname sauvage ¹⁾	9.8 \pm 5.7	5.1 \pm 2.5	5.6 \pm 2.9	5.7 \pm 3.9	0.0
Période de récolte (mois/année)	5.7 \pm 1.9	4.1 \pm 1.9	4.2 \pm 1.4	4.9 \pm 1.9	0.0
Tubercules d'ignames sauvages collectés ²⁾	21 \pm 9	12.8 \pm 5.8	14.1 \pm 5.6	13.1 \pm 7.6	0.0
Techniques de récolte durable (%)	10.4	18.5	10.5	21.4	-
Revenu mensuel générés la vente d'ignames sauvages (US\$) ³⁾	5.5 \pm 7.4	1.3 \pm 3.5	2.0 \pm 3.0	1.3 \pm 2.5	0
<hr/>					
Nombre de plantes médicinales utilisées	44.0 \pm 12.0	30.0 \pm 12.0	36.0 \pm 10.0	27.0 \pm 12.0	18.0 \pm 10.0
SDi ⁴⁾	33.5 \pm 10.3	23.9 \pm 8.6	32.2 \pm 7.7	23.4 \pm 10.2	14.7 \pm 7.7
« Use report » des plantes médicinales	18.0 \pm 3.1	14.0 \pm 3.2	17.0 \pm 1.9	13.0 \pm 3.3	13.0 \pm 4.6

¹⁾ Fréquence par mois ; ²⁾ Nombre de trous creusés pour chaque récolte ; ³⁾ 1 US\$ = 2422 Ariary, 9.07.2014 ; ⁴⁾ Connaissance de l'informant sur les plantes médicinales.

collectent l'igname sauvage dans la forêt. La collecte et l'utilisation des plantes forestières se sont montrées différentes entre le Littoral (Efoetse) et le Plateau (les trois autres villages), pouvant être expliqué principalement par le manque des ressources forestières et d'espèces d'igname sauvage dans le Littoral. Le nombre de plantes médicinales et des espèces d'igname sauvage utilisées étaient plus élevés sur le Plateau (Ampotake, Andremba, Itomboina, Miarintsoa), que sur le Littoral (Efoetse), particulièrement à Itomboina et à Miarintsoa (tableau 3.1). Par contre, la collecte d'igname sauvage sur le littoral est plutôt rare, en raison de leur rareté de cette ressource et de la limitation des accès aux forêts de cette partie de la zone. L'igname est généralement consommé pour compléter la quantité journalière des aliments de base (manioc et maïs) lorsque ceux-ci sont rares, mais peuvent être aussi consommé comme aliments de base, en particulier dans les villages proches de la forêt, où la collecte journalière est possible (ANDRIAMPARANY et al. 2014).

Les principaux facteurs qui déterminent l'utilisation et la collecte des ignames sont la distance du village par rapport à la forêt et le statut économique des ménages, étant donné que les ménages pauvres (en fonction du nombre de têtes de bétail et de la production agricole) collectent plus de tubercules et plus fréquemment que les ménages plus aisés. L'intensité de récolte (nombre de trous de récolte/plot), la fragmentation des forêts, et la distance d'un plot par rapport à la route principale joignant les villages, ont des effets significatifs sur la disponibilité des ignames dans leurs milieux naturels. L'analyse de la distribution des espèces a montré une tendance très claire d'habitats des espèces étudiées, avec *D. alatypes*

se trouvant dans des forêts épineuses sur sols calcaires et à des endroits éloignés, tandis que *D. bemandry* et *D. fandra* ont été trouvées dans des forêts sur sols sableux avec une intensité de récolte élevée (figure 3.4). L'analyse de sensibilité a indiqué l'importance de la structure de la végétation, les interventions humaines, et les caractéristiques du sol pour déterminer la distribution de l'igname sauvage. Les cartes de répartition prédites (figure 3.5) ont montré que la population d'igname sauvages est rare et la plupart est située dans des zones restreintes des forêts et des fourrés épineux ouvertes, où l'intensité de récolte est aussi élevée (ANDRIAMPARANY et al. 2015).

La domestication d'igname

La domestication de matériel génétique sauvage et la conservation in-situ des populations sauvages peut contribuer à contrer les effets dévastateurs de la forte intensité de récolte sur les populations d'ignames sauvages dans cette région. Par conséquent, nous avons, étudié les capacités relative de la régénération de six espèces d'igname sauvages (*D. alatypes*, *D. bemandry*, *D. fandra*, *D. soso*, *D. ovinala* et *D. nako*), ainsi que les performances agronomiques d'une espèce d'igname sauvage *D. alatypes* et une variété locale de *D. alata*.

Des expérimentations ont été menées pour collecter de données sur la pré-germination des graines, la régénération végétative en pot et in-situ des espèces d'ignames. Nous avons également testé les effets des différents niveaux d'application de fumier (0, 10, 20, et 40 t ha⁻¹) sur la croissance des espèces d'igname aux champs. Nos résultats suggèrent que la régénération d'espèce d'igname

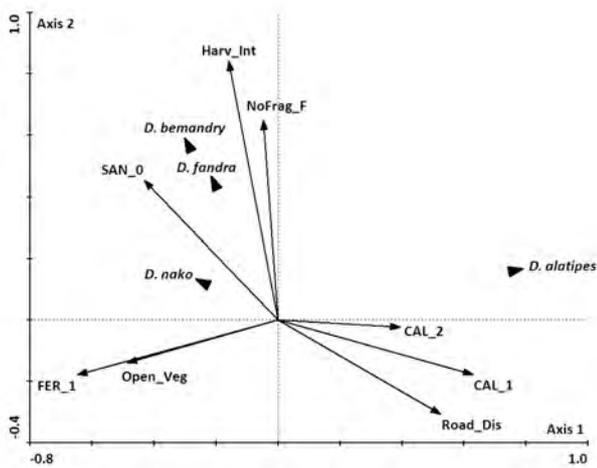


FIGURE 3.4.: Schéma de l'ordination (analyse de redondance) montrant le premier et le deuxième axe de l'ordination montrant la relation des espèces d'igname sauvage (flèches sans lignes) avec les facteurs environnementaux (flèche avec des lignes solides) sur le Plateau Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar. Abréviations : FER_1, SAN_0, CAL_2 et CAL_1 = types de sol locaux ; Road_Dis = distance du plot par rapport à la route principale ; Harv_Int = intensité de récolte ; NoFrag_F = forêt non-fragmenté ; Open_Veg = formation arbustive et boisements ouverts (ANDRIAMPARANY et al. 2015).

est possible en pot, sous des conditions in-situ ou aux champs. Les exigences spécifiques pour réussir la culture des ignames sauvages dépend de l'espèce cible, d'où le pré-refroidissement et l'imbibition dans l'eau courante semblent particulièrement être efficace dans améliorer la germination des graines. Pour la culture des ignames aux champs, nous recommandons un taux d'épandage de fumier de 20 t ha^{-1} pour *D. alata*. La régénération des ignames sauvages locales s'est avérée plutôt élevée en utilisant la partie supérieure de tubercule que les minisetts de tubercules. La performance de régénération dépend des conditions édaphiques spécifiques. Les autres espèces d'igname sauvages ne préféraient qu'un seul type de sol (que ce soit sur le sol ferrallitique ou sablonneux) tandis que *D. fandra* et *D. soso* poussaient sur des différents types de sols (calcaires, ferrallitique, sols sableux). La culture d'igname sur le Plateau Mahafaly est compromise par le facteur main-d'œuvre particulièrement élevé, la production des minisetts, et les difficultés pour trouver des semences.

Conclusions

Concernant les ignames, nous recommandons la sensibilisation des villageois sur l'utilisation durable des produits forestiers dans les villages à proximité des forêts. Après la récolte des tubercules d'ignames sauvages, les collectionneurs devraient être encouragés à replanter la partie supérieure du tubercule dans le sol. Cette action assurera non seulement la régénération de tubercules, mais permettra également de réduire la dégradation des sols

due aux trous laissés après la récolte. La possibilité de cultiver de l'igname dans la zone de recherche (*D. alata* ainsi que des espèces sauvages) devrait également être évalué sous de multiples options de gestion pour être en mesure de donner des recommandations spécifiques aux villageois du Plateau Mahafaly, pour les aider à élargir la gamme de culture, de les informer sur les risques de mauvaises récoltes et de réduire la pression sur les populations sauvages d'ignames.

3.3. Gestion des pâturages et de l'élevage

Tobias Feldt, Pascal Fust, Eva Schlecht, Ononamandimby Goum Antsonantenainarivony, Vonjison Rakotoarimanana et Roger Edmond

L'agriculture de subsistance est encore le pilier de l'économie dans la région de Mahafaly. L'élevage, en particulier des bovins et des petits ruminants, joue ainsi un rôle économique, culturel et social important pour les communautés locales. Jusqu'à présent, les populations agropastorales de la région gardent des grands troupeaux avec un système d'élevage extensif de leurs cheptels. Les éleveurs doivent faire face à plusieurs contraintes telles que les pénuries d'eau et de fourrage au cours des saisons (figure 3.6, 3.7), mais aussi les maladies épizootiques et une augmentation de conflits violents liés aux vols de bétail, reflétant la crise politique et économique actuelle du pays. En même temps, l'importance des animaux comme symbole de richesse et de prestige mène toujours à croire que l'élevage contribue faiblement à la sécurité alimentaire ou d'autres moyens de subsistance de la population rurale, tout en constituant une menace sérieuse sur l'environnement de la région.

La présente étude vise à obtenir un aperçu plus approfondi du système d'élevage de bétail extensif dans la région de Mahafaly. Elle essaie de comprendre les principaux facteurs de la dynamique pastorale, de l'utilisation des terres et des ressources le long d'un gradient d'altitude et de la végétation, considérant la forte hétérogénéité spatiale et temporelle de la région. L'étude analyse également la productivité des troupeaux locaux, ainsi que les stratégies d'abattage par les propriétaires afin de déterminer la dynamique des troupeaux, les possibilités de développement économique, et un futur potentiel de développement rural.

Pour étudier les variations saisonnières du mode de déplacement et d'utilisation des terres des troupeaux de zébus et de chèvres issus des quatre villages locaux, répartis équitablement entre la zone côtière et le plateau de la région, ont été munis des colliers de repérage GPS, et leur comportement sur pâturage a été observé (figure 3.8).

Au fil des saisons, les deux espèces des troupeaux venant du plateau ont couvert de plus longues distances (bovins

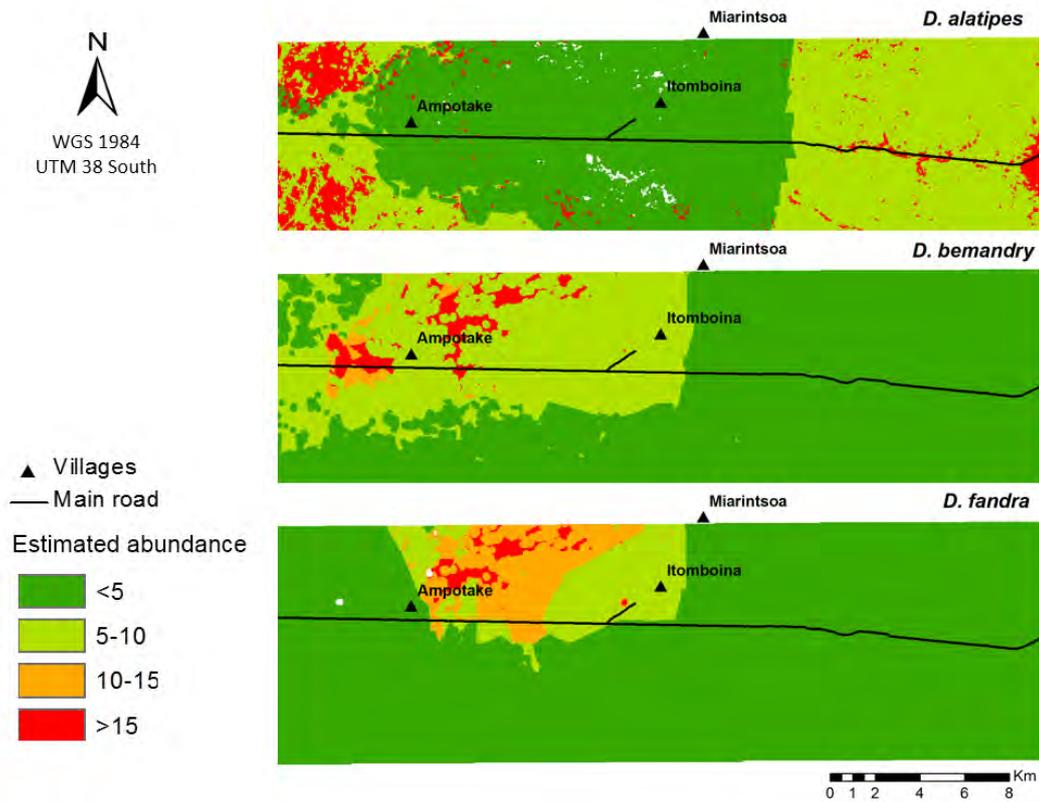


FIGURE 3.5.: Cartes prédictives des trois ignames sauvages (*Dioscorea* spp) sur le Plateau Mahafaly dans le sud-ouest de Madagascar utilisant des modèles de régression non-paramétrique et multiplicative (NPMR) correspondants. Les classes d'abondance représentent le nombre d'individus prédits des ignames dans 400 m². Les points blancs sur les cartes représentent les zones où la prédiction était impossible (ANDRIAMPARANY et al. 2015).

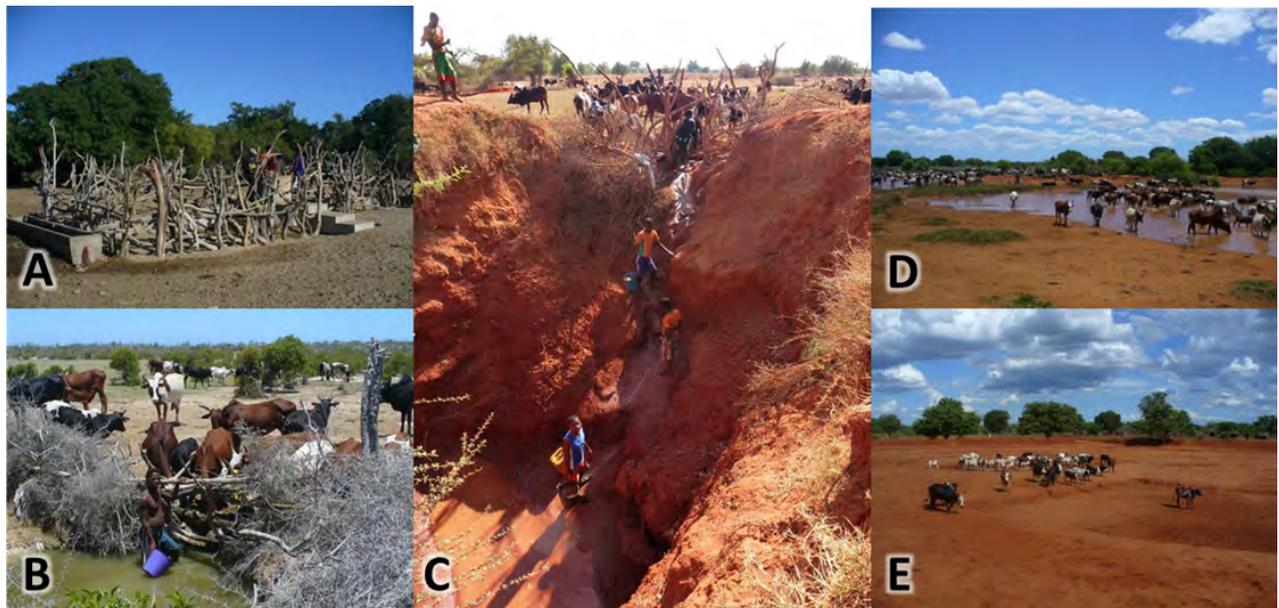


FIGURE 3.6.: La variabilité spatiale et saisonnière de la disponibilité en eau pour l'élevage : un puit construit à Marofijery et (b) un point d'eau salée (*vovo*) près d'Ankilibory, les deux se trouvent dans le Littoral ; (c) un puit profond (*vovo*) près de Maroarivo – l'une des rares sources d'eau permanentes sur le plateau calcaire à la fin de la saison sèche ; (d) un point d'eau temporaire pendant la saison de pluie (*Sihanaka*) près de Behalitany (plateau) et (e) un bassin de rétention d'eau pendant le début de la saison de sèche (*sihanaka*) à Ampotaka (plateau).

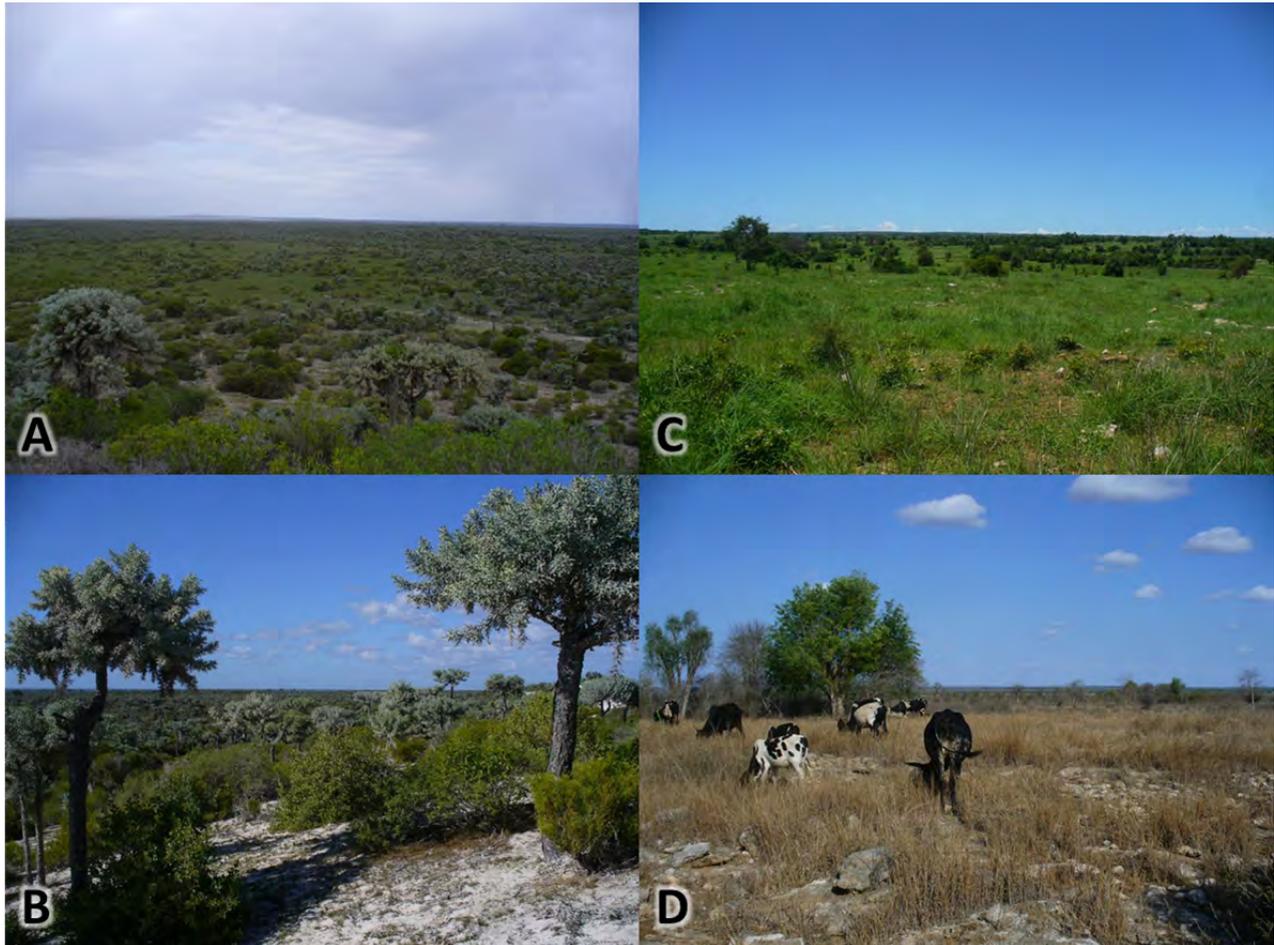


FIGURE 3.7.: Dynamique spatio-temporelle de la végétation : une formation arbustive d'*Euphorbia steonclada* pendant (a) la saison des pluies (b) au début de la saison sèche ; savane sur le plateau calcaire pendant (c) la saison des pluies et (d) à la fin de la saison sèche.



FIGURE 3.8.: Installation de colliers GPS sur (a) des chèvres et (b) des zébus locaux.

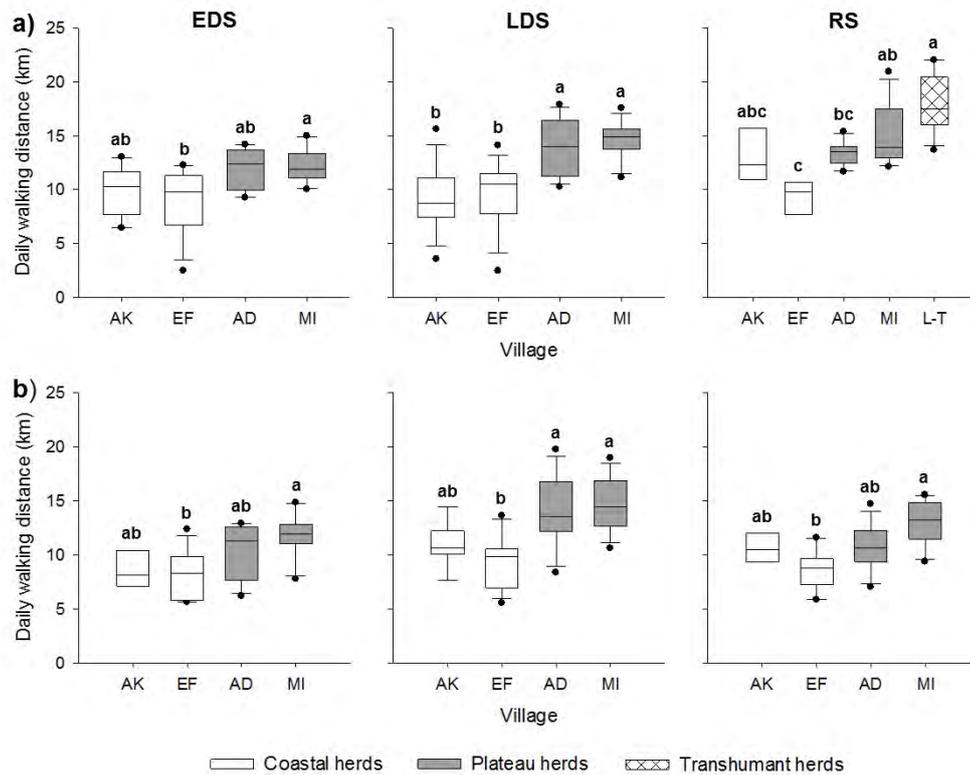


FIGURE 3.9.: Variation saisonnière de la distance de marche quotidienne (km) (a) des troupeaux zébus et (b) des chèvres venant d'Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Andremba (AD), Mirintsoa (MI), et des troupeaux transhumants (C-T). Les données représentent le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS).

13,6 ± 3,02 km, chèvres 12,3 ± 3,48 km) et ont été trouvées plus loin des villages (bovins 3,1 ± 0,96 km, chèvres 2,8 ± 0,98 km) que ceux du littoral (distance de marche : bovins 9,5 ± 3,25 km, chèvres 9,2 ± 2,57 km ; distance maximale : bovins 2,6 ± 1,28 km, chèvres 1,8 ± 0,61 km ; figures 3.9 et 3.10). Les troupeaux transhumants sont plus vulnérables par rapport aux troupeaux locaux, à cause de leur accès limité aux pâturages et ressources en eau. Les différences significatives sur l'utilisation des terres reflètent l'occurrence spatiale des classes de couverture du sol spécifiques autour des villages et la variation saisonnière en disponibilité des plantes fourragères. La pénurie d'eau saisonnière a été confirmée comme une contrainte majeure de l'élevage sur le plateau, tandis que celui du littoral est plutôt limité par la disponibilité en fourrage pendant la saison sèche.

Toutefois, les problèmes de sécurité récents et les conflits d'utilisation des terres avec les agriculteurs locaux prennent de l'importance et forcent les propriétaires de bétail à adapter leur gestion de pâturage traditionnelle, résultant à une variation spatio-temporelle du nombre de bétail et à un risque imminent de surpâturage local et de dégradation de pâturages.

Afin de déterminer la préférence du bétail pour des espèces de plantes spécifiques ainsi que la valeur fourragère de la végétation naturelle des pâturages, le comportement alimentaire des bovins et des petits ruminants a été observée, et les plantes fourragères importantes ainsi que des échantillons fécaux ont été prélevés et analysés pour la

concentration en nutriments et la digestibilité de la ration ingérée. Parmi les 133 espèces de plantes consommées par les troupeaux observés, 13 sont d'une importance majeure pour la nutrition des animaux. Les petits ruminants avaient une forte préférence pour la végétation ligneuse (figure 3.11) tandis que les bovins comptaient en grande partie sur les herbes comme composante principale de leur alimentation. La valeur nutritive et la digestibilité du fourrage naturel, ainsi que son abondance dans le littoral, a considérablement diminué au cours de la saison sèche ce qui soulignait l'importance des plantes fourragères supplémentaires, en particulier de l'*Euphorbia stenoclada*. Cette espèce d'arbre succulente s'avère être d'une importance qualitative et quantitative, et est une ressource précieuse pour les éleveurs dans la zone côtière de la région ; la plante offre de l'énergie et de l'eau à des moments où presque aucun autre fourrage n'est disponible.

Ensuite, les bovins dépensent jusqu'à 45% de leur temps à se nourrir de cette espèce d'euphorbes riche en latex. A la fin de la saison sèche, il est également de plus en plus consommé par les chèvres et les moutons, avec un partage temporel, respectivement, d'environ 8% et 17% du temps de fourrage. La valeur nutritive d'*E. stenoclada* a été trouvée acceptable tout en montrant une digestibilité similaire à d'autres espèces fourragères supplémentaires communément utilisées dans la zone, du genre *Opuntia*. Dans le calcul du modèle pour la zone d'étude, il a été déterminé que 43 arbres sont nécessaires pour nourrir une Unité de Bétail Tropical (UBT ; correspondant à un zébu

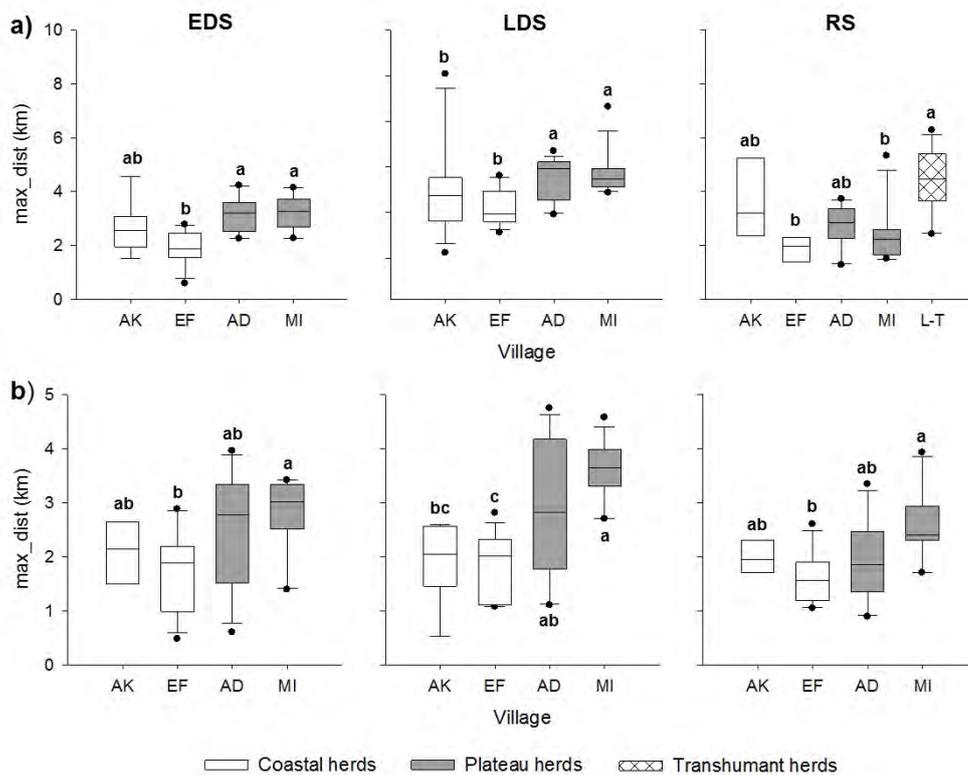


FIGURE 3.10.: Variation saisonnière du point de marche le plus loin de l’enclos de nuit (dist_max, km) des troupeaux (a) de zébus et (b) de chèvres d’Andremba (AD), Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Miarintsoa (MI) et des troupeaux en transhumance (C-T). Les données représentent le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS).

ou dix petits ruminants ; voir model de la figure 3.12).

Parallèlement, la surexploitation actuelle de ses stocks sauvages peuvent augmenter la pression sur la végétation et sur les ressources de pâturages situées à proximité du Parc National de Tsimanampesotse.

Enfin, des entrevues sur l’histoire de progénitures avec les éleveurs venant de six villages ont été menées pour analyser la productivité des bovins et des chèvres locaux. L’âge au premier vêlage était de $40,5 \pm 0,59$ mois pour les bovins et de $21,3 \pm 0,63$ mois pour les chèvres (figure 3.13). Les deux espèces ont montré de longue intervalle de vêlage (bovins $24,2 \pm 0,48$ mois, chèvres $12,4 \pm 0,30$ mois ; figure 3.14), surtout à cause de l’entretien des femelles à fertilité faible dans les troupeaux. Cependant, le taux de mortalité des progénitures rapporté était faible ; seulement 2,5% des bovins et 18,8% de chèvres meurent avant d’atteindre la maturité. En même temps, les informations économiques ont été utilisées pour estimer les revenus annuels de l’élevage ; et ces revenus s’avèrent être plus élevés que la dynamique du marché prévu, en particulier pour les zébus, résultant à des marges de contribution annuelle de 33€ par unité de bovin, et 11€ par unité de chèvre. L’application du modèle de survie des troupeaux « PRY » pour simuler la croissance des troupeaux représentant la gestion actuelle et celle des deux scénarios alternatives, a confirmé la rentabilité économique du système d’élevage actuel et a également montré un potentiel pour un développement ultérieur en termes de

production et d’économie. Toutefois, ceci pourrait être nettement limité par la capacité de charge restreinte de la région.

Conclusion

La présente étude illustre le caractère du système d’élevage dans la région de Mahafaly qui est fortement extensif et axé sur des ressources naturelles, avec la mobilité des troupeaux comme un élément majeur pour faire face à des pénuries saisonnières de fourrage et de l’eau. Mais des facteurs-clefs supplémentaires et des facteurs externes gagnent de l’importance et affectent de plus en plus les décisions de migration et de gestion des pâturages. Cela conduit à un risque accru de surpâturage, à une surexploitation des ressources fourragères naturelles locales, et à l’intensification des tensions entre les intérêts pastoraux et de la conservation naturelle. A la même occasion, cela entrave le développement agricole de la région, qui n’a pas encore été entièrement exploité. La situation démontre ainsi la nécessité de suggérer des améliorations et des mesures d’implications pratiques, telles que le reboisement systématique des espèces de plantes fourragères supplémentaires dans le littoral, ou d’une meilleure intégration de l’élevage et de la production agricole pour soutenir le système d’élevage traditionnel, sans compromettre les moyens de subsistance de la population, et en même temps minimisant l’impact pastoral sur la nature et l’environnement unique de la région.

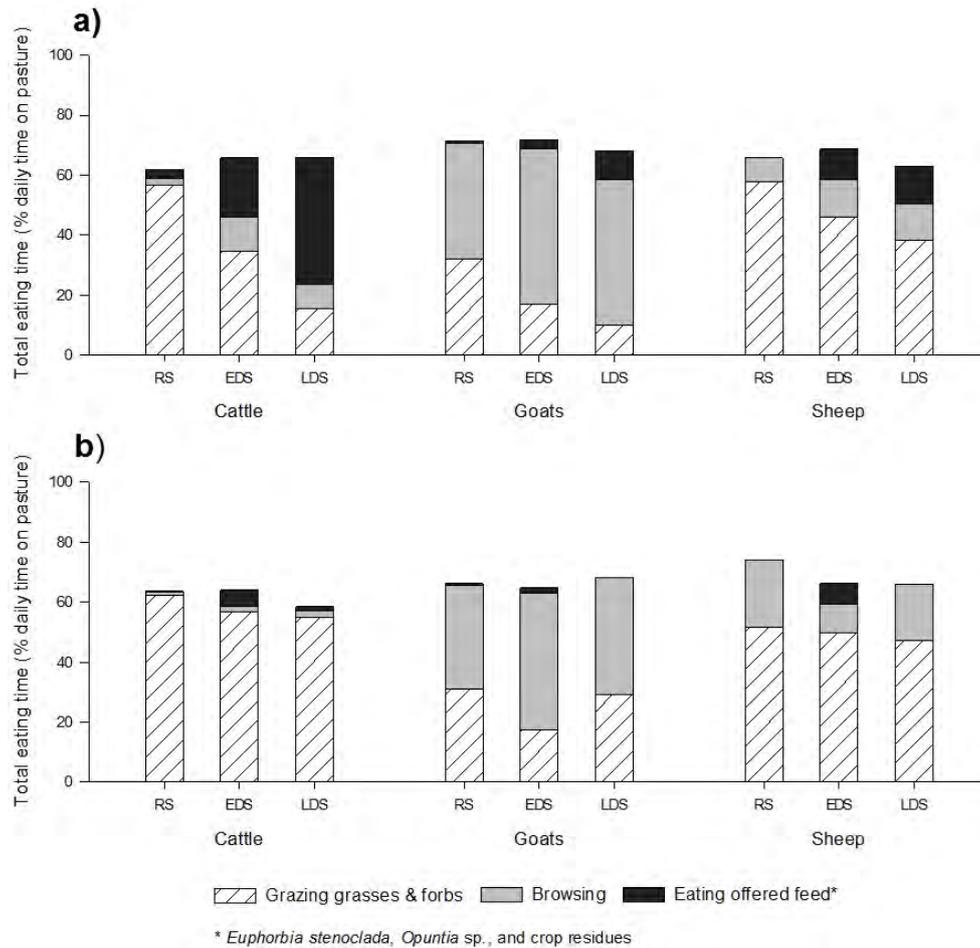


FIGURE 3.11.: Fraction du temps de pâture (en % du temps journalier sur les parcours) passée sur les différents types de fourrages par les zébus, les chèvres et les moutons du (a) littoral et (b) du plateau, pendant la saison des pluies (RS), au début de la saison sèche (EDS) et à la fin de la saison sèche (LDS).

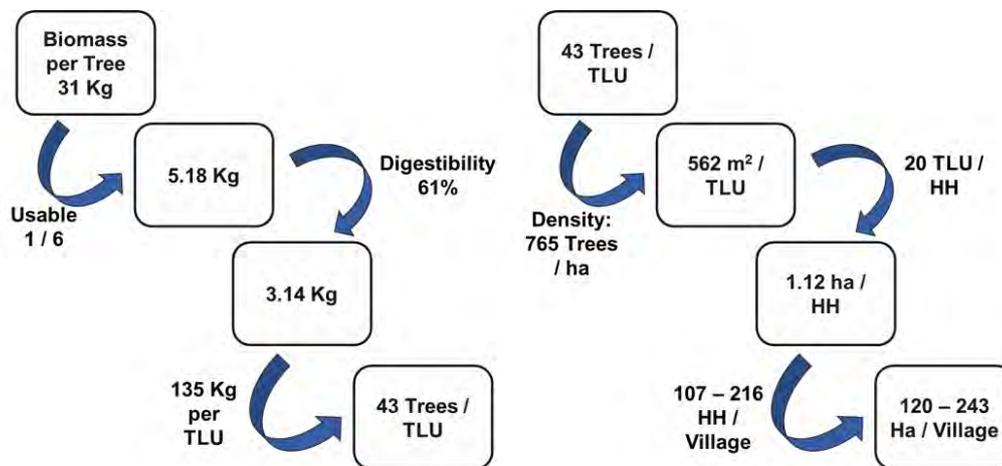


FIGURE 3.12.: Calcul du modèle pour déterminer le nombre d'arbres d'*Euphorbia stenoclada* nécessaires pour nourrir une unité de bétail tropical (UBT, en anglais : « TLU ») du littoral de la région, au cours de la saison sèche.

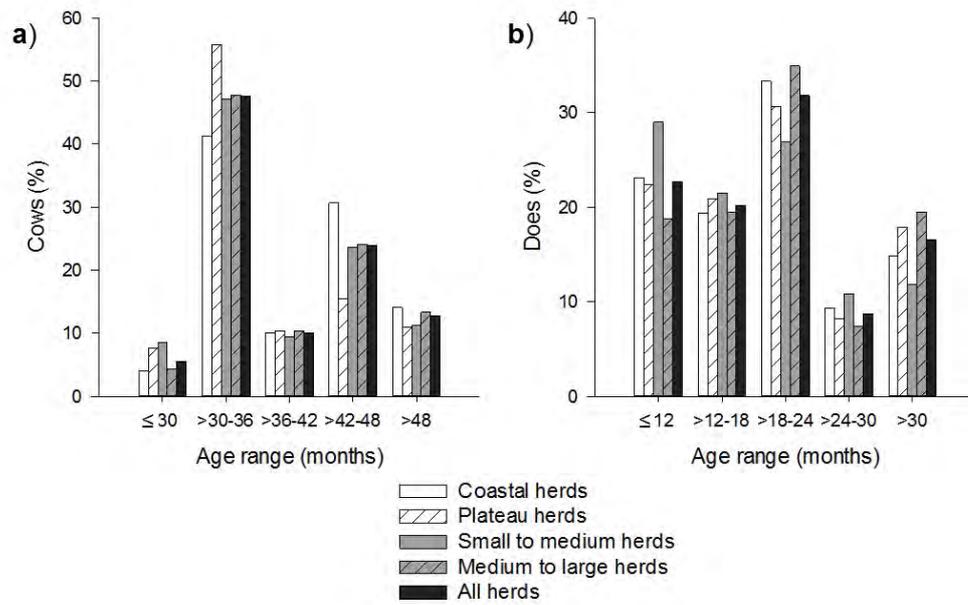


FIGURE 3.13.: L'âge au premier vêlage (a) des vaches et (b) des chèvres dans le Sud-Ouest de Madagascar, déterminé à partir des entretiens sur l'histoire des progénitures dans les six villages cibles. La distribution de la fréquence est indiquée pour le total et les sous-ensembles de données.

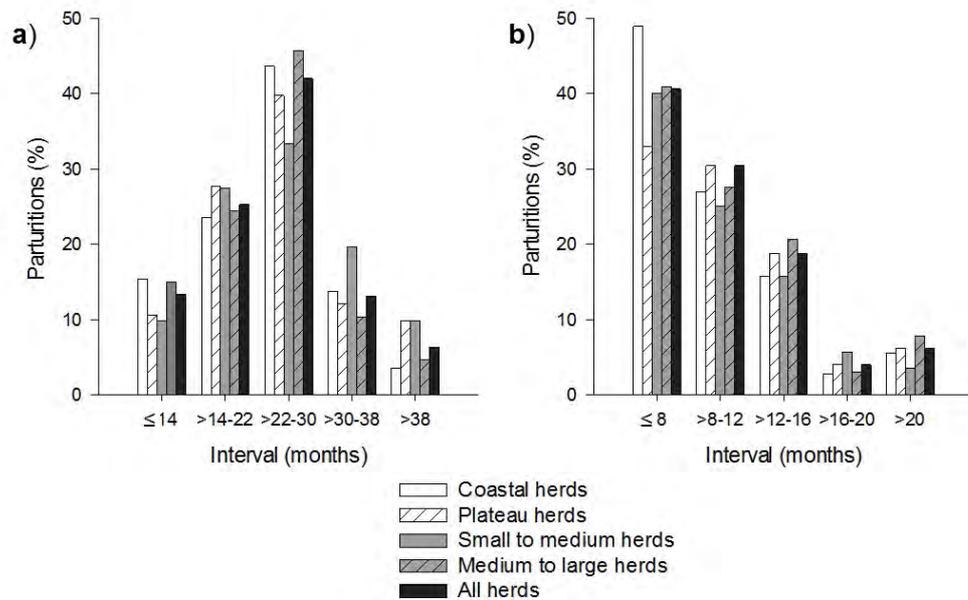


FIGURE 3.14.: L'intervalle de parturition (a) des vaches et (b) des chèvres dans le Sud-Ouest de Madagascar, déterminé à partir des entretiens sur l'histoire des progénitures dans les six villages cibles. La distribution de la fréquence est indiquée pour le total et les sous-ensembles de données.

3.4. La modélisation multi-agents du system d'élevage

Pascal Fust, Tobias Feldt, Eva Schlecht, Ononamandimby Goum Antsonantenainarivony, Roger Edmond, Vonjison Rakotoarimanana

Basé sur les résultats préliminaires sur l'importance de la dynamique spatiale et temporelle de la disponibilité et de l'utilisation des ressources du système d'élevage local, les effets écologiques de l'herbivorie sur l'écosystème des pâturages et leur rétroaction sur la productivité du système d'élevage local ont été évalués. Le pâturage et le broutage peuvent non seulement modifier la productivité globale des communautés de plantes fourragères, mais leur composition en termes d'abondance et de diversité à travers la défoliation sélective des différentes espèces de plantes alimentaires. Une augmentation de pression sur les pâturages peut ainsi conduire à une limitation des espèces de plantes appétissantes, couplés en même temps avec la progression des herbes et des plantes ligneuses peu appétissantes, et d'un changement dans la composition des espèces de plantes, révélé être accompagné par une réduction de la productivité primaire. Traditionnellement, l'atténuation de ces effets a été accomplie par la mise en œuvre des différentes stratégies de pâture, telle que la rotation de pâturages ou le pastoralisme nomade, comme sur le Plateau Mahafaly, où les formes courantes de gestion de pâturages qui incluent des mouvements de transhumance saisonnière et des pâturages en rotation activement accompagnée

Pour analyser la durabilité et la productivité potentielle des différentes stratégies de gestion de pâturage et de troupeau, avec un intérêt particulier de l'effet des scénarios climatiques futurs, un modèle écologique dynamique et spatialement explicite a été développée, en appliquant

les techniques de modélisation multi-agents (interface utilisateur comme montre la figure 3.15), qui est une composante et sous-module de SEALM (voir chapitre 9).

En raison de la complexité des processus et leurs représentations respectives dans le modèle, la structure du modèle et son développement ont été traitées en nombre de sous-modules, en tenant compte des processus de la végétation, du comportement des herbivores, et des interactions entre les deux et leur gestion séparément.

Le sous-module de la végétation

Le sous-module de la végétation représente la condition de l'habitat des pâturages en termes de disponibilité et de distribution de ressources. Puisque le but du modèle était de simuler l'utilisation des ressources fourragères par les herbivores, il était aussi important d'intégrer, à côté des facteurs de l'organisme intrinsèque des plantes, les paramètres importants liés à l'état et à la valeur nutritive. Le modèle du sous-module de la végétation considère ainsi la qualité et la quantité nutritive comme les facteurs pertinents pour la simulation de la sélection et ingestion (« *fourrageage* ») du bétail. Sur la base de la carte de classification de couverture du sol (voir chapitre 9), des mesures sur terrain de la végétation et des données corrigées des effets atmosphériques de télédétection par satellite, et des cartes de biomasse aérienne de la végétation de la zone d'étude ont été établis. Les indices de productivité de la végétation telle que l'indice différentiel normalisé de végétation (NDVI) et l'indice de la végétation totale ajusté pour les sols (SATVI) ont été calculés et évalués en termes de corrélation avec les mesures de la biomasse herbacée sur terrain. En analysant les séries chronologiques annuelles des indices de végétation, des gradients sensibles au facteur temps (*time-sensitive gradients*) et les caractéristiques saisonnières de la disponibilité de la biomasse ont été évalués et estimés pour

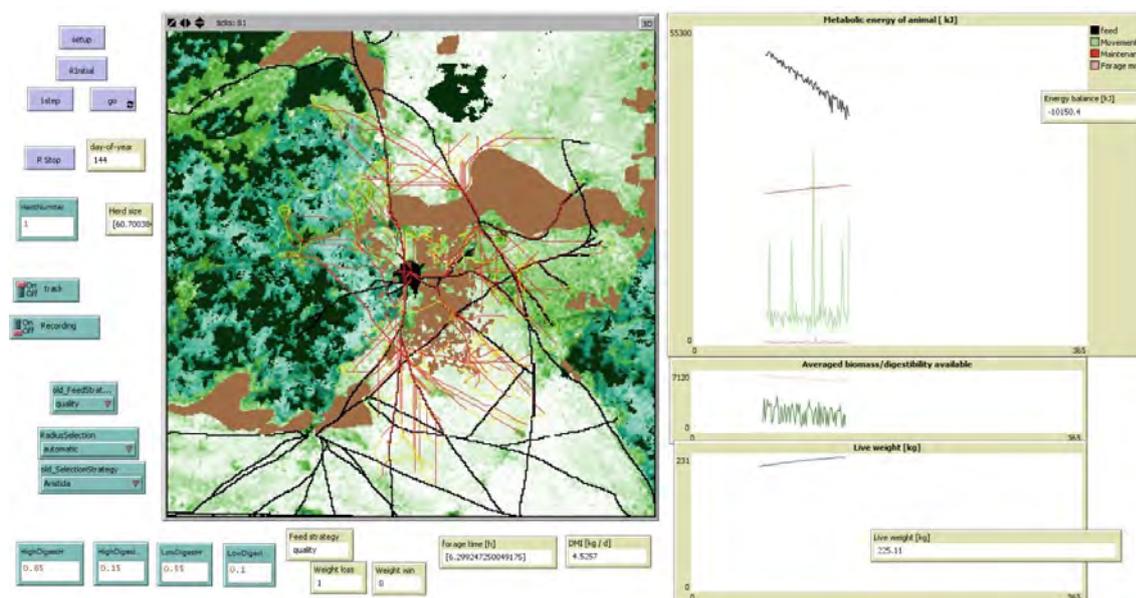


FIGURE 3.15.: Interface utilisateur graphique du modèle multi-agents sur l'élevage, spatialement explicite, qui simule l'utilisation des ressources fourragères par les zébus sur le Plateau Mahafaly.

simuler spatialement et explicitement la dynamique temporelle de la disponibilité de biomasse de la végétation des prairies.

Basé sur l'échantillonnage de la végétation au-dessus du sol et de l'analyse typologique, les groupements végétaux ont été définis pour simplifier l'analyse de la qualité du fourrage. Les valeurs moyennes de digestibilité ont été évalués, c.-à-d. la digestibilité globale des communautés végétales différentes ont été analysées et extrapolées sur les cartes des zones d'étude. Semblable à la simulation de la quantité de fourrage, les gradients temporels et les caractéristiques saisonnières de la digestibilité ont été évalués et traduits en fonctions sensibles au temps correspondant. Par conséquent, le modèle simule les processus de maturation et de ré-croissance de la végétation.

Le sous-module herbivore

Le sous-module herbivore comprend tous les processus liés à l'élevage, la simulation du comportement de l'animal, les implications métaboliques, les mouvements, etc. En raison de leur importance économique et écologique dans la zone d'étude, le modèle se concentre sur les effets du pâturage de bovins comme espèce de bétail principal. Ainsi, le modèle a adopté le principe classique de fourrageage optimal des herbivores qui permet la maximisation de l'énergie, c.-à-d. que l'objectif supposé de fourrageage est de maximiser le taux à long terme de la consommation d'énergie. Comme le modèle se concentre sur un système dans un environnement aride et semi-aride, le système d'unité de remplissage décrit dans JARRIGE (1998) a été appliqué comme principe du modèle de la consommation de fourrage à court terme. Ce système prévoit l'apport volontaire de matière sèche par caractéristique d'animal (capacité d'ingestion) et la valeur de remplissage du fourrage, en s'appuyant ainsi sur la capacité de l'intestin comme principal facteur régulant l'ingestion.

Le sous-module herbivore simule ainsi les mouvements et les coûts de l'énergie et des gains indiqués à travers un

pâturage libre à haute résolution temporelle et spatiale. Basé sur les différentes stratégies de gestion de l'élevage, les itinéraires de pacages journaliers ont été calculés et les bilans énergétiques quotidiens ont été accumulés pendant de nombreuses années.

Interactions entre la végétation et les herbivores

Les interactions entre la végétation et les animaux ont été limitées dans une seule direction, c. à d., pendant que les herbivores réagissaient et adaptaient leur comportement aux conditions de la végétation, la seule rétroaction de la végétation aux herbivores était par réduction de la biomasse. Ainsi, le modèle appliquait, au niveau du système, un principe de « perturbation-additive », qui définit l'utilisation des ressources naturelles comme un stress supplémentaire dans un écosystème dynamique. Il superposait les dynamiques naturelles de la disponibilité des ressources avec la distribution d'extraction temporelle.

Le modèle est actuellement dans une phase de validation, par conséquent, les résultats finaux ne sont pas encore disponibles. Comme données de validation, les données de mouvement d'un animal issues des trois villages modèles ont été recueillies continuellement sur une période de 5 mois à l'aide des colliers de repérage GPS. Les résultats préliminaires indiquent que la digestibilité de la matière organique des fourrages est particulièrement d'une grande importance pour la viabilité à long terme des systèmes de production animale des villages sur le plateau, tandis que la biomasse de fourrage a seulement obtenu un paramètre de limitation à des niveaux de stockages élevés pendant les périodes difficiles. Les changements saisonniers du poids vif des animaux individuels présentaient en partie jusqu'à 20% du poids total (figure 3.16), et étaient influencés surtout par la gestion du troupeau et la dynamique annuelle de la précipitation. Ces résultats préliminaires révèlent que la dynamique des troupeaux et l'adaptation de la gestion des pâturages ont

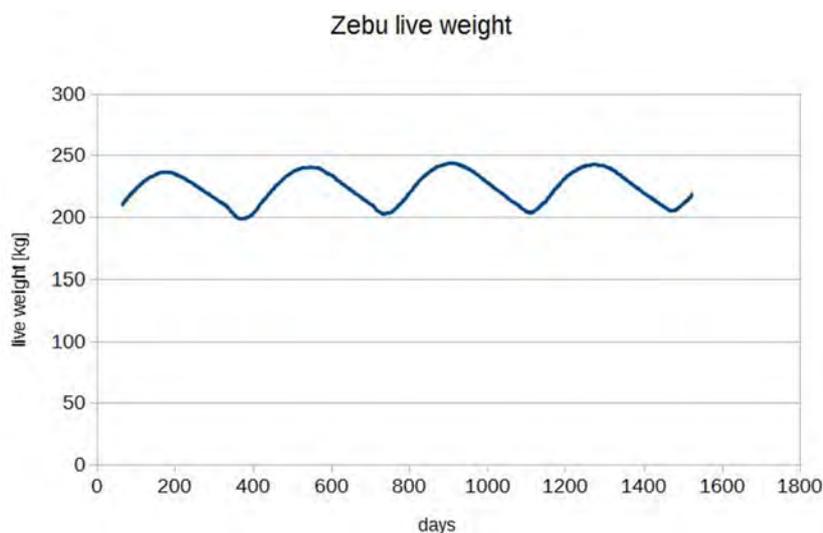


FIGURE 3.16.: Variation du poids vif typique de zébus au fil des saisons, comme modèle émergent à partir du modèle dynamique de l'élevage.

le potentiel d'atténuer la pression sur les pâturages dans la zone d'étude et les effets potentiels des changements climatiques futurs.

L'élevage et la conservation de la nature

La croissance de la population humaine dans les environs du Parc National de Tsimanampesotse et l'extension récente de la limite du parc ont conduit à une pression accrue sur les ressources naturelles de la région. À la suite de ce processus et en raison de la grande importance de l'élevage dans les moyens de subsistance et de la sécurité alimentaire de la population locale, il a été supposé que la fréquence de l'intrusion des bétails dans la zone protégée du parc avait considérablement augmenté.

Comme l'utilisation illégale des ressources du parc par la communauté locale s'est révélée d'être difficile à évaluer par le biais des données et des informations directes (entrevues, etc.), l'analyse de la pression sur les ressources par les activités d'élevage a dû être menée via une mesure indirecte. Des études pilotes sur les méthodes utilisant le comptage de crottes se sont révélées difficile dans la zone d'étude en raison de l'absence de données sur les taux de décomposition des excréments et des données de références pour la région.

La densité des animaux et ainsi l'utilisation des ressources naturelles ont souvent été évaluée par des techniques de piégeage photographiques. Presque toutes les études jusqu'à présent ont été menées sur la base d'une procédure de capture-recapture, utilisant ainsi la reconnaissance individuelle des animaux pris au piège. Cepen-

dant, la méthode est limitée aux espèces avec des marques naturelles individuellement uniques, ou en principe, à celles pour lesquelles un échantillon peut être marqué individuellement avant le piégeage photographique. Jusqu'à présent, seulement quelques études se sont concentrées sur l'application de pièges photographiques pour estimer la densité des animaux sans la nécessité d'une reconnaissance individuelle, et ils ont généralement proposés d'appliquer l'estimation de l'occupation comme un substitut de la densité de la population.

En suivant cette approche, un réseau de pièges photographiques a été mis en place dans la zone d'étude, à l'intérieur du Parc National de Tsimanampesotse pour évaluer l'utilisation de la zone par des espèces de bétail comme la chèvre, le mouton et le zébu. En utilisant des images satellites à haute résolution, une analyse visuelle de trajectoires utilisées par les troupeaux et les gens entrant et/ou traversant le parc a abouti à des schémas distincts et généralement une densité de réseau élevée. Par conséquent, les pièges photographiques ont été déployés le long de ces trajectoires, entraînant une grille d'échantillonnage séquentiel avec une densité de caméra d'environ 1 km² (figure 3.17). Au cours d'une période d'étude de 5 mois, un nombre total de 30 pièges photographiques ont collectés plusieurs milliers de photos de bétail et des activités liées aux extractions de ressources du côté Nord et Est du parc. Néanmoins, l'évaluation détaillée de ces photos, et leurs implications pour l'interprétation du conflit élevage/protection des ressources naturels du Parc National de Tsimanampesotse n'est pas encore conclue à ce moment.

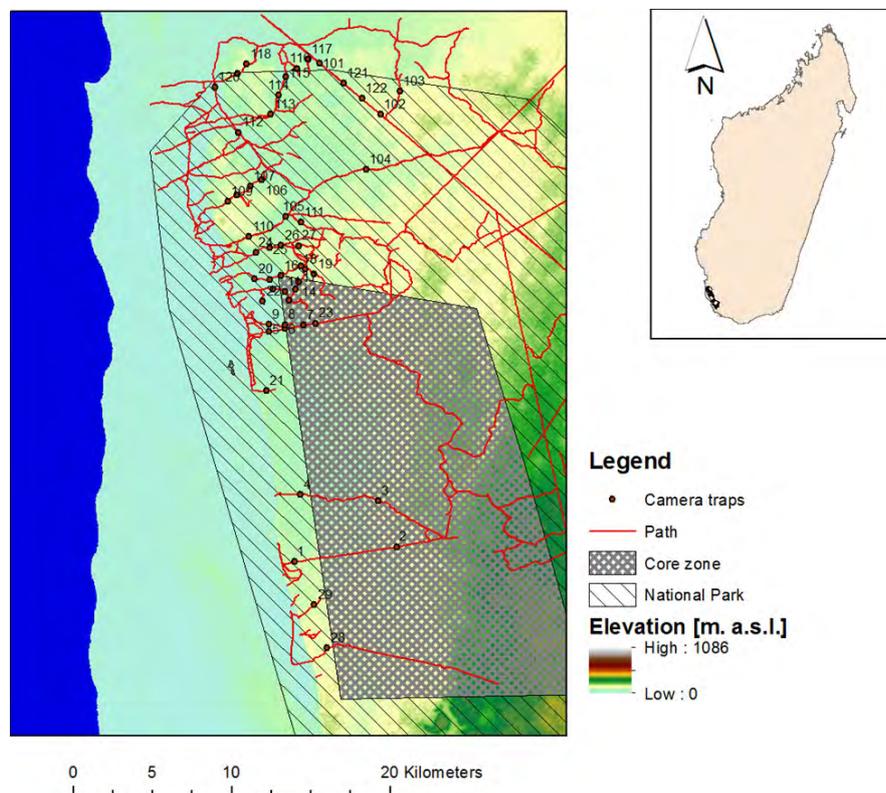


FIGURE 3.17.: Carte de répartition des pièges photographiques le long des sentiers existants dans le Parc National de Tsimanampesotse.

3.5. Parasites gastro-intestinaux des zébus et des chèvres du Plateau Mahafaly

Rado Ravoary Randrianasolo, Noromalala Rasoamampionona Raminosoa, Lydia Rabetafika

Cette étude a établi des données épidémiologiques sur les parasites gastro-intestinaux de 60 zébus et de 30 chèvres élevés dans le Plateau Mahafaly. Les travaux sur le terrain ont été réalisés dans trois sites différents (Andremba sur le plateau, Marofijery et Efoetse au littoral), du 22 novembre au 13 décembre 2010. Les échantillons fécaux ont été recueillis sur le sol puis conservés à l'aide d'une solution de formol 10% après avoir tenu les informations utiles relatives à l'animal-hôte. L'examen microscopique des échantillons fécaux sont effectués au laboratoire en utilisant la technique de flottaison de Mac Master.

Treize genres de parasite ont été recensés dont la plupart sont des Nématodes avec une part considérable des Strongles. *Eimeria* (prévalence 100%) et *Strongyloïdes* (83,33%) ont les intensités moyennes et les prévalences les plus élevées chez la chèvre et *Balantidium* (51,67%) chez le zébu. Quelques genres de Strongle tels que *Trichostrongylus* (56,67%), *Haemonchus* (53,33%) et *Oesophagostomum* (53,33%) chez la chèvre et *Cooperia* (56,67%) chez le zébu ont montré également des prévalences assez importantes (figure 3.18, tableau 3.2 ; RAVOAVY RANDRIANASOLO 2015). La transhumance, ainsi que le site d'élevage des zébus et des chèvres n'influencent pas significativement l'intensité des parasites gastro-intestinaux. Cependant, la distance du lieu de pâturage des zébus issue du village en montre une variation significative. Le parasitisme gastro-intestinal des zébus et des chèvres du Plateau Mahafaly se trouve important.

TABLEAU 3.2.: Prévalence parasitaire chez la chèvre et chez le zébu du Plateau Mahafaly. N = Nombre total des individus examinés (RAVOAVY RANDRIANASOLO 2015).

	Chèvres (N=30)	Zebu (N=60)
Protozoa		
<i>Eimeria</i>	100,0	25,0
<i>Balantidium</i>	6,7	51,7
Nemathelminthes		
<i>Trichostrongylus</i>	56,7	35,0
<i>Cooperia</i>	6,7	56,7
<i>Osteraia</i>	26,7	35,0
<i>Haemonchus</i>	53,3	26,7
<i>Oesophagostomum</i>	53,3	16,7
<i>Bunostomum</i>		5,0
<i>Gaigeria</i>		3,3
<i>Strongyloides</i>	83,3	
<i>Trichuris</i>	10,0	1,7
<i>Skrjabinema</i>	3,3	
<i>Ascaris</i>		1,7

3.6. Les dynamiques d'élevage de bétail dans la région du Plateau Mahafaly

Johanna Goetter, Roman Fricke, Tobias Feldt et Katinka Thielsen

Situation générale

L'élevage de bétail est l'une des activités principales de deux sur trois groupes ethniques de la zone d'étude. Pour les peuples *Tanalana* et *Mahafaly*, l'élevage de bétail est d'une grande importance économique et culturelle : Ce bétail (zébus, chèvres, et moutons) est une source de revenu stable qui survie mieux face à la sécheresse que les produits d'agriculture locale. Aussi, les sacrifices et dons de bétail font partie intégrale de rituels et d'événements culturels.

En général, les troupeaux appartenant à une famille *Tanalana* ou *Mahafaly* sont protégés par des membres de la famille qui parcourent les pâturages autour du village. Les troupeaux sont dirigés vers les zones riches en eau et en plantes fourragères de qualité, ce qui veut dire qu'en période de sécheresse, les troupeaux peuvent être dirigés plus loin que les alentours du village à cause de manque de ressources. Ceci est un motif général, même si la mobilité d'un troupeau dépend de sa composition d'espèces, car les différentes espèces préfèrent des plantes fourragères différentes. D'autres besoins vont aussi modifier les mouvements du troupeau, comme par exemple le besoin de dépressions salées sur le plateau, ou des buissons denses pour enlever les ectoparasites grâce à la friction. Autrement, les mouvements sont aussi influencés par les aspects sociaux tels que la visite de famille ou d'amis, les jours de marché dans le village ou ailleurs, et les festivités.

Traditionnellement, les troupeaux du peuple *Tanalana* vivant sur les régions côtières conduisent un mouvement de transhumance durant les périodes de pluie : Dans les journées qui suivent les premières grandes chutes de pluie, les troupeaux sont dirigés vers la région de plateau. Pendant cette saison, l'eau est disponible sur le plateau, et le fourrage est en plus grande quantité que sur les côtes. L'endroit exact où les troupeaux sont menés était auparavant déterminé par la disponibilité locale d'eau et de fourrage. Cependant aujourd'hui c'est aussi déterminé en grande partie par la situation locale de sécurité, ainsi que les limites d'amitiés ou de famille (*longo*) entre les familles *Tanalana* des régions côtières et celles des plateaux. Ainsi, quelques villages reçoivent comparativement moins de troupeaux pendant la période de transhumance. Dans les dernières années, un certain nombre de villages ont aussi été abandonnés à cause de l'activité locale de *malaso* (*Ankazomateila* par exemple).

Le problème du vol de bétail (*malaso*)

Le vol de bétail est un problème qui s'empire beaucoup à Madagascar ces dernières années. Les voleurs de bétail

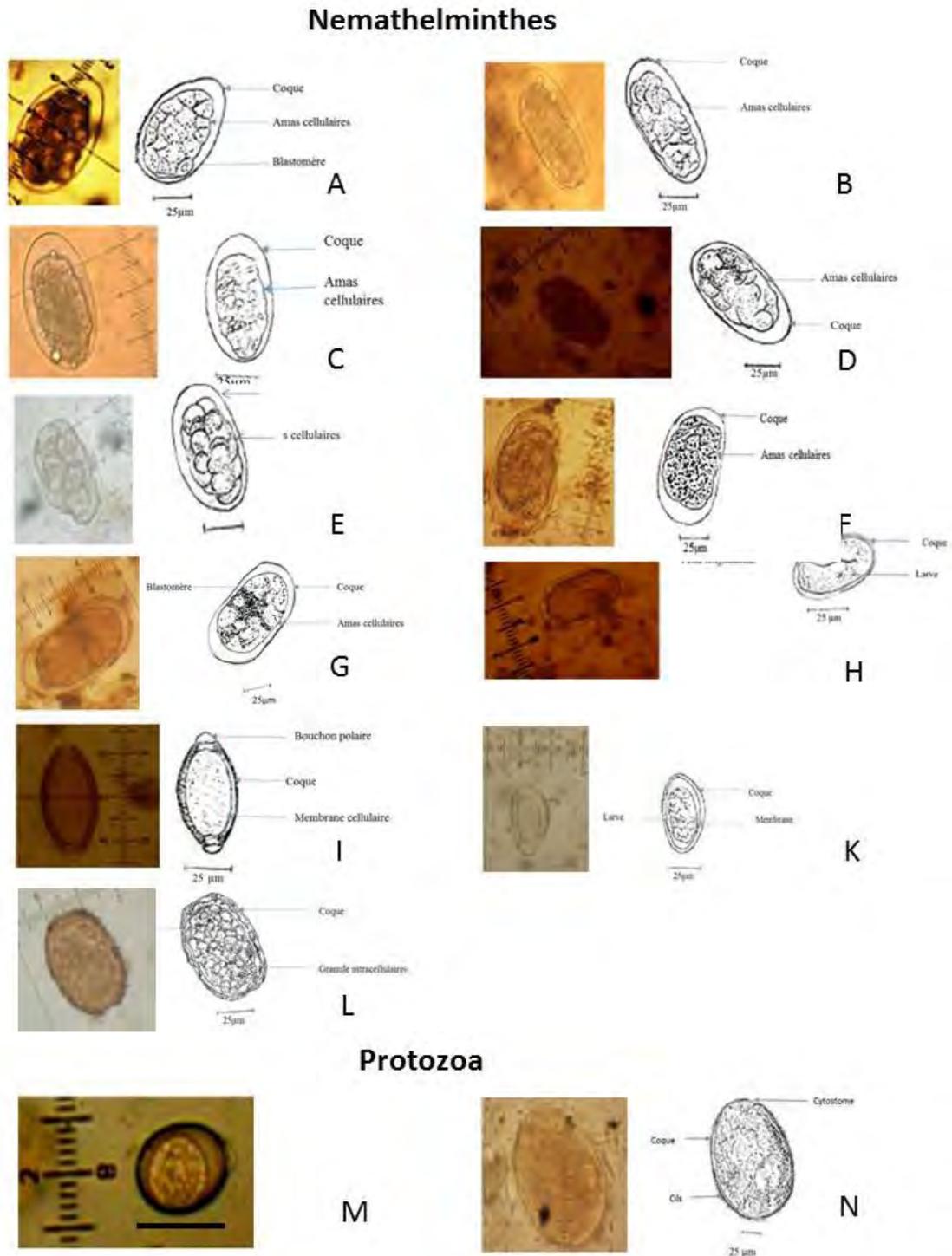


FIGURE 3.18.: Les parasites intestinaux du bétail : Nematelminthes : A = *Trichostrongylus* ; B = *Cooperia* ; C = *Ostertagia* ; D = *Haemonchus* ; E = *Oesophagostomum* ; F = *Bunostomum* ; G = *Gaigeria* ; H = *Strongyloides* ; I = *Trichuris* ; K = *Skrjabinema* ; L = *Ascaris* ; Protozoa : M = *Eimeria* ; N = *Balantidium* (RAVOAVY RANDRIANASOLO 2015).

(localement appelés *malaso*, mais nationalement connus sous le nom de *dahalo*) peuvent agir localement ou appartiennent à des gangs criminels organisés qui volent le bétail pour vendre leur viande sur les marchés en dehors de la zone d'étude (probablement les régions Toliara et Edjeda). Cependant, le risque local de vol de bétail est plus grand sur le plateau que sur les régions côtières, et diffère aussi dans la zone du plateau elle-même.

Le vol de bétail est une menace pour la richesse (et donc la sécurité alimentaire) et le statut social de la famille, et la santé du vacher, car les voleurs sont armés et souvent n'hésitent pas à tuer les vachers s'ils essaient de protéger leurs animaux. Par conséquent, les pasteurs essaient d'éviter les attaques de *malaso*, surtout parce que le pouvoir des agences gouvernementales comme la police sont pratiquement absents dans les régions éloignées. À part quitter la zone, plusieurs tentatives sont prises pour minimiser les risques. Les locaux passent des pactes sociaux (*titike*, *kine*) sur des niveaux différents. Ce pacte social est une malédiction pour les personnes qui peuvent être des voleurs. C'est une forme de protection morale des troupeaux et une menace pour les criminels potentiels. Tandis que sur les plateaux ce procédé s'est seulement déclaré dans les villages, c'est observable à un niveau régional sur les côtes : En février 2013 les chefs de clans (*mpitan-kazomanga lava*) de *Temahaleotse* et *TeVondrone* ont mené un grand *titike* à l'échelle de la région concernant tous les clans de *Tanalana* et *Vezo*. Au plateau, les chefs des clans, *fokontany* et communes ont créé une nouvelle règle supra-communautaire (*dina be*) pour les communes de *Behaitse*, *Betioke* et *Ejeda* contre la participation des villageoises aux vols de bétail. Ainsi le problème de vol de bétail a diminué considérablement (Mai 2015).

Cependant, les vachers indépendants essaient aussi d'éviter de risquer leurs troupeaux particuliers. Parfois les éleveurs sont armés de fusils ou de lances traditionnelles en veillant sur les troupeaux, et certains éleveurs individuels embauchent des militaires pour protéger les troupeaux. Par ailleurs, dans quelques régions sur les plateaux, des soldats sont embauchés par les communautés de villages et leurs administrations. De plus, les enclos de bétail sont souvent protégés par des rituels et donc sont aussi soumis à plusieurs tabous.

La réaction la plus commune des vachers est une réaction spatiale — ils essaient d'éviter les zones où les activités de *malaso* sont estimées importantes durant une certaine période. Ceci mène à une plus grande concentration de troupeaux dans les endroits supposés plus sécurisés. La végétation de ces régions fait face à des pressions considérables de pâturage, tandis que le potentiel de pâturage n'est pas entièrement exploité dans les régions supposés risqués. Cette disparité va probablement augmenter d'autant plus le manque de plantes fourragères de qualité, et peut éventuellement mener à une baisse de productivité des troupeaux.

Les vachers des régions côtières qui restent sur les plateaux à risques durant la transhumance des saisons de pluie ont maintenant tendance à retourner aux côtes

après seulement quelques semaines — historiquement, ils restaient sur les plateaux quelques mois avec leurs troupeaux. À l'époque, la végétation des côtes, avec des sols sableux très pauvres et encore moins de précipitation que sur le plateau, avait le temps de se récupérer pendant la saison des pluies pendant que les troupeaux paissaient sur le plateau. Ces jours, le retour anticipé des troupeaux de leur transhumance entrave dans une certaine mesure la régénération de la végétation, par exemple des herbes fourragères ainsi que les arbres *samata* (*Euphorbia stenoclada*) : une espèce euphorbe arborescente, avec des rameaux tel des coraux riches en latex, qui sert de fourrage supplémentaire importante durant la saison sèche.

La situation est devenue d'autant plus critique à cause d'une tendance plus accrue des vachers des régions de plateaux à bouger temporairement leurs troupeaux vers les côtes dans la saison sèche à cause du risque de vols de bétail. Ce nouveau mouvement mène à une pression encore plus élevée sur le pâturage et la végétation fragile de la région côtière.

L'épuisement des ressources fourragères dans la région côtière

L'accumulation de troupeaux dans la région côtière est particulièrement critique à cause du peu de place disponible. À l'Ouest, la région côtière est limitée par l'océan (le canal du Mozambique) et à l'Est par le Parc National Tsimanampesotse où le bétail est officiellement interdit dans les zones centrales et d'écotourisme. Cette zone était une région traditionnelle de pâturage et fait encore partie de la route des mouvements traditionnels entre la côte et le plateau dans la saison de transhumance où les troupeaux sont autorisés à contourner le parc. Notamment avec l'extension du parc de 43 200 à 203 740 ha (2006/2007), la zone de pâturage traditionnelle a été restreinte à une taille qui n'offre pas assez de place pour l'élevage de bétail. Par conséquent, et malgré les interdictions, il y a encore aujourd'hui des troupeaux entrant dans le parc régulièrement, mais aussi illégalement, avec la menace de punition si attrapé par les autorités.

Un autre aspect qui limite la disponibilité de pâturage dans la région côtière est l'expansion continue des champs agricoles des familles au détriment des zones de pâturage habituelles. L'évolution de la population et le lessivage des nutriments à cause des pratiques non durables d'agriculture mène à ce processus continu. Le surpâturage de la région côtière a déjà mené à des zones anthropogéniques herbeuses de basse productivité et de fruticées entre-ouvertes plus pauvres en richesse d'espèces, particulièrement les plantes ligneuses indigènes, tandis que la proportion de plantes aliènes s'accroît avec leur dégradation. Les reliques de forêts sont encore riches en espèces indigènes, mais leur étendue a décliné avec le temps. Le climat imprévisible avec des années de sécheresses sévères ne fait qu'empirer la situation. La capacité de rétention des pâturages est beaucoup plus faible pendant ces années, et le surpâturage pendant ces temps peut mener à des dégâts irréversibles à l'écosys-

tème. Sa régénération pendant les années plus humides est gênée par la haute densité de bétail.

En général, l'approvisionnement des ressources naturelles est diminué et quelques habitats sont dégradés. En même temps, la population locale est dépendante de l'exploitation des ressources naturelles : ils n'ont pas seulement besoin de fourrage pour le bétail et de la nourriture humaine, mais aussi du bois à brûler, du matériel de construction pour des maisons, des meubles, des charrettes, des bateaux, des cercueils, et des plantes médicinales et des espèces plus spécifiques pour certains rituels.

Comme expliqué auparavant, les conditions climatiques et édaphiques, en combinaison avec le mouvement altéré des troupeaux et la restriction de la zone de pâturage, ne supporte pas l'élevage de bétail avec seulement les herbes de fourrage des régions côtières. Les éleveurs sont dépendants de plantes fourragères supplémentaires afin d'éviter la baisse de productivité de leurs troupeaux ou même pour garantir leur survie. Dans les régions côtières, ces plantes fourragères supplémentaires dépassent même l'importance de l'herbe, en tout cas durant la longue saison sèche.

Quelques plantes fourragères supplémentaires sont obtenues des terres privées de familles et sont donc strictement privées. Ceci comprend les résidus de récoltes, l'herbe, les mauvaises herbes, le cactus (*Opuntia spec.*, localement appelé *raketa* ou *viro*), les feuilles d'arbres, et grands arbustes, qui sont rendus accessibles pour les animaux en secouant ou coupant des branches plus grandes, et l'arbre fourragère *samata*. Ces ressources privées sont premièrement seulement accessibles par les membres de la famille, mais sont parfois partagées avec d'autres membres de la famille ou amis venants du plateau, et sont même vendues à d'autres villageois et éleveurs du plateau.

Parmi les ressources de propriété commune, les réserves de *samata* sauvages jouent un rôle principal. Pendant la saison sèche (Mai–Novembre), les troupeaux venant de la région côtière, ainsi que celles venant du plateau se retrouvent sur les côtes, mais les herbes fourragères sont clairsemées et de mauvaise qualité durant cette saison. Les branches de *samata* sont coupées de la plante, hachées en petits morceaux, puis données à manger aux animaux pour fournir du fourrage ainsi que de l'humidité. En les utilisant ainsi les arbres sont sévèrement endommagés mais peuvent se régénérer en 1 à 3 ans avec assez de pluie s'ils ne sont pas surexploités. Cependant, la grande demande de cette ressource fourragère a mené à une surexploitation sévère de beaucoup de réserves : La première coupe d'un jeune arbre prend place beaucoup plus tôt, et des arbres entiers sont coupés ou tellement endommagés qu'ils meurent ou ne peuvent pas vraiment se régénérer. D'autant plus, le manque de chutes de pluie mène à une baisse de taux de croissance et de régénération. Au fil du temps, beaucoup de réserves de *samata* d'un grand nombre de zones ne sont plus suffisantes pour répondre aux besoins des troupeaux locaux. Ainsi, les éleveurs sont obligés d'acheter du fourrage supplémentaire des

villageois locaux qui possèdent des arbres *samata* privés, ou de chercher des arbres *samata* plus loin que leurs propres villages. Localement, le manque de biomasse de *samata* mène même à une migration temporaire des troupeaux côtiers dans la région côtière elle-même. Comme les réserves de *samata* sont plus abondantes dans la partie moins peuplée au sud de la région, les mouvements de troupeaux suivent presque tous une direction nord-sud.

La privatisation des ressources fourragères dans la région côtière

Une autre réaction des villageois locaux de la région côtière sur la hausse de demande des fourrages de *samata* est la tendance à privatiser les arbres. En général, les règles de droits de propriété en dehors du village sont maintenant simples : Les endroits clôturés (normalement avec des buissons) sont privés, tandis que les autres endroits et leurs ressources sont propriété commune et peuvent être exploités par tout le monde. Par conséquent, les arbres *samata* poussant dans les enclos clôturés pour protéger les récoltes et herbes (*valanboka* et *valan-baiboo*), ainsi que dans les enclos à bétail (*kialo*, *valan-aomby*), sont clairement propriété privée et leur utilisation est restreinte aux propriétaires seulement. Les arbres *samata* autour des enclos à bétail sont aussi considérés privés, mais l'étendu et donc quantité d'arbres privés reste encore aujourd'hui un sujet local de discussion.

Comme les gens ne connaissent aucune méthode pour multiplier les arbres *samata* avec des boutures ou plants, ils accroissent leurs réserves privées en détarrant les petits arbres des endroits sauvages communes, et les replantent dans leurs propres terrains privés. Cette pratique est largement acceptée, mais elle nuit à la régénération de la population sauvage.

Dans les dernières années, les gens ont commencé à clôturer beaucoup de terrain commun pour s'approprier des réserves de *samata* sur ces terres. Aujourd'hui, même les personnes sans bétail possèdent leurs propres réserves pour vendre les branches aux éleveurs. Un marché régional de *samata* a émergé, transformant cette ressource en une culture de rente régionale. La raréfaction continue a mené à une hausse considérable des prix dans les cinq dernières années. Les prix sont principalement déterminés par la négociation entre vendeur et acheteur et l'offre général du village. Converti dans une quantité qui peut nourrir 15 zébus pour 5 mois, les prix étaient compris entre 17 000 et 855 000 MGA (4,8 €–242 €, valeur médian : 75 000), et si payé en bétail entre 0,14 à 4,69 zébus (valeur médian : 0,50, la plupart du temps des animaux de catégorie *tamana* (femelles de un à deux ans), données de 2012/13). Le *samata* est cependant préféré par rapport au cactus, car ce dernier est plus cher et il faut aussi brûler les épinettes.

Des rencontres et discussions différentes au niveau de la commune et *fokontany* ont eu lieu pour trouver une règle commune sur le management et la privatisation de

la ressource de fourrage de *samata*. Quelques *fokontany* et communes de la région ont aussi créées de nouvelles règles, cependant elles sont mal appliquées et la privatisation non-réglémentée est toujours en cours.

3.7. Utilisation de l'arbre fourragère *samata* (*Euphorbia stenoclada*), le problème de sa dégénération, et l'approche pour l'atténuation : Résultats du projet SuLaMa

Johanna Goetter, Herinaivalona A. Rabemirinra, Goum O. Antsonantenainarivony, Hémary Stone Tahirindraza, Tobias Feldt, Frauke Ahlers, Corina Müller, Yedidya Ratovomanana, David Weiss

Dans la zone littorale les conditions climatiques et édaphiques ne supportent pas l'élevage de bétail à base de graminées fourragères, mais les éleveurs dépendent de plantes fourragères supplémentaires, surtout l'arbre *samata*. L'arbre *samata* est utilisé en coupant la plupart de ses branches et en les tranchant en petits morceaux.

Les branches sont transportées aux villages ou données au bétail directement dans la brousse. En agissant ainsi l'arbre est sévèrement endommagé, mais peut se régénérer en 1 à 3 ans s'il reste assez de branches. La pression d'utilisation sur cette ressource est immense et a mené à un épuisement de beaucoup de stocks. Aujourd'hui, dans beaucoup de *fokontany* les ressources de *samata* ne sont plus suffisantes pour nourrir les animaux locaux. Cependant, le manque de *samata* dans la région a mené à la situation que beaucoup d'arbres sont trop coupés et ne peuvent plus se régénérer correctement et peuvent même mourir.

L'équipe de SuLaMa a donc réalisé des différentes études pour avoir une connaissance profonde des manières d'utilisation de *samata*, des raisons de la surexploitation comme la mauvaise gestion, son multiplication naturelle et artificielle et les points faibles pour son domestication, et son valeur nutritive. Ce document présente une vue synoptique de la situation et du problème tant qu'un sommaire des résultats de nos études et de notre approche pour améliorer la situation.

L'importance de l'arbre de *samata*

Le *samata* est le fourrage le plus important de la saison sèche, particulièrement pour les zébus (voir figure 3.19). L'écosystème du littoral dépend aussi énormément sur cet arbre endémique et en danger d'extinction, car ce sont les seules plantes à être plus grandes que les buissons, et donc les seules à fournir de l'ombre pour les animaux sauvages, le bétail, et le peuple. Les villageois plantent des arbres pour créer de l'ombre. Les *Vezo* utilisent la

sève pour colmater les pirogues. Le *samata* joue aussi un rôle culturel et médicinal considérable. En tant que fourrage, sa valeur nutritionnelle est seulement moyenne et son utilisation comme fourrage dépend aussi de son abondance et donc pour la disponibilité de biomasse.

Des expériences sur le terrain ont montré que le *samata* n'a qu'une valeur nutritive limitée. Cependant dans la saison sèche le *samata* est crucial pour la nutrition du bétail local, et grâce à sa teneur en eau d'environ 75%, c'est aussi une source essentielle d'humidité. En dehors de son épuisement, la plante est encore abondante au littoral et offre un rendement en biomasse plus élevé durant la saison sèche que la plupart d'autres plantes fourragères potentielles. En comparaison avec l'autre fourrage principal de la saison sèche, le cactus *raketa* (*Opuntia* spp.), le *samata* montre un taux plus élevé en protéine brute (69 g/kg matière sèche/MS), phosphore (1,2 g/kg MS) et aussi de fractions de fibres acceptables (NDF = 518 g/kg MS, ADF = 413 g/kg MS). En revanche, à la fois sa digestibilité (48%) et sa concentration en énergie métabolisable (8,3 MJ/kg MS) sont plus faibles ceux du cactus. La concentration en tanins condensés, qui peut encore de plus réduire l'utilisation des protéines par les animaux, est finalement négligeable chez le *samata* (0,034%). Comparé avec d'autres espèces locales de broustage, sa concentration en protéine brute et phosphore est inférieur et peut ne pas être suffisant pour couvrir les besoins alimentaires des animaux si nourris exclusivement. Pour cette raison, les bergers locaux devraient essayer de donner à leurs animaux une alimentation plus diverse, par exemple ajouter à la ration du foin de bonne qualité.

Parmi les 68 plots (30 m × 30 m) qui ont été placés sous la population de *samata* sauvage, nous avons constaté que les éleveurs commencent à couper les branches des arbres de diamètre à partir de 2,5 cm DHP (Diamètre à hauteur de poitrine). Entre un DHP de 2,5 et 5 cm, 21% des individus sont coupés (voir tableau 3.3). La récolte devient importante à partir de 5 cm (74%) et à partir de 7,5 cm DHP, puisque presque la totalité (92%) des arbres a des traces de coupures. Les villageois ne récoltent pas les jeunes plantules surtout à cause de la faible quantité en



FIGURE 3.19.: Bétail mangeant du *samata* coupé.

TABLEAU 3.3.: Résultats d'analyse des plots de *samata* sauvage.

		Distance (m) des plots (n) par rapport aux villages			
		<1000 n=22	1000–1500 n=21	1500–2000 n=18	2000–2500 n=7
Densité (individus/ha)	individus jeunes (<10 cm DHP)	386	394	364	352
	individus matures (>10 cm DHP)	76	42	46	101
Biomasse (t/ha)	individus jeunes	0.3	0.1	0.2	0.3
	individus matures	0.7	0.7	0.7	0.6
Part des individus coupés (%)	2,5–5 cm DHP	24	17	24	18
	5,1–7,5 cm DHP	73	66	77	81
	7,6–10 cm DHP	95	89	96	87
	>10 cm DHP	95	96	93	96
Taux de mortalité (%) après la coupe		16	22	20	13
Taux d'arbres avec nouvelle repousse (%) après coupé à mort		46	42	38	49

biomasse. Les individus de taille moyenne sont préférés grâce à leur facilité de récolte et parce que leurs rameaux sont encore jeunes et moyennement lignifiés. Par conséquent, les arbres de diamètre moyen (7 à 10 cm) sont les plus touchés et utilisés. Trois modalités de coupe ont été observées, la coupe la plus courante est au niveau de la branche, puis au niveau du méristème apical, et enfin au niveau du tronc. Ces deux dernières provoquent la mort des individus contrairement à la récolte de branche (sauf quand la récolte est excessive). Au total, nos données montrent un taux de mortalité des arbres coupés de 13–22%. Malgré cela, grâce à la capacité de régénération du *samata* par rejet de souche, environ 45% des arbres morts après la coupe survivent par l'intermédiaire de régénération par souche. Les individus de dimension moyenne et assez grands forment des repousses au moment où la récolte des branches ou la coupe du tronc a été réalisée, juste avant la saison de pluies. Le *samata* sauvage est encore en mesure de se multiplier, mais il y a une difficulté à la régénération naturelle, représenté par un déficit en jeunes individus : Pour 230 arbres adultes (>5 cm DHP) il y a en moyenne 134 arbres juvéniles.

Les raisons du problème de dégénération de *samata*

Le développement du problème de la dégénération et surexploitation de *samata* est dû à un accroissement de la demande, mais principalement à la réduction de l'offre de *samata*. Le surplus de la demande est un résultat des altérations dans le mouvement des troupeaux dans le littoral ainsi que sur le plateau. Les éleveurs du littoral avaient l'habitude de rester toute la saison des pluies en transhumance sur le plateau, mais aujourd'hui préfèrent retourner au littoral après seulement quelques semaines pour éviter les voleurs de bétail (*malaso*) sur le plateau. Leur retour anticipé mène à une utilisation précoce des ressources de *samata*. Aussi à cause des voleurs de bétail, beaucoup d'éleveurs du plateau ont commencé à bouger leurs troupeaux vers le littoral dans la saison sèche,

voulant dire que beaucoup plus d'animaux doivent être nourris avec le *samata*.

La baisse de l'offre est due à la diminution de taux de précipitations menant à une baisse de taux de croissance et de régénération des arbres, à une zone de *samata* plus petite à cause de l'expansion de champs d'agriculture, mais surtout à la surutilisation des arbres qui n'ont pas le temps de régénérer et peuvent même mourir (figure 3.20).

Sur la base des 68 plots de 30 m × 30 m, nous avons calculé une densité moyenne de 400–450 individus/ha. Ces arbres produisent environ 0,8–1,0 t/ha de biomasse en matière sèche disponible pour l'alimentation animale. En effet, la capacité de charge est d'environ 0,38 UTB/ha/an (UTB : Unités de Bétail Tropical). Pour les arbres matures, la production la plus élevée (0,3 t/ha) se localise aux alentours du village (1000–1500 m) ou plus loin (2000–2500 m). La plus faible production (0,1 t/ha) se trouve entre la distance 1000–1500 m. La distance 1500–2000 m présente une production de biomasse moyenne (0,2 t/ha).

Ce problème est fortement lié à la situation que les villageois ont commencé à privatiser le *samata* qui était



FIGURE 3.20.: Samata coupé de manière non-durable.

traditionnellement un bien communautaire (*samata na fokonolo*). Les ressources privées de *samata* sont distribuées inégalement entre les villageois, vu que la privatisation suivait un processus de « premier arrivé, premier servi ». Aujourd'hui, le *samata* est devenu une culture régionale de rente avec une lourde augmentation des prix. Ainsi, beaucoup d'éleveurs sont obligés de surexploiter le *samata na fokonolo* restant et ceci est fortement exploité et donc de moindre quantité et qualité, surtout comparé aux ressources privées (figure 3.21 et 3.22).

Nos études montrent qu'il y a une difficulté avec la régénération naturelle de *samata* sauvage, représenté par un déficit en jeunes individus. Cette difficulté peut être due à diverses origines, comme l'attaque des insectes frugivores après la dissémination, la carence en eau lors de l'établissement de germination, ou la suppression des plantules ainsi germées par le piétinement de bétail. De plus, l'habitude des villageois pour faire la « multiplication » de *samata* au village ou aux terrains privés au moyen de déterrer les jeunes plants sauvages de la brousse, réduit la biomasse et la régénération du stock sauvage et donc contribue à sa dégénération.

Approche de solutions à la dégénération

Le problème principal du management de *samata* est qu'actuellement les villageois n'ont pas les connaissances

nécessaires pour multiplier les arbres et mitiger la pression sur les ressources. Nos essais avec la variété locale de *samata* ont montré un succès considérable de la multiplication artificiel par bouture. Le *samata* se reproduit naturellement de manière sexuelle par germination et végétative par rejet de souche. La croissance est très lente et les plantes ne commencent à fleurir qu'à partir de 4 à 5 ans. La période de floraison s'intercale entre les mois de septembre et octobre. Nos recherches montrent que la multiplication de *samata* par germination et bouturage hors du milieu naturel est possible. L'étude de germination montre un taux moyen de germination de 50% pour l'ensemble des prétraitements utilisés dont les graines témoins présentent le meilleur (80%). Les plantules repiquées montrent les meilleurs taux de viabilité et croissance par rapport à celles des plantules issues de semis direct pendant 5 mois de suivi. Le taux de germination diminue avec l'augmentation de concentration en sel, mais dans des conditions favorables, la germination des graines ne semble pas poser de problème d'origine tégumentaire. L'essai du bouturage a été effectué en pépinière, utilisant les différents facteurs comme l'ombrage, hormones et substrats (sable roux, sol calcaireux et sable blanc). Les boutures non-hormonées et sur le substrat sable blanc représentent la meilleure croissance. Les boutures installées sous ombrage sont tous mortes, par contre, pour celles cultivées sans ombrage, le taux



FIGURE 3.21.: Samata communautaire épuisé (au sud d'Anakao).



FIGURE 3.22.: Samata privée de bonne qualité (Ankiririza).

de mortalité est seulement d'environ 10%. Les boutures ont besoin d'être arrosées constamment et doivent être transplantées à partir de 4–6 mois de développement des racines et pousses. Comme conclusion, la multiplication artificielle avec des boutures montre des bons résultats, est techniquement facile, est plus rapide en comparaison à la germination, et est donc la méthode préférée.

La technique de multiplication par bouture demande peu de matériaux et de connaissances techniques, mais seulement des connaissances pratiques générales et des ruses. Fournissant aux villageois les connaissances sur la multiplication est donc une approche prometteuse pour aider à la survie de l'élevage régional et à la garde contre l'épuisement continu de l'écosystème.

SuLaMa-WWF a commencé une première pépinière communautaire de *samata* en Avril 2015. Ensemble avec le COBA local, 90 petits arbres dérivés de boutures ont été plantés dans le village d'Amptaka (voir figure 3.23). Comme la multiplication est — comparée à d'autres espèces — relativement facile et les petits arbres nécessitent peu d'attention, le *samata* peut non seulement être multiplié hors pépinières professionnelles, mais aussi par les villageois eux-mêmes. La diffusion de la connaissance de multiplication aide aussi à la réduction de l'utilisation et à la suppression d'arbres des zones *fokonolo* et donc peut mener à la régénération des peuplements sau-

vages. Un premier séminaire sur la multiplication a pris lieu en mai 2015 avec à peu près 20 villages de trois *fokontany* (voir figure 3.24). Les participants ont visité les essais de multiplication, et après avoir discuté des astuces techniques, ont planté leurs propres boutures. Additionally, pour contribuer à l'amélioration de la modalité des coupes de *samata*, une bande dessinée a été produite qui montre avec des images locales les impacts négatifs de couper les arbres de manière non-durable.



FIGURE 3.23.: Création d'une plantation communautaire à Ampotaka.



FIGURE 3.24.: Atelier de multiplication de *samata*.

Chapitre 4.

Hydrogéologie et ressources en eaux

La pénurie d'eau est un des problèmes plus importants pour la population rurale du Plateau Mahafaly. Les précipitations sont généralement faibles et varient entre les mois ainsi qu'entre les années avec des sécheresses ou des saisons sèches très frappantes apparaissant de plus en plus fréquemment. La quantité de précipitations (en moyenne 400 mm / par an) est à peine suffisante pour alimenter les rivières pérennes. Les précipitations se produisent périodiquement pendant la saison des pluies, et des petits canaux existent seulement pendant ce temps. Cependant, l'évapotranspiration de l'année est, la plupart du temps très haute en conséquence des températures annuelles élevées. Compte tenu de la rareté des ressources en eau pour les humains, le bétail ainsi que le développement de l'agriculture et d'autres secteurs dans la région, l'eau est la principale préoccupation de la population rurale. Dans de nombreux villages du Plateau Mahafaly, moins de 10 litres d'eau par personne et par jour sont utilisés pour boire, cuisiner et se laver. Comme les puits existent seulement à certains endroits spécifiques, l'eau doit parfois être apportée de lieux très éloignés. Même si celle-ci est toujours disponible dans la région côtière, l'intrusion de l'eau de mer pourrait sévèrement affecter la qualité des ressources en eau.

Plusieurs institutions gouvernementales et non gouvernementales ont travaillé sur le développement d'un plan de gestion durable des eaux pour la région au cours des dernières années (WWF, PNUD, ACF, etc.), mais peu d'information sur le réseau hydrographique souterrain et de son potentiel en tant que source d'eau durable est disponible. Cependant, les aquifères ou les flux d'eau en dessous du plateau pourraient approvisionner en eau essentielle les communautés humaines et les activités agro-pastorales (ainsi que d'autres secteurs tels que l'écotourisme).

Pour résoudre le problème d'eau douce dans la région, SuLaMa a étudié la qualité physico-chimique et microbiologique des sources d'eau à travers différentes formes d'utilisation des terres, la qualité de l'eau, les composants biotiques du lac salé Tsimanampesotse et les propriétés hydrogéologiques du système d'eau souterrain, c'est-à-dire les différents types d'aquifères dans la zone d'étude et leurs connexions.

Compte tenu de la rareté des ressources en eau pour les humains, le bétail et le développement de l'agriculture et d'autres secteurs dans la région, l'eau est la principale préoccupation de la population rurale. A l'instar de ce contexte, le présent chapitre donne les résultats de recherches sur les thèmes suivants :

- Hydrogéologie dans le sud-ouest de Madagascar
- Caractérisation abiotique et bactérienne des sources en eaux
- Etude physico-chimique et hydro-biologique des eaux du lac Tsimanampesotse

4.1. Hydrogéologie dans le sud-ouest de Madagascar

Linda Dworak, Jean Robertin Rasoloariniaina, Noromalala Raminosoa Rasoamampionona, Andreas Englert

Le résumé étendu suivant est basé sur la thèse de Master « étude hydrogéologique au site du projet Sulama - SW Madagascar » par Linda Dworak (Ruhr-Universität Bochum). S'il vous plaît voir la version complète du texte pour plus de détails (Dworak 2014).

Introduction

L'hydrogéologie du sud-ouest de Madagascar était étudiée depuis 1957. Le travail d'AUROUZE (1959) est la première interprétation du système hydrogéologique du sud-ouest de Madagascar, et montre en partie une surface de la nappe phréatique. Le travail de la RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR (2003) a met en exergue les problèmes d'accès à l'eau dans le sud-ouest de Madagascar et traite les approches politiques. Le travail d'ANDRÉ et al. (2005) fournit un aperçu de la géologie structurale, l'hydrogéologie karstique et tectonique de la région d'étude et examine les voies d'écoulement en utilisant les paramètres physico-chimiques et de l'analyse isotopique.

La thèse de GUYOT (2002) fournit les informations les plus détaillées sur l'hydrogéologiques dans le site d'étude. Il comprend une carte des eaux souterraines et une description générale des différents types d'aquifères, à savoir l'aquifère principal, les nappes perchés et les aquifères alluviales des rivières Onilahy et Linta. L'aquifère dans les sédiments de la plaine côtière a été étudiée plus en détails en utilisant les niveaux piézométrique de l'eau, les paramètres physico-chimiques, l'hydrodynamique et hydrochimie. Ceci illustre la compréhension du système hydrogéologique dans la zone d'étude où l'écoulement général des eaux souterraines se dirige vers l'ouest. L'influence de la rivière Onilahy provoque de fortes conditions d'effluents dans sa partie supérieure. Des conditions influentes dominant le bief inférieur avant que la rivière coule vers la mer. Cette description est également valable pour la rivière Linta, bien que, les effets sont moindres. Dans la partie orientale du Plateau Mahafaly les lignes de contour des eaux souterraines montrent un fort gradient qui s'aplatit à l'ouest avant que l'aquifère entre dans la plaine littorale.

Bien que GUYOT (2002) et d'autres auteurs aient traités de nombreux aspects de l'hydrogéologie du sud-ouest de Madagascar, d'autres aspects demeurent non examinés dans ces études. Ce sont, entre autres, l'existence d'une ligne de faille imperméable et la conception de contour des eaux souterraines, l'estimation de la recharge des eaux souterraines et les ressources en eau disponibles ainsi que la conductivité hydraulique des unités géologiques. Dans la thèse de Master (Dworak 2014), des données bibliographiques supplémentaires ont été recueillies et compilées dans le but d'agrandir la base de données sur

le système hydrogéologique du Plateau de Mahafaly. Une descente sur terrain a été effectuée pour obtenir des données de mesure et de soutenir les hypothèses formulées dans cette étude. L'application du modèle WetSpss développé par BATELAAN et WOLDEAMLAK (2003) fournit une estimation de la recharge basée sur l'utilisation d'un équilibre hydrogéologique.

La morphologie, l'hydrométéorologie, la géologie, l'hydrologie et l'hydrogéologie de la région d'étude sont examinées afin de trouver une approche pour comprendre plus en détail le système hydrogéologique. Une approche à deux échelles est suivie : L'hydrogéologie à grande échelle dans la zone entre les rivières Onilahy et Linta et l'hydrogéologie petite échelle dans les villages sélectionnés parmi celle du projet SuLaMa et leurs environs (10 × 10 km). Des méthodes et hypothèses hydrogéologiques générales sont combinées avec les résultats des études sur terrain et d'autres données distribuées dans l'espace.

Résultats

Dans la thèse de DWORAK (2014), les résultats sont présentés séparément pour l'approche à grande échelle et l'approche à petite d'échelle. Le modèle hydrogéologique à grande échelle donne des informations sur la surface (la géographie, la morphologie et l'utilisation des terres), la compréhension de la géologie, l'hydrologie et l'hydrogéologie (y compris la conductivité hydraulique provenant des unités géologiques) ainsi que les composantes du cycle hydrogéologique (ruissellement, évapotranspiration, recharge des eaux souterraines, etc.). En outre, la carte nouvellement développée de la surface de l'eau souterraine (voir carte 4.1) est présentée. Le modèle hydrogéologique à petite échelle (voir carte 4.2) fournit des informations détaillées sur la situation des trois villages sélectionnés (Efoetse, Andremba, Miarintsoa), chacun dans un endroit différent de la zone d'étude. Par la suite, certaines grandes conclusions de DWORAK (2014) sont présentées. Pour plus d'informations, voir la version complète du texte de la thèse de Masters par DWORAK (2014).

Modèle hydrogéologique à grande échelle

Comme les puits existent seulement à des endroits où les eaux souterraines sont peu profondes (aquifères perchés), aucune mesure directe du niveau de la nappe principale du Plateau Mahafaly sont disponibles. Ainsi, la nappe phréatique de l'aquifère principal a été déterminée sans les informations récentes sur le niveau piézométrique de l'eau. Néanmoins, des indications ont été trouvées pour estimer la surface de l'eau souterraine. Ce sont la direction générale de l'écoulement des eaux souterraines vers le sud-ouest, les niveaux des rivières Onilahy et Linta, le niveau des eaux souterraines dans le socle grésifié et cristallin et la région littorale ainsi que l'application de deux sections hydrogéologiques. En l'absence d'informations sur le sous-sol profond, les informations sur la structure géologique a été estimée en utilisant une fois de plus les connaissances dans les littératures disponibles. Ainsi, le

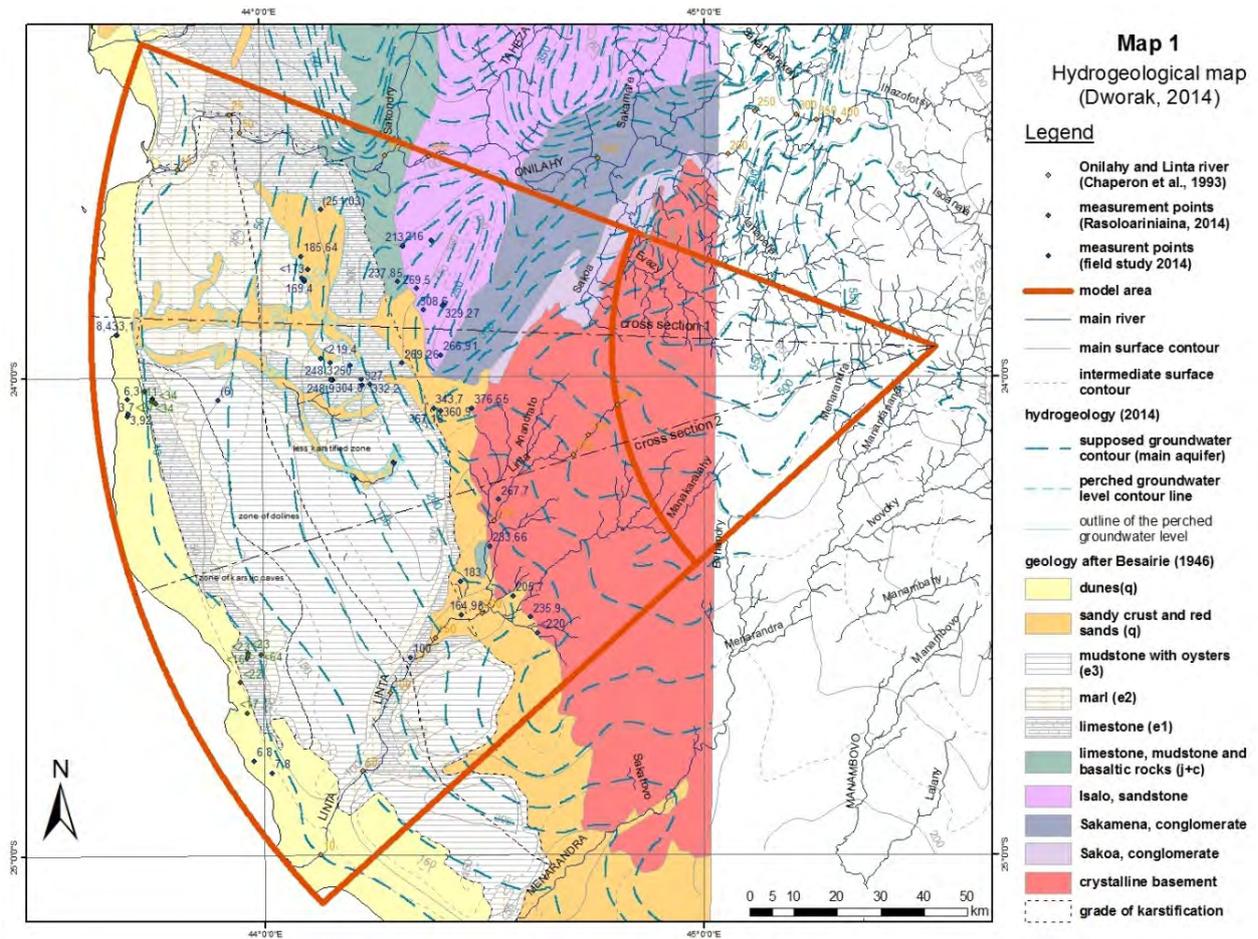


FIGURE 4.1.: Carte 1 – Hydrogéologie (DWORAK 2014).

calcul de la surface des eaux souterraines demeure une estimation approximative.

Selon la figure 4.3, qui représente une coupe schématique transversale, et le chapitre 3 de la thèse de Masters de DWORAK (2014) les principes de géologie et d'hydrogéologie du Plateau Mahafaly peuvent être résumés comme suit : Le socle cristallin affleure dans l'est et plonge en profondeur vers l'ouest. Il se compose principalement de roches granitiques et gneissiques, incluant parfois grenats idiomorphes. L'immense série de Karroo est discordante, recouvrant le socle, plonge vers une direction ouest et peut être subdivisée en trois principales unités sédimentaires. Le Sakoa (Carbonifère au Permien moyen) et Sakamena (Permien supérieur au Trias moyen) sont principalement formés par des conglomérats au sein de la zone d'étude. L'Isalo (Trias supérieur au Jurassique inférieur) est composée de grès. L'emplacement des anciennes lignes de faille séparant les grès et les conglomérats n'est pas entièrement connu et a été adopté selon ANDRÉ et al. (2005). Les calcaires grésifiés et les couches marneuses forment les strates du Jurassique et du Crétacé (j + c). Vers la fin du Crétacé, des vastes déversements basaltiques massifs ont eu lieu. Bien que l'étendue des couches basaltiques au sud ne soit pas exactement connue, des émergences peuvent être trouvées dans l'extrême nord de la zone d'étude (voir carte 4.1, au nord de Betioky). Le Plateau Mahafaly est représenté par l'Eocène

recouvrant les anciens sédiments et le socle cristallin. Déposé à partir de la fin du Mésozoïque au Miocènes, les strates de l'Eocène plongent légèrement vers l'ouest et peut être subdivisée en trois couches différentes. L'Eocène inférieur (E1) est formé par les roches calcaires, avec une échelle de karstification de plus en plus importantes de l'est à l'ouest, et une épaisseur jusqu'à 300 m. Les couches marneuses de l'Eocène moyen (E2) et les mudstones de l'Eocène supérieur (de e3) ont tous les deux une épaisseur allant jusqu'à 150 m. Le Plateau de Mahafaly est séparée de la bande littorale par une faille d'escarpement causant une dislocation verticale des couches de l'Eocène. Comme le montre la carte 4.1, il est dirigé du nord au sud. La plaine littorale est formée d'un compartiment effondré du Plateau Mahafaly et couverte de dunes anciens et récents, déposées au cours du Quaternaire. Les remplissages quaternaires (q) peuvent également être trouvés dans les sédiments continentaux couvrant la transition entre le sous-sol du plateau. Non représenté sur la figure 4.3, les remplissages quaternaires de structures de canaux, comme le Canal de Itomboina (carte 4.1) existent. Il est interprété comme un ancien lit de rivière et donc supposée inclure, au fond, une couche de matériaux à grains plus fins.

En raison de la faible conductivité hydraulique du socle cristallin et une quantité suffisante de précipitation, le niveau de l'eau peut-être supposée inférieure à 10 m au

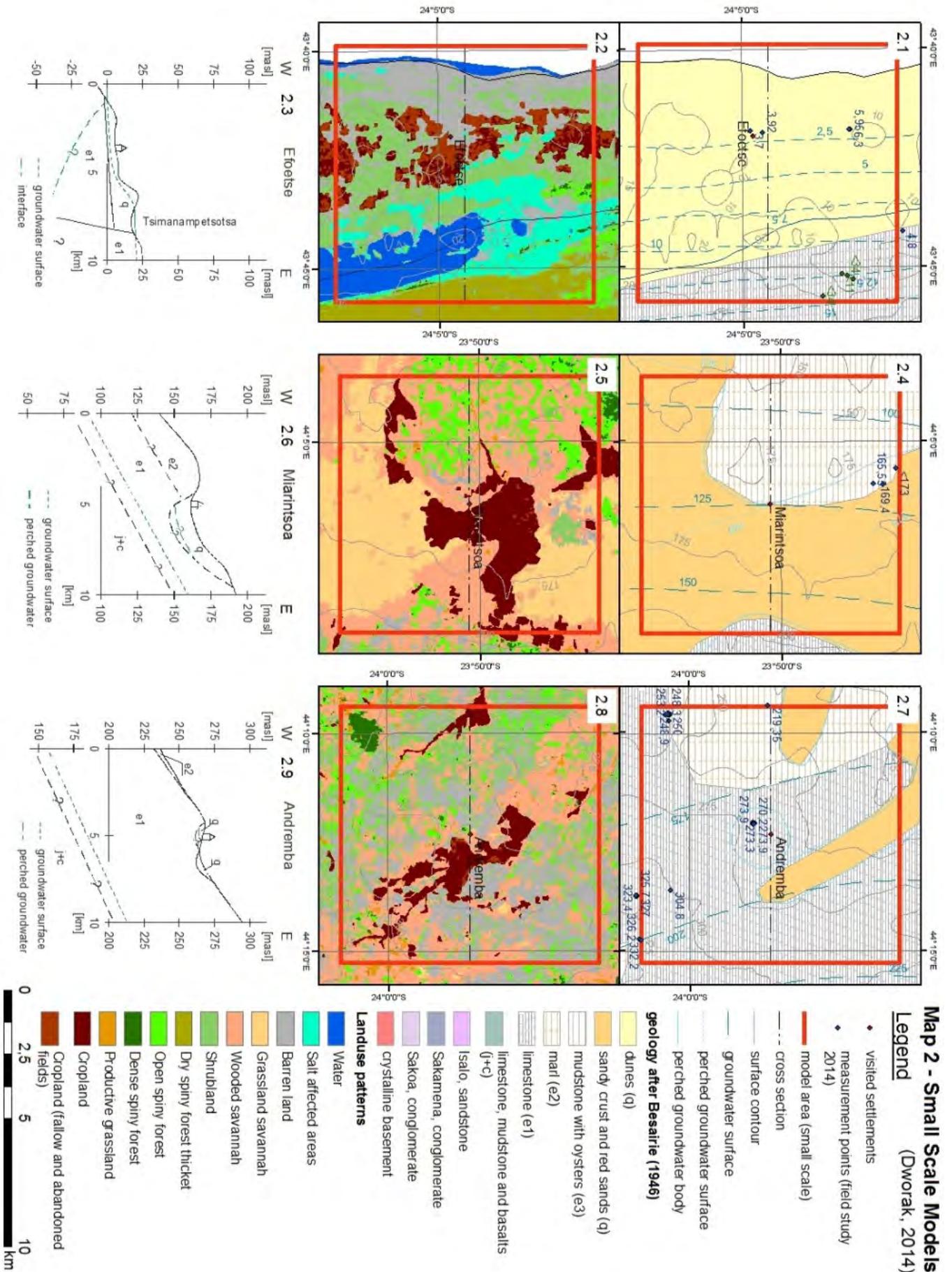


FIGURE 4.2.: Les modèles à petite échelle (Dworak 2014).

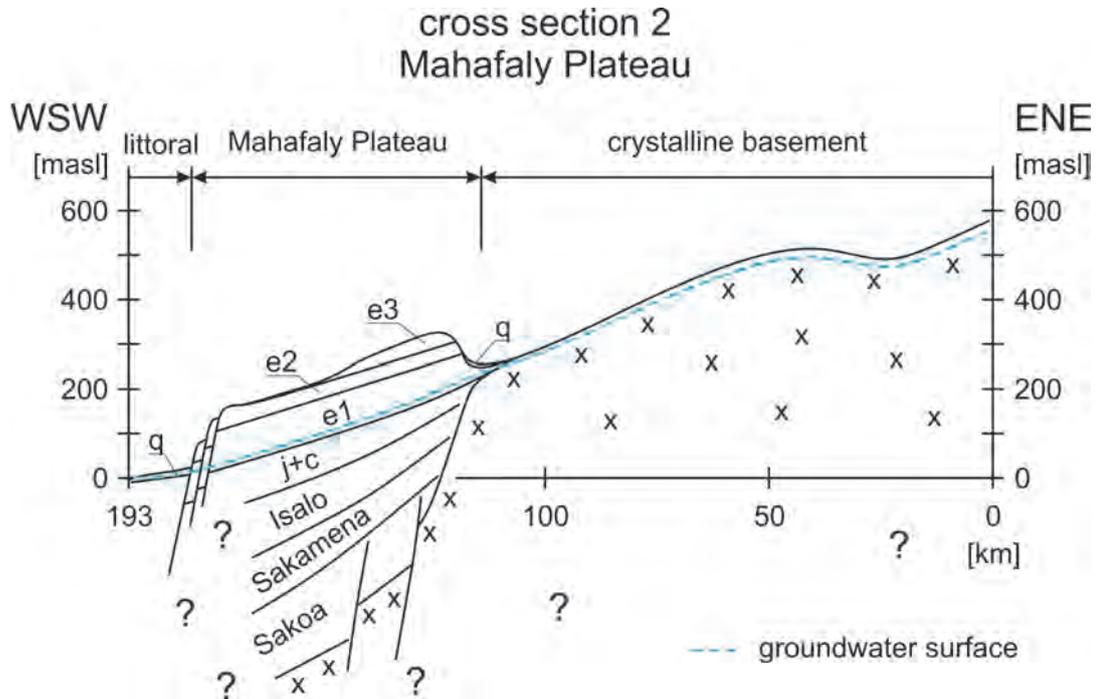


FIGURE 4.3.: Coupe montrant la structure géologique du Plateau Mahafaly. (X : socle cristallin ; Sakoa, Sakamena et Isalo : Karroo Groupe, conglomérats anciens et des formations de grès ; j + c : couches du Jurassique et du Crétacé, de calcaire, de mudstone et de basaltes ; e1 : Éocène inférieur, calcaire ; e2 : Eocène Moyen, la marne ; E3 : Eocène supérieur, mudstone ; q : sables quaternaires et dunes) (DWORAK 2014).

dessous de la surface. À l'extrémité orientale du Plateau Mahafaly, le niveau des eaux souterraines est défini par la quantité d'eau d'infiltration dans le sous-sol. La karstification de l'Éocène inférieur (E1) joue un rôle hydrogéologique important pour l'écoulement des eaux souterraines à travers le Plateau Mahafaly. Un complexe et actif réseau de grottes est développé. Les cavités existent également dans les couches superposées et sont visibles en surface sous formes de dolines ou avens. GUYOT (2002) suggère un abaissement rapide du niveau de base hydrologique au cours du Quaternaire comme les grottes montrent un grand développement vertical. En effet, la conductivité hydraulique de l'Éocène inférieur (E1) est élevée par rapport aux roches sous-jacentes. Par conséquent, le niveau de l'eau dans le calcaire du plateau diminue et est supposé être à environ 10 m au-dessus de la base imperméable formé par les couches du Jurassique et du Crétacé à l'extrémité ouest du plateau. Dans la plaine littorale, les niveaux d'eaux de l'ordre de 3 à 8 m.a.s.l. ont été mesurés. En appliquant ces hypothèses à la section transversale représentée à la figure 4.3, un niveau supposé de l'eau souterraine a été développé. Il évolue de 550 m.a.s.l. dans la chute de l'est à 250 m.a.s.l. suivant la morphologie du socle cristallin. Plus les eaux souterraines se rapproche du Plateau Mahafaly le niveau de l'eau suit le socle de l'aquifère. Par la présente, le gradient hydraulique reste à peu près la même dans les deux unités géologiques. Les eaux souterraines entre dans la région littorale à environ 10 m.a.s.l. Cette faible profondeur de la nappe phréatique en dessous de la surface conduit à la formation de résurgences à la base de la faille au bord du plateau.

L'observation mentionnée ci-dessus peut également être

observé dans la carte hydrogéologique (carte 4.1) où le niveau piézométrique de l'aquifère principale est affiché (DWORAK 2014). La nappe phréatique est proche de la surface du sol dans la zone du socle cristallin, le Karroo et les couches du Mésozoïque précoce. Dans la région du Plateau Mahafaly la nappe phréatique peut se trouver jusqu'à 200 m sous la surface. A Onilahy, des conditions effluentes se sont développées dans la partie orientale de la rivière changeant en neutres ou légèrement influentes quand on se rapproche du Plateau Mahafaly. Ceci se rapporte au changement brusque de la conductivité hydraulique de très faible ($8 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$, grès d'Isalo) à des valeurs élevées ($1 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$, Éocène inférieur (E1) calcaire). Le même phénomène s'applique à la rivière Linta d'une manière moins forte. Pendant la saison sèche la rivière Linta disparaît en raison de la superficie relativement petite du bassin versant et la faible quantité d'eau transportée. Ainsi, l'aquifère est déconnecté du système de la rivière.

Comme il a déjà découvert par AUROUZE (1959), des nappes d'eaux souterraines perchés existent indépendamment de l'aquifère principal sur le dessus des formations de l'Éocène. Le plus important est situé dans le Canal d'Itomboina et ses structures de canaux connectés. Flottant au-dessus de l'aquifère principal, les eaux souterraines sont recueillies et transportées dans les sédiments quaternaires. En atteignant la région littorale, cette nappe perchée décharge ses eaux dans l'aquifère principal. D'autres nappes perchées sont beaucoup plus petites et plus limitées dans leur étendue. Certains d'entre eux sont situés dans la région d'Andremba et contiennent de petites ressources en eaux souterraines dans les couches

argileuses de l'Éocène ou remplissage quaternaires de dolines ou dolines.

Les résultats généraux obtenus lors de cette étude sont résumés dans le tableau 4.1. Il est conçu comme un aperçu et donne les valeurs brutes et moyennes pour la caractérisation de chaque aquifère. Pour des informations détaillées sur les résultats et une discussion sur les variabilités et les variations, veuillez consulter la version complète du texte dans DWORAK (2014).

Modèles hydrogéologiques à petite échelle

La figure 4.2 montre une vue détaillée de trois villages de projets sélectionnés (Efoetse, Miarintsoa et Andremba) disposés différemment selon la géologie et l'hydrogéologie.

Efoetse (voir les cartes 2.1, 2.2, 2.3 sur figure 4.2) est situé dans la région littorale, à proximité du lac Tsimanampetsotsa. Le sous-sol est composé de compartiments effondrés du Plateau Mahafaly couvertes de sable fins qui forment les dunes récentes. Le niveau des eaux souterraines est influencé par le lac et la mer. Cela implique une permanente faible profondeur des eaux souterraines et des valeurs élevées en conductivité électrique, pouvant atteindre les $22\,000\ \mu\text{S cm}^{-1}$. Pourtant, l'eau est utilisée pour l'approvisionnement en eau de la population locale et le bétail car elle est facilement accessible toute l'année.

Miarintsoa (voir les cartes 2.4, 2.5, 2.6 sur figure 4.2) est situé au nord d'Itomboina, au bord du canal. Les couches du Jurassique et du Crétacé (j + c) sont recouvertes par l'Éocène primaire (E1) et moyenne (e2), alors que, l'emplacement exact des frontières entre les couches n'est pas connu. En outre, la profondeur du canal coupant les couches Éocènes ne sont pas connues en détail. Il est rempli par des sédiments continentaux (q). Aucun puits n'est recensé à Miarintsoa. En raison du modèle hydrogéologique à grande l'échelle, le niveau des eaux souterraines de l'aquifère principal a été estimé à une profondeur de 125 m.a.s.l. Le niveau de la nappe perché dans le Canal d'Itomboina est estimé entre 150 et 160 m.a.s.l qui est à environ 10 m sous la surface. Pour l'approvisionnement en eau, la population locale utilise des bassins de captage d'eau de pluie (*Sihanaka*) durant la saison humide. En raison de la consommation, l'évaporation et l'infiltration en subsurface, le *Sihanaka* tombe à sec après deux à trois mois.

Andremba (voir les cartes 2.7, 2.8, 2.9 sur figure 4.2) est situé à l'est du Plateau Mahafaly au sud du Canal d'Itomboina. La structure géologique est dominée par le calcaire de l'Éocène inférieur (E1), avec une épaisseur pas exactement connue reposant sur les couches du Jurassique et du Crétacé (j + c). Les couches argileuses de l'Éocène moyen (e2) affleurent dans l'ouest. Un bras du canal, rempli de sédiments continentaux (q), repose au-dessus de l'Éocène, à l'est d'Andremba. La nappe phréatique de l'aquifère principal se trouve dans une profondeur de 75 m. Une nappe perché, avec une ampleur inconnue, se

trouve au sud d'Andremba. Elle est utilisée toute l'année pour l'alimentation en eau du village. Le niveau de l'eau évolue seulement à quelques mètres sous la surface, à environ 273 m.a.s.l.. Au cours de la saison des pluies, un petit lac existe. Il dure environ deux mois jusqu'à ce que l'eau est consommée, évaporé ou infiltré. Le plus bas niveau de l'eau à la fin de la saison sèche est d'environ 18 m sous la surface. Comme l'aquifère est alimenté par l'eau de surface, la conductivité électrique est faible (400 à $670\ \mu\text{S cm}^{-1}$).

Conclusion

Pour le socle grésifié et cristallin, une faible profondeur des eaux souterraines est estimée. Comme les affluents des rivières sont répartis dans la région, l'eau est facilement accessible. Une précipitation d'environ 600 mm/a produit un fort ruissellement (de 200 à 300 mm/a) par rapport au reste de la zone d'étude. L'évapotranspiration est très élevé, 300 jusqu'à 1300 mm/a sur place, provoquant une décharge des eaux souterraines de plus de 100 mm/a. La conductivité hydraulique est estimée à 8×10^{-8} à $6 \times 10^{-7}\ \text{m s}^{-1}$ pour la série Karroo et $10^{-6}\ \text{m s}^{-1}$ pour le socle cristallin. La région ne fait pas partie principalement de la zone d'intervention du projet SuLaMa.

Dans la zone du Plateau Mahafaly, aucune information directe sur l'aquifère principal n'est disponible. Cela indique déjà que l'eau n'est pas accessible à la population locale. L'estimation qualitative de la nappe phréatique montre également une profondeur des eaux souterraines très élevé. Une précipitation d'environ 500 mm/a, une évapotranspiration de 200 à 500 mm/a et un faible de ruissellement produisant une recharge des eaux souterraines de l'ordre de 0 mm/a. Cela indique que l'eau n'est pas disponible pour les populations locales et ne peut être accessible par forages profonds. La conductivité hydraulique moyenne a été estimée à $10^{-4}\ \text{m s}^{-1}$ mais ne tiens pas compte des variations horizontales et verticales.

Les eaux sur le Plateau Mahafaly est disponible seulement dans les nappes perchés. Celles-ci se trouvent dans le Canal d'Itomboina et les structures connexes ainsi que dans les remplissages quaternaires très locales au-dessus de la strate Éocène. Une conductivité hydraulique de $3 \times 10^{-4}\ \text{m s}^{-1}$ est estimés pour les sédiments continentaux. Une profondeur de l'eau souterraine de 10 à 50 m offre des ressources eaux accessibles facilement. L'étendue des remplissages quaternaires locaux très limitée peut en effet fournir des ressources en eaux limitées. La cartographie géologique et hydrogéologique pour estimer la taille et la disponibilité de ces ressources ainsi que l'application de modèle numérique pour estimer l'évolution future doit être effectuée. Les suivies continues des puits au niveau des villages permettent d'obtenir des informations sur les changements saisonniers du niveau de l'eau.

Les bassins de captage de l'eau de pluie (appelé *Sihanaka*) creusés par les populations locales sont distribués partout dans la zone habitée du Plateau Mahafaly. Ils contiennent

TABLEAU 4.1.: Résultats de l'étude hydrogéologique.

		Littoral		Plateau	
		Aquifère principale		Nappe perché	
		Calcaire karstifié (Eocène primaire, e1)		Sédiment meuble/remplissage aven (Quaternaire)	
Propriétés de l'aquifère					
Type de roche	Sable fin (Quaternaire)				Canal d'Itoiboina
Type d'aquifère	aquifère vide			aquifère vides/à roche fracture	aquifère vides
Conductivité hydraulique	$3 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$			$3 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ ou moins	$3 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$
Profondeur	basse (<5 m)			basse (<5 m)	moyenne (10–50 m)
Conductivité électrique	haute (jusqu'à $22\,000 \mu\text{S cm}^{-1}$)			Pas d'information disponible	Basse à moyenne ($100 \mu\text{S cm}^{-1}$ à $14\,000 \mu\text{S cm}^{-1}$)
Température annuelle *	24 °C			24 à 25 °C	
Conditions hydrauliques et climatiques					
Précipitation	400 mm/a			450 mm/a à 600 mm/a	
Evapotranspiration effective **	200 mm/a à 300 mm/a (locale jusqu'à 700 mm/a)			200 mm/a à 600 mm/a	
Ruissellement de surface **	0 mm/a (locale >100 mm/a)			0 mm/a	
Alimentation de la nappe **	>100 mm/a (locale <-100 mm/a)			0 mm/a à >100 mm/a	Pas d'information disponible

* Données publiées par le CHAPERON et al. (1993). ** Les premières estimations basées sur le modèle WetSpa (BATELAAN et WOLDEAMLAK 2003) ; non validé

de grandes quantités d'eau douce recueillie durant la saison de pluie. En général, ils fournissent de l'eau pendant environ deux mois et sont utilisés par les populations locales pour la consommation quotidienne, la cuisson et le bain ainsi que pour l'abreuvement du bétail. Après une période d'environ deux mois, les *Sihanaka* tombent à sec en raison de la consommation, l'évaporation et l'infiltration de l'eau. Un système de stockage fermé dans lequel l'eau est empêchée de l'évaporation et l'infiltration de la subsurface, pourrait fournir des ressources d'eau douce pour une période plus longue et atténuer les effets de la pénurie d'eau.

La faible profondeur des eaux souterraines au niveau de la plaine littorale permet d'accéder facilement les ressources en eau toute l'année. Bien que, la précipitation est seulement d'environ 400 mm/a, la recharge des eaux souterraines, d'environ 100 mm/a en raison du faible écoulement en surface et d'une faible évapotranspiration. La conductivité hydraulique est estimé à $3 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$. Comme les puits sont situés près du bord de l'eau salée, l'eau utilisée par les populations locales montre une conductivité électrique élevée, jusqu'à $22\,000 \mu\text{S cm}^{-1}$. Pour estimer les ressources en eau douce et de recueillir plus d'informations sur l'influence de l'eau de mer, un modèle numérique doit être appliquée et un suivi de l'interface doit être effectuée.

Recommandations

La zone d'étude est très sèche et la quantité de précipitations est faible. Ceci entraîne à des valeurs moyennes de recharge des eaux souterraines de 0 mm/a au niveau du Plateau de Mahafaly et 100 mm/a dans la région littorale (DWORAK 2014). L'étude hydrogéologique sur les sites du projet SuLaMa (études de terrain 2014 et 2015) suggère que le système aquifère de la région littorale ainsi que les aquifères perchés sur le Plateau Mahafaly sont déjà à leurs limites. Un développement intense sur le domaine de l'eau doit donc être évité dans ces zones. Un potentiel, source pas encore exploré pour les ressources en eau sur les sites du projet Sulama reste le Canal d'Itomboina.

- Dans la région littorale, la conductivité électrique est élevée (jusqu'à $22\,000 \mu\text{S cm}^{-1}$). Ceci indique que la nappe est déjà influencée par l'eau de mer. Un retrait accrue de l'eau – soit au puits du village ou à une unité de dessalement – ou une recharge de la nappe phréatique réduite en raison des changements climatiques vont intensifier cet effet. En conséquence, la qualité de l'eau sera en outre en déclin.
- Sur le Plateau Mahafaly, seuls les aquifères perchés sont accessibles creusant des puits à la main. Il en résulte des ressources en eau très limitées. Dans le cas de l'augmentation du puisage ou d'une faible recharge de l'eau souterraine, le niveau de l'eau devraient baisser en dessous d'un niveau accessible aux puits creusés à la main.

Une réserve potentielle en eau, qui n'a pas encore été explorée, peut être trouvée dans le système d'aquifère

du Canal d'Itomboina. Les mesures prises à Maroarivo, par exemple, montrent que cet aquifère n'est pas encore surexploités et un retrait accru d'eau est possible. Toutefois, en raison de la profondeur de la nappe d'eau jusqu'à 75 m (DWORAK 2014), des efforts techniques pourraient être nécessaires afin de développer cet aquifère.

4.2. Etude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des ressources en eaux du Plateau Mahafaly

Jean Robertin Rasoloariniaina, Noromalala Raminosoa Rasoamampionona

Comme bases pour la gestion future de l'eau, nous avons mesuré la qualité physico-chimique et microbiologique des sources en eaux à travers différentes formes d'utilisation des terres dans les zones protégées du Parc National Tsimanampesotse, les régions agricoles et pastorales du plateau calcaire Mahafaly et la plaine côtière sur le sable pendant les saisons sèche et humide 2012–2013 (figure 4.4 ; RASOLOARINIAINA et al. 2015).

Le pH des eaux varie du neutre à légèrement basique et est compris dans les limites admissibles de l'OMS et des normes malgaches. La conductivité électrique et le taux de minéralisation globale sont très élevés et se trouvent au-dessus des limites permises dans la plaine côtière, modérément élevés dans le parc et faibles sur le plateau. Les concentrations des éléments d'azote (NH_4 , NO_3 et NO_2) sont élevées durant la saison des pluies, les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les puits. La concentration en phosphate est élevée au niveau de la totalité de la zone d'étude.

Les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. et *Vibrio* spp. sont présents toute l'année à travers la zone d'étude, ce qui représente un risque grave pour la santé humaine (tableau 4.2). Leurs concentrations ne sont pas corrélées avec les caractéristiques physico-chimiques de façon systématique permettant d'utiliser les caractéristiques physico-chimiques de l'eau en tant que représentant de la contamination microbienne. Les mauvaises conditions sanitaires sont les principales causes de contamination de l'eau. Des changements comportementaux simples de la population humaine locale pourraient réduire sensiblement ce souillage. La constatation que la température de l'eau dans les puits du plateau et, dans une moindre mesure, de la plaine côtière a augmentée pendant la saison chaude et humide indique une contribution substantielle de l'eau de surface plutôt que de l'eau souterraine à l'eau disponible. Cela limite les options pour l'augmentation future de la consommation en eau dans cette région ; que ce soit pour l'homme, l'agriculture et l'élevage.

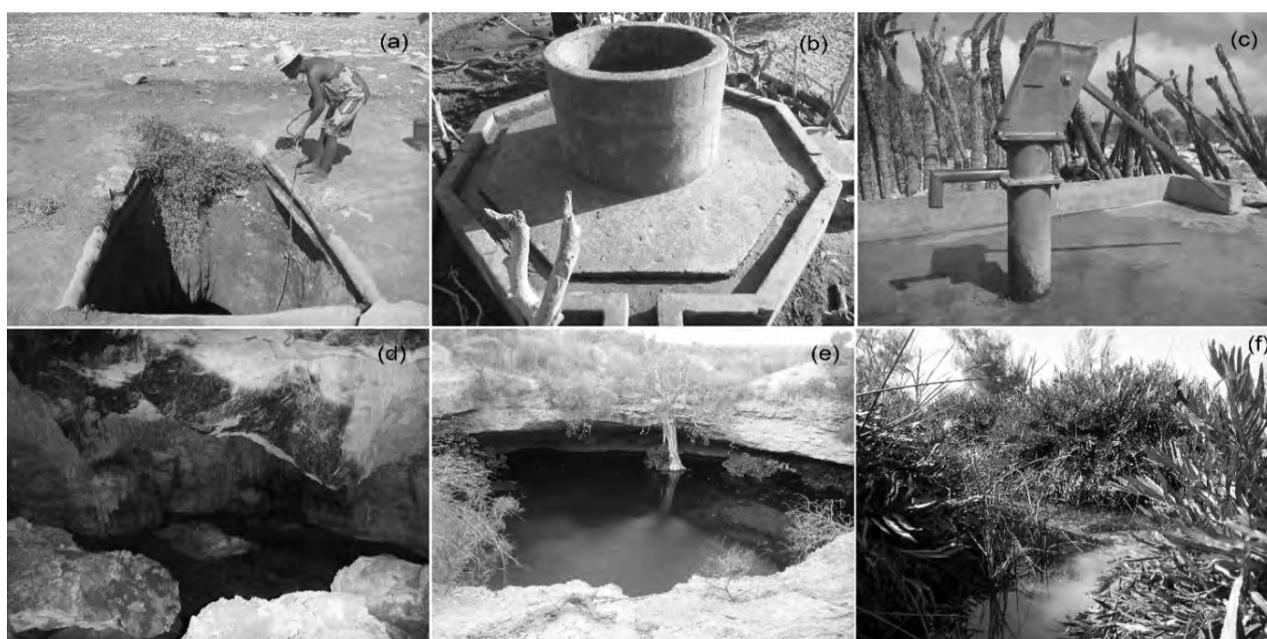


FIGURE 4.4.: Typologie des sources d'eaux échantillonnées : A, B : puits creusés directement dans le sol ou renforcés en béton ou en pierre. L'eau est puisée avec un seau accroché au bout d'une longue corde permettant ainsi la contamination de l'environnement ; C : Forage munie d'une pompe à motricité humaine construite par le PNUD ; D : Grotte ; E : Aven ; F : Source (RASOLOARINIAINA et al. 2015).

TABLEAU 4.2.: Pourcentage des sources d'eau contaminées (RASOLOARINIAINA et al. 2015).

Area	Source	Season	Total coliform	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella</i> spp	<i>Vibrio</i> spp
Plaine littorale	Puit (N=14, 10)	humide	100	93	93	93
		sec	100	90	100	100
	UNICEF puit (N=2)	humide	50	50	50	50
		sec	50	50	50	50
	Grotte (N=1)	humide	0	0	100	100
		sec	0	0	0	0
	Trou d'eau (N=1)	humide	100	0	0	100
		sec	100	100	0	100
Parc	Grotte (N=5)	humide	100	60	40	20
		sec	100	60	40	60
	Trou d'eau (N=4)	humide	100	0	50	0
		sec	100	50	75	25
	Source (N=1)	humide	100	100	100	100
		sec	100	100	100	0
Plateau	Puit (N=14,11)	humide	100	64	86	79
		sec	100	60	100	70

4.3. Etude physico-chimique et hydro-biologique des eaux du lac Tsimanampesotse

Jean Robertin Rasoloariniaina, Noromalala Raminosoa Rasoamampionona

Les eaux du Lac Tsimanampesotse ont été échantillonnées à 10 sites (figure 4.5). Le lac est un lac d'eau salée, chaude, à pH basique et bien oxygénée. Le taux de nitrate et de nitrite sont très faibles. Tandis que les concentrations en ammonium, phosphate et silicate sont importantes durant la saison de pluie, la température, le taux de phosphate, d'ammonium et de fer augmente tandis que la salinité, la teneur en silicate, en nitrite et en nitrate diminue. La richesse taxonomique et l'abondance en planctons et en macroinvertébrés aquatiques sont importantes.

Les organismes vivants dans Tsimanampesotse sont moins divers par rapport à d'autres écosystèmes. Au terme des inventaires menés au niveau des dix transects d'études, un total de 13 espèces de phytoplanctons et 4 taxons de zooplanctons a été recensé. *Pandorina* sp. est le phytoplancton le plus abondant durant les deux saisons d'études. Parmi les zooplanctons, les différents

stades de développement de crustacés copépodes sont à la fois les plus fréquentes et les plus abondantes. En ce qui concerne les macroinvertébrés aquatiques, deux espèces de crustacés, trois espèces de gastéropodes, une espèce d'annélide et 10 familles d'insectes sont inventoriés. Les crustacées sont natifs du lac tandis que les autres taxons sont issues des sources d'eau douce. *Grandidierella megnae* et *Apseudes thaumastocheles* sont les espèces les plus fréquentes et plus abondantes du lac. Les sources à l'Est du lac influent à la fois les caractéristiques chimiques de l'eau et sa composition taxonomique. Les eaux de ce côté du lac sont moins salées et hébergent plus de taxons par rapport aux sites avoisinants.



FIGURE 4.5.: Carte représentant les transects étudiés au niveau du lac Tsimanampesotse (RASOLOARINIAINA 2014).

Chapitre 5.

Gestion durable des forêts

La sous-région Plateau Mahafaly a une superficie d'environ 800 000 ha et incluant le vaste Parc National Tsimanampetse (géré par Madagascar National Parks [MNP]), de nombreuses forêts sacrées et forêts communautaires (gérées par des communautés locales). L'habitat naturel constitué de forêts épineuses et abrite le plus haut taux d'endémisme des plantes à Madagascar, à la fois au niveau générique (48%) qu'espèces (95%). En outre, les forêts influencent le microclimat, régulent l'écoulement d'eau, réduisent l'érosion éolienne et fonctionnent comme des bio régulateurs (par exemple en fournissant des habitats pour les pollinisateurs des nombreuses cultures agricoles). Bien que ces régulations soient difficiles à quantifier, ils sont néanmoins très importants pour la région. À l'échelle mondiale, les forêts naturelles contribuent à l'atténuation des changements climatiques en fournissant le stock de carbone. Cependant, les pratiques non durables d'utilisation des terres ont causé des dommages écologiques croissants, conduit à un degré élevé de déforestation et de dégradation des forêts. La déforestation sur le Plateau Mahafaly s'élevant à 45% au cours des 40 dernières années est une des plus élevée à Madagascar (BRINKMANN et al. 2014). Ce taux de déforestation dramatique est une menace directe pour les moyens de subsistance de la population locale, puisque cette dernière compte sur les produits de la forêt naturelle, en particulier pendant les périodes de soudure.

La gestion durable des forêts (GDF) est une approche prometteuse pour promouvoir non seulement la conservation à long terme de l'écosystème forestier et sa biodiversité, mais également pour générer et maintenir l'ESS des générations présentes et futures. Pour développer un programme de gestion forestière écologiquement, socialement et économiquement durable ainsi que pour prévenir la surexploitation, une bonne connaissance de l'écosystème forestier de notre zone d'étude est essentielle. Par conséquent, les objectifs de notre sous-projet étaient de fournir de mesures quantitatives concernant l'utilisation des ressources forestières, le potentiel de séquestration du carbone et la valorisation de l'ESS de la forêt. A cette fin, nous avons étudié les caractéristiques structurelles, spatiales, temporelles de la biomasse et des stocks de carbone ainsi que la productivité de la forêt et la diversité des espèces d'arbres. Pour chaque sujet, nous récapitulons les méthodes utilisées et les résultats obtenus.

La production répandue de charbon de bois, contre de l'argent pendant la période de soudure permettant d'acheter de la nourriture et de l'eau pendant la saison sèche, est un stress supplémentaire sur le paysage. Dans ce contexte, nous avons étudié les pratiques de production de charbon de bois, l'importance de cette activité sur les moyens de subsistance de la population locale, l'effet sur les ressources forestières ainsi que des options pour réduire la pression en particulier sur le tamarin (*Tamarindus indica* L.).

Dans ce chapitre, nous présentons des études sur les sujets suivants :

- Structure de la forêt, stocks de biomasse et carbone, et productivité de la forêt naturelle
- Variations inter- et intra-annuelle de la croissance des diamètres des arbres
- Diversité et importance des espèces d'arbre
- Cartes de la densité des arbres, biomasse et stock de carbonés
- Charbon de bois
- Évaluation des modifications de la couverture végétale le long de la transhumance

En outre, nous discutons des implications de nos résultats pour la conservation de l'écosystème forestier dans notre zone d'étude et le potentiel pour la GDF.

5.1. Structure de la forêt, stocks de biomasse et carbone, et productivité de la forêt naturelle

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Amadou Ranirison, Daniel Plugge, Michael Köhl

Les inventaires forestiers jouent un rôle important pour la compréhension de l'écosystème forestier et son potentiel pour la GDF. La stratégie d'échantillonnage consistait en deux approches différentes.

La première approche, dénommée « approche de biomasse », avait pour objectif d'acquérir des connaissances sur la structure de la forêt, productivité forestière et les changements des stocks de biomasse au fil du temps. Celle-ci est basée sur une étude de PLUGGE et al. (2010), réalisée dans le cadre d'un projet pilote pour le REDD à Madagascar (REDD-FORECA ; BALDAUF et al. 2010).

La deuxième approche, désignée « approche de transect », consistait à des plots le long de la transhumance, permettait d'analyser l'impact de pâturage sur la structure forestière et les stocks de biomasse.

Méthodes de collecte des données

Pour l'approche de la biomasse, une méthode d'échantillonnage par grappe a été choisie. Chaque grappe est composée de six plots. Ces plots se composent respectivement de deux cercles concentriques avec les rayons de 7,98 m (200 m²) et 12,62 m (500 m²). Dans le cercle intérieur, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), la position et l'espèce de tous les arbres d'un DHP de plus de 5 cm ont été enregistrés. Dans le cercle extérieur, ces paramètres ont été enregistrés pour tous les arbres d'un DHP de plus de 15 cm. La hauteur totale et commerciale, le diamètre moyen et la forme de la couronne ont été mesurés pour un sous-ensemble d'arbres. En plus, des données auxiliaires ont été enregistrées pour chaque plot.

Au total, 27 grappes avec 162 plots ont été inventoriées pour l'approche de biomasse (voir figure 5.1), ce qui correspond à une surface totale d'échantillonnage de 3,24 ha pour les cercles intérieurs et de 8,1 ha pour les cercles extérieurs. Le tableau 5.1 montre le nombre de plots échantillonnés pendant trois inventaires forestiers, en 2008, 2011 et 2014. Le nombre réduit de plots en 2014 peut s'expliquer par le fait qu'il a été nécessaire d'arrêter le travail sur le terrain pour des raisons de sécurité. En plus, le tableau 5.1 indique le nombre de plots à l'intérieur et à l'extérieur du parc national avant l'extension de l'aire du parc en 2007.

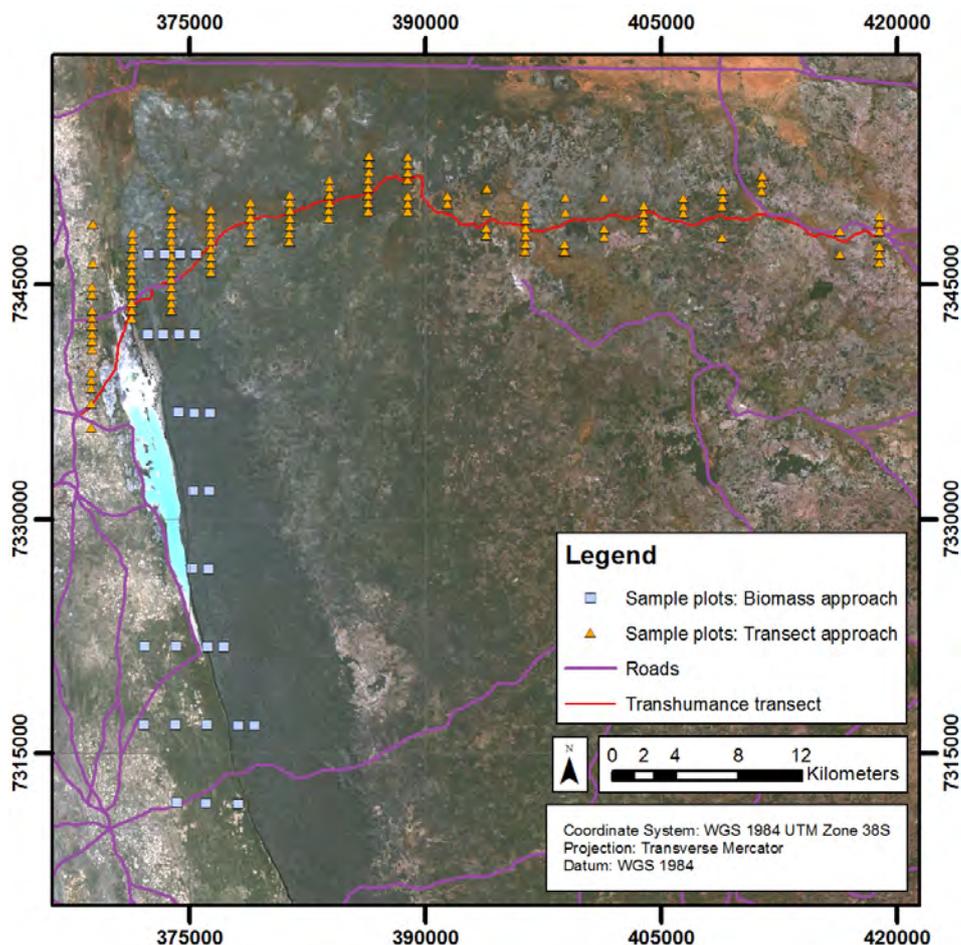


FIGURE 5.1.: Carte d'inventaire des plots pour l'évaluation de la structure de la forêt, des stocks de biomasse et carbone, et de la productivité de la forêt naturelle.

TABLEAU 5.1.: Aperçu des inventaires forestiers réalisés pour l'approche de biomasse.

Year	Plots	à l'intérieur du PN	à l'extérieur du PN
2008	141	66	75
2011	162	66	96
2014	87	63	24

Pour l'approche de transect, 151 plots carrés ($15\text{ m} \times 15\text{ m}$, 225 m^2) ont été évaluées (voir figure 5.1), ce qui correspond à une surface totale d'échantillonnage de 3,39 ha. Sur chaque plot, le diamètre au collet de la racine de tous les arbres a été mesuré. Le DHP de plus de 5 cm a été enregistré pour tous les arbres. Pour analyser l'approche de transect, les plots ont été groupés en trois sections différentes selon leur position le long de la transhumance (est, milieu, ouest, voir figure 5.2).

Résultats et discussions

Pour l'approche de biomasse, les estimations de la structure forestière, diversité des espèces d'arbres et stocks de biomasse et carbone sont basées sur les données de l'année 2011, puisque que pour cette année, nous avons mesuré le plus grand nombre de plots par rapport aux autres années (voir tableau 5.1). Pour l'estimation de la productivité de la forêt, les estimations sont basées sur la comparaison de 2008 et 2014.

Dans la zone d'étude, il existe quatre espèces pachycaules, c'est-à-dire des arbres avec un tronc qui est disproportionnellement large par rapport à la hauteur et seulement peu de branches, mais aussi le potentiel d'atteindre de gros diamètres (*Fony* (*Adansonia fony*), *Malamasafoy* (*Delonix adansonioides*), *Vontake* (*Pachypodium rutenbergianum*) et *Farafatse*). Comme ces espèces sont différentes des autres espèces au niveau de l'architecture des arbres et l'anatomie des bois (voir figure 5.3), nous présentons, pour certains résultats, des valeurs différentes pour les espèces pachycaules et les espèces non pachycaules.

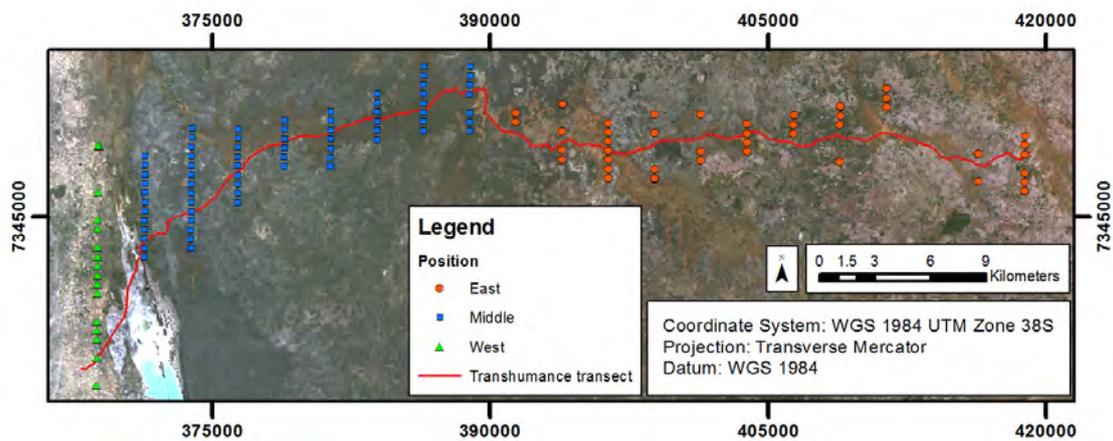


FIGURE 5.2.: Groupage des plots en trois sections différentes selon leurs positions le long de la transhumance.

FIGURE 5.3.: Exemples d'espèces pachycaules : *Vontake* (*Pachypodium rutenbergianum*, à gauche) et *Fony* (*Adansonia fony*, à droite). Photos de Jens Haertel.

Structure de la forêt

Pour l'approche de biomasse, nous avons trouvé un total de 2250 arbres en 2011, correspondant à une valeur moyenne de $630,0 \pm 48,9$ arbres/ha. 50,1 arbres/ha de ce nombre correspondent aux espèces pachycaules et 579,9 arbres/ha pour les non pachycaules. La surface terrière moyenne pour tous les plots est de $9,7 \pm 1,7$ m²/ha, dont 4,5 m²/ha appartenait au groupe des espèces pachycaules et 5,2 m²/ha au groupe des espèces non pachycaules.

La figure 5.4 montre la distribution du nombre d'individus par hectare et surface terrière suivant les différentes classes de diamètre et groupes d'espèces. La plupart des arbres font partie de la catégorie des diamètres inférieurs et seuls quelques grands arbres ont été trouvés, ce que indique une distribution de diamètre typique des forêts naturelles des tropiques. Cependant, même si les arbres avec DHP ≥ 15 cm ne représentent que 4,8% du nombre d'arbres, ils représentent 47,1% de la surface terrière de la forêt. De plus, les classes de diamètre de 25–30 et supérieures sont presque entièrement composées d'espèces pachycaules.

Aucune différence significative de la distribution des différents diamètres n'a été constatée entre l'intérieur et l'extérieur du parc national.

Lors de l'inventaire de 2011, 742 mesures de hauteur d'arbres ont été enregistrées. La hauteur moyenne de toutes les arbres était de $3,65 \pm 0,08$ m (hauteur maximale : 7,5 m). Basée sur ces mesures de hauteur, il est possible de développer pour les deux groupes d'espèces

des équations allométriques pour l'estimation de la hauteur par rapport au DHP. Avec ces équations, la hauteur de chaque arbre de l'inventaire a été estimée.

Le tableau 5.2 montre un aperçu du nombre des plots, le nombre de tronc et surface terrière pour l'approche de transect. Les valeurs moyennes de cette approche sont beaucoup moins élevées que les valeurs moyennes de l'approche de biomasse (voir ci-dessus). En outre, le nombre d'arbres et la surface terrières dans la partie milieu de la transhumance sont considérablement plus élevés que dans les parties ouest et est de la transhumance.

La figure 5.5 montre la distribution du nombre d'arbres par hectare ainsi que la surface terrière dans la section est, milieu et ouest de la transhumance. Dans presque toutes les classes de diamètre, celle du milieu affiche une valeur plus élevée pour le nombre d'arbres et la surface terrière que celle de l'est et de l'ouest.

Il est noté que le nombre d'arbres dans la classe de diamètre de 10–15 est plus élevé que dans la classe de 5–10 de la section ouest, et ils sont presque égaux dans la section milieu. Cette distribution du nombre d'arbres par hectare pour la section du milieu et de l'ouest de la transhumance est très atypique pour la forêt naturelle. Une hypothèse pouvant expliquer ce résultat serait que la transhumance annuelle, et pour la section de l'ouest l'impact continu des activités d'élevage, détruisent les arbres de diamètres inférieurs (par le piétinement ou le pâturage), et en conséquence, empêche l'apparition de la régénération naturelle. Cependant, nous devons d'abord effectuer une analyse approfondie de nos données d'inventaire avant de pouvoir supporter complètement cette hypothèse.

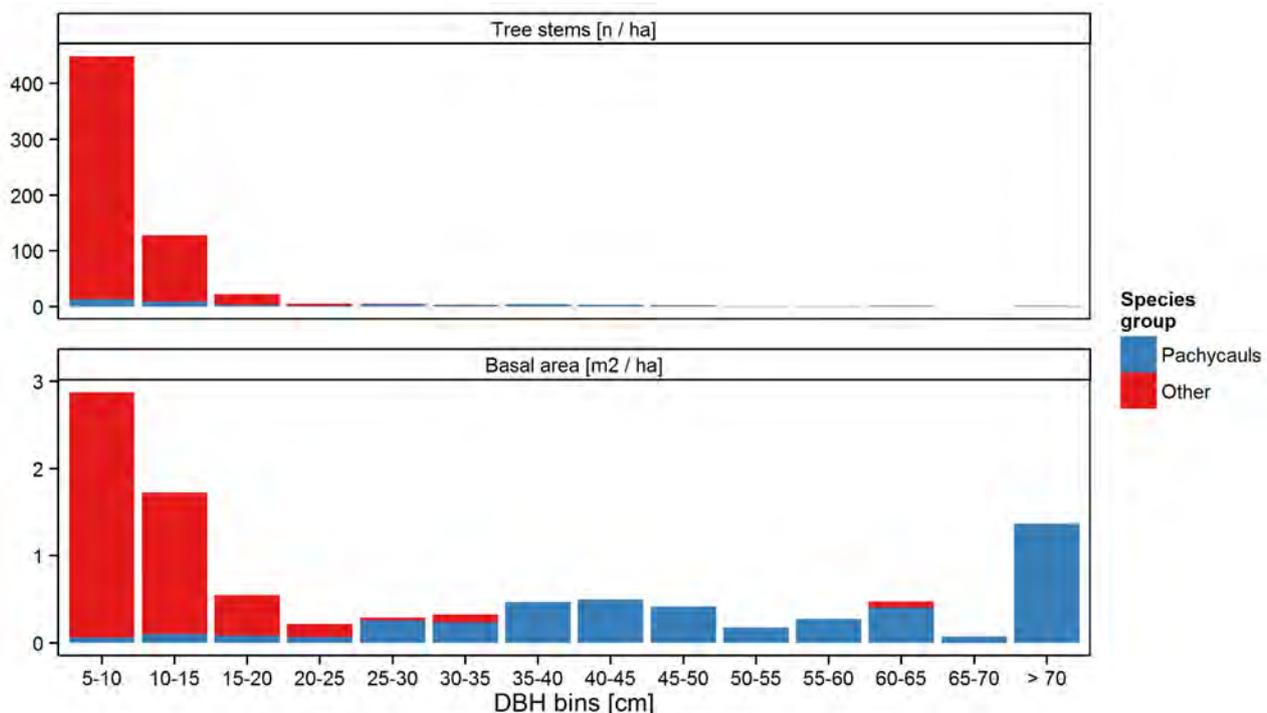
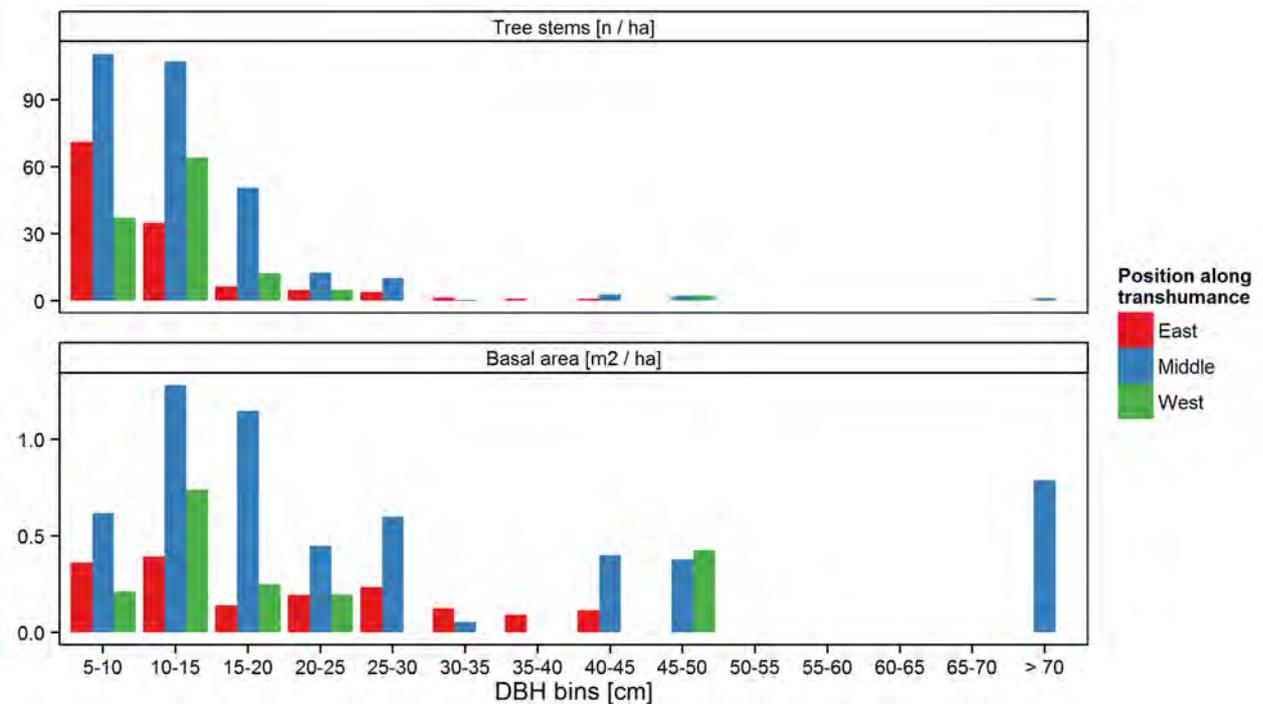


FIGURE 5.4.: Nombre d'arbres (n/ha) et surface terrière (m² ha⁻¹) des différentes classes de diamètre et groupe d'espèces pour l'approche de biomasse.

TABLEAU 5.2.: Nombre des plots d'échantillonnage, nombre d'arbres et surface terrière pour l'approche de transect.

	Nombre des plots	Nombre d'arbres (n/ha)	Surface terrière (m ² ha ⁻¹)
Tous les plots	151	213.7 ± 45.8	3.7 ± 1.1
Ouest	18	121.0 ± 30.5	1.8 ± 1.0
Milieu	78	298.0 ± 67.6	5.7 ± 1.9
Est	55	124.4 ± 72.0	1.7 ± 0.8

FIGURE 5.5.: Nombre d'arbres (n/ha), surface terrière (m² ha⁻¹) des différentes classes de diamètre et groupes d'espèces le long de la transhumance.

Estimation de la biomasse et du carbone

À partir des données d'inventaire de l'approche de biomasse, nous avons estimé les stocks de biomasse et carbone selon les étapes suivantes :

1. Estimation de la biomasse aérienne d'arbres individuels
2. Estimation de la biomasse par hectare
3. Estimation des stocks de carbone par hectare

Chaque étape était dépendent de l'étape précédente, c'est-à-dire il n'était pas possible d'effectuer la deuxième étape sans avoir fini la première.

Estimation de la biomasse des arbres individuels :

Avec les équations allométriques de biomasse, il est possible d'estimer la biomasse aérienne (AGB) d'arbres individuels en se basant sur les caractéristiques facilement mesurables des arbres, tels que le DHP et la hauteur. Toutefois, pour obtenir des estimations fiables de la biomasse, il est important d'utiliser des équations allométriques de biomasse qui soient adaptées au type de forêt. Après une revue approfondie de la littérature, il apparaissait

que les équations allométriques de biomasse dans les forêts sèches sont hautement spécifiques au niveau régional et peuvent considérablement varier même pour les courtes distances entre deux zones d'étude. Il était donc nécessaire de développer des équations allométriques de biomasse spécifique pour notre zone d'étude.

Pour le développement d'équations allométriques de biomasse, il est indispensable de connaître la biomasse d'un échantillon représentatif d'arbres. Habituellement, ces informations sont obtenues en utilisant des méthodes destructrices. Cependant, il est normalement impossible d'appliquer ces méthodes destructrices dans un parc national, puisqu'elles entraînent la destruction d'arbres. En conséquence, une méthode efficace et fiable pour mesurer la biomasse aérienne d'arbres individuels d'une manière non destructrice est nécessaire. Pour cette raison, nous avons mené une étude pour évaluer le potentiel de « Randomized Branch Sampling » (RBS) pour l'estimation fiable du volume des arbres individuels (ce qui peut facilement être converti en estimations de la biomasse aérienne).

L'estimation de la biomasse des arbres individuels avec le « Randomized Branch Sampling » : Le RBS est une méthode non destructive d'échantillonnage probabiliste à plusieurs degrés qui peut être utilisée pour obtenir des estimations de volume des arbres individuels. Pour plus d'informations sur le RBS, voir KÖHL et al. (2006) et GREGOIRE et VALENTINE 2007. Pour estimer la fiabilité du RBS, nous avons estimé le volume des arbres de huit espèces. Pour chaque arbre, cinq trajectoires aléatoires différentes ont été évaluées. Notre analyse a montré qu'une augmentation du nombre des trajectoires au-delà de cinq ne conduira pas dans la plupart des cas à une amélioration substantielle. En outre, nous avons démontré que la fiabilité des estimations de volume dépend de l'espèce d'arbre.

En conclusion, pour les huit espèces d'arbres, nous avons montré l'utilité de RBS comme outil non destructif d'estimations de biomasse aérienne d'arbres individuels dans les forêts sèches. Il est recommandé d'étendre l'étude sur le RBS en incorporant plus d'espèces pour construire des équations allométriques de volume et de biomasse qui soient plus précises et régionalisées. Les résultats de cette étude ont été soumis au journal « Bois et Forêts des Tropiques » et ils sont actuellement en processus d'examen par les pairs.

Estimation du volume, biomasse et carbone : Le RBS s'avère utile pour la construction d'équation allométrique de volume ou biomasse pour des espèces ou groupes d'espèces. Cependant, l'approche RBS doit être considérée uniquement comme une étude exploratoire pour développer des équations pour quatre espèces au total. Pour cette raison, nous avons utilisé les équations allométriques de volume présentés ci-dessous. De cette manière, nous suivons le principe de prudence en plutôt sous-estimant la biomasse des arbres individuels. Pour tenir compte des différences entre les espèces pachycaules et les espèces non pachycaules, nous avons paramétré les équations comme suit :

$$\text{Volume}_{\text{pachycaulous}} = \text{BA} + \frac{\text{BA} \times (\text{height} - 1.3)}{2}$$

$$\text{Volume}_{\text{non-pachycaulous}} = \text{BA} + \frac{\text{BA} \times (\text{height} - 1.3)}{3}$$

En appliquant ces équations allométriques, il est possible d'estimer le volume de chaque arbre de l'inventaire de 2011 de l'approche de biomasse. Ensuite, les volumes des arbres individuels ont été additionnés pour chaque

plot et extrapolés à l'hectare. Pour la conversion des estimations de volume aux estimations de biomasse, nous avons utilisé la valeur par défaut de la densité du bois pour l'Afrique (IPCC 2006). Par la suite, nous avons estimé les stocks de carbone en multipliant les estimations de biomasse avec le facteur de conversion par défaut (IPCC 2006), qui représente le taux moyen en carbone de la biomasse. Les résultats pour les estimations de volume, biomasse et carbone sont présentés dans le tableau 5.3.

Productivité de la forêt

En réévaluant les plots à différents moments dans le temps, il est possible d'estimer la croissance radiale des arbres. Nous avons basé nos calculs sur les données d'inventaire de 2008 et 2014 afin d'obtenir une estimation robuste. La croissance du DHP par an de 234 arbres de toutes espèces est de $0,25 \pm 0,06$ cm/an (voir figure 5.6). Cette valeur ne semble pas particulièrement faible par rapport à d'autres écosystèmes forestiers, mais la croissance des arbres varie fortement entre les différents groupes d'espèces et espèces. Les espèces pachycaules montrent un taux de croissance élevé de $0,51 \pm 0,16$ cm/an, alors que celui des espèces non pachycaules est seulement de $0,16 \pm 0,06$ cm/an. Ceci est souligné par le taux de croissance très élevé de *Malamasafoy* (*Adansonioides delonix*) par rapport aux taux de croissance faible de *Samata foty* (*Euphorbia fiherenensis*), *Samata gasy* (*Euphorbia stenoclada*) et *Taribia* (figure 5.6).

La différenciation des taux de croissance entre les espèces pachycaules et non pachycaules est importante pour l'évaluation du potentiel de l'utilisation durable de la forêt. En raison de leur faible densité de bois, les quatre espèces pachycaules ne sont pas utilisées comme bois énergie ou bois de construction. Par conséquent, le taux de croissance relativement faible de $0,16 \pm 0,06$ cm/an pour les espèces non pachycaules semble être plus adéquat pour la détermination des niveaux de récolte durable.

Il reste encore une grande incertitude pour les estimations de la croissance d'arbres au niveau des espèces individuelles, ce qui peut partiellement être expliquée par les faibles taux de croissance et les architectures distinctes des arbres dans notre zone d'étude.

Conclusion

La forêt dans notre zone d'étude est caractérisée par une grande quantité d'arbres à petit diamètre (DHP < 20 cm),

TABLEAU 5.3.: Estimations du volume, biomasse et carbone de l'aire de l'approche de biomasse pour toutes les plots, à l'intérieur et à l'extérieur du parc national.

	Nombre des plots	Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Biomasse (t ha^{-1})	Carbone (tC ha^{-1})
Tous les plots	154	25.7 ± 5.7	14.4 ± 3.2	7.9 ± 1.8
Intérieur PN	66	32.2 ± 9.2	18.0 ± 5.2	9.9 ± 2.8
Extérieur PN	88	20.8 ± 7.1	11.6 ± 4.0	6.4 ± 2.2

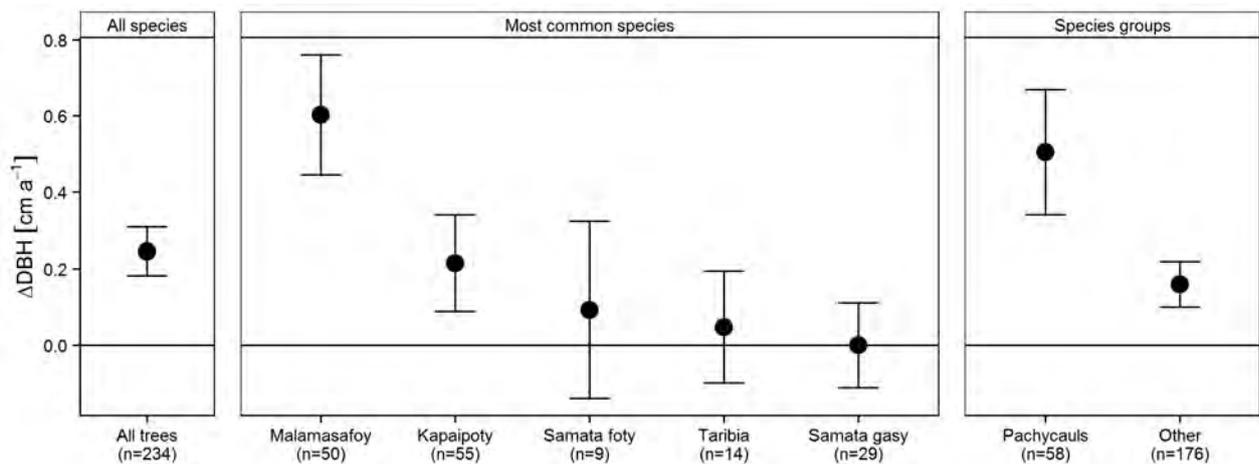


FIGURE 5.6.: Croissance moyenne par an du DHP de toutes les espèces, des cinq espèces d'arbres les plus abondantes, et des deux groupes d'espèces dans le Parc National Tsimanampesotse, basée sur la comparaison de données des inventaires forestiers de 2008 et 2014.

et seulement quelques arbres dont le diamètre est supérieur à 20 cm. Cependant, ces quelques arbres à grand diamètre, dont la plupart sont des espèces pachycaules, contribuent considérablement à la surface terrière de la forêt. Par comparaison avec d'autres écosystèmes forestiers, la hauteur moyenne est très faible.

De plus, nous avons démontré que les stocks de volume, biomasse et carbone sont considérablement plus faibles à l'extérieur qu'à l'intérieur du Parc National Tsimanampesotse. Cela indique que la protection de cet écosystème forestier unique a un effet positif sur l'agrégation de volume du bois.

Cependant, la comparaison des résultats de la première et deuxième approche doit être interprétée avec prudence. Les différences dans la structure forestière pourraient être le résultat de différentes utilisations de la forêt ou simplement un effet des facteurs écologiques, tels que le type de sol ou la topographie.

Potentiel pour REDD+

Les négociations internationales sur le REDD+ sont parvenues à un consensus lors de la conférence sur le climat à Bonn en 2015. REDD+ peut donc être considéré comme une approche prometteuse pour protéger les forêts tropicales en général, et plus spécifiquement l'écosystème unique de la forêt sèche de Madagascar. Cependant, REDD+ se concentre sur les stocks de carbone forestier pour calculer des incitations économiques pour les forêts. Dans ce sens, le stock de carbone aérien de 7,9 tC/ha dans le Parc National Tsimanampesotse est très faible par rapport à d'autres écosystèmes forestiers tropicaux. ASNER et al. (2012) ont estimé que les stocks de carbone aérien sont de 99,5 tC/ha pour les forêts humides dans le nord de Madagascar, avec beaucoup de forêts non perturbées hébergeant plus de 140 tC/ha. Par conséquent, les activités REDD+ sont plutôt ciblées sur les écosystèmes forestiers avec de grandes quantités de carbone. Néanmoins, comme REDD+ est une approche au niveau national, il

devrait inclure tous les types de forêts de Madagascar. Cela veut dire qu'il n'est pas nécessaire d'investir les avantages potentiels de REDD+ là où ils sont gagnés, mais qu'ils pourraient tout aussi bien être utilisés pour protéger un écosystème tels que la forêt sèche de notre zone d'étude. Il dépend fortement de la volonté politique et de l'interprétation des mesures de sauvegarde, tels que la conservation de la biodiversité, la permanence et la prévention des fuites aligné à REDD+, si la forêt sèche avec de stocks de carbone faibles pourra profiter ou non des compensations de REDD+. A titre d'exemple, les compensations de REDD+ pourraient être utilisées pour un schéma alternatif de paiement des services rendus par les écosystèmes (PES) qui encourage la conservation de la biodiversité au lieu de se concentrer exclusivement sur la prévention des émissions de carbone. Un tel système de PES pourrait ensuite profiter du système de mesure, suivi et vérification (MRV) ainsi que du renforcement des politiques forestières et des droits fonciers à travers le mécanisme REDD+. Cela permettrait de diminuer considérablement les barrières à l'entrée pour l'implémentation d'un schéma PES pour la biodiversité.

5.2. Variations inter- et intra-annuelle de la croissance des diamètres des arbres

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Daniel Plugge, Michael Köhl

En raison des faibles taux de croissance des arbres dans la forêt sèche (voir ci-dessus), une estimation fiable du potentiel de l'utilisation durable des forêts basé exclusivement sur les inventaires forestiers est difficile.

Méthodes

En Novembre 2013, neuf arbres de trois espèces, représentant un gradient de haute à faible densité de bois, ont été équipés de dendromètres électroniques de haute précision (figure 5.7). Ces dendromètres enregistrent continuellement toutes les heures la circonférence à hauteur de poitrine des arbres sans perturber leurs développements. En outre, des enregistreurs de température et pluviométrie ont été installés.

Les données des dendromètres de Novembre 2013 à Décembre 2014 ont été analysées et les premiers résultats



FIGURE 5.7.: L'installation des dendromètres à haute résolution.

ont été présentés lors de la troisième conférence scientifique internationale de la CNULCD (Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification).

Résultats et discussions

Figure 5.8 donne un aperçu du changement radiale du diamètre par rapport à celui en Novembre 2013 et les interactions avec les événements de précipitations pour *Katrafey* (*Cedrolopsis gravei*), *Malamasafoy* (*Delonix adansonoides*) et *Samata foty* (*Euphorbia fiherenensis*).

Entre Novembre 2013 et Janvier 2014, il n'a pas plu et le diamètre radial de tous les arbres a diminué. Cette période a été suivie par quatre jours de fortes pluies avec jusqu'à 100 mm/m²/jour en Janvier 2014 et des précipitations irrégulières entre Février 2014 et Décembre 2014, avec une faible quantité de pluie. Les trois espèces ont fortement réagi à ces quatre jours de pluies intensives. Le diamètre de *Delonix adansonoides* a augmenté jusqu'à 3 mm dans les deux mois suivant ces fortes pluies. Ce diamètre est resté stable jusqu'en Décembre 2014, ne montrant aucune réaction aux précipitations irrégulières. Par contre, le diamètre de *Katrafey* (*Cedrolopsis gravei*) a augmenté jusqu'à 4 mm en seulement deux semaines après les fortes pluies, mais son diamètre redescendu à sa taille initiale entre Février et Octobre 2014. Même les pluies erratiques de faible intensité ont causé une augmentation du diamètre de 0,5–1,5 mm et des diminutions conséquentes de la même quantité dans une semaine. Cela indique que pour cette espèce, des effets de la dilatation et rétraction du bois ont été observés plutôt que la croissance réelle du diamètre. Ceci a été souligné par l'augmentation et ensuite la diminution de 4 mm du diamètre en seulement quatre semaines à la suite de précipitations modérées en Octobre 2014. *Samata foty* (*Euphorbia fiherenensis*) a affiché une tendance similaire à *Katrafey* (*Cedrolopsis gravei*), mais avec de faibles variations des diamètres.

Conclusion

Ces résultats montrent qu'il est possible que la variabilité intra annuelle du diamètre à cause de la dilatation et rétraction du bois soit supérieure à la croissance réelle du diamètre (voir sous-chapitre 5.1). Ce constat est une considération importante pour les inventaires forestiers continus, comme le temps de mesure peut avoir une grande influence sur l'estimation du taux de croissance. En d'autres termes, si un inventaire forestier est réalisé immédiatement après de fortes pluies, les taux de croissance estimés seront beaucoup plus élevés que pour un inventaire forestier réalisé pendant une période de sécheresse. Cela peut avoir comme conséquence une gestion non durable des forêts si les estimations des rendements potentiels sont basées sur des taux de croissance surestimés.

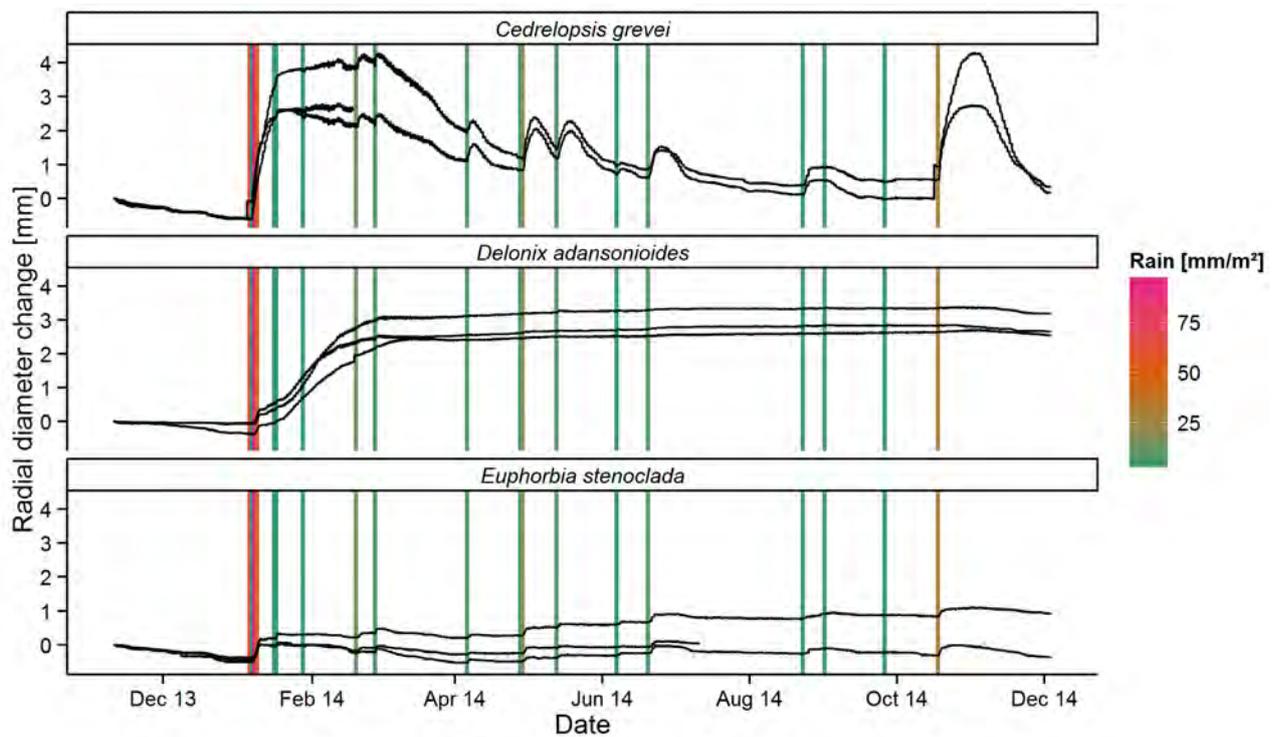


FIGURE 5.8.: Mesures horaires de diamètre de neuf arbres de trois espèces et les événements de précipitations dans le Parc National Tsimanampesotse. Chaque courbe noire représente un arbre. Les lignes verticales montrent les jours avec précipitations et la couleur des lignes verticales indique la quantité de celles-ci.

5.3. Diversité et importance des espèces d'arbres

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Daniel Plugge, Michael Köhl

Dans notre zone d'étude, la forêt pousse sur différents types de sol avec des éventuels assemblages d'arbres différents. Ainsi, il est possible que la structure de l'assemblage et l'importance écologique des espèces d'arbres au sein d'un assemblage ne soient pas les mêmes entre les types de sol. Les différences en diversité et l'importance des espèces entre les habitats nécessiteraient des approches de gestion qui prennent en considération la mosaïque forestière de cette zone d'étude.

Méthodes

En nous basant sur nos observations de terrain et des images satellites, chaque plot de l'inventaire de 2011 pour l'approche de biomasse a été attribué à l'un de trois types de sols (sable rouge, sable blanc et calcaire). Une analyse en positionnement multidimensionnel non métrique (« Nonmetric Multidimensional Scaling »), méthode d'ordination robuste de l'écologie de communautés a été ensuite effectuée pour révéler les tendances sous-jacentes dans la structure de la communauté forestière. Pour cela, toutes les espèces avec au moins 20 occurrences dans l'inventaire forestier de 2011 ont été incluses dans cette analyse.

En outre, nous avons calculé deux indices de biodiversité : l'indice de Shannon et l'indice de Simpson. Les valeurs élevées de l'indice de Shannon correspondent à une haute diversité et beaucoup d'espèces avec une abondance similaire. L'indice Simpson est compris entre 0 et 1 et représente la probabilité que deux individus choisis au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à des espèces différentes. Ce dernier est moins sensible à la présence d'espèces rares que l'indice de Shannon.

Par ailleurs, pour chaque espèce d'arbre, nous avons calculé la fréquence, la densité et la dominance absolue et relative, ainsi que l'indice de valeur d'importance (IVI). Ces caractéristiques écologiques quantitatives sont des indicateurs de l'importance globale des espèces dans la structure de la communauté.

Résultats et discussions

La figure 5.9 montre les résultats de l'analyse en positionnement multidimensionnel non métrique. Les grappes d'échantillonnages sont à gauche et les espèces à droite. Les résultats sur les sables blancs semblent proches les uns des autres et plus éloignés de ceux sur les sables rouges et calcaire. Cela indique que la composition floristique sur le sable blanc est différente de celle sur les autres types de sol, avec *Avoha* et *Lalangy* étant les espèces caractéristiques. La différence entre la composition floristique sur le sable rouge et sur le calcaire n'est pas aussi forte, mais néanmoins bien visible. *Samata gasy* et *Sakoakomoko* semblent être les espèces représentatives sur le sable rouge. Pour le calcaire, plusieurs espèces sont caractéristiques.

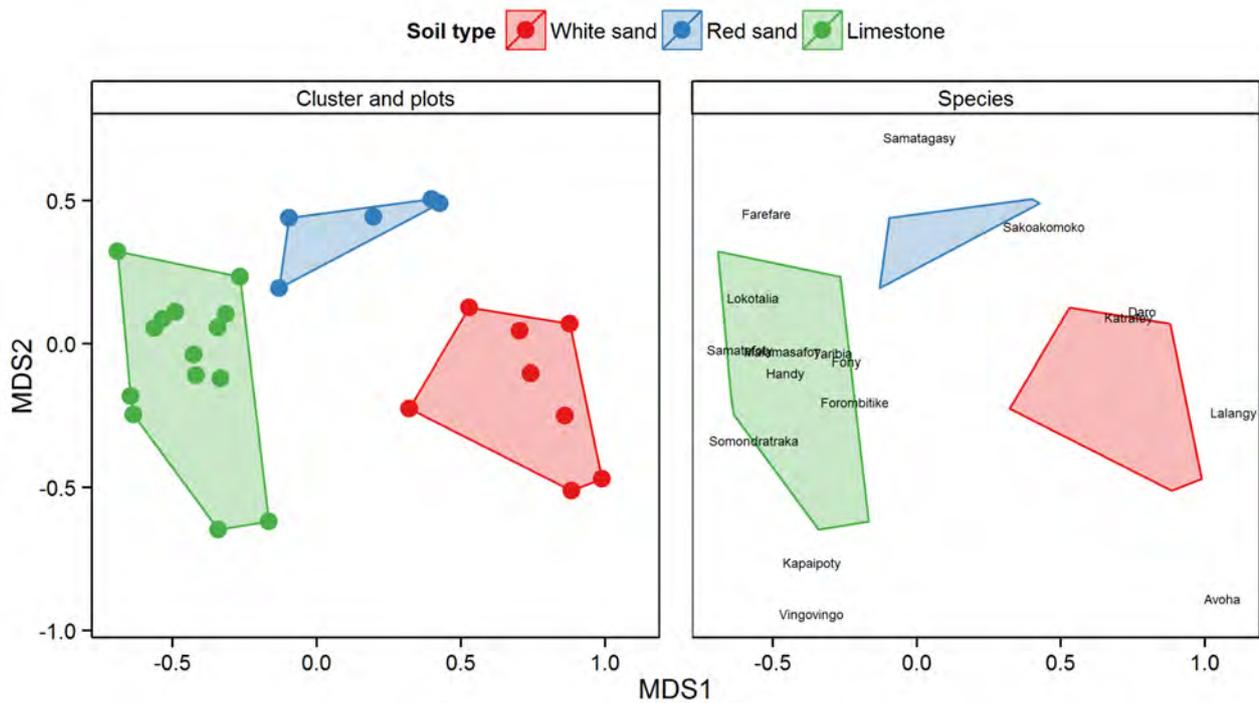


FIGURE 5.9.: Résultats de l'analyse en positionnement multidimensionnel non métrique. À gauche, les résultats des grappes d'échantillonnage sont montrés. La couleur des points correspond au type de sol, et une enveloppe convexe a été tracée autour des grappes du même type de sol, les résultats concernant les espèces sont montrés à droite.

57 espèces d'arbres au total ont été enregistrées lors de l'inventaire en 2011, dont 16 étaient rares avec seulement un ou deux individus. Les valeurs moyennes de l'indice de Shannon et celle de Simpson de l'ensemble plots ainsi que ceux sur les trois types de sols sont présentées dans le tableau 5.4.

Le tableau 5.5 montre l'IVI, et la fréquence, densité et dominance absolue et relative des 25 espèces d'arbres les plus importantes. *Malamasafoy* (*Delonix adansonioides*) a la plus haute valeur d'IVI et des valeurs élevées pour la fréquence et dominance, mais seulement une densité moyenne, ce qui indique que cette espèce est répandue dans le Parc National Tsimanampesotse et que les arbres individuels occupent une surface terrière élevée. Par contre, *Taribia*, l'espèce avec la deuxième plus haute valeur d'IVI, présente une très haute fréquence et densité, mais n'a qu'une faible valeur en dominance, ce qui signifie que cette espèce est très répandue, mais avec de nombreuses arbres à diamètre relativement petit.

Conclusion

Nous avons montré que la composition floristique et les espèces d'arbres caractéristiques sont distinctes sur les différents types de sols. En outre, les espèces d'arbres écologiquement les plus importantes sont différentes sur chaque type de sols. Par exemple, *Kapaipoty* est important sur le calcaire, mais pas sur les sables blanc et rouge. En revanche, *Samata gasy* est l'espèce la plus importante sur le sable rouge et d'importance moyenne sur le calcaire, mais moins important sur le sable blanc.

Selon les indices de Shannon et de Simpson, la forêt sur sable blanc est moins diversifiée que celles sur sable rouge et calcaire. Il est à souligner que les espèces ayant une importance traditionnelle pour la population locale, comme par exemple *Kily* (*Tamarindus indica*), ne sont pas dans la forêt naturelle nécessairement importantes au niveau écologique.

TABLEAU 5.4.: Valeurs moyennes des indices de diversité de tous les plots et ceux sur les différents types de sols.

	Nombre des plots	Indice de Shannon (H')	Indice de Simpson
Tous les plots	154	1.45	0.70
Plots sur le sable blanc	42	1.20	0.61
Plots sur le sable rouge	24	1.43	0.71
Plots sur le calcaire	88	1.58	0.74

TABLEAU 5.5.: Les mesures d'importance écologique 25 espèces les plus importantes du Parc National Tsimanampesotse en fonction de l'indice de valeur d'importance (IVI). Les espèces sont triées par ordre décroissant de l'IVI.

Nom local	Espèce	Famille	IVI	Fréquence [%]	Fréquence relative [%]	Densité [n/ha]	Densité relative [%]	Dominance [surface terrière/ha]	Dominance relative [%]
Malamasafoy	<i>Delonix adansonioides</i>	Leguminosae	37,1	48,1	8,3	41,9	6,6	2,25	22,2
Taribia			33,0	62,3	10,8	89,7	14,1	0,82	8,1
Daro	<i>Commiphora sp</i>	Burseraceae	28,4	42,2	7,3	79,1	12,4	0,88	8,7
Fony	<i>Adansonia fony</i>	Bombacaceae	23,2	12,3	2,1	6,7	1,0	2,03	20,1
Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	Hernandiaceae	18,1	27,9	4,8	53,6	8,4	0,50	4,9
Samata foty	<i>Euphorbia fiherenensis</i>	Euphorbiaceae	18,0	34,4	6,0	53,5	8,4	0,37	3,6
Katrafey	<i>Cedrelopsis grevei</i>	Ptaeroxylaceae	16,6	36,4	6,3	43,1	6,8	0,36	3,5
Samata gasy	<i>Euphorbia stenoclada</i>	Euphorbiaceae	16,2	32,5	5,6	49,3	7,7	0,29	2,8
Somondratraka	<i>Allaudia comosa</i>	Didieraceae	13,0	24,7	4,3	26,2	4,1	0,47	4,6
Handy	<i>Neobegonia mahafaliensis</i>	Meliaceae	11,2	26,0	4,5	25,1	3,9	0,28	2,8
Sakoakomoko	<i>Poupartia birrea caffra</i>	Anacardiaceae	9,9	23,4	4,0	20,7	3,2	0,27	2,6
Farefare			9,5	20,8	3,6	22,8	3,6	0,24	2,4
Lokotalia			5,2	16,2	2,8	11,7	1,8	0,06	0,6
Vingovingo			5,0	12,3	2,1	11,8	1,9	0,10	1,0
Avoha	<i>Commiphora marchandii</i>	Burseraceae	4,4	9,1	1,6	9,9	1,5	0,13	1,3
Vontake	<i>Dichrostachys sp</i>	Fabaceae	4,0	5,2	0,9	2,1	0,3	0,28	2,8
Forombitike	<i>Pachypodium rutenbergianum</i>	Apocynaceae	3,9	13,0	2,2	8,4	1,3	0,03	0,3
Lalangy	<i>Holmscoldia sp</i>	Verbenaceae	3,5	10,4	1,8	6,9	1,1	0,06	0,6
Sasavy	<i>Boscia tenuifolia</i>	Brassicaceae	2,7	5,8	1,0	5,1	0,8	0,09	0,9
Fanony	<i>Salvadora angustifolia</i>	Salvadoraceae	2,6	8,4	1,5	5,8	0,9	0,03	0,2
Lampana	<i>Ehretia decaryi</i>	Boraginaceae	2,6	9,1	1,6	5,2	0,8	0,04	0,2
Hatakatake			2,5	8,4	1,5	4,9	0,8	0,04	0,3
Halimboro	<i>Albizia androyensis</i>	Mimosaceae	2,0	6,5	1,1	4,2	0,7	0,04	0,2
Farafatse	<i>Givotia madagascariensis</i>	Euphorbiaceae	2,0	5,8	1,0	3,5	0,5	0,04	0,4
Kily	<i>Tamarindus indica</i>	Leguminosae	1,8	5,2	0,9				

5.4. Cartes de la densité des arbres, biomasse et stock de carbone

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Amadou Ranirison, Daniel Plugge, Michael Köhl

Nous avons utilisé des données de télédétection en combinaison avec les données de l'approche de biomasse et transect (voir sous-chapitre 5.1) pour créer des cartes spatialement explicites des paramètres forestiers. Ces cartes peuvent être un outil important pour la gestion du paysage, la planification de la conservation, la modélisation de l'occupation des sols, et les estimations de biomasse et carbone au niveau du paysage.

Méthodes

Pour chacune des 162 plots de l'approche de biomasse et 126 plots de l'approche de transect, nous avons calculé le nombre d'arbres (n/ha), la surface terrière (m²/ha) et la biomasse (t/ha) ont également été calculées. Nous avons ensuite créé des modèles de forêts d'arbres décisionnels (« Random Forest ») avec les trois paramètres forestiers comme variables dépendantes et les valeurs de gris des bandes de raster d'une scène Landsat 8 (acquise en Avril 2013) et d'une scène SPOT 5 (acquise en Mars 2008) comme variables prédictives. Par la suite, nous avons utilisé ces modèles pour créer les cartes des forêts.

Résultats et discussions

La figure 5.10 montre la carte du nombre d'arbres (n/ha) pour une partie du parc national et une partie de la transhumance. Bien que les cartes de paramètres forestiers concordent avec nos observations sur le terrain, une première évaluation du modèle a indiqué que le lien entre les données terrestres et télédétection est relativement faible avec seulement 33% de la variance expliquée. La faible corrélation entre les données terrestres et télédétection peut être expliquée par trois facteurs caractéristiques des forêts dans notre zone d'étude :

1. Le couvert arboré est faible et le signal de télédétection du sol est relativement fort par rapport au signal de la végétation.
2. Il y a une hétérogénéité spatiale élevée à une très petite échelle et est enregistrée par nos données terrestres, mais pas nécessairement par la télédétection.
3. La corrélation entre les volumes de la couronne et la biomasse des arbres individuels est très faible dans notre zone d'étude. Cela est principalement dû au fait que les espèces à pachycaules ont souvent de très petites couronnes par rapport au très gros volume du tronc.

Conclusion

Nous devons d'abord effectuer des évaluations de modèles complètes avant que les cartes puissent être utilisées pour la gestion et conservation.

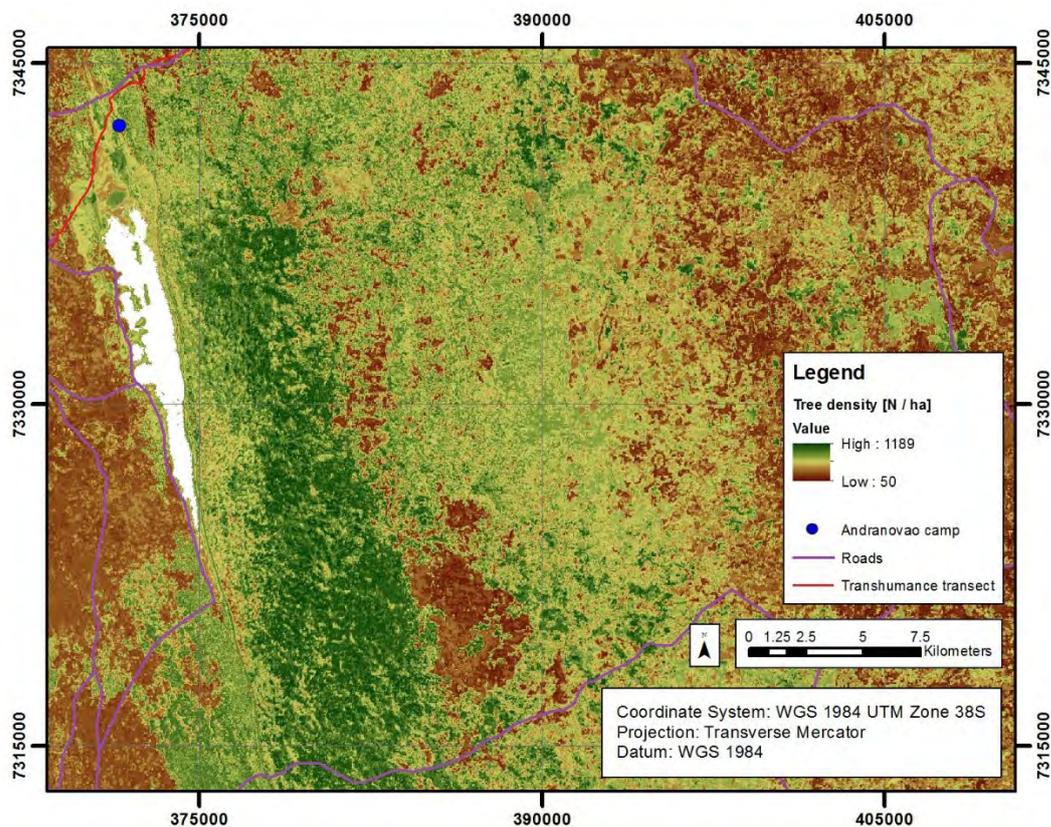


FIGURE 5.10.: Carte de la densité des arbres (N/ha) créée à l'aide du « Random Forest models ».

5.5. Évaluation des modifications de la couverture végétale le long de la transhumance

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Amadou Ranirison, Edmond Roger, Daniel Plugge, Michael Köhl

Pour évaluer l'effet de la transhumance sur la forêt naturelle, nous avons analysé l'évolution de la couverture forestière le long de la zone de transhumance entre 1989 et 2014.

Méthodes

Pour trois images Landsat (dates : 30 Juin 1989, 6 Mai 2001 et 12 Juillet 2014), une classification supervisée par maximum de vraisemblance a été effectuée pour la zone autour de la transhumance (taille de la zone de tampon = 1,5 km dans chaque direction). Les classes ont été définies comme (i) forêt intacte, (ii) forêt dégradée, (iii) terres agricoles et (iv) autres. Les zones échantillons ont été sélectionnés dans Google Earth en utilisant nos connaissances.

Résultats et discussions

La figure 5.11 montre les résultats des classifications de la couverture forestière le long du transect de transhumance pour les années 1989, 2001 et 2014.

Pendant la période de 1989 et 2014, la superficie des forêts intactes a diminué de 121,9 km² en 1989 à 82,4 km² en 2014. En même temps, les terres agricoles ont augmenté de 13,3 km² à 29,2 km² et la forêt dégradée est passée de 48,5 km² à 71,7 km².

Conclusion

Les cartes des classifications de la couverture forestière indiquent que la plus grande partie de la déforestation et de la dégradation des forêts a eu lieu dans la section est de la zone de transhumance, qui est située à l'extérieur du Parc National Tsimanampesotse. Il semblerait que la forte diminution de la forêt intacte est une conséquence directe de l'expansion de l'agriculture. Par contre, la superficie des forêts intactes dans la section au milieu de la transhumance est restée relativement stable entre 2008 et 2014.

5.6. Charbon de bois

Tahiry Ranaivoson, Katja Brinkmann, Bakolimalala Rakouth, Andreas Buerkert

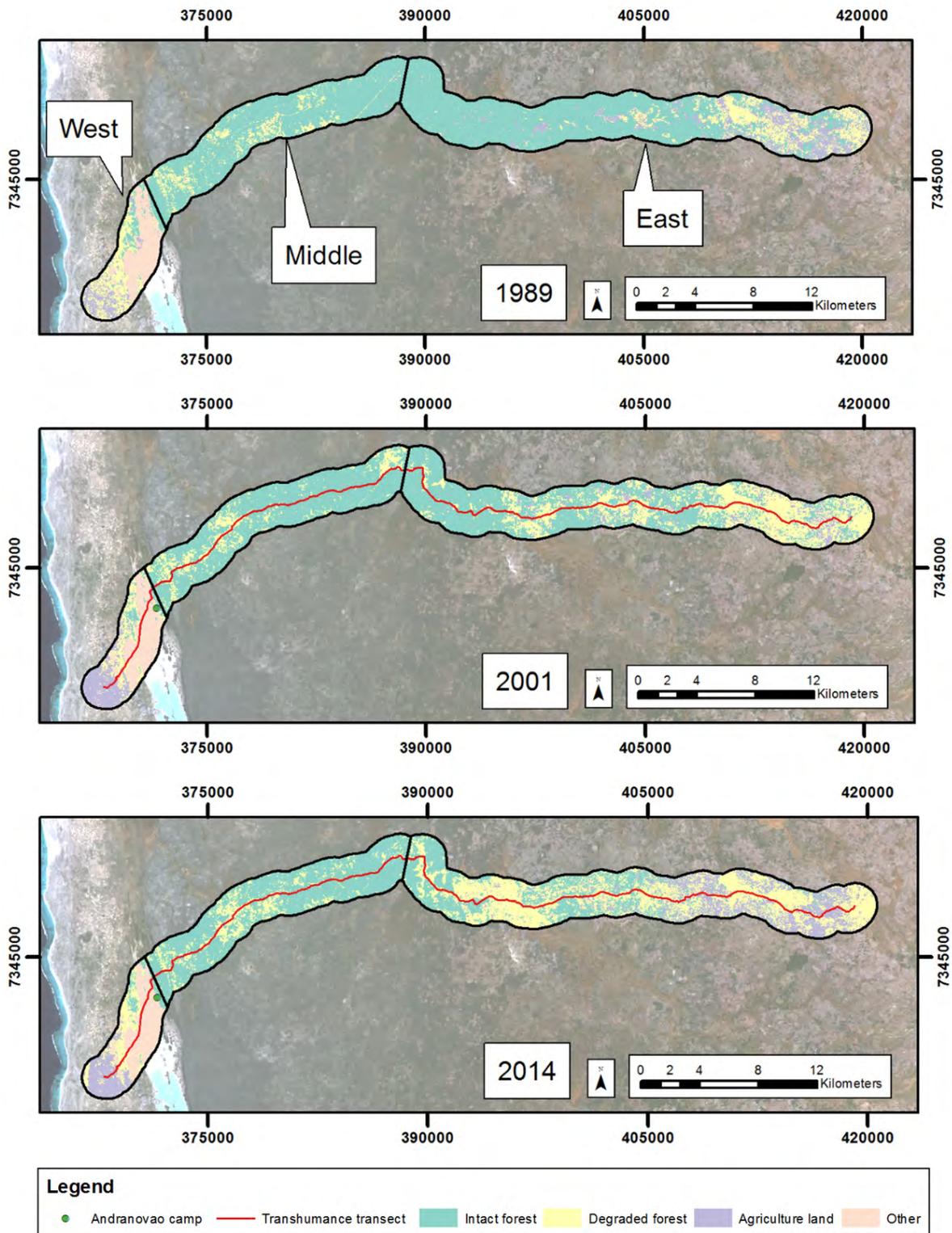
Le sous groupe « charbon de bois » étudie l'importance de l'activité charbonnière dans la vie de la population locale, les pratiques locale pour la production de charbon de bois, l'élaboration d'équation allométrique permettant d'estimer la biomasse en bois (RANAIVOSON et RAKOUTH 2013), l'effet de cette activité sur les ressources forestières et enfin la recherche de solution pour réduire la pression notamment sur la population restante de tamarinier (*Tamarindus indica* L.). Même si le tamarinier est une espèce à usages multiples, considéré même comme arbre « sacré » (*faly*) sur le Plateau Mahafaly, elle constitue l'une des espèces les plus utilisées pour la production de charbon de bois conduisant à la surexploitation de la population de tamarinier.

Méthodes

Des enquêtes semi structurées au près des ménages ont été réalisées pour évaluer l'intensité de la production de charbon de bois, pour décrire les techniques adoptées et pour connaître l'importance de cette activité dans la vie quotidienne de la population. Pour les espèces les plus utilisées en charbonnage (*Acacia bellula*, *Acacia ro-vumae*, *Albizia bernieri*, *Tamarindus indica* et *Cedrelopsis grevei*), des travaux d'inventaires ont été faits pour établir des équations allométriques permettant d'estimer la biomasse en bois. Pour le cas du tamarinier, la distribution, l'évolution de la biomasse et le rôle de la considération traditionnelle « sacrée » dans la préservation de l'espèce ont été déterminés. Ces informations permettront d'identifier les opportunités et les contraintes pour la conservation du tamarinier et d'une gestion appropriées des terres. Les enquêtes semi structurées (N=63) ont été réalisées au niveau de 10 villages de la zone d'étude et ont permis l'obtention d'informations sur les utilisations locales du tamarinier. Durant les descentes sur le terrain, le diamètre à hauteur de poitrine (DBH), la hauteur totale, le volume du bois et la biomasse ont été mesurés sur les arbres déjà abattus pour la production de charbon de bois. En outre, 318 tamariniers ont été inventoriés avec le DBH, la hauteur et la localisation géographique. Avec les données satellitaires à haute résolution datant de 2004/2005 et de 2012, la surface de la couronne de tous les tamariniers au niveau de 6 villages ont été identifiés et digitalisés. Des équations allométriques ont été établies pour estimer la biomasse à partir du DBH, de la surface de la couronne et du volume du bois.

Résultats

La production de charbon de bois joue un rôle important comme source de revenu pour la population locale, particulièrement pendant la période de soudure et pour les villages proches des routes de la mer. Environ 95% de la production en charbon de bois est destinée à satisfaire les besoins de la ville de Tuléar. Or, les producteurs



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 38S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984

FIGURE 5.11.: Cartes classifiées de 1989, 2001 et 2014.

vendent le charbon avec un prix très bas, avec seulement 10 à 20% des prix du marché à Tuléar. La technique de production locale de charbon de bois est de nature traditionnelle, avec un rendement assez élevé variant de 12 à 35% (transformation de biomasse en charbon). L'intensité de production de charbon de bois varie en fonction des villages, avec une production élevée au niveau du village d'Antanatsoa.

Le tamarinier est surtout utilisé comme complément alimentaire, mais également pour les cérémonies traditionnelles, la production de charbon de bois et pour des fins médicales. La densité de l'arbre varie significativement entre les habitats (figure 5.12). La densité est élevée dans la savane (0.4–0.6 arbre ha^{-1}) et les fourrés (0.2–0.5 arbre ha^{-1}) au niveau de la zone du Plateau et dans les champs de culture (0.15–0.17 arbre ha^{-1}) pour le cas de la zone littorale. Dans les deux zones, la densité de tamarinier au niveau des champs de culture n'a guère changé suivant les années. La perte de tamarinier entre 2004 à 2012 a principalement eu lieu à une distance < 1 km du village. L'analyse de régression montre des coefficients de détermination élevés entre DBH et la biomasse ($r^2 = 0.98$),

DBH et surface de la couronne ($r^2 = 0.72$) et surface de la couronne et la biomasse ($r^2 = 0.71$). Entre 2004/2005 à 2012, la perte de biomasse de 12 à 90% est attribuée à la production de charbon de bois ainsi que de la culture sur brûlis. La perte est importante pour le village d'Antanatsoa, modérée pour Efoetsy, Marofijery et Andremba. Par contre, la biomasse s'est augmentée pour le village de Miarintsoa.

Le statut traditionnel « sacré » du tamarinier est apparemment insuffisant pour assurer la conservation de l'espèce au niveau du Plateau Mahafaly (RANAIVOSON et al. 2015).

Conclusion

Les croyances traditionnelles qui sont fondamentale pour la conservation des arbres sacrés semblent être érodées progressivement. La population locale a tendance à nier des règles sur le tabou pour pouvoir abattre le tamarinier pour la production de charbon de bois et la culture sur brûlis. Il en résulte une diminution de la densité et de la biomasse en bois. Une production intensive et continue de charbon de bois menace la population de tamarinier

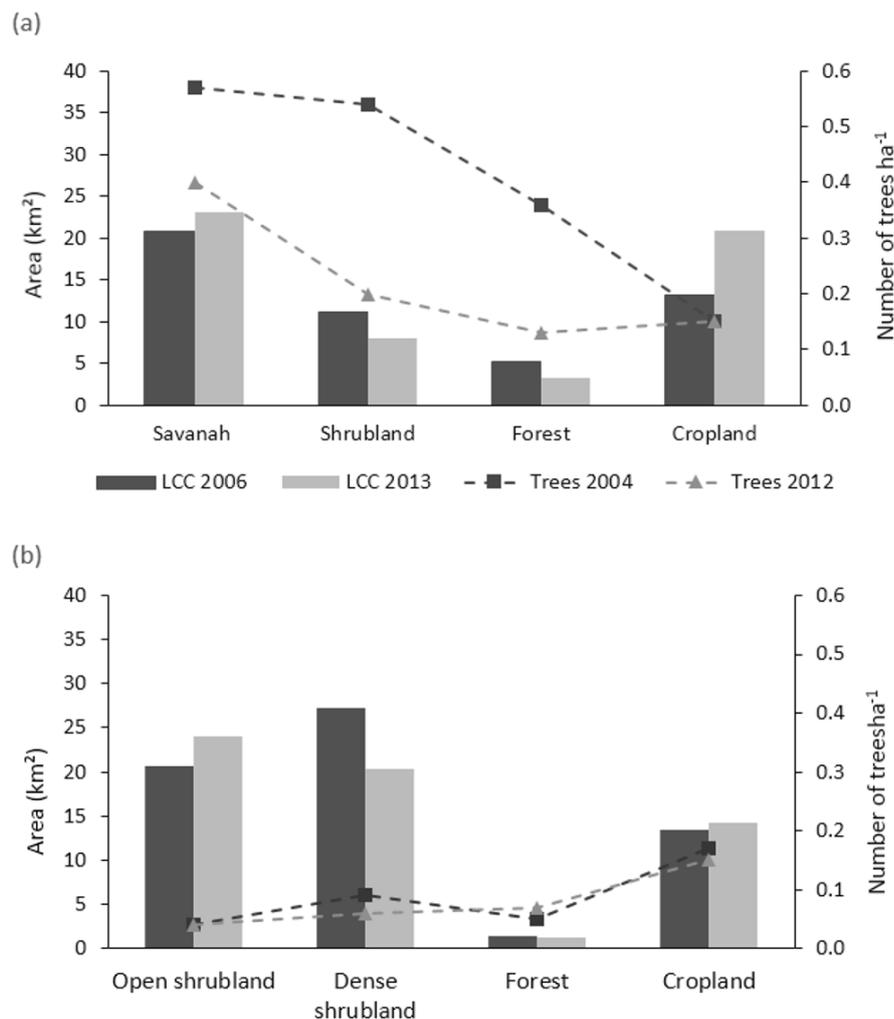


FIGURE 5.12.: Distribution des tamariniers (arbre ha^{-1}) dans les classes d'occupation des sols sur la zone du Plateau (a) et sur la zone littorale du sud ouest de Madagascar. Les données des classes d'occupation des sols sont simplifiées d'après BRINKMANN et al. (2014). Source : RANAIVOSON et al. (2015).

TABLEAU 5.6.: Evolution de la biomasse en bois de tamarinier sur la Plateau Mahafaly, SO Madagascar (RANAIVOSON et al. 2015).

Zone	Village	Superficie (ha)	An	Biomasse (t ha ⁻¹)	Biomasse (t)	Changements (%)
Plateau	Antanantsoa	1621	2005	6.40	10 373,7	-89.70
			2012	0.66	1069,0	
	Andremba	1689	2004	3.71	6267,2	-12.20
			2012	3.26	5502,6	
	Miarintsoa	1713	2004	2.85	4889,5	4.58
			2012	2.98	5113,4	
Littoral	Efoetsy	2066	2004	0.71	1462,7	-12.42
			2012	0.62	1281,0	
	Marofijery	2002	2004	0.60	1198,4	-19.43
			2012	0.48	965,6	
	Ankilibory	1919	2004	0.68	1297,8	-19.69
			2012	0.54	1042,3	

dans la savane, forêt et fourré du sud ouest de Madagascar. Pour assurer la conservation des ressources génétiques de tamarinier dans cette zone d'étude, nous recommandons la plantation de tamarinier, ainsi que la valorisation générale du tamarinier en renforçant sa contribution à l'alimentation de la population à travers la promotion de mode de transformation plus élaborées et la commercialisation des produits locaux. Pour la production de charbon, l'utilisation d'autres espèces abondantes ayant une croissance rapide (comme *Acacia bellula* pour la zone littorale et *Albizia polyphylla* pour la zone du plateau) est recommandée, dans le but de réduire la pression sur la population de tamarinier. De plus, la reforestation avec les espèces déjà utilisées et à croissance rapide, l'élaboration de quotas et l'utilisation de méthode carbonisation améliorée (comme celle adoptée par CIRAD : caramcodec) sont aussi recommandées.

5.7. Perspectives d'avenir pour la gestion durable des forêts

Daniel Kübler, Konstantin Olschofsky, Amadou Ranirison, Daniel Plugge, Michael Köhl

Les résultats de notre groupe de travail vont contribuer au processus de modélisation de l'utilisation des terres « SEALM » de SuLaMa (voir chapitre 9). En outre, un simulateur de l'utilisation des forêts dénommé « DRYFOMA » (DRY FOrest MAnager) est actuellement en train d'être développé. Ce simulateur permettra d'évaluer les effets à long terme des différents scénarios d'utilisation des forêts, dont les plantations d'enrichissement et le reboisement, sur les indicateurs socio-économiques (comme la disponibilité du bois de feu et de construction) et écologiques (comme les stocks de biomasse, la régénération de la forêt et la fragmentation du paysage).

Conservation du Parc National Tsimanampesotse

Nos résultats soulignent le caractère unique de l'écosystème forestier dans notre zone d'étude et la nécessité de continuer les efforts pour le protéger. La zone du Parc National Tsimanampesotse a pour la plupart été jusqu'à présent exclu de l'expansion agricole. Les stocks de biomasse et de carbone sont plus élevés dans la forêt à l'intérieur que dans celle en dehors de la zone du parc. Cependant, au cours des dernières décennies, un « front de déforestation » s'est rapproché à la limite est du parc national. Si la tendance de la déforestation se poursuit, les zones du parc national seront, à l'avenir, à risque.

Potentiel pour la gestion durable des forêts

Le principe le plus important de la GDF est de n'utiliser que les ressources forestières qui seront naturellement remplacées par l'écosystème forestier. A cet égard, la combinaison du stock et du taux de croissance faible des espèces non pachycaules a pour conséquence un bas potentiel pour la récolte durable des ressources en bois. En outre, dans la zone d'étude, la conversion des forêts naturelles en terres agricoles (voir chapitre 9) diminue les ressources forestières disponibles. Sans l'amélioration des stocks et des taux de croissance à travers des activités sylvicoles, ces facteurs entravent l'implémentation des plans de la GDF qui contribuent à la fois à la conservation à long terme de l'écosystème forestier et à l'approvisionnement en bois et en produits forestiers non ligneux pour la population locale. Des approches sylvicoles prometteuses comprennent l'aménagement forestier à gestion communautaire, la restauration des forêts et le reboisement des terres agricoles abandonnées. Cependant, avant de pouvoir mettre ces approches en œuvre sur une plus grande échelle, il est nécessaire d'effectuer des recherches plus ciblées basées sur les résultats présentés dans ce document

Chapitre 6.

Intégration de la conservation de la biodiversité et utilisation humaine des terres

La faune et flore endémiques du sud-ouest de Madagascar sont extraordinairement riches mais menacées par la destruction de la forêt (BRINKMANN et al. 2014). Les aires protégées seules sont peu susceptibles de conserver les espèces endémiques parce que même les grandes aires protégées (comme le Parc National Tsimanampesotse) sont probablement trop petites pour le maintien des populations viables, surtout depuis que l'érosion de la biodiversité à l'extérieur des zones protégées a aussi des impacts négatifs à l'intérieur de ces dernières (LAURANCE et al. 2012). De plus, même sans perturbation humaine, ces aires protégées sont sujettes aux changements environnementaux. Puisque les zones protégées sont devenues des îles dans une matrice anthropogénique, les plantes et les animaux ne peuvent pas se réfugier vers des zones plus favorables en dehors de celles-ci. Afin de maintenir la biodiversité unique dans son ensemble, la conservation de la biodiversité doit être intégrée dans la matrice anthropogénique. Cette intégration ne fonctionnera que si les processus des écosystèmes associés sont maintenus, lesquels sont également une valeur à la population humaine.

Nos objectifs dans ce contexte étaient :

- définir les habitats et caractéristiques environnementaux dont requièrent la flore et faune endémiques ;
- trouver des options pour l'intégration de la conservation de la biodiversité dans les paysages autres que les zones protégées ;
- fournir des méthodes rentables sur le suivi des composants de la biodiversité.

Les priorités listées par Madagascar National Parks (MNP) sont les écosystèmes des forêts épineuses, les tortues radiées (ainsi que les espèces phares) et le Lac Tsimanampesotse. Les composants importants de l'écosystème des forêts épineuses comme définis par MNP (2013) sont les communautés d'oiseaux et de reptiles, endémiques locales, comme le carnivore *Galidictis grandidieri*, le poisson aveugle cavernicole *Typhleotris* spp. et les lémurien. L'intégration de la conservation de la biodiversité ainsi que l'utilisation humaine des terres nécessitent une compréhension des impacts des activités humaines sur les composants prioritaires telles que définies par MNP. Finalement, en vue des transmissions croissantes des maladies des animaux autochtones aux humains ainsi que leurs bétails et vice versa, la croissance des interfaces entre les activités humaines et biodiversité naturelle nécessitent une évaluation des problèmes de santé de l'écosystème, comme les parasites.

Nos études spécifiques étaient :

- Les plantes et leurs phénologies comme indicateurs des changements climatiques ;
- Les espèces phares pour la biodiversité du sud-ouest ;
- Les effets de l'utilisation des terres sur les diversités animales : Les reptiles et oiseaux sont les vertébrés dominants ;
- Les effets de l'utilisation des terres sur les invertébrés ;
- La santé de l'écosystème comme effet de la dégradation de l'habitat sur le parasitisme et le rôle de animaux natifs et introduits (rats, souris, tiques, tortues, lémurien) comme hôtes pour les maladies (virus, bactéries) pour lesquels les animaux sauvages servent de réservoirs desquels les maladies peuvent être transmises aux populations humaines et leurs bétails.
- Le renforcement des capacités pour la surveillance de la biodiversité et la surveillance communautaire

6.1. Réactions des plantes comme indicateurs de changements environnementaux

Yedidya R. Ratovonamana, Charlotte Rajeriarison, Roger Edmond

Dans le cadre des objectifs sur le suivi de la biodiversité, nous avons mesuré la phénologie des plantes comme une composante pour surveiller les effets du changement climatique sur l'écosystème de la forêt épineuse. Pour ce, nous avons installé des plots de phénologie sur 5 m × 200 m, deux dans chaque type de végétation (forêt sèche sur sol sableux, fourrée xérophytique sur sol calcaire et forêt sèche sur sol ferrugineux). Au total, 1337 plantes ligneuses pour 111 espèces étaient suivies deux fois par semaine.

Les plantes répondent aux changements climatiques par des variations sur les débuts des phénophases spécifiques (jeunes feuilles, floraisons et fructification ; figure 6.1). Ces changements sont marqués lors des comparaisons entre les sites sous différentes conditions climatiques. Dans le cadre temporel de l'étude, aucun changement ne peut être attendu, mais les données sont importantes pour des futures analyses sur les effets des changements de climat sur la flore (telles sont les analyses des « jardins phénologiques » en Europe et dans le monde). Les données phénologiques de 2007 à 2015 sont disponibles (RATOVONAMANA et al. (2011), RATOVONAMANA non publié).

Conclusion

Particulièrement, pour la détection des impacts à long terme des changements environnementaux qui pourraient résulter des changements climatiques ou des réactions tardives face à la modification de l'habitat, le suivi standard peut fournir de précieuses informations sur l'état des populations des espèces phares et leurs tendances. Nous recommandons ainsi la continuation des activités de suivi standard afin d'actualiser les données de base existantes.

6.2. Espèces phares pour la biodiversité du Sud-ouest

Jutta Hammer, Théodore Manjoazy, Matthias Marquard, Sylwia Marzec, Roma Randrianavelona, S. Jacques Rakotondranary, Jean Robertin Rasoloariniaina, Juliana Rasoma, Yedidya R. Ratovonamana, William Ronto, Daniel Rakotondravony, Noromalala Raminosoa Rasoamampionona, Achille Raselimanana, Hanta Razafindraibe, H. Julie Razafimanahaka, Jörg Ganzhorn

Dans le cadre des objectifs sur le suivi de la biodiversité et l'étude de l'habitat, ainsi que celle des caractéristiques environnementales requises par les faunes endémiques, nous avons compilé les données de référence disponibles, et initié des suivis à long terme des espèces phares pour l'écosystème de la forêt épineuse. La technique de suivi standard consiste à établir des transects pour les tortues,

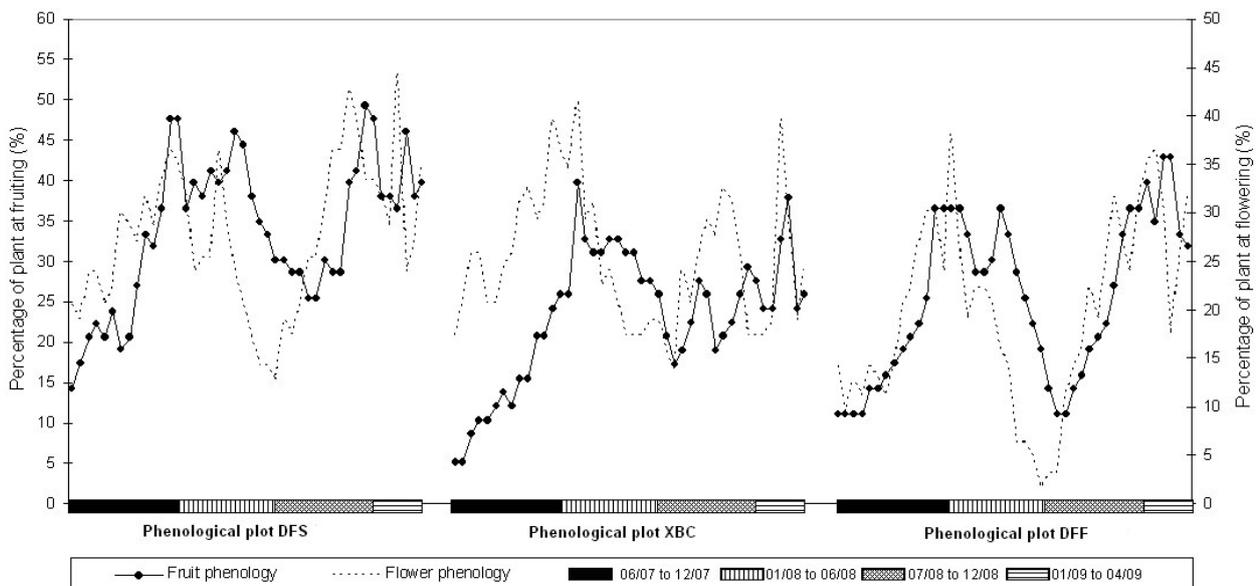


FIGURE 6.1.: Pourcentage des espèces de plantes en fructification de Juin 2007 à Mars 2009 dans les trois types de végétations du Parc National Tsimanampesotse : forêt sèche sur sol sableux (DFS), fourrée xérophytique sur sol calcaire (XBC) et forêt sèche sur sol ferrugineux (DFF). (Source : RATOVONAMANA et al. 2011).

et utiliser la méthode de marquage-recapture pour les mammifères. Les poissons ont été occasionnellement capturés à l'aide d'une épuisette.

Astrochelys radiata – La tortue radiée

Plusieurs échantillonnages de population de tortue radiée ont été menés dans différentes parties de la région, y compris un suivi à long terme de l'espèce à Andranovao dans la partie Nord-ouest du Parc National de Tsimanampesotse (figure 6.2; RASOMA et al. 2010). La densité de la population de tortue radiée varie considérablement entre les sites, et cette différence semble être influencée surtout par le braconnage plutôt que par les réponses de l'espèce vis-à-vis de la variation d'habitat. Les résultats d'échantillonnage indiquent une augmentation constante de la densité, d'environ 50 en 2006 à 200 individus par km² en 2012, autour du campement d'Andranovao. Cette croissance est due probablement à la présence permanente des chercheurs dans ce lieu (HAMMER et RAMILJAONA 2009; RASOMA et al. 2010; MARZEC 2013).

Le braconnage constitue la principale menace pour l'*A. radiata*. Les tortues sont consommées localement, et constituent également une importante source de revenus une fois vendues sur le marché régional ou international. Les avantages socio-économiques de la collecte et le commerce des tortues pour les populations locales et la commercialisation de la biodiversité ont été explorés. Certes, il n'est pas encore clair, quelle proportion des tortues braconnées est vendue localement, et quelle quantité est envoyée sur le marché des animaux de compagnie. Cependant, compte tenu d'un prix de 3 à 8 euros par animal, le revenu est considérable, même si les tortues

sont uniquement vendues au niveau local. En collaboration avec SuLaMa, l'ONG « Madagasikara Voakajy » a évalué le niveau de consommation de viandes des tortues à Tuléar, en effectuant des comptages de carapaces vides dans plusieurs décharges publiques de la ville. 1913 carapaces vides de tortues radiées ont été recensées entre Juin 2010 et Janvier 2014, uniquement dans les sites de suivi à Tuléar. Il y avait une nette variation spatiale et temporelle, avec des pics de consommation situés entre Mai-Juin et Octobre-Décembre. 93% des carapaces enregistrés ont été observés sur une seule décharge d'ordures, située près de la plage du débarquement des pirogues de pêche artisanale (MANJOAZY et al. soumis).

Afin de créer une source de revenu aux communautés locales, nous avons développé une approche conceptuelle tirant profit du commerce international de l'espèce (GANZHORN et al. 2015). En collaboration avec TRAFFIC, l'organisation internationale qui travaille sur la limitation du commerce illégal des espèces en voie de disparition, nous avons évalué l'ampleur du commerce international de la tortue radiée en fonction du nombre des individus confisqués (SCHWARZ et al. accepted).

Galidictis grandidieri – Le Vontsira de Grandidier

Galidictis grandidieri est une espèce clé pour la conservation, selon le plan d'action du MNP. Le Vontsira est un carnivore endémique local, et sa distribution est limitée uniquement dans le Parc National de Tsimanampesotse. Nous avons lancé des programmes de piégeage standard depuis 2006 (MARQUARD et al. (2011), RATOvonamana et al., non publié; figure 6.3), et réalisé une étude sur la génétique de population de l'espèce (SOMMER et al.

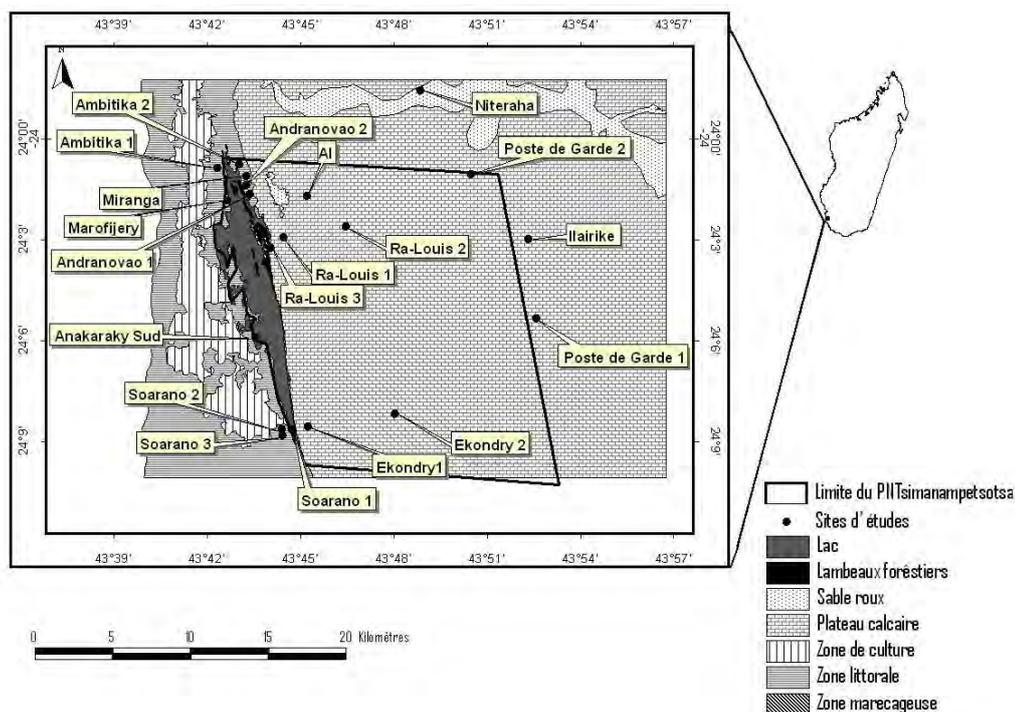


FIGURE 6.2.: Sites de suivi de la tortue radiée (Source : RASOMA et al. 2010).

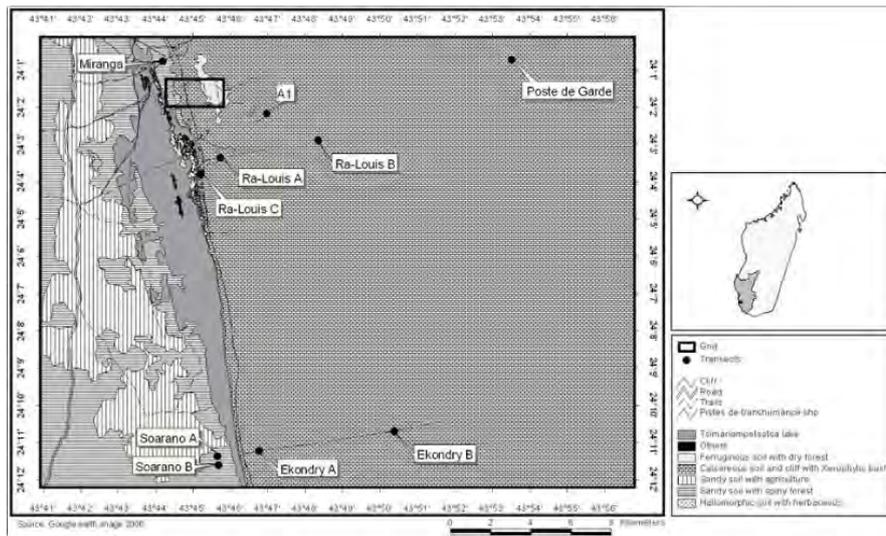


FIGURE 6.3.: Sites de suivi de *Galidictis grandidieri* (from MARQUARD et al. 2011).

non publié). Les populations sauvages étudiées jusqu'à présent semblent être en bonne condition.

***Typhleotris madagascariensis* et *T. mararybe* – Les poissons cavernicoles aveugles**

Il y a deux espèces de poissons cavernicoles aveugles habitant le Parc National de Tsimanampesotse. La distribution de ces deux espèces ne présentait aucune relation avec les conditions physiques de l'eau. Alors que *T. madagascariensis* existe dans les plans d'eau au Nord et au Sud, il semble y avoir une barrière de répartition pour *T. mararybe*, qui existe seulement dans la partie Sud du parc national (RASOLOARINIAINA et al. non publié ; figure 6.4).

***Microcebus griseorufus* - Le microcèbe gris-roux**

Microcebus spp. présentent un intérêt particulier du point de vue évolutif, comme attraction touristique en tant qu'espèce de lémurien nocturne facilement repérable, et d'une perspective biomédicale, comme un modèle de primate pour diverses maladies et éventuellement comme modèle de transmission inter-spécifique de maladies entre les primates et les non-primates. Nous avons intégré ces aspects sur le suivi à long terme de population de l'espèce dans le Parc National de Tsimanampesotse et les zones dégradées utilisées par les populations locales (RAKOTONDRANARY et al. (2010), SCHEEL et al. (in press), RAKOTONDRANARY et al. non publié).

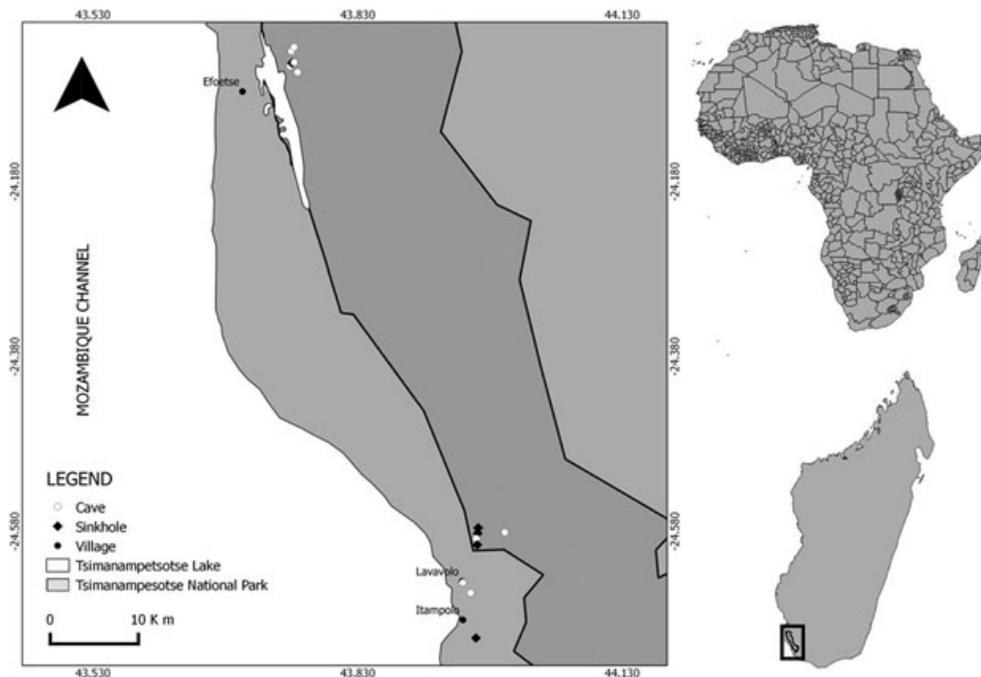


FIGURE 6.4.: Sites de suivi de *Typhleotris* spp. (RASOLOARINIAINA non publié).

Conclusion

Dans le cadre temporel de l'étude présentée, aucun changement phénologique n'a été attendu. Toutefois, les données sont importantes pour les analyses futures des effets du changement climatique sur la flore du Parc National de Tsimanampesotse et leurs environs (tels que les analyses de « jardins phénologiques » en Europe et à travers le monde). De ce fait, nous recommandons la continuation de suivi phénologique dans la région.

6.3. Effets de l'utilisation des terres sur les diversités animales

Enzo Braskamp, Balten Lauströer, Sylwia Marzec, Joachim Nopper, Lalatina Randriamiharisoa, Andriatsitohaina Ranaivojaona, Sofara Raonizafinarivo, Juliana Rasoma, William Ronto, Julie Ranivo, Daniel Rakotondravony, Marie Jeanne Raherilalao, Lucienne Wilmé, Aristide Andrianarimisa, Hajanirina Rakotomanana, Jeanne Rasamy, Jörg Ganzhorn

Beaucoup de populations de plantes et animaux souffrent de la déforestation et de la fragmentation de la forêt. Dans le cadre des objectifs sur la recherche d'options sur la façon d'intégrer la conservation de la biodiversité dans les paysages en dehors des zones protégées, nous avons utilisé les oiseaux et les reptiles comme des taxons de substitution pour évaluer les impacts de l'utilisation humaine des terres sur les écosystèmes. Les oiseaux et reptiles sont les groupes de vertébrés dominants dans la zone d'étude, intégrés dans la chaîne alimentaire à la fois comme prédateurs et proies, et peuvent jouer un rôle intégral au niveau des services écosystémiques comme le contrôle de la dispersion des graines nuisibles. Des changements au niveau de leurs diversités sont susceptibles de cascader à travers l'écosystème.

Les données proviennent d'observations standardisées de rencontre visuelle sur 121 100 m de transect ainsi que 15 plots avec, au total, 90 m de clôtures de dérive et 20 pièges à fosse pour les reptiles (les tortues y compris) et suivis standardisés des points d'écoute le long des transects pour les oiseaux.

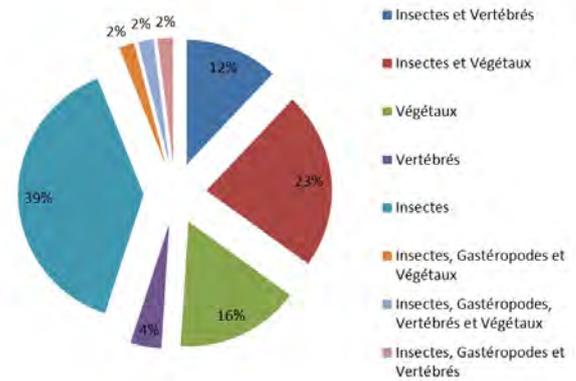


FIGURE 6.5.: Pourcentage des espèces de la communauté locale d'oiseaux appartenant aux huit guildes alimentaires dans les zones aux alentours du Parc National Tsimanampesotse (RAONIZAFINARIVO 2013).

Oiseaux

La communauté d'oiseaux dans les zones aux alentours du Parc National Tsimanampesotse consiste à huit guildes alimentaires (figure 6.5). La composition en espèces des communautés d'oiseaux varie nettement suivant les types d'habitats en relation avec l'utilisation des terres (tableau 6.1). Les oiseaux granivores sont considérés comme nuisibles aux cultures agricoles. La culture de sorgho, auparavant très répandue a manifestement été abandonnée dans la région en raison des pertes causées par les oiseaux. Il convient de voir si de nouvelles variétés de sorgho sont plus résistantes à la consommation des oiseaux.

Les observations ont révélé une pression de chasse substantielle sur des oiseaux le long du chemin de transhumance. Le nombre des espèces ainsi que les nombres des individus accroissent significativement suivant l'augmentation de la distance au chemin de transhumance (figure 6.6). Cette pression de chasse se reflète dans les compositions des communautés le long du chemin et est confirmée par les enquêtes. Les grandes espèces semblent être préférées (figure 6.7). Les oiseaux étant un des composants de la biodiversité qui intéressent les touristes internationaux, la chasse compromet le développement du tourisme.

Reptiles

Les reptiles sont un des groupes d'animaux les plus diversifiés dans le sud-ouest de Madagascar avec approxima-

TABLEAU 6.1.: Les espèces d'oiseaux les plus abondantes par type d'habitat (RAONIZAFINARIVO 2013).

Forêts non perturbées	Zone de pâturage	Champs de culture
<i>Nesilla lantzii</i>	<i>Nesilla lantzii</i>	<i>Marafra hova</i>
<i>Neomixis tenella</i>	<i>Oena capensis</i>	<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Copsychus albospectularis</i>	<i>Ploceus sakalava</i>	<i>Acridotheres tristis</i>
<i>Thamnornis chloropetoides</i>	<i>Centropus toulou</i>	<i>Cisticola cherina</i>

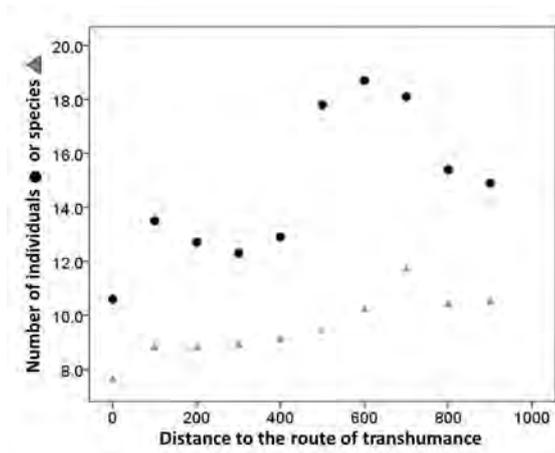


FIGURE 6.6.: Nombre des espèces et individus d’oiseaux en relation avec la distance du chemin de transhumance (RANDRIAMIHARISOA et al. 2015).

tivement 50 espèces au Parc National Tsimanampetse (tableau 6.2). La diversité taxonomique n’est pas encore complètement documentée. Il y a plusieurs espèces dont la distribution est restreinte à l’écorégion ou même localement à l’aire autour et à l’intérieur du parc national.

Nous avons étudié les effets des altérations des habitats sur la richesse en espèce et l’occurrence. La richesse globale en espèces a négativement été affectée par les humains entraînant le changement de la couverture des terres, reflétant la réduction de la forêt et de la couverture végétale. Cette relation est non linéaire. Il y a un seuil de couverture de la végétation ligneuse à environ 10–30% de la végétation restante dans le paysage après que la richesse en espèces de reptiles diminue nettement. Ainsi, un maintien de la végétation ligneuse à un certain degré stabiliserait probablement la richesse en espèces dans le paysage (NOPPER non publié). En outre, nos résultats montrent que les haies et clôtures le long des champs de cultures peuvent jouer un rôle très important pour maintenir une richesse élevée en espèces. Ils pourraient être utilisés pour relier les forêts naturelles restantes et améliorer la connectivité dans le paysage utilisé par les humains (NOPPER et al. soumis). Cependant, pour protéger entièrement les diversités spécifiques, la protection des habitats forestiers contigus reste essentielle. Quelques espèces peuvent être trouvées seulement dans les forêts et sont hautement sensibles au défrichement de celle-ci. Ce sont en particulier les espèces qui sont soit arboricoles et/ou en associées avec des bois morts (exemples : *Ebenavia maintimainty*, *Voeltzkowia lineata*, *Geckolepis typica*, *Blaesodactylus sakalava*, *Lycodyras inornatus*, *Lycodyras guentheri*, etc.).

Les espèces fouisseuses de reptiles, bien que leur biologie et écologie restent peu étudiées, peuvent jouer un rôle crucial au niveau de l’approvisionnement des services écosystémiques. Non seulement elles peuvent être des indicatrices de l’appauvrissement du système (grâce à la collecte des bois morts par exemple), mais pourraient surtout contrôler partiellement les arthropodes et vertébrés nuisibles, ainsi que jouer un rôle dans la bioturbation.

La zone d’étude présente une haute diversité faunistique en reptiles fouisseurs, avec quelques espèces étant assez abondantes sur les sites cultivés (figure 6.8). Il est donc possible qu’ils modifient les gradients géochimiques, redistribuent les ressources en nourritures, virus, bactéries, phases de repos et œufs.

Bien que les reptiles ne soient pas de simples indicateurs de la dégradation de l’habitat que nous ne l’estimons, ils montrent des propriétés remarquables. Ce qui les font des indicateurs intéressants sur l’efficacité d’un réseau planifié des écosystèmes naturels avec des corridors et des zones tampons. Les similarités d’assemblage de reptiles au niveau de l’utilisation humaine des paysages en comparaison avec d’autres sites protégés sont relativement élevées seulement quand la connectivité entre les paysages est élevée.

Il est clair que ces zones protégées sont essentielles pour une conservation à long terme de la biodiversité. Cependant, protéger uniquement ces zones ne suffira pas. Il y a un besoin additionnel d’accroître les valeurs de la biodiversité au niveau de l’utilisation humaine du paysage. Par conséquent, il est important de prévoir les réseaux appropriés que peuvent apporter les haies et les fragments de forêts (figure 6.9). Des structures hétérogènes à l’utilisation humaine du paysage peut maintenir une haute richesse spécifique en reptiles et oiseaux.

Tortues

Les résultats des études de RASOMA et al. (2013) ainsi que de RONTO et al. (soumis) indiquent que les tortues tolèrent une large variété d’habitats, incluant la dégradation de l’habitat sans changements mesurables sur la taille du domaine vital et les conditions corporelles.

L’impact de la dégradation de l’habitat sur les tortues est difficile à évaluer car les tortues rencontrées sur les habitats dégradés sont probablement capturées par les populations locales pour la consommation ou la tradition. Ainsi, les estimations de la densité des tortues ne peuvent pas d’une manière significative être comparées, probablement dans toute la région dans la mesure où l’intensité de la collecte de tortues n’est pas connue.

Les tortues n’ont pas montré de différences entre la taille du domaine vital entre les différentes formations de végétation ou dégradations de la forêt (RASOMA et al. 2013 ; RONTO et al. soumis). En outre, les conditions corporelles ne sont pas différentes pour les animaux rencontrés dans les habitats dégradés et protégés. Les tortues sont également fréquemment rencontrées dans et le long des haies à l’intérieur des paysages dominés par les humains (MARZEC 2013). Cela offre une possibilité prometteuse pour établir de formes variées de corridors et de retraites consistant à des plantes indigènes et introduites ayant des valeurs pour la population, ainsi que certaines espèces phares semblables (GÉRARD et al. 2015).

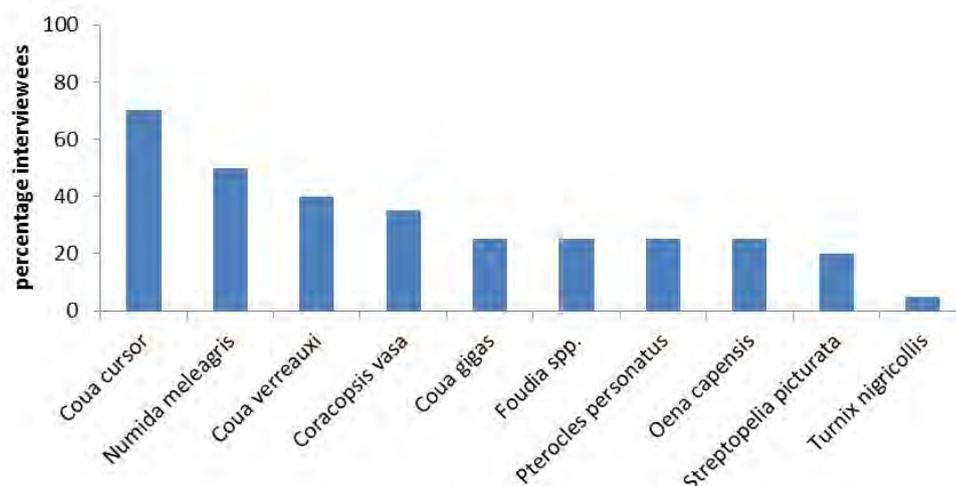


FIGURE 6.7.: Les espèces d'oiseaux chassées le long du chemin de transhumance à travers le Parc National Tsimanampesotse. Les pourcentages des interviewés ayant consommé les espèces respectives sont affichés (from RANDRIAMIHARISOA et al. 2015).

TABLEAU 6.2.: Liste des espèces de reptiles et amphibiens au Parc National Tsimanampesotse (NOPPER non publié)

Reptiles	
<i>Acrantophis dumerili</i>	<i>Mimophis mahfalensis</i>
<i>Astrochelys radiata</i>	<i>Oplurus cyclurus</i>
<i>Blaesodactylus sakalava</i>	<i>Oplurus quadrimaculatus</i>
<i>Blaesodactylus sp.</i>	<i>Paroedura androyensis</i>
<i>Chalarodon madagascariensis</i>	<i>Paroedura aff. bastardi</i>
<i>Dromicodryas bernieri</i>	<i>Paroedura maingoka</i>
<i>Ebenavia maintimainty</i>	<i>Paroedura picta</i>
<i>Furcifer major</i>	<i>Phelsuma breviceps</i>
<i>Furcifer verrucosus</i>	<i>Phelsuma mutabilis</i>
<i>Geckolepis typical</i>	<i>Pygomeles braconnieri</i>
<i>Hemidactylus mercatorius</i>	<i>Pyxis arachnoides</i>
<i>Heteroliodon occipitalis</i>	<i>Trachelytychus madagascariensis</i>
<i>Ithycyphus oursi</i>	<i>Trachylepis aureopunctata</i>
<i>Leioheterodon geayi</i>	<i>Trachylepis elegans</i>
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	<i>Trachylepis gravenhorstii</i>
<i>Liophidium cf. chabaudi</i>	<i>Trachylepis vato</i>
<i>Liophidium cf. vaillanti</i>	<i>Typhlops decorsei</i>
<i>Lycodryas guentheri</i>	<i>Typhlops sp. aff. arenarius "Ca1"</i>
<i>Lycodryas inornatus</i>	<i>Typhlops sp. aff. arenarius "Ca2"</i>
<i>Lygodactylus aff. tuberosus</i>	<i>Typhlops sp. aff. arenarius "Ca3"</i>
<i>Madagascarophis meridionalis</i>	<i>Voeltzkowia fierinensis</i>
<i>Madagascarophis ocellatus</i>	<i>Voeltzkowia lineata</i>
<i>Madascincus igneocaudatus</i>	<i>Zonosaurus laticaudatus</i>
<i>Matoatoa brevipes</i>	<i>Zonosaurus trilineatus</i>
Amphibiens	
<i>Dyscophus insularis</i>	<i>Scaphiophryne brevis</i>
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	

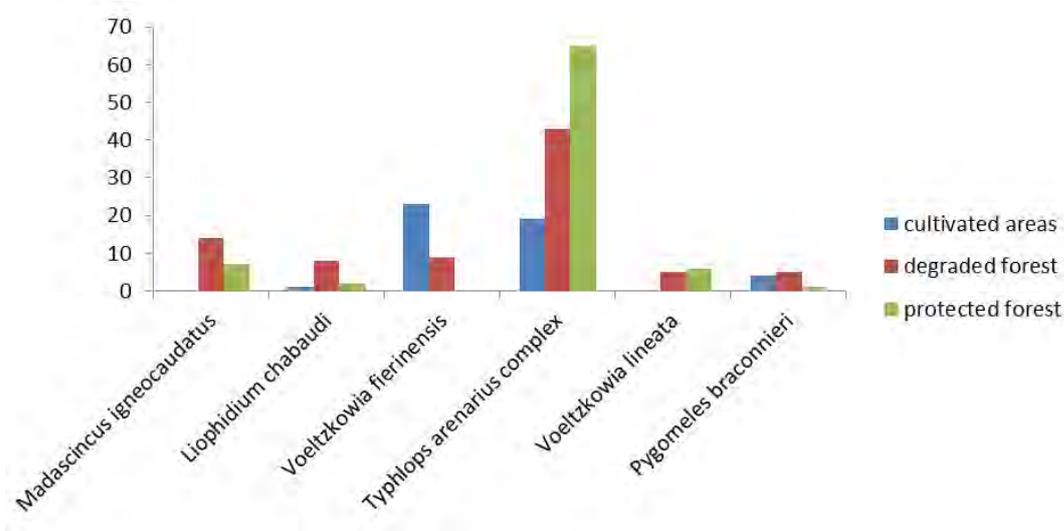


FIGURE 6.8.: Abondance en espèces fouisseuses de reptiles dans les habitats exposés à différentes formes d'utilisation humaine des terres.

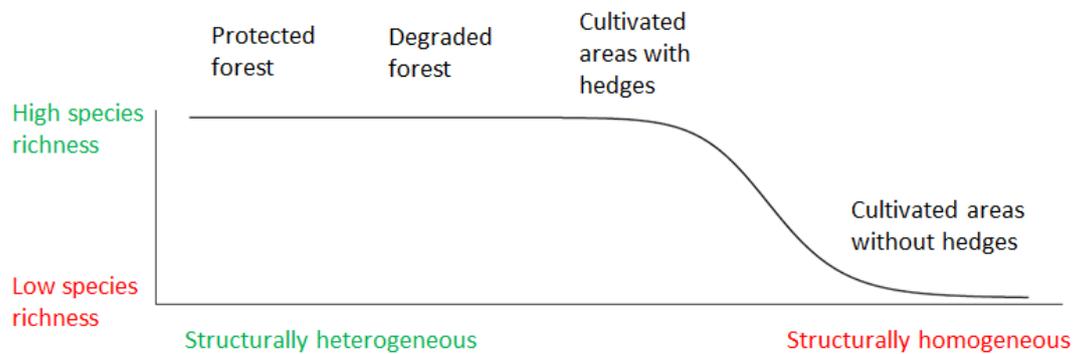


FIGURE 6.9.: Schéma montrant la relation entre la richesse spécifique en reptiles et la structure hétérogène du paysage (NOPPER et al. 2015).

Conclusion

A part la perte de la forêt, la plupart des populations de plantes et d'animaux souffrent de la fragmentation celle-ci. A présent, les systèmes agro forestiers dans lesquels la végétation en arbres vivaces est intégrée dans les zones cultivées, les zones de pâturage sont les concepts les plus prometteurs pour concilier conservation de la biodiversité, nourritures de repli durant les périodes mauvaises récoltes, et autres ESS dérivent principalement des écosystèmes forestiers. Pour ce, nous envisageons un concept qui imite « Natura 2000 » en Europe. Ceci consiste en des blocs de forêts naturelles, liés par des corridors adaptés et traversés par des paysages anthropogéniques. L'approche « Natura 2000 » est planifiée pour être implémentée sur une large zone. Notre but est d'établir un réseau des sites protégés qui seraient connectés par des corridors utilisant les forêts sacrées comme noyaux. Ce composant pour un schéma large d'implémentation est envisagé être développé dans le contexte de l'approche du paysage du WWF en collaboration avec le projet Beza Mahafaly. Diverses formes de renforcement des capacités en intégrant les populations locales et différentes universités ont été mises en œuvre.

6.4. Etudes relatives à des programmes de paiement pour des services environnementaux (PSE)

Henintsoa Randrianarison, Regina Neudert, Nonka Markova-Nenova, Jeannot Ramiamanana, Frank Wätzold

Dans l'étude présente nous avons enquêté sur plusieurs aspects de programmes de paiement pour des services environnementaux (PSE), qui sont vus comme des instruments clés pour conserver les forêts en danger (TEEB 2010). Les coûts de préservation de forêts sont pris en charge par les utilisateurs de sols locaux, mais les bénéfices d'un point de vue de conservation de biodiversité et de séquestration de carbone s'accumulent au moins dans une certaine mesure jusqu'à la communauté globale. Ainsi, les programmes de PSE fonctionnent souvent d'une manière où les fonds financés par les payeurs d'impôts ou donateurs dans les pays développés sont utilisés pour compenser les utilisateurs de sols locaux pour préserver

la forêt (ENGEL et al. 2008 ; TEEB 2010). Les paiements de compensation devraient refléter les avantages perdus que font face les utilisateurs de sols en changeant les anciennes pratiques d'utilisation des sols pour une stratégie nouvelle et plus durable. Nous avons exploré la distribution et gamme des coûts et avantages de différents types d'utilisation des sols et d'autres activités en relation avec la dégradation des forêts. Par ailleurs nous avons utilisé la situation dans la région d'étude, ce qui est typique dans beaucoup de pays en développement (familles locales très pauvres, préservation des services environnementaux de pertinence globale), pour explorer des problèmes de conception de PSE sélectionnés dans le contexte de pauvreté, à la fois du côté de la demande et du côté de l'offre des services écosystémiques (SE). Du côté de la demande de PSE, nous avons contribué au débat à savoir si des buts distributifs tel que la réduction de pauvreté devraient être inclus dans la conception de paiements. Du côté de l'offre de PSE, nous nous sommes concentrés sur l'importance de l'heure de la réception de paiements à des fournisseurs de SE potentiellement pauvres.

Méthodes

Pour évaluer les coûts et les bénéfices des usages des terres dans la région d'étude, on a effectué une revue de littérature structurée sur les coûts et les bénéfices actuels de la conservation des forêts à Madagascar.

Des calculs relatifs aux bénéfices provenant de la pratique locale des cultures sur brûlis et de la production de charbon. Cette étude est basée sur des interviews semi-structurées avec les villageois autour de ces deux activités. Les lignes directrices des interviews couvrent des questionnements relatifs aux coûts principaux, les niveaux de revenus ainsi que les localisations générales de ces activités dans le portefeuille des moyens de subsistance.

Pour analyser des aspects spécifiques de la conception des dispositifs PSE dans un contexte de pauvreté, on a mené trois enquêtes recourant à la méthode des choix discrets expérimentaux en considérant la préservation de la biodiversité endémique des forêts épineuses de la région du Plateau Mahafaly comme le service écosystémique pouvant être fourni.

Une enquête a été menée parmi la population locale de la région du Plateau Mahafaly en tant que fournisseurs potentiels de SE, tandis que deux autres parmi deux groupes d'acheteurs potentiels de SE avec des contextes économiques différentes. L'une des enquêtes a été réalisée avec un groupe d'acheteurs venant d'un pays développé, situé à Cottbus, en Allemagne. L'autre enquête quant à elle a été effectuée avec un groupe d'acheteurs venant d'un pays en voie de développement, situé à Antananarivo qui est la capitale de Madagascar.

La méthode des choix discrets expérimentaux est un outil appartenant à un ensemble plus large de méthodologie de valorisation, dénommé méthode des préférences exprimées'. Lors des enquêtes recourant à cette méthode,

on demande aux participants de choisir parmi différents scénarios hypothétiques qui se ramènent tous à un même bien environnemental, mais dont les caractéristiques ont été changées pour refléter un scénario particulier.

Dans le but de déterminer les préférences des acheteurs potentiels de SE d'avoir des objectifs de distribution comme la réduction de la pauvreté inclus dans la conception d'un dispositif PSE, on a effectué une enquête utilisant la méthode des choix discrets expérimentaux parmi 300 habitants de la ville d'Antananarivo, la capitale de Madagascar, et parmi 298 habitants de la ville de Cottbus en Allemagne. Les deux enquêtes comprenaient des questionnaires structurées ainsi que des présentations orales du sujet effectuées par les enquêteurs. On a ainsi demandé aux participants lors des expérimentations, leur consentement à faire une donation pour l'établissement d'un fonds hypothétique pour préserver les forêts épineuses du Plateau Mahafaly. On a expliqué que le fonds collecté servirait à cet effet à compenser la population locale pour leurs efforts de conservation. On a proposé à chaque participant neuf différentes cartes de choix, chacune avec trois scénarios où chacun des participants devait choisir le scénario qui lui convienne le mieux. Comme on peut le voir sur un exemple de carte de choix ci-dessous (voir figure 6.10), les alternatives A et B représentent deux différents projets de conservation qui peuvent être financés, tandis que l'alternative C représente toujours le cas où le participant peut choisir de ne financer aucun projet et où aucun fonds n'est établi. Ainsi, le participant devra considérer que tout montant de donation choisi aura des impacts sur la conservation et sur la distribution du revenu local.

Dans l'exemple ci-dessus, choisir une donation de 1000 Ar correspondrait à un scénario où 25 km² de forêts épineuses sont préservées et où les compensations monétaires provenant du fonds sont distribuées équitablement parmi les ménages locaux. Si le participant choisi de faire une donation de 1500 Ar, 50 km² de forêts seront préservées, mais la distribution des compensations monétaires lui sera inconnu.

Afin de déterminer la pertinence de prendre en compte le temps de réception des compensations monétaires dans les dispositifs PSE dans des cas où les fournisseurs de SE sont pauvres, on a mené une troisième enquête avec la méthode des choix discrets expérimentaux dont les participants étaient sélectionnés parmi la population locale de la région du Plateau Mahafaly. Pour cette enquête, on s'est particulièrement intéressé aux faits que le manque de nourriture répétitif et les événements culturels pourraient affecter les préférences des ménages locaux à recevoir un montant spécifique d'argent. On a ainsi assumé que les besoins en cash des ménages sont élevés pendant ces périodes, étant donné que le manque de nourriture doit être compensé par l'achat de nourritures additionnels, et que les événements culturels qui sont souvent obligatoires pourraient engager des dépenses supplémentaires.

On a mené des enquêtes dans 6 villages dans le Plateau Mahafaly et 3 villages dans les zones littorales, en sélectionnant des participants de différents groupes socio-économiques.

	Alternative A	Alternative B	Alternative C: Pas de donation
Étendue de forêts épineuses préservées	 25 km ²	 50 km ²	0 km ²
Distribution des compensations monétaires: qui reçoivent les compensations?	"Distribution égale"	"Distribution inconnue"	X (signifie qu'aucun fonds ne sera mis en place)
Montant de la donation (en une seule fois)	Ar 1 000	Ar 1 500	Pas de donation
Je choisis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[S'il vous plaît, cochez seulement une case]			

FIGURE 6.10.: Exemple d'une choice card utilisé a Antananarivo.

tionnant les villages où plus de 40% des ménages ayant participé à l'enquête régionale sur les ménages effectuée par SuLaMa, ont perçu leur niveau de bien-être comme étant bas, ce qu'on a assimilé à un niveau élevé de pauvreté. Étant donné que les concepts de PSE et de paiements offerts aux fournisseurs de SE en contre partie de la provision continue de SE seraient assez difficiles à introduire aux participants, on a imité ce mécanisme en utilisant un contexte hypothétique où l'on reçoit des fonds provenant de proches ayant migrés ailleurs pour les besoins de l'enquête. On a alors demandé aux participants de choisir une alternative parmi deux alternatives caractérisées par le temps où ils reçoivent l'argent ainsi que le montant de l'argent correspondant (voir figure 6.11).

Résultats

(1) Les revues de littératures effectuées sur la conservation des forêts à Madagascar ont permis de différencier les coûts et les bénéfices liés à la conservation des forêts grâce aux analyses des coûts et bénéfices internes, considérant les coûts monétaires actuels et les effets positifs sur les ménages (NEUDERT, GANZHORN et WÄTZOLD en

préparation). Il est communément admis que la conservation des forêts tropicales est généralement bénéfique économiquement, mais que la majorité des bénéfices provenant de la régulation des services écosystémiques sont accaparés par la communauté à l'échelle globale, tandis que les coûts de la conservation de ces forêts sont supportés par les communautés locales. On a pu montrer que les incitations pour conserver les forêts à l'échelle locale sont dans l'ensemble insuffisantes, en dépit de nombreuses initiatives de la part des bailleurs de fonds internationaux à Madagascar. Malgré que la plupart des pseudo-dispositifs PSE qu'on trouve dans le pays parviennent à procurer des bénéfices pour les communautés locales, i.e. amélioration de quelques infrastructures et services (SOMMERVILLE et al. 2010), beaucoup échouent à proposer concrètement des activités génératrices de revenus alternatives aux activités qui détruisent les forêts, pour les usagers actuels de ces forêts, i.e. pour abandonner les pratiques de cultures sur brûlis.

(2) L'étude des bénéfices locaux issus des activités qui détruisent les forêts (NEUDERT et al. 2013) s'est penché sur le calcul des coûts-revenus issus de l'agriculture sur

CARTE DE CHOIX 1	Safidy A	Safidy B
Volana ahazoana ny vola [Mois]	Volam-pahafolo [Décembre]	Volanaria [Février]
Habetsaky ny vola [Montant de l'argent]	50 000 Ariary 	60 000 Ariary 
Safidiko [Safidy iray ihany]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

FIGURE 6.11.: Exemple d'une choice card au Plateau Mahafaly.

brûlis ainsi que de la production de charbon, et a situé ces activités par rapport au portefeuille de revenu. Ces deux activités constituent les principales causes de la dégradation des forêts dans la région d'étude. Les analyses ont montré que le revenu par heure de travail provenant de l'agriculture sur brûlis est élevé, mais que l'activité est sujette aux risques à cause de la variabilité des précipitations. L'agriculture sur brûlis sert principalement à accumuler de larges quantités de capitaux (argent ou bétail) que les ménages sont prêts à traverser de longues distances pour trouver un terrain propice à la culture sur brûlis. Ainsi, dans la région Mahafaly, ce sont les ménages qui s'installent temporairement dans une localité qui pratiquent l'agriculture sur brûlis. D'autre part, le revenu par heure de travail issu de la production de charbon est relativement faible, mais l'activité est surtout pratiquée lors des périodes difficiles et lors des famines en tant que stratégie d'adaptation. Dans la région d'étude, les possibilités de vente du charbon sont grandement restreintes par le manque d'infrastructures et que de ce fait, les ventes de charbon surviennent généralement dans des localités faciles d'accès (i.e. près des bords de mer, à proximité de la route nationale No. 10). En particulier, la production de charbon est non profitable dans les parties centrales de la région d'étude où les coûts de transports sont élevés et la demande assez faible.

Les deux enquêtes sur l'importance des objectifs de distribution pour les acheteurs potentiels de SE (MARKOVA-NENOVA et WÄTZOLD 2014, RANDRIANARISON et WÄTZOLD en préparation) suggèrent qu'en général, la distribution des paiements sont importants pour les enquêtés et qu'ils préféreraient être informés sur les impacts distributifs du projet de conservation.

Les participants venant d'Antananarivo sont beaucoup plus sensibles aux différents impacts sur la distribution, signifiant qu'ils sont plus enclins à faire une donation pour des alternatives qui proposent des compensations monétaires élevées pour les ménages les plus pauvres, comparée à d'autres alternatives offrant une distribution égale pour chaque ménage. D'autre part, les résultats ont aussi indiqué que les choix des alternatives proposant une distribution égale se faisaient aux dépens des alternatives proposant des objectifs plus élevés en termes de forêts conservées. Par contre, les alternatives qui ne fournissaient pas d'informations sur les distributions des compensations monétaires étaient quant à elles rejetées par les participants. Les résultats des enquêtes menées à Cottbus sont similaires à ces résultats. Les enquêtés préfèrent des alternatives avec une distribution égale ou pro-pauvre comparée à d'autres alternatives où la distribution est inconnue.

L'enquête réalisée dans la région du Plateau Mahafaly (RANDRIANARISON et WÄTZOLD en préparation) a révélé dans l'ensemble que le temps de réception du fonds importe significativement pour les participants. En outre, le temps de réception a un tel effet sur les choix que les participants choisissent souvent des alternatives où le temps de réception leur est le plus approprié, même si cela implique recevoir moins d'argent comparé à l'autre

alternative. Néanmoins, les participants sont davantage concernés par le fait de recevoir de l'argent lors des périodes où la nourriture est insuffisante comparée à des périodes où des événements culturels se produisent.

Conclusion

Les résultats de la revue de littératures ainsi que les calculs des bénéfices confirment l'existence de problèmes bien connus et inhérents à la conservation des forêts à Madagascar et dans la région d'étude. D'une part, les bénéfices et donc les consentements à payer pour la régulation des services écosystémiques et de la biodiversité sont élevés au niveau global, et particulièrement chez les pays développés. D'autre part, les populations locales qui vivent dans la pauvreté entreprennent des activités nuisant les forêts avec des bénéfices monétaires moindres pour survivre et améliorer leur situation. Pour la région d'étude, on a pu générer des connaissances détaillées sur les coûts d'opportunité liés à la l'abandon des pratiques de l'agriculture sur brûlis ainsi que de la production de charbon.

Les résultats issus des enquêtes avec les choix discrets expérimentaux indiquent que concevoir un dispositif PSE dans un contexte où les fournisseurs de SE sont pauvres, nécessite la considération d'objectifs de distribution comme la réduction de la pauvreté. Ceci est particulièrement important dans des cas où le dispositif PSE doit être financé par des donations privées ou des taxes. D'autre part, ajuster le temps de réception des paiements aux périodes où les fournisseurs de SE en ont le plus besoin, pourrait leur procurer davantage de bénéfices, surtout s'ils sont pauvres, et où la disponibilité de nourritures fluctue au cours de l'année et où les opportunités d'épargne sont quasi-inexistantes.

6.5. Surveillance de la biodiversité

Yedidya R. Ratvonamana, Joachim Nopper, Jörg Ganzhorn

La surveillance de l'environnement et de la biodiversité est un une composante essentielle des fonctions de Madagascar National Parks, détaillée dans le « Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National Tsimanampesotse » en 2013. Afin d'atteindre les objectifs fixés par le plan de gestion, premièrement, la surveillance doit être standardisée et indépendante des compétences individuelles. Une surveillance efficace de l'ensemble de la zone (Parc National Tsimanampesotse et les secteurs avoisinants), cependant, est entravée par le manque de personnel de MNP ainsi que le manque d'intégration de la population locale. Deuxièmement, les réponses des plantes et des animaux aux changements et fluctuations environnementaux doivent être comprises afin de concevoir, si nécessaire, des contre-mesures.

La surveillance de la biodiversité dans les zones protégées inclut les faunes et flores des différentes formations de végétations du Parc National Tsimanampetose, complétée par plusieurs forêts sacrées du Plateau Mahafaly. Les inventaires floraux sont concentrés sur la végétation ligneuse ainsi que sa phénologie. Les inventaires faunistiques incluent les oiseaux et reptiles comme taxa les plus riches en espèces de la zone. Ces derniers ont été complétés par les inventaires des espèces phares de la zone tels que les poissons aveugles cavernicoles (*Typhleotris madagascariensis* et *T. pauliani*), le carnivore « galidie de Grandidier » (*Galidictis grandidieri*), la tortue radiée (*Astrochelys radiata*) et la tortue araignée (*Pyxis arachnoides*). Des suivis à long terme de la dynamique des populations continuent d'être mis en œuvre pour les reptiles, lémuriens (*Microcebus griseorufus*), rats noirs, espèce introduite et les interactions entre ces deux dernières.

Un suivi approfondi des composants clés sélectionnés tels que décrits par le plan de gestion élaboré par Madagascar National Parks (MNP) basée sur les données compilées au campement de recherche Andranovao devrait être poursuivie. Et selon les directives de MNP, sans coûts à celui-ci, charger une tierce partie qui étendrait ce suivi approfondi à d'autres parties de la zone.

6.6. Santé de l'écosystème

Tolona Andrianasolo, Ranja Andriantsoa, Julian Ehlers, S. Jacques Rakotondranary, Sven Poppert, Noromalala Rasoamampionona Raminosoa

Infections gastro-intestinales helminthiques des microcèbes

Les transmissions de maladies des humains aux autres vertébrés et vice versa sont devenues d'un intérêt particulier dans le contexte des maladies émergentes. Les transmissions interspécifiques semblent croissantes avec l'augmentation des contacts entre les espèces, les humains inclus. Comme la dégradation de l'environnement est souvent associée aux effets négatifs de la santé des animaux, rendant les animaux autochtones plus susceptibles aux parasites et maladies, nous avons étudié l'occurrence des parasites intestinaux chez les microcèbes.

Les résultats préliminaires indiquent que les helminthiases des microcèbes ont, dans les zones dégradées, augmenté (figure 6.12).

Tiques et tortues

Le rôle des tiques comme vecteurs des bactéries et virus pathogènes pour les animaux et humains à Madagascar ainsi que leurs interactions dans les habitats anthropogéniques, où, humains, bétails et espèces autochtones malagasy (vecteurs et hôtes) entrent en contact plus fréquent que dans l'écosystème forestier est peu connu. L'objectif

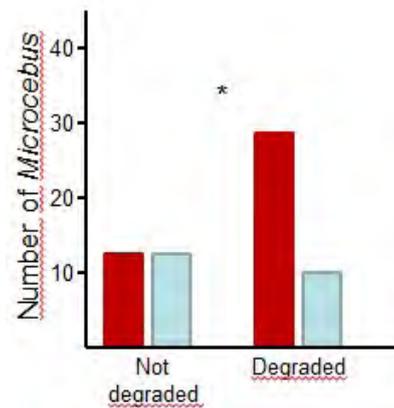


FIGURE 6.12.: Occurrence des parasites multicellulaires intestinales du *Microcebus griseorufus* en relation avec la dégradation de l'habitat. Rouge : infecté ; bleu : non infecté ; * $p < 0.05$ (ANDRIANASOLO et al. non publié).

de l'étude étaient (1) vérifier si la dégradation de l'habitat est associée à l'augmentation de l'infestation des tortues par les tiques et (2) étudier si les tiques portent le protozoaire *Babesia* ou encore les bactéries *Borellia* ou *Rickettsia* qui peuvent être pathogènes aux humains et bétails. Nous avons étudié les tiques dures de deux espèces endémiques de tortues malagasy *Astrochelys radiata* et *Pyxis arachnoides* en Mars et Avril 2013 dans le sud ouest de Madagascar. Deux habitats de tortues ont été comparés, le Parc National Tsimanampetose et le pâturage dégradé et terres agricoles adjacents à la fin de la saison des pluies. Pour les bactéries et protozoaires pathogènes, les tiques ont été examinées pour les pathogènes par la PCR en temps réel sur l'ADN isolé de tiques en utilisant des amorces spécifiques de genre. Seul un des 42 *A. radiata* collectés des deux habitats avait des tiques. La faible prévalence n'a pas permis d'autres analyses sur les effets de la dégradation de l'habitat de *A. radiata*. Quarante deux *P. arachnoides* ont été collectés dans les habitats anthropiques et 36 individus dans le parc national (figure 6.13). Les taux d'infestation des tiques

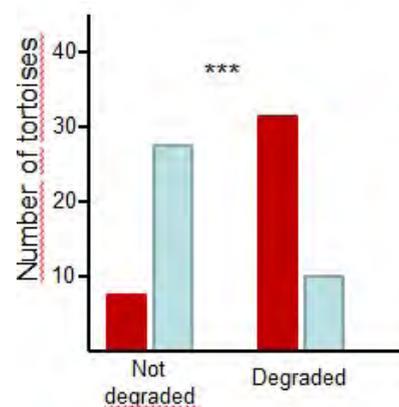


FIGURE 6.13.: Prévalence des tiques sur les tortues endémiques (*Pyxis arachnoides*) dans les zones non dégradées et dégradées ; Rouge : infecté ; bleu : non infecté ; *** $p < 0.001$ (EHLERS et al. soumis).

sur *P. arachnoides* sont significativement différents entre les deux sites d'études. Les tortues à l'intérieur du parc ont une faible prévalence en tique qu'à l'extérieur (22% versus 76%) et les animaux infestés à l'intérieur tendent à avoir moins de tiques qu'à l'extérieur du parc. Toutes les tiques étaient des adultes de la tique ixodide *Amblyomma chabaudi*, supposée être une tique spécifique à l'hôte de *P. arachnoides*. Toutes les tiques *A. chabaudi* étaient infectées par *Rickettsia africae*, connue pour être la cause de la fièvre pourprée chez les humains. Le dépistage de *Borrelia* sp. et *Babesia* sp. était négatif chez toutes les tiques. Ainsi, la dégradation de l'habitat semble liée aux hautes infestations des tortues par les tiques avec de possibles conséquences pour les humains et les bétails (EHLERS et al. soumis).

En outre, nous avons analysé des virus (la fièvre hémorragique Congo-Crimée, flavi-, orthobunya-, et phlébovirus) dans le cadre du projet DFG-SPP 1596 dirigé par Sandra Junglen (Univ. Bonn). Les prévalences des virus sur les tiques étaient de 28%. Ces analyses sont toujours en cours.

Conclusion

La dégradation de l'habitat semble être lié à une haute prévalence parasitaire avec de conséquences négatives sur la santé humaine et du bétail ainsi que sur la viabilité de la population animale.

Chapitre 7.

Moyens d'existence et sécurité alimentaire

Les modèles d'utilisation des terres de la zone d'intervention du projet dans le Sud-Ouest de Madagascar reflètent bon nombre de stratégies de subsistance incluant l'agriculture, l'élevage, l'exploitation de ressources naturelle à l'état « sauvage » comme les ressources halieutiques, des jeux, les plantes sauvages comestibles et bois. Les stratégies de subsistance ne sont, en elles-mêmes, seulement pas une expression des « dons » de l'environnement, ni des biens et services fournis par l'écosystème. Le choix d'une stratégie est aussi fonction de l'accès individuel d'un ménage aux services financiers, sociaux de base et de capitaux personnels, et aux institutions qui régissent aussi bien la vie culturelle que l'accès des ménages aux ressources naturelles.

Un système socio-écologique conséquent a des caractéristiques aussi bien dynamisant et fortement stabilisant. Malheureusement, l'insuffisance alimentaire chronique est parmi le plus stable et caractéristique de la vie qu'endure une bonne fraction de la population de la zone d'intervention du projet. Il s'agit fondamentalement d'une insuffisance de pluie et de manque d'eau qui entraînent dans un système « piégé » d'utilisation de terre à très faible niveau d'investissement et à faible rendement. Avec des aides alimentaires extérieurs et des gains, tirées des ménages pratiquant la migration temporaire et qui contribue de façon conséquente dans la structure des revenus d'un ménage, des initiatives de développement futur devrait inclure des options de moyens de subsistance non agricoles.

A l'instar de ce contexte, le présent chapitre donne les résultats de recherches sur les thèmes suivants :

- Moyens d'existence et décisions ménagères
- La faim saisonnière de SW Madagascar : un piège socio-écologique ?
- Potentialité de production de l'huile de l'*Opuntia ficus-indica* pour l'amélioration des moyens de subsistance des paysans du sud-ouest de Madagascar
- Fonction d'assurance d'élevage : la capacité d'adaptation des paysans aux sécheresses régionales au sud-ouest de Madagascar

7.1. Moyens d'existence et décisions ménagères

Regina Neudert

Les décisions d'utilisation des sols sont prises au niveau du ménage dans la région Plateau Mahafaly. Par conséquent, nous essayons de comprendre la décision de ces ménages quant à répartir les forces de travail entre l'agriculture, l'élevage et d'autres activités. Nous avons effectué une grande enquête des ménages dans la région Plateau Mahafaly et nous avons identifié six stratégies de moyens d'existence différentes. Ceci nous a permis de mieux comprendre le comportement des ménages et s'ils seront disposés à adopter des stratégies d'utilisation des sols plus durables.

Méthodes

Afin de comprendre la raison et la motivation pour le comportement et décisions des ménages d'aujourd'hui au sujet de l'utilisation du sol, et afin d'évaluer comment les mesures pour des systèmes d'agriculture plus durables peuvent affecter ce comportement, nous avons effectué une analyse économique des décisions de ménage et des caractéristiques de la maison/ferme.

En 2012 nous avons mené une enquête avec des ménages de 24 villages de la région Mahafaly. Des données de 934 maisons ont été rassemblées avec un questionnaire structuré sur la composition du ménage, sur les activités qui génèrent de l'argent et sur le bien-être général des ménages. L'enquête était basée sur une conception d'échantillonnage aléatoire en deux étapes, visant dans une première partie les villages et dans une deuxième partie les ménages. Ceci nous a permis de dériver l'estimation de la population réelle de la zone d'étude. Les données de l'enquête ont été complétées avec des données détaillées sur l'utilisation du sol et sur d'autres activités rapportant de l'argent rassemblé pendant des interviews semi-structurés.

En plus, des données au niveau des ménages, en 2013 et 2014 nous avons mené une surveillance des prix de marché des récoltes, d'autres plantes alimentaires et de bétail dans cinq marchés sur le Plateau Mahafaly. Les données ont été rassemblées toutes les deux semaines par des moniteurs locaux.

Afin de mieux comprendre les décisions des ménages et en tant qu'apport à la modélisation multi-agents des décisions ménagères, un jeu de rôle sur les moyens d'existence locaux a été conçu et réalisé en 2014 dans quatre villages d'étude à travers le projet SuLaMa (voir chapitre 2). L'analyse des résultats du jeu a complété l'analyse du comportement des décisions ménagères.

Résultats

Les résultats du questionnaire montrent que les ménages ruraux conduisent une grande variété d'activités apportant du revenu et qu'ils combinent la subsistance et le revenu en espèces pour gagner leur vie (voir aussi NEUDERT et al. 2015). L'agriculture et l'élevage de bétail jouent un rôle capital. Le bétail tient plusieurs fonctions, car c'est une source de revenu et un compte d'épargne, mais tient aussi un rôle culturel d'importance. D'autant plus, il y a une grande gamme d'autres activités basées sur l'usage de ressources naturelles (par exemple la collecte de plantes alimentaires ou produits océaniques, et la pêche) ou des activités non-agricoles (par exemple le commerce, l'artisanat et le travail salarié).

À cause de l'aridité de la région d'étude et d'autres catastrophes naturelles, tels que l'invasion de criquets et les orages, les ménages doivent souvent faire face à des mauvaises récoltes. Ainsi, des stratégies d'adaptation et de management des risques sont une préoccupation sérieuse pour beaucoup de ménages dans la région d'étude, menant ainsi à la diversification du portfolio des moyens de subsistance.

Six stratégies différentes des moyens d'existence ont pu être identifiées (voir aussi NEUDERT en préparation), qui sont décrites dans ce qui suit :

1. *Les fermiers* obtiennent une grande majorité (plus de 70%) de leur revenu ménagère de l'agriculture arable, tandis que d'autres sources de revenu jouent seulement un rôle mineur.
2. *Les éleveurs de volaille – fermiers* gagnent presque à parts égales leur revenu en gardant de la volaille et en agriculture arable, et dépendent aussi énormément de la collecte de plantes alimentaires. Les *fermiers arables* et les *éleveurs de volaille – fermiers arables* sont pauvres et dans la plupart des cas n'ont pas de bétail. Comparable fréquemment, ils collectent des plantes alimentaires. La collecte de plantes alimentaires est une stratégie d'adaptation typique quand le rendement des cultures n'est pas suffisant. Ceci indique que les ménages ont du mal à subvenir à leurs besoins primaires non seulement pendant les périodes de mauvaise récolte, mais aussi pendant les années où les cultures sont bonnes.
3. *Les éleveurs de chèvres – fermiers arables* comptent énormément sur l'élevage de chèvres, mais obtiennent à peu près un tiers de leur revenu par l'agriculture arable.
4. *Les éleveurs de zébu – fermiers arables* dépendent aussi de l'agriculture arable mais gagnent principalement leurs revenus par l'élevage de zébus. Les *éleveurs de chèvres – fermiers arables* et *éleveurs de zébus – fermiers arables* appartiennent à une part plus riche de la population de la région du Plateau Mahafaly. Le bétail peut être vendu pour satisfaire aux besoins quotidiens et peuvent être utilisés pour des raisons culturelles, par exemple pour les mariages ou les funérailles. Par ailleurs, le bétail tient une fonction importante

pour réduire les écarts de revenu lors de mauvaises récoltes.

5. *Les travailleurs non-agricoles et agricoles – fermiers arables* gagnent plus de 50% de leur revenu par des activités non-agricoles et par le travail salarié agricole, mais obtiennent aussi en moyenne 20% de leur revenu par l'agriculture arable. Une analyse plus détaillée montre que les activités non-agricoles avec un revenu potentiellement grand tel que le commerce sont principalement trouvées dans ce groupe.
6. *Les collectionneurs de produits océaniques – pêcheurs* ont un moyen de subsistance basé sur l'océan puisqu'ils puisent une part majeure de leurs revenus dans les produits océaniques et la pêche. Ils obtiennent seulement en moyenne 16% de leur revenu par l'agriculture. La stratégie de gagne-pain des groupes 5 et 6 montre une certaine spécialisation dans leurs moyens d'existence et ils gagnent des revenus moyens. L'éducation est un déterminant important si les ménages suivent la stratégie de gagne-pain 5. La stratégie 6 contient des membres du groupe ethnique *Vezo Sakalava*, qui sont connus pour baser leurs moyens d'existence sur la pêche, mais contient aussi des ménages *Tanalana*, qui utilisent fréquemment les produits océaniques. Comme ces groupes basent leurs moyens d'existence sur d'autres activités que l'agriculture arable, ils sont moins affectés par une mauvaise récolte.

L'analyse des ménages a générée de l'information riche et dense sur les moyens d'existence locaux dans la région du Plateau de Mahafaly, donnant des connaissances de fond pour la conception de projets et l'évaluation de l'impact du développement de futurs projets de conservation. Par ailleurs, la surveillance du marché a fourni des données différenciées temporellement sur les marchés locaux. Ceci a dévoilé des mécanismes et conditions sur la vente et l'achat local de récoltes et le bétail, et donc peut être un outil important pour évaluer la sécurité alimentaire dans la région du Plateau Mahafaly.

Conclusion

L'analyse des caractéristiques et décisions ménagères a dévoilé de différentes caractéristiques et fonctions des activités générant du revenu et des stratégies diverses de moyens d'existence dans la région d'étude. Notamment, les stratégies pour s'adapter aux mauvaises récoltes sont d'une préoccupation importante pour les familles, et ceux-là vont même gagner en importance à cause de la baisse de précipitation causée par le changement climatique. Un résultat inquiétant de l'enquête montre que 73% des gens âgés de 18 ans ou plus sont analphabètes, et plus de 80% n'ont pas reçu une éducation formelle, même après avoir prouvé que l'éducation est un déterminant important pour savoir si les ménages adoptent des activités non-agricoles ou pas.

Etant donné la pauvreté des ménages ruraux de la région du Plateau de Mahafaly, les activités de l'utilisation du sol (incluant les activités de dégradation de forêts) sont pour

la plupart motivés par la nécessité des familles de gagner leur vie et par la lutte immédiate à faire face aux mauvaises récoltes ou d'autres chocs. En vue de la limitation des ressources naturelles, la croissance de la population et l'impact aggravant du changement climatique, la dépendance des ménages sur les ressources naturelles doit être réduite et leur résilience pour faire face aux mauvaises récoltes doit être renforcée. Pour ce faire, l'amélioration du niveau d'éducation formelle aussi bien que la promotion active de sources de revenu non-agricoles doit être mis en place.

7.2. La faim saisonnière de SW Madagascar : un piège socio-écologique ?

Hendrik Hänke et Jan Barkmann

Comme dans d'autres régions semi-arides, la saisonnalité des précipitations tout comme des faibles précipitations constituent les facteurs limitant l'agriculture dans le Sud-ouest de Madagascar (BAYALA et al. 1998 ; MINTEN et BARRETT 2008). En outre, les sécheresses se produisent fréquemment dans la région (HANISCH et al. 2015), et ont augmenté dans les dernières décennies (USMAN et REASON 2004).

Dans le SO de Madagascar, deux pics saisonniers caractérisent la disponibilité de nourriture. Le premier pic correspond à la principale période de récolte des céréales et produits légumineuses entre avril et mai, et la seconde au moment de la récolte du manioc en juillet et août. Ces pics sont fondamentalement forcés par le régime des précipitations de saison étant donné l'absence de systèmes d'irrigation (HANISCH et al. 2015). Souvent, à partir de novembre et en particulier autour de mars et avril, avant les cultures annuelles moissons, un grand nombre de ménages souffrent de pénuries alimentaires et ne sont pas en mesure de maintenir les niveaux de consommation alimentaire de base (WÜSTEFELD 2004 ; CORAL 2014 ; WFP et FAO 2014). Cette période de soudure ou de la faim récurrente est appelée localement *Kere*.

Pourquoi les petits paysans du SO de Madagascar sont-ils apparemment piégés dans la pauvreté ? Pour répondre à cette question, l'analyse causale à partir d'un point de vue résilience socio-écologique peut répondre à cette question (FOLKE 2006 ; ENFORS 2013). Plus précisément, une analyse de la dynamique socio-écologique est développée dans le cadre du concept « Social-ecological traps (SET) » (ENFORS 2013 ; BOONSTRA et DE BOER 2014). Le concept de SET est inspiré par la théorie de la résilience et se réfère à des situations où des évaluations entre les systèmes sociaux et écologiques menant vers les états du système qui peuvent être difficile – ou même impossible d'inverser (CINNER 2011 ; ENFORS 2013), et donc « piéger » le système dans un état donné. Ce piège conduit finalement

à la fois l’approvisionnement des moyens de subsistance et à la dégradation des services écosystémiques.

SET diffère des pièges de la pauvreté dans le sens où les pièges de la pauvreté sont empiriquement déconnectés des écosystèmes et décrites comme des phénomènes sociaux exclusifs et/ou procédés (BARRETT et al. 2008 ; CENTER 2012). Toutefois, l’analyse de quel feedback entre les situations sociales et les systèmes écologiques qui les renforce est central. Notamment, l’analyse des interconnexions dans les systèmes socio-écologiques (SES) avec un accent particulier sur les variables clés du système, les boucles de feedback de causalité et les facteurs externes ont reçu beaucoup d’attention au cours des dernières années.

En outre, en utilisant l’analyse de SET dans l’agriculture des terres arides, le programme du CGIAR (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale) a synthétisé six problématiques « pièges de résilience » à partir d’un grand nombre de pays (CGIAR 2014 ; HARRINGTON et FISHER 2014), et que nous utilisons dans la présente étude comme ligne directrice.

En combinant un aperçu de la littérature sur SET et le programme du GCRAI qui donne des informations sur les données empiriques dans le SO de Madagascar, nous tentons d’identifier la trajectoire du système socio-écologique dans la recherche de ses principales variables causales, des boucles de rétroaction et des facteurs externes qui poussent le système ; afin d’étudier si les paysans locaux pourraient être piégés dans un SET. Pour cela, nous proposons ce type d’interventions qui pourrait augmenter la résilience des paysans ; diminuer leur vulnérabilité pour éviter un piège éventuel. En particulier, nous évaluons les résultats de plusieurs études empiriques qui ont été effectuées dans la région Mahafalienne dans le cadre d’un projet financé par le gouvernement allemand de recherche sur la gestion durable des terres (Sulama la période 2012–2015, à savoir CORAL 2014 ; HANISCH 2015 ; HANISCH et al. 2013 ; BRINKMANN et al. 2014 ; ANDRIAMPARANY et al. 2014 ; NEUDERT et al. 2015 ; RASOLOARINAINA et al. 2015 ; GANZHORN et al. 2001 ; MANON 2014).

Entre autres, l’interaction des précipitations saisonnières, les conditions agro-écologiques, la production agricole, la consommation des ménages et la subsistance des paysans et les stratégies d’adaptation vis à vis de la faim saisonnière sont analysées. L’analyse est basée sur la haute résolution, l’originalité de l’étude et des données d’entrevues longitudinales.

Méthodes

Étude longitudinale : Une étude longitudinale portée sur 150 ménages a été menée depuis décembre 2013 jusqu’à décembre 2014. Le choix des ménages est basé sur une étude de SuLaMa en 2012 qui a développé la classification hiérarchique des paysans suivant leur niveau de vie (NEUDERT 2013). Tous les ménages ont été subdivisés en six catégories en fonction de leurs types d’activités économiques (l’agriculture, l’élevage, l’utilisation des

ressources naturelles et des activités non agricoles). Les ménages de pêcheurs ont été négligés et une nouvelle catégorie de ménage « innovants », basée sur des enquêtes d’innovation propres en 2012 et 2013, a été ajoutée.

L’échantillonnage aléatoire stratifié a été adopté pour cette étude pour que l’échantillonnage soit représentatif

L’étude longitudinale consiste à poser les mêmes questions à plusieurs intervalles de temps, et dans le cadre de cette étude, cet intervalle de temps était bi-hebdomadaire. 73% de la population riveraine âgée plus de 18 ans sont analphabètes (NEUDERT et al. 2015). C’est pour cette raison que nous avons utilisé des pictogrammes qui ont été proposées pour surmonter les difficultés d’analphabétisme (WISEMAN et al. 2005). Ces pictogrammes étaient essentiellement des photos sous forme de tableau, et les 150 ménages qui ont rempli les pictogrammes par rapport à leurs revenus et dépenses quotidiens ont été motivés. Les paramètres étudiés comprenaient :

- a) les intrants agricoles (les outils, l’engrais, les pesticides, etc.)
- b) les cultures achetées et vendues
- c) le bétail acheté et vendu
- d) les recettes et les dépenses du main-d’œuvre à la ferme
- e) les dépenses culturelles + revenus (par exemple des zébus pour les funérailles, des sacrifices, des cadeaux, etc.)
- f) les revenus non agricoles (l’industrie, les mines, le tourisme, l’artisanat)
- g) les dépenses et revenus de la médecine et de l’éducation
- h) les dépenses et les revenus de l’alcool, des cigarettes, du café, des batteries, etc.
- i) l’argent envoyé et reçu par les membres de la famille de l’extérieur

Enquête de restitution : En plus de l’étude longitudinale, nous avons mené une enquête de restitution pour une période de 12 mois, incluant les caractéristiques socio-économiques des ménages, la migration, les ravageurs des cultures, les variances au fil du temps de l’élevage, les différentes stratégies d’adaptation tels que la ration que les paysans prennent dans différentes périodes, la collecte de nourriture sauvage et les emprunts d’argent ainsi que les aides alimentaires reçues.

Etude socio-économique et agricole : Une suivi agricole a été entreprise, qui est une méthode d'échantillonnage non probabiliste, en particulier un mélange de l'échantillonnage par quotas et de l'échantillonnage spatial a été menée. L'échantillonnage par quotas a été accompli en prenant un plus grand nombre possible de personnes au sein de l'échantillon qui ont participé dans les marchés agricoles de la région (CORAL 2014). En ce qui concerne la taille de l'échantillon, nous avons interviewé un total de 64 agriculteurs.

L'étude de la saisonnalité (CORAL 2014) est basée sur la méthodologie proposée par « M4P Making Value Chains Work Better for the Poor : une boîte à outils pour ceux qui pratiquent l'analyse des chaînes de valeur », en particulier l'outil 7 - analysant la distribution du revenu, l'étape 5 (VAN DEN BERG et al. 2006). La question répondue était : quelles sont les contraintes saisonnières de la trésorerie pour les agriculteurs ? En complément de l'auteur, les données sur les contraintes saisonnières de trésorerie ont été combinées avec les données de disponibilité saisonnière des aliments (CORAL 2014). Un tableau a été produit, en soulignant la contrainte saisonnière, le surplus de trésorerie et la disponibilité de la nourriture.

Détermination du poids des récoltes : Tous les rendements ont été transformés en poids sec en kilogrammes (kg). De nombreux agriculteurs ont de différentes parcelles sur lesquelles ils ont grandi les mêmes cultures ; donc, nous avons additionné chaque culture par agriculteur. La matière sèche de toutes les cultures a été déterminée par séchage dans un four à une température de 65 °C. En outre, les facteurs de proportion coquille semences ont été déterminées et appliquées de la même procédure pour tous les haricots, le millet et les rendements du sorghum. Environ 60% des données sur le rendement des récoltes ont été déterminées en pesant directement leur produit juste après la récolte sur le terrain. Après le passage des récoltes, les paysans ont été demandés de faire une auto-estimation de leur propre rendement avec des

unités locales. Les unités régionales sont les charrettes à zébus, des sacs de riz, des paniers et des gobelets (en métal contenant initialement 100 mL de lait). Pour les 40% des données restants sur le rendement, les agriculteurs ont été invités de nous indiquer la quantité récoltée au cours de la période de l'étude longitudinale. Ces données ont été toutes converties en kilogrammes en utilisant les facteurs de conversion moyenne pour les unités locales.

Cadre analytique : les pièges socio-écologiques et les pièges de résilience

Le défi du Programme CGIAR sur l'eau et de l'Alimentation a piloté de nouvelles approches pour accroître la résilience des systèmes socio-écologiques grâce à une meilleure gestion de l'eau pour la production alimentaire (CGIAR 2014 ; HARRINGTON et FISHER 2014). De 2002 à 2013, le programme a appuyé plus de 120 projets de recherche dans les dix plus grands bassins fluviaux du monde. Inspiré par le « resilience thinking » (WALKER et SALT 2006) et des pièges socio-écologiques (SET) (par exemple ENFORS 2013), le programme du GCRAI a synthétisé six problématiques des « pièges de résilience » (voir le tableau 7.1) que nous utilisons comme ligne directrice et enfin évaluons travers nos propres constatations empiriques dans ce présent manuscrit.

Plus précisément, nous présentons les diagrammes de boucles causales (par exemple STERMAN 2000) afin d'évaluer les interactions socio-écologiques clés dans les agro-écosystèmes Mahafaliens. Une variable clé du système est défini comme une variable biophysique, social, politique ou économique qui joue un rôle essentiel pour la capacité du système à générer « on- and off-farm ES » (ENFORS 2013). D'autre part, les plus importants facteurs externes sont définis comme des variables d'exploitation à différentes échelles, i.e. des phénomènes se produisant en dehors de la zone Mahafalian, mais qui influencent essentiellement les variables clés du système (ENFORS 2013).

TABLEAU 7.1.: Concept des pièges de la résilience, Source : CGIAR (2014).

Pièges de la résilience	Caractéristique
a. Pièges de risque	Risque élevé (tel que la sécheresse récurrente, risques sur la santé, et/ou risques d'effondrement financier) réduit les initiatives internes pour s'investir dans un système car le risqué est très élevé.
b. Consommation/ et pièges de la production	Le taux de production/la prise sur les ressources biologiques sont très proche du taux de production — ceci conduit au cercle vicieux de l'exploitation des ressources.
c. Pièges de la variabilité	Les petits investissements ont pris place (le manqué de ressources les limite), mais l'apparition des sécheresses and les pertes de capital ne sont pas largement suffisant pour apporter une considérable développement.
d. Pièges à l'accès aux ressources	Les agriculteurs ont de trop petites de parcelles de terrain, qui se traduit par un plafond de chiffre d'affaire, malgré une productivité élevée.
e. Piège de la politique	Non-habilité de la politique et le manqué de la transparence empêche le marché et les ressources d'être utilisés efficacement.
f. Piège culturel	Les mentalités pourrait empêcher le changement.

Résultats

En 2014, la vente des produits agricole s’est déroulé uniquement pendant la période correspondant à la récolte des produits légumineux (Mars et Avril) et en Juillet/Août après la récolte de manioc. Par conséquent, les dépenses alimentaires durant les mois Mars à Mai et Aout à septembre diminuent en raison de la disponibilité en nourriture pour assurer leur subsistance. Toutefois, juste après le mois de septembre, elles augmentent petit à petit et atteignent le maximum en Décembre–Janvier.

En 2014, la vente des produits agricole a permis aux ménages de gagner en moyenne un revenu de 70 000 Ariary, alors que leurs dépenses pour la nourriture pendant cette année étaient dix fois plus élevés (soit environ 770 000 Ariary en moyenne). En fait, la plupart des dépenses alimentaires des paysans étaient compensées par le revenu des activités non agricoles (voir figure 7.1), qui suit significativement les mêmes tendances temporelles que les dépenses alimentaires ($r = 0,47, p \leq 0,05$). Malgré la présence de diverses sources revenu non-agricole (comme la construction, le travail sur les champs, la production de charbon de bois, artisanat, etc.), le revenu non agricole est constitué en grande partie par la vente de bétail ($r = 0,80, p \leq 0,01$, voir figure 7.2).

En ce qui concerne les stratégies d’adaptation adoptées pendant la période de soudure, la majorité des ménages collectent les ressources naturelles (voir figure 7.3), comme les racines Yam (*Dioscorea* spp), et les *Opuntia* spp. Dans la zone du Plateau Mahafaly, les plantes sauvages peuvent jouer un rôle important au cours de la période de soudure et les paysans doivent faire une longue marche pour les trouver au cœur du forêt (ANDRIAMPARANY et al. 2015).

Deuxièmement, une grande proportion de ménages ont reçu de l’aide alimentaire par des ONG, à travers les programmes vivres-contre-travail, durant lesquels les ménages ont reçu des haricots (10 kg en moyenne) et de

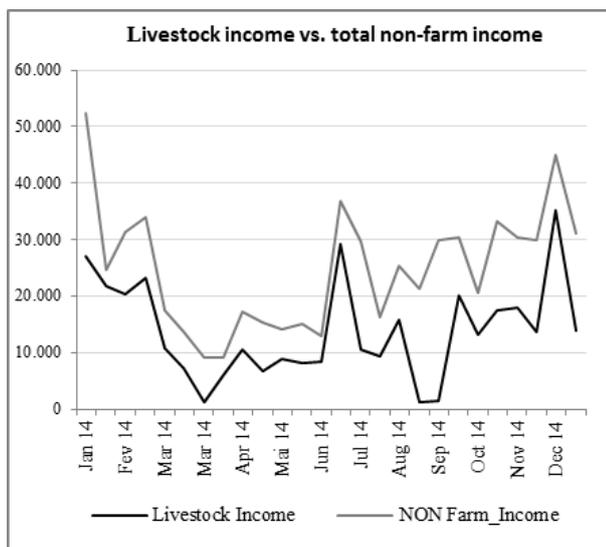


FIGURE 7.1.: Revenu de l’élevage vs revenu total non agricole, 3000 Ariary=1€.

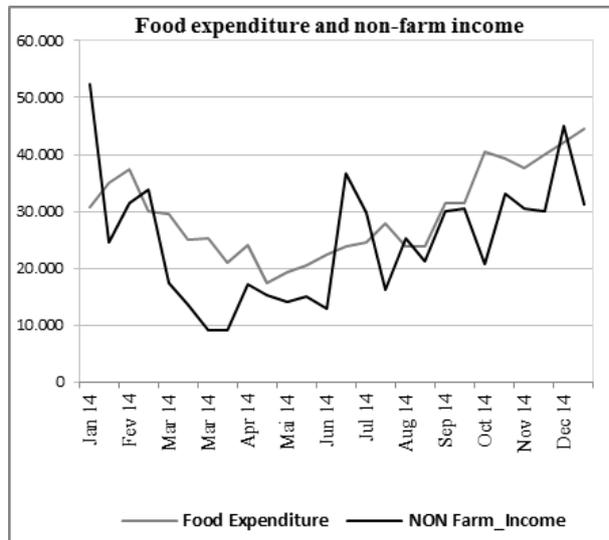


FIGURE 7.2.: Dépenses alimentaires et revenus non agricoles en 2014, 3000 Ariary=1€.

Maïs (50 kg en moyenne) (propres données). Les paysans vulnérables ont aussi pratiqué le travail payé comme le labour sur les champs des voisins.

La réduction de repas/consommation était également une autre stratégie d’adaptation. Cette stratégie était pratiquée aussi bien pour les adultes (46%) que pour les enfants (34%). Environ 12% de ménages avaient au moins un membre de la famille qui a émigré temporairement durant la la période de soudure. Les agriculteurs comptent exclusivement sur les systèmes informels de crédit et faire les crédits pour les semences était le plus répandue : environ 40% de tous les ménages ont emprunté de l’argent. 90% de ce crédit provenaient directement des membres de la famille ou des voisins sans taux d’intérêt. Les institutions officielles de crédit se trouvent dans les villes (Betioky et Tuléar). Le manque de crédibilité est l’un facteur limitant l’accès des paysans aux sources de

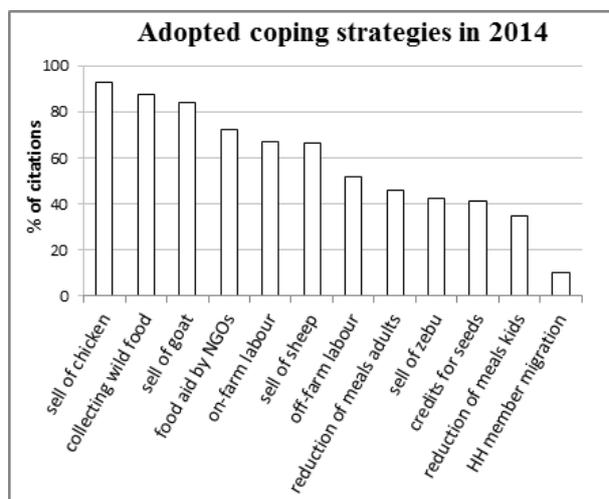


FIGURE 7.3.: % de ménages adoptant des stratégies d’adaptation, poids d’échantillonnage appliqué (voir Méthodes).

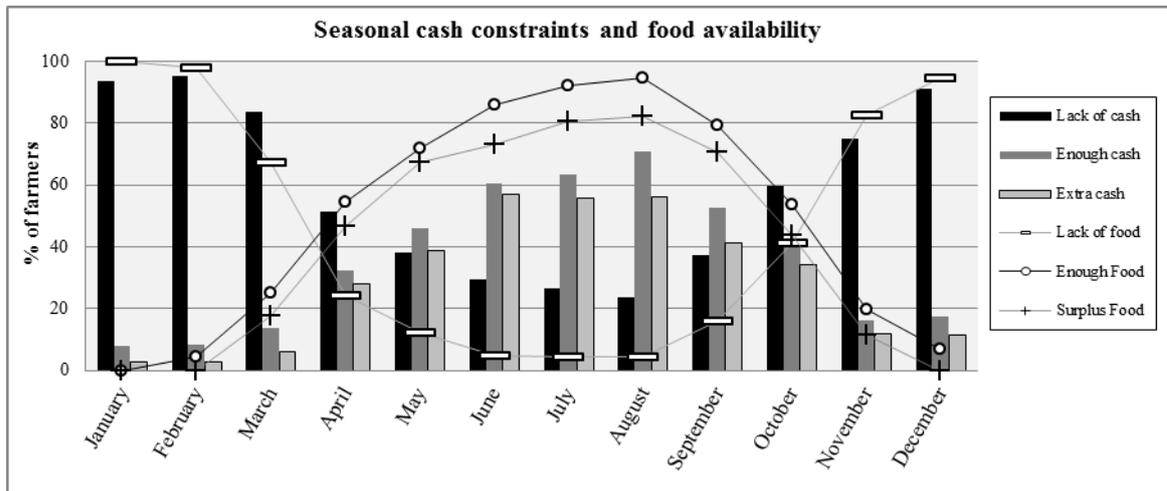


FIGURE 7.4.: Contrainte monétaire et disponibilité d'aliments saisonnières des fermiers, source : CORAL (2014).

crédit formelles (CORAL 2014).

La figure 7.5 montre les interactions sociales et agro-écologiques et le feedback dans le SES des Mahafaliens. Les sécheresses et de mauvaises récoltes sont considérablement devenues de plus en plus courantes dans les dernières années (WFP et FAO 2014), et conduisent progressivement à l'appauvrissement subsistance appauvrissement, qui a été considérablement renforcée par l'instabilité politique à Madagascar depuis 2011 (WORLD BANK 2013).

En raison de risques agricoles élevés (par exemple, les sécheresses et les mauvaises récoltes) les agriculteurs sont averses au risque et investissent peu dans les sys-

tèmes agricoles. La minimisation des risques est un projet commun entre les agriculteurs et ce processus affecte négativement les rendements agricoles. En effet, les intrants agricoles sont à peine utilisés et les outils sont simple – et seulement celles produites localement (CORAL 2014). Ces pratiques agricoles extensives conduisent à une baisse de la fertilité du sol dès que les jachères sont abandonnées (CORAL 2014) et les forêts sont défrichées au fur et à mesure que la surface de terres cultivées augmente en raison de la croissance démographique (BRINKMANN et al. 2014).

Ces conséquences négatives impactent la sécurité alimentaire et la provision durant la période d'absence de récolte des services écosystémiques (ES), tels que les plantes

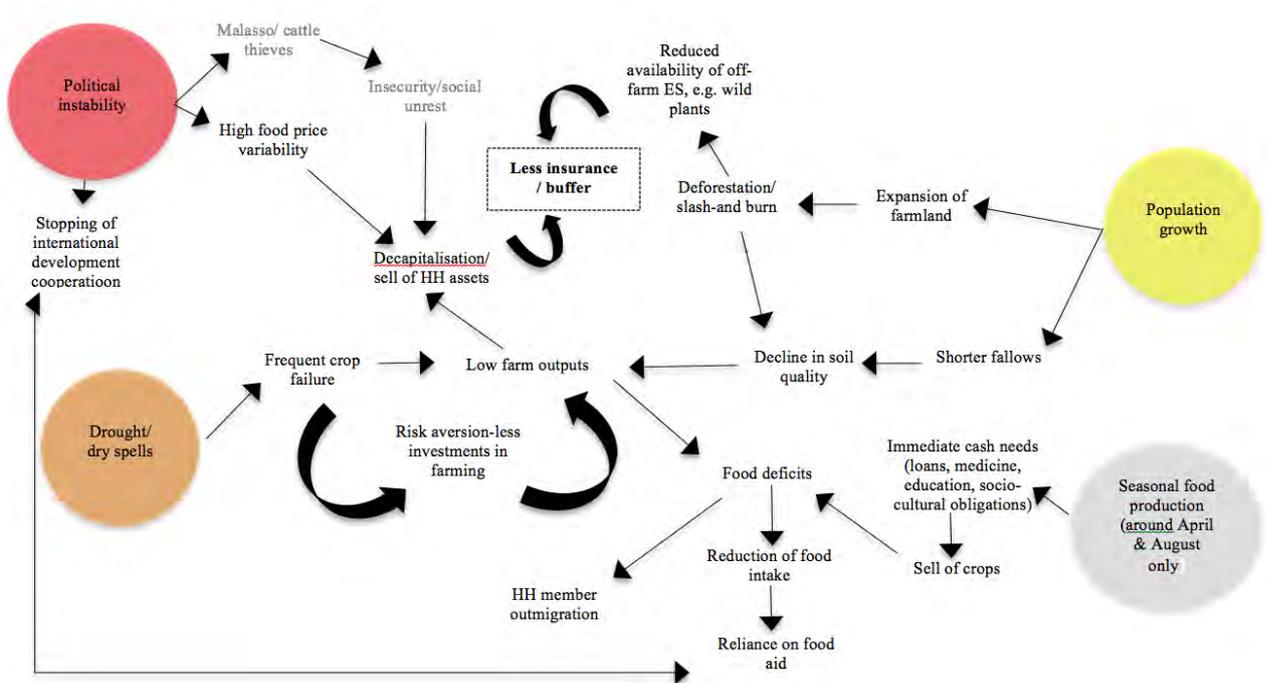


FIGURE 7.5.: Illustration de la piège socio-écologique, montrant comment les facteurs externes interagissent avec une série de variables clé du système dans un processus de rétroaction qui réduit le potentiel de la fertilité de l'agroécosystème au cours du temps, menant à l'appauvrissement du moyen de subsistance.

sauvages qui sont généralement recueillis dans la forêt (ANDRIAMPARANY et al. 2015) et qui peuvent être une importante de nourriture.

Une fois quels paysans ont peu de possibilités de revenus tout au long de l'année, les deux pics de production alimentaire correspondent avec un besoin immédiat de l'argent. Les services de santé et de l'éducation doivent être payés et plusieurs événements socio-culturels ont eu lieu, comme les célébrations de la récolte et les dieux de la pluie (données d'enquête propre). En outre, les prêts et les travaux sur le terrain doivent être payés, soit en cash ou en nourriture (ANDRIAMPARANY et al. 2015). Par conséquent, la majorité des paysans vendent immédiatement leurs produits juste après la récolte, en particulier leurs stocks de manioc (MANON 2014). Par conséquent, en raison des besoins urgents de l'argent, la vente de cultures vivrières renforce la vulnérabilité des moyens de subsistance ; tandis que les petits paysans devront racheter ces produits au moment où les prix des denrées alimentaires augmentent : au moment de la récolte, les prix des produits agricoles sont faibles. Au contraire pendant la période où les zébus sont maigres, les prix alimentaires augmentent considérablement (CORAL 2014).

La saisonnalité est donc une des variables clés du système. Les paysans doivent attendre les 2 pics illustrés pour faire la récolte. Cependant, si les récoltes sont mauvaises, le travail est réaffecté (comme, une émigration sur la main-d'œuvre agricole) et les sources alternatives de revenus sont nécessaires.

La stratégie la plus commune pour faire face aux mauvaises des récoltes des paysans est la vente (comme les bétails). Les paysans sont de plus en plus vulnérables comme le « tampon » ou « fonction d'assurance » du bétail est progressivement épuisé et les paysans ne sont pas en mesure d'accumuler du capital et/ou de faire une épargne et sont coincés dans un piège de la pauvreté (BARRETT 2008). Cependant, le soi-disant *Malaso* (malgaches = Les voleurs de zébus), qui ont augmenté de façon spectaculaire depuis le début de la crise politique (CORAL 2014), ont attaqué plusieurs villages et volé presque tous les zébus. Ainsi, le fait d'élever les zébus est aussi une stratégie de subsistance très risquée.

Les variables clés du système tels que la saisonnalité (par exemple de distribution saisonnière de la pluie et les récoltes), le défi pour faire face à la sécheresse, la crise politique et la pression de la population illustrent les feedbacks et les interconnexions complexes, qui influence et se renforcent mutuellement.

Peu d'investissements agricoles conduisent à de faibles rendements, et l'épuisement du capital des paysans a pour effet de diminuer la capacité des paysans. La dynamique socio-écologiques actuels conduisent à la dégradation des services des écosystèmes, les rendements restent faibles et les moyens de subsistance sont appauvries, illustrant un piège socio-écologique (STENECK et al. 2011 ; CINNER 2011 ; ENFORS 2013). Ces processus conduisent à une réduction de la capacité globale d'adaptation des agriculteurs dans la région Mahafalian (ENFORS 2013).

Conclusion

En somme, un ensemble complexe de verrouillage des pièges de la résilience — dont beaucoup sont liée au manque fondamental de l'eau, à la sécheresse et à la saisonnalité — entraver l'intensification durable de l'agriculture et de perpétuer la pauvreté extrême.

Bien que les interventions sont certainement nécessaires pour contrer et compenser le manque de nourriture et les contraintes d'argent identifiés dans plus de 6 mois de l'année, les investissements dans le secteur agricole pourraient ne pas être la seule solution. Les activités agricoles sont saisonnièrement possible, très risquées, et les paramètres biophysiques limitent la mise à niveau des activités agricoles dans la région au l'eau est insuffisante et la fertilité du sol est faible (HANISCH 2015). En outre, les projections des changements climatiques pour le sud de Madagascar montrent une extrême augmentation des événements météorologiques tels que les cyclones et les sécheresses prolongées et les périodes de sécheresse (TADROSS et al. 2008 ; USMAN et REASON 2004), ce qui suggère que l'agriculture pluviale sera encore plus difficile dans le avenir.

Malgré ce fait, un grand nombre de bailleurs de fonds et des ONG sont présentes dans la région, et interviennent en mettant le œuvre principalement les programmes agricoles vivres-contre-travail. Jusqu'à présent, aucune intensifications durables des activités agricoles, ni des améliorations de rendements agricoles n'ont été réalisées avec succès (HANISCH 2015). Afin de briser les boucles de rétroaction de la SET, les sources de revenus non agricoles seront cruciales et en particulier les sources de revenus qui peuvent être générés en dehors des deux pics de production alimentaire. Ainsi, concernant les interventions dans le but de réduire la vulnérabilité des paysans, une diversification des revenus devrait être favorisée, ce qui permettra d'améliorer la résilience des agriculteurs à faire face à la fois à la saisonnalité et aux mauvaises récoltes. Par conséquent, davantage l'accent sur d'autres revenus sources est nécessaire, puis l'élevage et l'agriculture.

7.3. Potentialité de production de l'huile de l'*Opuntia ficus-indica* pour l'amélioration des moyens de subsistance des paysans du sud-ouest de Madagascar

Hendrik Hänke, Jao Henitsoa, Corina Müller et Jan Barkmann

Dans les zones semi-arides du Sud-ouest de Madagascar, les populations riveraines sont confrontées à une « période de soudure » (de Novembre à Avril). Cette période correspond au manque de la nourriture et à la restriction

voire même absence des sources de revenus (INSTAT et al. 2003). Comme aucune nourriture ne peut être produite au cours de cette période en raison de la saisonnalité, la promotion des sources de revenus non agricoles ainsi que l'exploitation rationnelle des plantes sauvages sont essentielles pour les paysans pendant ces 7 mois de crise alimentaire (CORAL 2014).

Les fruits des *Opuntia ficus-indica* appelé localement « Boritotse » pourraient être une source de revenus prometteuse pour assurer les moyens de subsistance des paysans, en exploitant les graines pour faire une extraction locale de l'huile qui a une forte valeur ajoutée. En fait, l'huile de graines d'*Opuntia* est parmi les huiles les plus précieuses du monde entier. Il offre divers avantages pour la santé humaine, contient une bonne qualité d'acides non-saturés ainsi que des antioxydants naturels (FAO 2013), qui ont des intérêts importants pour l'industrie pharmaceutique, par exemple pour le traitement du diabète et du cancer (LIU et al. 2009).

Les paysans riverains plantent de façon traditionnelle l'*Opuntia* aux environs des villages, des fermes, des champs de culture et des enclos de bestioles, et ces plantes sont socio économiquement essentielles pour les éleveurs de bétails dans les zones semi-arides du sud de Madagascar (KAUFMANN 2001). Il y existe plusieurs espèces de l'*Opuntia* qui ont été introduites dès 1769 et qui se sont propagées rapidement. Pendant l'époque coloniale, ces plantes ont joué un rôle social important pour les éleveurs pour s'opposer à la pénétration des colons (les français) en raison de ses épines et leurs structures pratiquement impassables.

Il y a un intérêt croissant de l'*Opuntia* en raison de sa résistance à la sécheresse, son rendement très élevé, sa tolérance à la salinité du sol (BEN SALEM et al. 1996; BERBERA et al. 1995), son rôle important contre l'érosion du sol (NEFZAOUI et EL MOURID 2007; FIREW et al. 2007) et sa capacité de survivre dans les conditions très sèches où laissent peu de possibilité de croissance pour les autres plantes. Cette capacité d'adaptation, dans les zones d'insécurité alimentaire (FAO 2013) laisse présager que l'exploitation de l'*Opuntia* peut contribuer de manière substantielle aux moyens de subsistance des paysans en milieu rural dans les zones semi-arides (STINTZING et CARLE 2005; MOSSHAMMER et al. 2006).

Méthodes

Les *Opuntia* sont cultivées sur les haies des champs de culture des paysans pour les protéger les bétails et les intrus. Cette étude, qui se focalise sur la potentialité des cactus, s'est réalisée sur les haies de champs de culture des paysans. Nous avons identifié 87 champs appartenant à 67 ménages de différents niveaux de vie, et reparti dans trois villages différents à savoir : Efoetse, Maromatilike et Marofijery. L'étude s'est effectuée seulement sur 33% de ces champs qui ont été choisis au hasard.

Elle est basée sur l'estimation de la couverture des *Opuntia* (en %), la production en termes de fruits (kg), et l'extrapolation de la production de l'huile à partir des

graines d'*Opuntia* pour chaque ménage (kg). Les étapes suivantes ont été menées pour atteindre les objectifs de cette étude :

1. des GPS ont été déployés pour estimer la surface totale de haies des champs des paysans sélectionnés au hasard. La mesure de toutes les longueurs et les largeurs de tous les *Opuntia* spp. sur les haies des champs sélectionnés ont été faite en utilisant un décimètre. Cette méthode nous a permis d'estimer la couverture totale des tous les *Opuntia* et la couverture de chaque variété d'*Opuntia* sur les haies de champs des paysans.
2. 100 quadrats de 1 m² ont été échantillonnés au hasard sur les haies afin d'identifier la variation de la production en fruit par m² de cactus. Cette méthode a été appliquée pour *Opuntia ficus-indica* et *Opuntia stricta*. Cependant, pour *Opuntia monacantha*, dont sa hauteur varie de 1 à 3 mètres, le comptage du nombre de ses fruits s'est fait sur chaque pied.
3. Afin de pouvoir estimer la production de semences par kg de fruits 30 échantillons de fruits ont été échantillonnés et amenés au laboratoire afin de procéder (i) au pesage des fruits, (ii) à l'estimation de la proportion des semences par fruits (en g), (iii) et l'estimation des poids frais et secs de toutes les parties du fruit à travers séchage dans un four à 68 °C. Pour obtenir une estimation de la potentialité de la production en huile dans la zone d'étude, une extrapolation de la biomasse totale des *Opuntia* avec les matières sèches des semences et la proportion de l'huile dans ces semences a été réalisée.

En outre, des enquêtes sur l'utilisation des *Opuntia*, l'accès, la propriété, la consommation, les conflits potentiels sur son exploitation et l'expérience sur sa vente ont été menées auprès des 67 paysans des trois villages d'interventions. Des échantillons des semences d'*Opuntia* ont été amenés dans un laboratoire en Allemagne pour analyser la composition chimique de l'huile des semences afin de pouvoir les comparer avec les résultats cités dans la littérature.

Résultats préliminaire

Au total, 5 différentes espèces d'*Opuntia* spp. ont été recensées dans la zone, dont leurs fruits constituent une ressource alimentaire importante pour les paysans au cours de la période de soudure, et leurs feuilles utilisées comme fourrage pour le bétail après avoir brûlé les épines. Cependant, l'huile de l'*Opuntia* qui n'est pas du tout exploitée dans la zone d'intervention a une valeur commerciale très élevée. D'où l'objet de cette étude pour savoir :

1. la biomasse des *Opuntia* spp. sur les champs des paysans
2. l'accès à l'exploitation et la propriété de ces *Opuntia*
3. l'état de lieu de la consommation des fruits des *Opuntia*, en particulier pendant la période de soudure

TABLEAU 7.2.: Liste des espèces et leur période de fruit.

Nom scientifique	Nom local	Couleur	Période de fruit													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<i>Opuntia monacantha</i>	Notsoke	Vert rougeâtre														
<i>Opuntia ficus indica</i>	Boritotse	rouge														
<i>Opuntia stricta</i>	Mavozoloke	rouge														
non identifié	Vilovilo	jaune														
non identifié	Rengevoke															

4. le potentiel impact sur la sécurité alimentaire et les conflits qu'on pourrait rencontrer lors d'une demande croissante des graines ou semences des *Opuntia* pour l'extraction de l'huile.

En ce qui concerne l'utilisation des *Opuntia* spp., *Opuntia monacantha* et *Opuntia* spp. (appelé localement vilovilo) ont été répertoriés comme sources alimentaires les plus importants de tous *Opuntia* spp. pour les paysans. Les agriculteurs collectent les fruits de ces deux *Opuntia* entre Octobre et Avril, correspondant à la période de soudure. Environ 78,4% de collecte de fruits se situent en Mars et 11,8% en Avril. Au cours de la période de soudure, les paysans consomment $2,7 \pm 0,2$ fois par jour des fruits d'*Opuntia monacantha* et de « vilovilo », soit une ration entre $17,1 \pm 1,1$ et $26,5 \pm 1,2$ pièces de fruit d'*Opuntia*.

76,5% des paysans enquêtés ont révélé que, pendant la période de soudure, $10,9 \pm 1,5$ fois de leurs repas par mois sont constitués exclusivement par les fruits d'*Opuntia* spp. En outre, les fruits des *Opuntia monacantha* et *Opuntia* spp. contribuent jusqu'à environ $56,9 \pm 2,4\%$ de leur alimentation totale au cours de la période de soudure.

41,2% des répondants ont affirmé qu'ils avaient aussi vendu ponctuellement des fruits d'*Opuntia* spp. La proportion moyenne entre l'autoconsommation et la vente de fruits des *Opuntia* spp. est respectivement de $88,2\% \pm 2,3\%$ et $11,9\% \pm 2,3\%$.

Mesure de la couverture des haies et des *Opuntia*

Chaque paysan possède en moyenne $1,6 \pm 0,01$ champs, alors que la surface totale des champs cultivés est en moyenne $2,7 \pm 0,2$ ha. Les surfaces des haies sont en moyenne $0,52$ ha/paysans, dont 31,4% de ces haies sont couvert par les *Opuntia* spp. (voir tableau 7.3), constituées par 5 différentes espèces. La plus dominante est le *O. stricta*, suivie par *O. monacantha* et *O. ficus-indica* (voir figure 7.6).

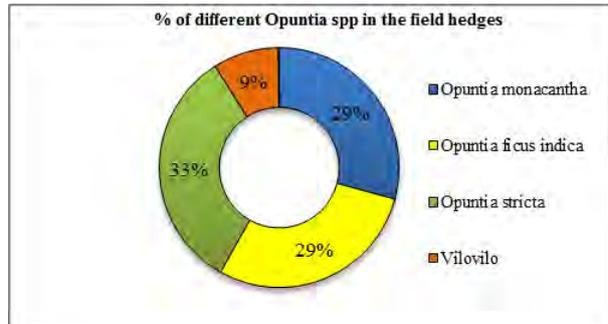


FIGURE 7.6.: % de différents *Opuntia* spp. dans les haies.

Chaque HH agricole pourrait produire en moyenne 4,6 kg/an d'huile d'*Opuntia*. Cette production concerne seulement l'*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia stricta*, qui ne sont pas utilisés pour la consommation humaine. En considérant toutes les 5 espèces d'*Opuntia* confondues, chaque ménage pourrait produire en moyenne 7,4 kg d'huile. Jusqu'à présent, il n'est pas toujours clair si l'huile de tous les *Opuntia* a la même composition chimique. Seulement l'extrait d'*Opuntia ficus-indica* est reconnu comme une huile de semences commercialisées dans le monde.

Conclusion

Bien que certaines espèces d'*Opuntia* soient cruciales pour les régimes alimentaires des paysans locaux, en particulier pendant la période de soudure, l'*Opuntia ficus-indica* est l'espèce qui en est moins concernée. Cette espèce a une potentialité économique sur la commercialisation de l'huile, et son exploitation ne présente aucun conflit potentiel avec la sécurité alimentaire des paysans dans la zone. Comme cette espèce, qui est très dominante (environ 10% de tous les champs haies) ont toujours des fruits tout au long de l'année et vu la qualité de son huile, l'exploitation de ses semences pour la vente pourrait être une source de revenus prometteuse pour assurer les

TABLEAU 7.3.: Surface de la couverture totale des haies, surface des *Opuntia* spp. dans les haies (m²) et proportion d'*Opuntia* en %.

	Moyenne	Min	Max	Erreur type
Surface des haies (m ²)	5016,8	318,0	11 995,0	550,5
Surface des <i>Opuntia</i> spp. (m ²)	1401,5	14,3	14 051,6	409,1
%de <i>Opuntia</i>	31,4	0,9	100,0	4,9

TABLEAU 7.4.: Huile exploitable par ménage agricole dans les trois villages couverts.

	<i>Opuntia</i> /(m ²)	Nb de fruits/ménage	Semences (gramme)	Huile/ménage (gramme)
MOY	372	27 498	115 493	4620
MIN	0	72	304	12
MAX	1525	110 362	463 521	18 541

moyens de subsistance des paysans. Chaque ménage, qui n'exploite pas cette ressource ni pour l'alimentation, ni pour une autre utilisation et qui sont par ailleurs très pauvres et vulnérables, perd chaque année 4,6 kg d'huile (une importante source de revenu pour compenser le manque de nourriture).

L'éventuelle exploitation de ces huiles, qui est tout à fait possible, constitue une solution pour pallier la pauvreté chronique et améliorer les moyens de subsistance des populations riveraines du SO de Madagascar.

7.4. Fonction d'assurance d'élevage : la capacité d'adaptation des paysans aux sécheresses régionales au sud-ouest de Madagascar

Hendrik Hänke et Jan Barkmann

Dans les zones semi-arides, l'élevage est généralement attribué à une fonction d'assurance pour les ménages de petits paysans qui dépendent sur l'agriculture pluviale. Dans sud-ouest Madagascar, zébu est l'animal le plus important pour les animaux élevés. Le nombre des têtes de zébus qu'un ménage possède est un indicateur de prestige et du statut social. Cependant, compte tenu de la valeur socio-culturelle de zébus dans la culture malgache, nombreux auteurs remettent en question la justification économique de l'accumulation de zébus. Par conséquent, l'amélioration de l'élevage du bétail ne figure pas parmi les priorités pour toutes les interventions sur le développement. Pourtant, les données empiriques sur le rôle de l'élevage de zébus en termes d'économie des ménages est manquante. Dans le cadre de cette étude, une analyse de l'importance économique d'élevage de zébu contre (i) le rôle général de l'élevage et contre (ii) stratégies d'adaptation liés non-bétail pour atténuer les petits exploitants dans SW Madagascar contre les effets des sécheresses sévères et mauvaises récoltes connexes.

Méthodes

Depuis Décembre 2013 jusqu'à la fin du mois de Mai 2014, nous avons mené une étude longitudinale portant sur 150 ménages. Les ménages ont été subdivisés en 6 catégories suivant leurs activités de subsistances et économiques (NEUDERT 2013). Pour que l'échantillonnage

soit représentatif, un échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé. Dans une étude longitudinale, des mêmes questions ont été posé aux ménages échantillonnés à plusieurs reprises pour une durée limitée. Dans le cadre de cette étude, les ménages ont été visités tous les 15 jours (bi-hebdomadaire), soit une fréquence de 2 fois par mois pour une année.

Dans la région du projet, 73% de la population > 18 ans sont analphabètes. C'est la raison pour laquelle des pictogrammes ont été utilisés pour faciliter la collecte des données auprès de tels répondants (WISEMAN et al. 2005). L'étude comprend les paramètres suivant :

1. intrants agricoles (outils, engrais, pesticides, etc.)
2. cultures achetés et vendus
3. bétail acheté et vendu
4. revenu et dépenses de main-d'œuvre dans les champs
5. dépenses culturelles + revenus (par exemple zébus pour les funérailles, des sacrifices, des cadeaux, etc.)
6. revenus non agricoles (industrie, les mines, le tourisme, l'artisanat)
7. les dépenses et revenus pour la médecine et l'éducation
8. les dépenses et les revenus pour l'alcool, cigarettes, café, batteries, etc.
9. argent envoyé et reçu par les membres de la famille de l'extérieur

Les paysans ont rempli les sommes de dépenses et de revenus de ces 8 paramètres dans les feuilles de pointage.

Mis à part l'étude longitudinale, une enquête de restitution ont été aussi menée auprès des ménages tous les 6 mois (Décembre 2013 pour fin mai 2014). Cette enquête aborde les caractéristiques socio-économiques, la migration, les ravageurs des cultures, variation temporelle d'élevages, différence des stratégies d'adaptation telles que le nombre de repas pris à différentes périodes, la collecte de plantes sauvages, les emprunts ainsi que l'aide alimentaire distribuée par les ONGs.

Résultats

Depuis 12/2013 jusqu'à 05/2014, les ménages ont généré moins de 5% du revenu total de trésorerie provenant de la vente des cultures vivrières, et ont dépensé en moyenne > 50% de leur revenu total pour la nourriture. Plus de 45% des dépenses pour la nourriture sont compensés par la vente des bétails. L'argent envoyé par les membres du ménage à l'extérieur du village était la 2^e plus importante source de pour les paysans. La collection de ressources naturelles comme les ignames sauvages, et la réduction des rations alimentaires constituait une des stratégies d'adaptation pour les paysans lors de la période de soudure. Beaucoup de ménages ont également bénéficié l'aide alimentaire par des ONGs. La vente de zébu a contribué une part très variable pour la période de soudure pendant laquelle les ménages les plus pauvres comptaient sur les ventes de zébus (figure 7.7).

En général, nous avons documenté une fonction d'assurance importante pour l'élevage de zébus, mais – en partie pour les plus pauvres ménages les plus importantes – aussi pour les autres petits ruminants comme les chèvres et les moutons.

Conclusion

L'élevage joue un rôle important dans la vie sociale, culturelle et économique des communautés des paysans dans le sud-ouest de Madagascar. Nos données montrent que le bétail était en effet en mesure de compenser une part substantielle du manque de production et augmente ainsi la résilience des moyens de subsistance, qui est donc la capacité à faire face au changement et à une crise (FOLKE et al. 2002).

L'agriculture est une activité très risquée dans la région et la précipitation est souvent distribuée dans de petites zones ce qui semble évidemment avantageuse les bétails qui sont mobiles pour atteindre la zone où il y avait là. Les projections de changement climatique pour le sud de Madagascar montrent une augmentation extrême des conditions météorologiques tels que les cyclones et les

sécheresses prolongées (TADROSS et al. 2008 ; WWF et CI 2010), ce qui suggère que l'agriculture pluviale sera encore plus difficile pour l'avenir.

Sources de revenus alternatives sont rares voire même absente dans la région, et comme les données empiriques sur la recherche des moyens de subsistance en Afrique subsaharienne a avancé les obstacles majeures aux agriculteurs rurales pour la promotion des activités non agricoles très lucratives. Parmi ces obstacles sont le manque de compétences et d'éducation, le manque d'accès au capital ainsi que les imperfections du marché et le manque des infrastructures (BARRETT 2008 ; MITCHELL et COLES 2011).

En liant avec les stratégies d'adaptation et moyens d'existence dans la littérature, nous identifions l'élevage comme une ex-ante stratégie de gestion des risques, mais aussi comme une stratégie d'adaptation sous forme d'auto-assurance. D'autre part, l'émigration temporaire, était une importante ex-post atténuation des risques. Malheureusement, la grande majorité des ménages ont également compté sur la réduction substantielle de la consommation alimentaire en dépit de la distribution d'une aide alimentaire.

L'importance économique de l'élevage commence à retrouver sa place. Mais le « complexe du bétail » demeure une vague sujet (WÜSTEFELD 2004), il est supposé que les paysans locaux ne sont pas prêts à vendre leur bétail. Les bétails sont de plus en plus accumulés afin d'obtenir le statut social. Cependant, ce point de vue, était la cause d'inexistence des projets sur le développement de la filière élevage dans cette zone, par exemple, par la Banque Mondiale, l'USAID et d'autres donateurs bilatéraux qui ont presque exclusivement promu des projets d'agriculture et de conservation (ZAAL 1999).

Cependant, l'exclusion du bétail des activités de développement, ne sont pas une option étant donné son importance socio-culturelle élevée et sa cruciale fonction d'assurance pour la mauvaise récolte de SO dans Madagascar.

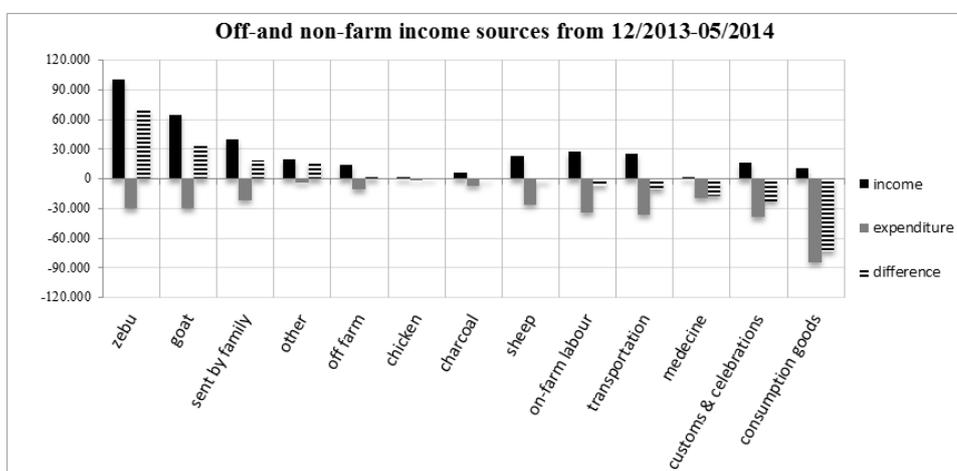


FIGURE 7.7.: Revenu et dépense monétaire de l'élevage et du commerce d'animaux et des sources de revenus non agricoles, poids d'échantillon appliqué (voir Méthodes).

Chapitre 8.

Structures sociales, gouvernance environnementale et signification culturelle des ressources naturelles

Dans la région du Plateau Mahafaly, l'utilisation des ressources naturelles, qui sont à la base de moyens de subsistance, est régie par un ensemble de décisions imprégnées de traditions, de normes et de valeurs locales, qui constituent pour eux un ensemble d'« institutions traditionnelles ». Les populations sont persuadées qu'il existe un lien fort entre une place et l'esprit ou le Dieu, ce qui explique pourquoi les lieux de tabous, les lieux sacrés comme ceux de culte, de guérison, ou encore les lieux craints pour leurs esprits, génies et êtres mystiques, tout comme ceux des rites de passage jouent un rôle significatif dans l'utilisation et l'accès à la terre et aux ressources naturelles.

De nombreuses interventions de conservation et de développement y ont été menées, jusqu'ici sans grand succès. Ceci s'explique principalement par le manque d'informations et d'indications concernant les concepts spirituels locaux vis-à-vis des ressources naturelles, mais aussi par l'absence de compréhension mutuelle entre les experts scientifiques, les responsables extérieurs et les populations locales. Cependant, les projets ont souvent échoué dus au manque de considération de la structure des groupes ethniques, de l'importance des hiérarchies familiales, lignagères et claniques, tout comme des allégeances et des pactes et la forte adhérence des populations à ces coutumes. Ces deux aspects ont très clairement contrecarrés l'implantation de systèmes et de techniques d'utilisation des terres adaptés et durables.

Quoique la vie rurale sur le Plateau Mahafaly soit régie principalement par des institutions traditionnelles, la plupart de ces dernières se font transformer dans une transition sociale et économique (KAUFMANN 2004 ; MARCUS 2008). Seulement, si on est en mesure de comprendre comment ces institutions ont changé, on peut comprendre comment les sociétés peuvent s'en sortir par rapport aux défis actuels et futurs tels que la dégradation de l'environnement, le changement climatique, l'instabilité politique et la transition du marché.

Le chapitre présent résume les recherches sur la gouvernance des ressources naturelles par les villageois, sur leur perception de l'utilisation des ressources naturelles dans un contexte culturel et de changement institutionnel. Ces aspects contribuent à la compréhension des motivations profondes pour des pratiques de gestion des ressources réelles et constituent la base d'un travail approprié avec les acteurs locaux. Plus précisément, les études se sont focalisées sur six points :

- Analyse de la structure sociale au sein de la société *Tanalana*
- Compréhension de la signification culturelle des ressources naturelles
- Analyse des processus de résolution de conflit au niveau local
- Connaissances de la population locale sur les activités relatives à la gestion de terre et leur transmission
- Changement institutionnel
- Privatisation de l'arbre fourragère *samata* (*Euphorbia stenoclada*) au littoral du Plateau Mahafaly à Madagascar

Les études présentées dans les sous-chapitres 8.1 à 8.4 se focalisent sur le groupe *Tanalana*, le groupe ethnique le plus important dans la région du Plateau Mahafaly, dont les principales activités de subsistance sont l'agriculture et l'élevage. L'approche méthodologique a combiné des interviews semi-structurées avec des expériences de méthodes d'observation participative. Les interviews ont été réalisées dans un grand nombre de villages situés dans la région du littoral et du plateau. Tous les types d'acteurs ont été impliqués à travers 1170 interviews. Le travail sur le changement institutionnel analyse les changements dans les règles et normes de la société locale de notre région d'étude en effectuant trois études de cas qui se fondent sur des recherches de terrain élargi avec environ 370 entretiens exploratoires, semi-structurées et structurées dans près de 40 villages de la région d'étude. Concernant la privatisation des arbres de *samata* (sous-chapitres 8.6), les interviews ont été enrichies avec des visites guidées des champs de *samata* se trouvant autour de 13 villages. Pour le cas des coutumes funéraires, focalisé sur deux principaux groupes ethniques, *Tanalana* et *Mahafaly*, nous avons fait l'observation participative de trois cérémonies funéraires au niveau de différents villages. Toutes les trois études de cas sont théoriquement menées sous l'angle de « nouvelle économie institutionnelle contemporaine ».

8.1. Le groupe *Tanalana* : structure sociale, histoire et acteurs

Mampiray Miandrito Mbola, Mansaré Marikandia

L'étude de la structure sociale de la société *Tanalana* inclut l'enquête sur l'histoire et l'identité ethnique, l'identification des groupes d'intérêts concernés au niveau local et l'analyse de leurs rôles ainsi que les hiérarchies sociales.

Organisation et structure de la société *Tanalana*

Les *Tanalana* sont une fédération de clans organisés via l'institution traditionnelle du *hazomanga* et se différenciant grâce aux marques d'oreilles de leurs bétails, appelées *valo*. Le terme « *hazomanga* » est utilisé pour désigner (a) le poteau sacré, où sont accomplis les divers rituels, (b) les origines du clan ou du lignage, (c) un couteau et (d) le chef clanique ou lignager. Ce chef de clan ou de lignage, respectivement appelé *mpitan-kazomanga fohé* ou *mpitan-kazomanga lava*, est le propriétaire du poteau sacré et du couteau jusqu'à sa mort. La société *Tanalana* se compose de 10 clans, lesquels possèdent leur propre *hazomanga* et *valo*.

D'après certains récits oraux, *Andrianioma*, *Etsivale* et *Ehosy* sont les trois grands patriarches *Tanalana*, originaires des régions d'*Androy* et d'*Anosy* et ayant fondé cette société sur le littoral de la région du Plateau Mahafaly. Ils avaient reçu ce territoire après avoir rendu service au roi et aux autochtones de l'époque. *Andrianioma*, ancêtre des *Tevondrone*, avait guéri la fille infirme du roi *Tetembola*; *Etsivale* (ancêtre des *Temitongoa* et *Tetsivalea*) avait sauvé le troupeau de *Tevatoaore*, et *Ehosy* (ancêtre des *Temilahehe*) avait tué le monstre du royaume de *Linta* dans la région Mahafaly. Au fil du temps, les *Tanalana* ont également accueilli dans leur société de nouveaux arrivants.

Les *Tanalana* se voient comme des *topom-tany* (maîtres de la terre, premiers colons).

Acteurs locaux

A l'échelle locale, nous avons identifié plusieurs acteurs en charge de la gestion des ressources naturelles et avons décrit de manière qualitative leurs fonctions. Voici les divers groupes d'acteurs répertoriés dans notre analyse :

- Postes décentralisées (élues)
 - maire
- Postes déconcentrés (nommés)
 - o chef du/président du *fokontany* (FKT) (représentant d'Etat au niveau local)
 - gendarmes

- Fonctions des aînés (voir figure 8.1)
 - Chef lignager et chef clanique
 - Assistants du chef lignager et du chef clanique
 - Spécialistes pour la gestion de conflit (négotiateur/mediateur) (voir aussi sous-chapitre 8.3)
 - Devin-guérisseur
- Intermediaries with supernatural beings (figure 8.2)
 - Chef lignager et chef clanique
 - Devin-guérisseur
 - Possédées
- Associations
 - COBA (Communauté de Base) Association pour la gestion communautaire dans la zone de tampon du Parc National Tsimanampetse
 - AICPM (Association Inter communale de Plateau Mahafaly)

La figure 8.1 montre qu'un aîné peut remplir plusieurs tâches ou fonctions parallèlement dans la société *Tanalana*. Un chef de lignage ou chef de clan peut avoir la capacité d'un devin guérisseur (qui peut être possédé aussi) et/ou d'un spécialiste pour la gestion de conflit. Mais comme leur légitimité est liée à la généalogie et l'âge ils ne possèdent pas automatiquement des facultés spéciales. Pendant quelques-uns possèdent un caractère charismatique et en conséquence sont consultés pour la gestion des conflits ou la prise de décision, d'autres sont plutôt les marionnettes des autres aînés autour. Dépendant de la position généalogique et l'âge un chef lignager peut aussi occuper le poste d'un chef clanique en même temps. Les assistants du chef support le chef lignager/clanique dans l'accomplissement des rituels (procédure, prière) et le remplace en cas de vacance.

Le devin-guérisseur dont les activités ne sont habituellement pas officielles peut faire aussi partie des spécialistes pour la gestion de conflits. Il y a aussi les personnes plus jeunes qui remplissent ces fonctions de devins-guérisseur et de possédées (dont la plupart est féminine).

Conclusion

L'analyse de la société *Tanalana* a permis de mettre en avant des structures sociales (familiales, lignagères, claniques) bien définies et régies par leur *hazomanga* et les marques d'oreille des zébus. L'identité des habitants de la région se caractérise par un important bagage historique. Un certain nombre d'acteurs joue un rôle précis, décisif et défini par leur position et leur intérêt vis-à-vis de l'utilisation des ressources naturelles dans la société *Tanalana*.

TABLEAU 8.1.: Liste des principaux clans *Tanalana* dans notre zone de recherche. Les plus importants sont marqués en gras.

Clan	Hazomanga	Ear Mark
Tevondrone	Kaikarivo	Miheloke
Temaroanala	Samberey/Tsitindrianarivo	Miheloke
Temahaleotse	Tsimeloke	Mamoa
Tanalanampoty	Ehabake	Lohasotro
Temitongoa	Ranoantane	Mitongoa
Tsivalea		Tsivalea
Tekaroke	Andriamihefe	Karoke-Manambone
Tesendrenale	Antananontsoa	Mitaino
Temitirifara	Mitirifara	Tirifara
Tambohitse	Tsiafadrà	Lohasotro
Temilahehe	Tsiafadrà	Milahehe

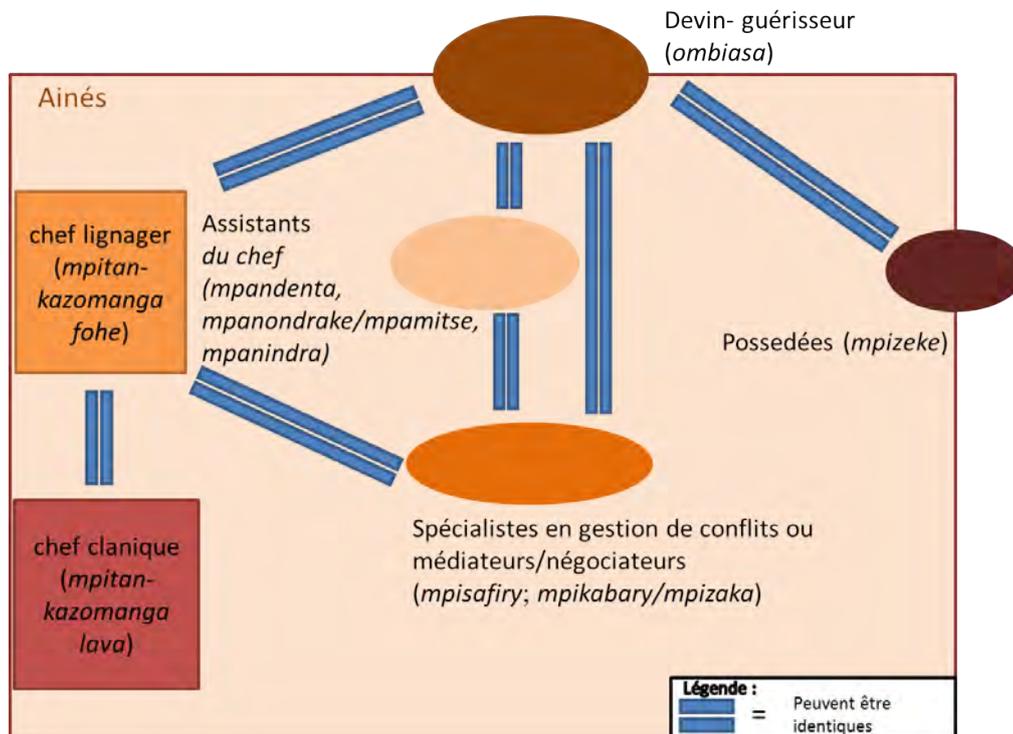


FIGURE 8.1.: Différentes fonctions des aînés dans la société *Tanalana*.

8.2. Signification culturelle des ressources naturelles

Hémery Stone Tahirindraza, Louis Mansaré Marikandia

Pour comprendre la signification culturelle des ressources naturelles et d'identifier les services écosystémiques culturels, nous avons étudié des valeurs, des usages et des connaissances qui façonnent la manière dont les collectivités locales perçoivent les écosystèmes naturels et leurs fonctions. Nous avons gagné des idées dans les systèmes de croyances culturelles en étudiant des tabous locaux, des rituels, et des rôles des êtres surnaturels dans les communautés locales. Cette connaissance

nous a permis de comprendre le rôle médicinal et spirituel des plantes dans un large éventail de contextes culturels tels que les rituels, des tabous, des talismans et des fétiches.

Êtres surnaturels et rituels

Dans la société *Tanalana*, l'existence d'autorités invisibles est un fait. Leur influence et leur rôle au sein de la vie socioéconomique et culturelle des *Tanalana* sont cruciaux. Afin de décoder leur rôle, nous avons identifié les différents types de pouvoirs surnaturels suivants : Dieu (mal. *Andriananahare*), les esprits de la nature (mal. *Tambahoake* et *koko*), les personnes récemment décédées et les ancêtres (*matoetoe* ou *moedo*). Il existe deux possibilités pour la communication avec les être surnaturels : (a) à travers les intermédiaires (possédées, devin-guérisseur,

chefs ou aînés) ou (b) le contact directe (individu et être surnaturel) (figure 8.2). Les formes de la communication sont les rêves, la transe et la prière.

Tous les évènements, qu'ils soient bons ou mauvais, sont dépendants de la volonté de ces êtres. Les communautés locales s'efforcent de créer et d'entretenir cette relation longue-distance avec les divinités, par exemple en les honorant lors de rituels. Les cultes et les rituels n'ont pas uniquement lieu pour obtenir quelque chose et montrer une certaine forme de respect envers ces divinités ; ils permettent d'atteindre un équilibre entre les humains et les êtres surnaturels. Parmi les nombreux rituels existants, une fois par an un grand sacrifice annuel est organisé par le clan, afin de demander paix, bonne fortune et purification ; mais aussi le pardon pour les écarts de conduite et les transgressions des valeurs ancestrales. D'après les croyances locales, toute transgression des valeurs traditionnelles peut rompre la relation surnaturelle et engendrer de lourdes conséquences au sein de la communauté. Afin d'éviter les châtiments, les personnes font de leur mieux pour respecter ces règles ancestrales tels que les tabous, les patrimoines ancestraux et le respect envers les aînés. Les rituels varient en fonction des acteurs qui y procèdent, des sacrifices faits et des ressources naturelles utilisées.

Les rituels sont réalisés pour différentes raisons, comme :

- Demande (multiplication d'un bien, santé, beauté, protection, descendance, etc.)
- Valorisation et revalorisation (talisman, fétiche, naissances, etc.)
- Reconnaissance (augmentation/multiplication d'un bien, climat, etc.)

- Intégration sociale : rituel de passage (adoption d'enfant(s), circoncision)
- Prières (esprits, autorités traditionnelles)
- Excuse/purification (transgression des règles sociales/tabous, sorcellerie)
- Bienvenue (*lafitihy*)
- *Fanompoa*/rituel en honneur des *tambahoake* et *koko*
- Collecte de ressources naturelles (par ex. bois pour le poteau rituel)
- Guérison (*falitse*), guérison dans la forêt (*koaike*)

Tabous

Le respect des tabous est l'une des bases essentielles du système de croyance *Tanalana*. On peut les définir comme un système religieux de prohibitions, indiquant si un objet ou une personne est considéré comme sacré ou impur. Dans le dialecte *Tanalana*, le terme « *faly* » signifie « tabou » ou « sacré », par exemple *falin-draza* se réfère à un tabou ancestral et *tane faly* « à la terre sacrée ». Les tabous affectent presque la totalité des domaines socio-économiques et culturelle de la société. Ils peuvent concerner l'alimentation de la population et leur conception du temps et de l'espace. D'après certaines de sources, les tabous seraient d'origine divine, tandis que d'autres affirment qu'ils sont l'œuvre des esprits de la nature. D'autres encore sont persuadés qu'ils proviennent des ancêtres ou qu'ils ont été commandés par les guérisseurs traditionnels, tels que les devins-guérisseurs et les possédés. Certains tabous ne sont également valides sur des personnes, des lignages/clans ou groupes ethniques spécifiques ; les autres le sont pour tout le monde. L'encadré 8.1 présente une liste des tabous affectant les

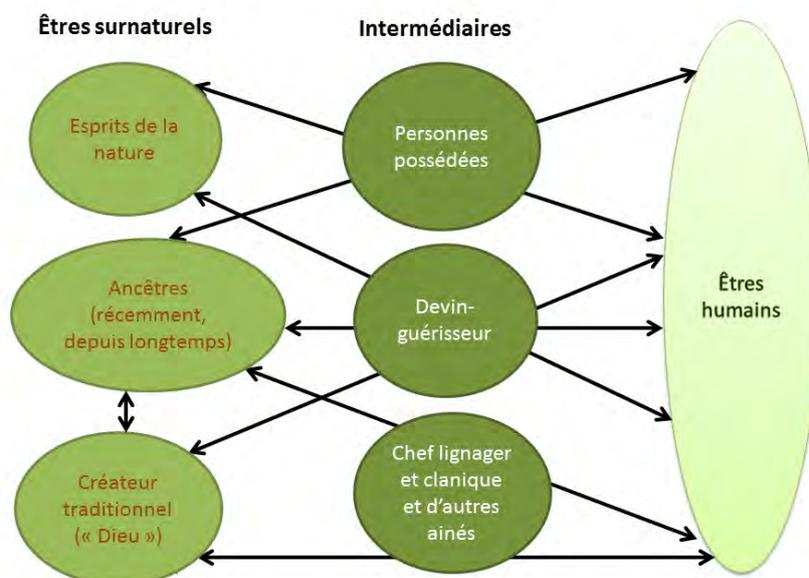


FIGURE 8.2.: Communication entre les êtres humains et les êtres surnaturels à travers les intermédiaires.

ressources naturelles ; ceux concernant l'interaction sociale n'y sont pas répertoriés.

Box 8.1: Tabous relatifs aux ressources naturelles

Animaux tabous : la caille (mal. *kibo* (*Coturnix communis*), le boa (mal. *do/kako* (*Acrantophis madagascariensis*) et la tortue (*Geochelone radiata*)

Arbres sacrés : le *katrafâ* (*Cedrelopsis grevei*), le *kile* (*Tamarindus indica*), le *samata* (*Euphorbia stenoclada*), le *zâ/ baobab* (*Adansonia*), le *mendorave* (*Albizatuleareansis*)

Arbres maudits : le *fatra* (*Terminalia lexioides*), le *laro* (*Euphorbia tirucalli*), le *hatakataka* (*Albizia hatakataka*)

Tabous associés aux endroits d'influence anthropologique : zone de pâturage, le *hazomanga*, puits d'eau

Tabous associés aux endroits naturels : points d'eau, les forêts (*Falin'ala*), et les grottes

Autres plantes

Signification culturelle des plantes

Pour les *Tanalana*, les ressources naturelles ne jouent pas uniquement un rôle crucial pour assurer leur subsistance quotidienne, mais possèdent une grande valeur culturelle et spirituelle. Les forêts par exemple fournissent aux êtres humains et au bétail de quoi se nourrir, et constituent une activité de subsistance supplémentaire en cas de pénurie alimentaire. Les forêts sont également un point stratégique de ravitaillement en bois utilisée pour faire du feu, produire du charbon, construire les cases, les meubles et l'équipement agricole. En outre, le bois est utilisé dans ces contextes cérémoniels, tels que les funéraires (cercueil) et le Poteau sacré (*hazomanga*). Tous les rituels claniques, comme la circoncision, le sacrifice annuel, les immolations et les réponses aux apparitions en rêve du chef clanique, sont accomplis au *hazomanga lava* (poteau sacré long). Via ces exemples, on peut observer les diverses significations des ressources naturelles comme le bois au sein de la société *Tanalana*.

Les plantes sont partie intégrante des croyances traditionnelles locales et des éléments omniprésents lors des différents rites culturels et thérapeutiques. Leur utilisation garantit l'accomplissement des requêtes concernant la bonne santé, la bonne fortune ou la stabilité sociale, et accompagne les membres de la communauté *Tanalana* tout au long de leur vie. Le choix des plantes en vue de rituels ou de demandes spécifiques dépend de plusieurs aspects. Premièrement, certaines ressources naturelles sont considérées comme favorables, et d'autres comme tabous. Deuxièmement, les propriétés matérielles

des plantes, telles que le nom ou la couleur, sont utilisées comme référence de leurs effets. Pour un même rituel ou traitement, plusieurs espèces de plantes sont nécessaires de séparées ou combinées, de manière unique ou répétée durant les différentes étapes. Nous avons pu générer une liste détaillée d'informations, indiquant quelles espèces de plantes sont utilisées(s) lors de tel ou tel rituel.

L'utilisation culturelle du *samata* est ici illustrée. D'un côté, les personnes pensent que cet arbre est décisif pour leur bonne santé, car en cas de blessure, on peut appliquer de la sève sur la plaie. Cet arbre est également utilisé pour revigorer le corps et lutter contre la fatigue. C'est pourquoi les branches de *samata* font partie de la composition des thés à base que l'on donne aux femmes venant d'accoucher. D'un autre côté, cet arbre possède une valeur spirituelle et symbolique pour la population locale. Le grand *samata*, se trouvant dans les villages, font partie d'une sorte de patrimoine local. Si l'un de ces arbres vient à mourir, c'est signe que le village est en danger. Ce qui explique qu'il soit tabou et que les personnes y viennent sacrifier un mouton ou un bœuf. Un autre exemple de la signification spirituelle du *samata* est son étroit lien au monde surnaturel. Après l'enterrement d'une personne, sa maison est brûlée, un bœuf y est immolé et un nouveau *samata* y est planté. De par sa sacralité, il est strictement interdit de le couper ou de le souiller. L'arbre en lui-même est une marque du passage du temps consacré sur terre par la personne défunte et un symbole de recueil pour ses parents. Les personnes décédées sont transportées à cet endroit avant d'être enterrées, afin que leurs âmes se rattachent à leur poteau respectif (ainsi elles ne viennent pas perturber les personnes en vie). Les *samata* sont utilisés pour d'autres rituels, comme les sacrifices familiaux.

Fétiches (*tone*) et talismans/gris-gris (*vo*)

Les *Tanalana* sont convaincus que l'humain ne peut vivre sans l'assistance des êtres surnaturels. Le succès et la sécurité ne peuvent se concrétiser que par l'intervention de leurs pouvoirs surnaturels. Les *tone* peuvent être une plante, du bois, une bouteille ou une pierre, planté(e) ou enterré(e) autour ou dans la maison, dans l'enclos du bétail ou dans un champ agricole. Le *vo* se compose de divers matériaux comme des feuilles de plantes, de la poudre de pédoncule, de sable et ou de parties d'animaux morts ou vivants (tortue), le tout emballé dans un petit sachet. Les fétiches (*tone*) sont plantés et les talismans (*vo*) portés autour du ou de la poitrine ou au poignet ; ils possèdent différentes fonctions comme (a) protéger (contre la sorcellerie, la foudre, balles des voleurs de bétail, ou pour les femmes enceintes et les enfants), (b) guérir, (c) exhausser des vœux (amour, richesse) et (d) prévenir les malheurs. Les *tone* et les *vo* sont tous deux créés par les devins-guérisseurs (*ombiasa*) après qu'ils ont au préalable effectué l'art divinatoire (*sikily*) à l'aide de graines et de nombreuses autres espèces de plantes. Ces pratiques sont courantes sur toute l'île de Madagascar. Les guérisseurs traditionnels utilisent les grains provenant d'un arbre, le *fane* (*entada abyssinica*), lors de la manipulation.



FIGURE 8.3.: Lac du Tsimanampesotse. D'après le système de croyance des *Tanalana*, un endroit considéré comme sacré appartient à des esprits de la nature, appelés *tambahoake*. Les ressources présentes (boue, plantes, eau) sont collectées et utilisées comme moyens de guérison par les devins-guérisseurs. (Jutta Hammer)

Conclusion

Ces ressources naturelles ne sont pas utilisées uniquement comme moyens de subsistance quotidienne par la population ; elles possèdent également une signification culturelle. Cet aspect est étroitement lié à la croyance en des êtres surnaturels, incluant Dieu (mal. *Andriananahare*), les esprits de la nature (mal. *tambahoake* et *koko*), les personnes récemment décédées et les ancêtres (morts depuis plus longtemps). L'ensemble de ces êtres surnaturels est vénéré et commémoré lors des rituels et respectés via les tabous. Quant aux talismans, ils permettent aux personnes de se protéger des mauvais esprits/influences. Enfin, le recours à l'art divinatoire permet d'orienter les décisions prises ou à prendre.

8.3. Résolution de conflits

Kathinka Thielsen, Susanne Stoll-Kleemann

Basé sur l'analyse des acteurs locaux, nous nous sommes concentrés sur les interactions sociales à l'égard des ressources naturelles. Notre objectif était de bien comprendre les systèmes locaux de gouvernance, les processus de négociation, et le développement de règles coutumières.

La résolution des conflits intervient à différents niveaux (famille, lignage, clan, *fokontany*, commune, district, tribunal, surnaturel). La famille est la plus petite unité structurelle se composant du père, de la mère et de plusieurs enfants (biologiques ou adoptés), et intégrant un groupe plus large, le lignage. Il en existe un grand nombre, constituant ainsi le clan. Les familles, les lignages et les clans se caractérisent par divers aïeux/notables (*olobe* ou *roandria*). Les personnes les plus âgées d'un lignage et d'un clan et se trouvant à la bonne position généalogique, sont les chefs traditionnels, appelés respectivement *mpitan-kazomanga fohe* (chef lignager) et *mpitan-kazomanga lava* (chef clanique). Le chef du *fokontany* et le chef de district sont des autorités déconcentrées, désignées par l'Etat, tandis que le maire est décentralisé et élu. En pratique le chef du *fokontany* et le chef traditionnel, sont choisis par les aînés (généralement deux à trois personnes par lignage) qui prennent l'ensemble des décisions dans la société *Tanalana*. Certains postes de chef traditionnels ne sont plus occupés depuis des années. Par conséquent les aînés les remplacent à titre transitoire. La communication avec les êtres surnaturels (créateur traditionnel, ancêtres et esprits de la nature), qui en outre veillent à respect des règles sociales et à la sanction des transgressions, est faite par le devin-guérisseur, le chef traditionnel et les possédés.

La gestion de conflit dans la société *Tanalana* peut être réglée à différents niveaux :

- a) familial (ainés de la famille)
- b) lignager (ainés et/ou chef traditionnel lignager)
- c) clanique (ainés et/ou chef traditionnel clanique)
- d) du *Fokontany* (chef/président du *FKT* et conseil du *FKT*)
- e) communal (maire et conseil communal)
- f) du district (chef de district)
- g) du tribunal de la capitale régionale de Tuléar (juge)
- h) des êtres surnaturels (intermédiaires : devin-guérisseur, chef traditionnel, possédé(e))

Les conflits de même origine peuvent traiter de différentes manières, ce qui rend impossible de fixer un ordre préalable des niveaux d'intervention. Les parties opposées peuvent choisir entre différentes autorités administratives (chef du *fokontany*, maire, chef de district, juge) ou traditionnelles (ainés, chef traditionnel ou devin-guérisseur). Le processus de résolution du conflit (I) peut passer via différents niveaux (voir en dessous de a à g), puis (II) être indépendamment mis à terme à chacun des niveaux, (III) peut contourner certains niveaux (par ex. de a, b directement à d), (IV) passer d'un niveau supérieur à inférieur (par ex. e à d) ou encore (V) être traité parallèlement à différents niveaux (par ex. *fokontany* et être surnaturels).

En général, les populations locales préfèrent résoudre leurs problèmes localement (via la famille, le lignage, le clan, le *fokontany*, commune) et éviter ainsi le tribunal régional. Le niveau est choisi selon la disponibilité de spécialistes en résolution de conflit. Ces derniers se caractérisent non pas en étant un bon négociateur/médiateur en poste dans une institution administrative ou traditionnelle, mais en apprenant et en étant choisi par le destin. La capacité à résoudre des conflits et des problèmes est liée à un savoir-faire spécifique, prenant en compte la connaissance des coutumes, des mythes, de l'histoire des lignages et des clans et la relation des parties opposées. Il existe deux types de spécialistes, le *mpisafiry* et le *mpizaka/mpikabary* :

La communauté locale recherche les conseils du devin-guérisseur (mal. *ombiasa*), qui détermine l'emplacement du *mpikabary/mpizaka* pendant la réunion et le jour de la réalisation, grâce à l'astrologie (assurant la bonne résolution du conflit). Il recommande quelle personne ou quel groupe doit se placer à tel ou tel point cardinal pour pouvoir mener les discours effectifs et pour être bien placé pour la défense contre les attaques de sorcellerie. En outre, afin d'aider les personnes en opposition, il confectionne des talismans (mal. *vo*) pour diversifier la déstabilisation des ennemis et renforcer les capacités de ses protégés.

Le chef traditionnel clanique ou lignage (mal. *mpitan-kazomanga lava* ou *fohe*) n'est pas nécessairement un bon négociateur ou médiateur, ce qui s'explique par le fait que les chefs traditionnels sont choisis de par leur position généalogique et leur âge, et non pour leurs connaissances

en histoire ou leur capacité à parler. Tout comme les *mpisafiry*, les fonctions des *mpitan-kazomanga* sont plus d'ordre consultatif, qu'opérationnel. Cependant, leur rôle est celui d'une instance morale, symbolique, honorifiques ou encore divines régie directement par le créateur traditionnel et les ancêtres. Néanmoins, si une personne à un poste traditionnel est de surcroît charismatique, ces deux propriétés lui octroient une plus grande crédibilité ; cette personne sera donc très recherchée pour les conseils en résolutions de conflit.

Les membres des lignages et des clans vivant dans le *fokontany* sur le plateau ne possèdent pas de chef traditionnel sur place, mais ils ont le lien de parenté historique avec les autorités traditionnelles du littoral. En général, il est assez rare qu'une personne vivant sur le plateau réclame le soutien du chef traditionnel (lignager ou clanique) ; elle cherchera plutôt à résoudre directement le problème sur place. Les procédures de négociation de conflit au niveau local ont lieu en différentes étapes.

Avant de commencer la réunion de gestion de conflit (*kabary*), les hommes des parties opposées organisent souvent une pré-discussion. Il est également courant que durant la réunion, juste après que le dénonciateur a formulé sa demande de remboursement, l'accusé et ses partisans se retirent en petit comité (*mihofike*), afin d'arranger les termes des sanctions. L'objectif de cette consultation est d'éviter toute confrontation directe et toute rupture sociale lors des grandes réunions, et pour maintenir une forme de respect entre les opposants et les ancêtres via des compromis. De plus, un individu n'est pas autorisé à représenter ses propres intérêts. Si ce n'est pas la personne étant dénoncé qui requière cette consultation en petit comité, l'accusateur la proposera afin d'assurer une décision commune. Après le *kabary*, la procédure se poursuit sous forme de discussions supplémentaires en petits groupes ou au niveau du foyer avec les femmes rarement invitées pour participer aux réunions pour la gestion de conflit. Toutes ces consultations préparant, retransmettant et suivant la réunion, sont appelées *safiry*. Il est également possible de remettre à une date ultérieure la réunion, afin de permettre aux parties opposées de réfléchir.

La société *Tanalana* possède son propre système de sécurité, appelé *titike* qui prévient ou punit les infractions à l'ordre public, et protège les personnes et leurs propriétés. Littéralement, *titike* signifie « vœu » ou « maudit ». Dans notre étude, ce terme répond au deux significations. D'un côté, il s'agit d'un rituel punitif ; d'un autre côté, il est utilisé comme pacte social/ serment. Le *titike* comprend des malédictions et des menaces pour la partie coupable, en influençant sur la conscience des personnes ayant commis ou allant commettre une infraction. Les *Tanalana* croient que les êtres surnaturels (ancêtres et créateur traditionnel) sont les juges, qui puniront le fautif. Le *titike* vise à identifier le(s) responsable(s) de l'infraction. Le processus est normalement initié par la victime du crime, c'est-à-dire par propriétaire des biens volés ou victime de sorcellerie. La peur d'être puni pousse le coupable à se rendre. Si une personne refuse de prendre part au *titike*,

TABLEAU 8.2.: Caractéristiques des spécialistes impliqués dans la gestion de conflits *Tanalana*

	<i>Mpisafiry</i> (sage)	<i>Mpizaka/Mpikabary</i> (porte-parole ou médiateur)
Niveau d'action	famille, lignage, clan	clan/lignage, <i>fokontany</i> , commune
Compétences/ connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • savoir sur les relations historiques créées • intégration de la situation conflictuelle • position neutre 	<ul style="list-style-type: none"> • savoir sur les relations historiques créées mais pas aussi détaillé que par le <i>mpisafiry</i> • connaissance et application des discours métaphoriques
Origine de connaissances	Destinée et apprentissage	
Objectifs	Cohésion sociale : compréhension mutuelle des adversaires pour éviter que la réunion conflictuelle ne deviennent plus grosse/officielle (prévention de conflit)	Soutenir et conseiller l'une des parties en conflit

elle montre, sa culpabilité à cause de la peur des sanctions devine. Il existe trois formes pour procéder au *titike* : le *kii* (ensorceler la parole), le *ravodefo* (frapper par une sagaie) et le *doa* (ensorceler à l'aide d'outils magiques).

Il y a deux scénarios possibles : Le *titike* comme pacte social/serment joue un rôle si la situation sécuritaire au sein de la société est faible et menacée. Pendant la procédure *titike* on ensorcele les potentiels coupables et les destinant à être punis par les êtres surnaturels. Ce pacte peut être réalisé à différents niveaux et par différentes autorités (ainés, chefs lignage ou clanique). La personne en charge ensorcelle toutes les personnes à tous les niveaux (*fokontany*, lignages, clans, groupes ethniques) et les oblige donc à ne commettre aucune infraction dans la région ou du moins de ne pas être complice des actes de banditisme venant de l'extérieur. En raison de la croyance locale, quiconque désobéissant à l'ensorcellement, sera maudit durant toute sa vie. Le pacte peut être régénéré via le sacrifice d'un animal et dont le sang sera mélangé à du sable et de l'eau, puis dispersé à différents endroits sur le territoire.

Conclusion

La résolution de conflit peut se faire à différents niveaux d'organisation, grâce à l'aide de spécialistes en médiation. Ces conflits sont la plupart du temps même résolus avant la rencontre officielle, menée par les aînés, entre les parties opposées. Les êtres surnaturels peuvent également se constituer comme autorité, via des intermédiaires. Les habitants *Tanalana* font particulièrement appel à eux lors d'un rituel appelé *titike*, agissant comme un système de sécurité et étant à la fois un pacte social contre les écarts de conduite et un rituel punitif.

8.4. La connaissance de la population locale sur les activités d'utilisation des terres et la transmission de ces connaissances

Nadine Fritz-Vietta, Susanne Stoll-Kleemann

Pour rendre les connaissances scientifiques applicables aux stratégies d'adaptation vers une gestion plus durable des ressources naturelles, nous avons exploré comment des transferts traditionnels de connaissances fonctionnent et les a intégrés dans les méthodes d'apprentissage novatrices.

Un savoir est un ensemble d'informations détenu par une personne ; ici il est question de la compréhension de l'environnement et de son fonctionnement. Les expériences de chacun et leurs significations sont interprétées et retransformées sous forme de savoir. Dans les sociétés ayant un savoir-faire dans la gestion de ressources, ce savoir est modelé au gré des pratiques. Ce savoir est donc essentiellement, informel, tacite et créé via des processus de socialisation entre les personnes. Dans de nombreux cas, cela inclut un certain nombre d'essais et d'échecs et puis intégré dans les institutions et les normes sociales locales. Ce savoir local a souvent lié à la nature, comme les processus naturels et les ressources naturelles exploitées.

La transfert de savoir concerne les flots de connaissances circulant entre la source et le récepteur, mais ne peut avoir lieu que si ce savoir créé a également été stocké par une personne ou dans une source extérieure. Il est important que ce savoir soit transmis de manière compréhensible et mise à disposition de ceux en ayant besoin. En considérant les communautés locales, comme les *Tanalana* dans la région du Plateau Mahafaly, le transfert de connaissances et de savoir a toujours eu lieu, non pas

en transmettant oralement aux enfants des instructions, mais en les encourageant à participer aux activités de subsistance via des jeux imitant les adultes, pour qu'ils en fassent eux-mêmes l'expérience. Il est souvent demandé aux enfants de reproduire ce qu'ils ont au préalable observés. Puis lors du processus d'apprentissage actif, plusieurs étapes doivent être accomplies jusqu'à ce qu'une personne soit tout aussi capable que son maître de reproduire cette tâche (voir figure 8.4).

Ces phases d'apprentissage montrent clairement les différentes étapes qu'une personne doit accomplir au cours du processus d'apprentissage, depuis la définition de la tâche à apprendre jusqu'à la réalisation indépendante. Via la pratique des activités, un savoir codifié peut être transféré, de manière à ce que l'information devienne celle de l'apprenti.

Dans la communauté *Tanalana*, la transmission de savoir se fait le plus souvent entre amis (jeune personnes), entre membres d'une même famille (frères et sœurs) et entre l'enfant et ses parents, voire grands-parents. Le savoir (par ex. des plantes médicinales, gardiennage de troupeau) est le plus généralement passé par les aînés et personnes expérimentés aux générations plus jeunes. Les personnes disent qu'elles ont appris en imitant le spécialiste dans le cas des activités d'utilisation des terres, ou le savoir a été transmis oralement via des comtes ou des explications. Généralement, l'apprenti est encadré par un professeur, ces derniers leur montrant les pratiques et les laissant y participer. Via les instructions du professeur, l'apprenti peut directement mettre en pratique et réaliser une tâche seul. Les mêmes tâches doivent être accomplies plusieurs fois jusqu'à ce que l'apprenti puisse à son tour devenir spécialiste. Tout transfert de connaissances

respectant les activités d'utilisation des terres, peut être qualifié d'expérience pratique, ce qui signifie que la personne apprend tout en « faisant ». Le plus important est que l'apprenti reçoive conseil en cas d'erreur. Quels types de savoirs respectant les activités d'utilisation des terres sont transférés ?

Les systèmes de connaissances identifiés lors des interviews de *Tanalana* dans la région du Plateau Mahafaly peuvent être regroupés par catégories suivantes : écologie, l'utilisation des ressources naturelles, dénominations et interdépendance savoir-croyance.

Savoir écologique : Les *Tanalana* possèdent un savoir compréhensif des processus écologiques, plus particulièrement des arbres. Ils peuvent identifier les sols sur lesquels poussent les arbres, décrire la manière dont ils grandissent, et comment les forêts se régénèrent après un certain temps. Les personnes interviewées sont familières à l'aspect de plantes/arbres et sont sensibles aux signes et signaux environnementaux, par exemple l'indication d'une nouvelle saison ou de précipitations. En outre, ils possèdent un savoir compréhensif relatif à l'agriculture, le gardiennage de troupeaux et la chasse. Ils connaissent par exemple le temps favorable aux diverses activités agricoles, quel système de culture est plus adapté à tel ou tel produit, et savent comment rendre un sol fertile. En ce qui concerne le gardiennage, ils connaissent très bien les grains consommables par le bétail mais aussi à quelle période elles sont en abondance. Enfin pour ce qui est de la chasse, ils ont des informations biologiques quant à l'hibernation, l'accouplement, l'accouchement et le nombre de progéniture des animaux sauvages.

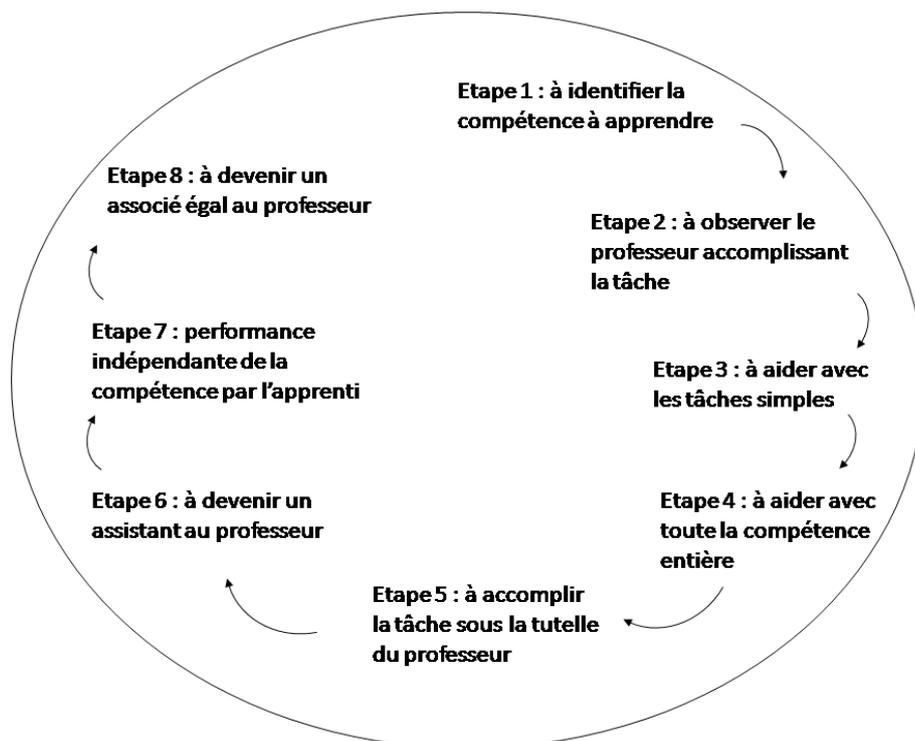


FIGURE 8.4.: Phases d'apprentissage (d'après RUDDLE et CHESTERFIELD (1977), p.116).

Savoir lié à l'utilisation des ressources naturelles :

Au sujet du gardiennage de troupeau, les personnes connaissent un grand nombre de graines pouvant être consommées par le bétail. Concernant la collecte de bois, ils connaissent pour chaque finalité (outils, menuiserie, construction de maison, fabrication de charrette à bœuf ou encore de clôture) le type de bois nécessaire. Ils sont également capables de déterminer quelle partie de l'arbre est la plus adaptée en fonction des besoins (l'écorce, les branches, les racines, les fruits comestibles, les feuilles, etc.). Idem pour la collecte de plantes médicinales en fonction du traitement. Dans la plupart des cas, les plantes médicinales sont administrées sous forme de thé. Hors mis les autres usages de la vie quotidiennes, ces plantes sont utilisées pour la fabrication du cercueil et de talismans. Enfin, les fruits et les tubercules comestibles sont utilisés comme supplément diététique.

Dénomination : Les *Tanalana* connaissent l'ensemble des dénominations des plantes et des arbres utilisables comme fourrage, matériau de construction et traitement. Lors des interviews, les personnes ont également mentionné le nom de différents endroits. Dans de nombreux cas, le nom de ces localités révèle une signification particulière ou est liés des circonstances précises, comme la présence d'un point d'eau pour le bétail, la présence d'êtres surnaturels enlevant des chèvres ou le fait que cet endroit soit sacré. Les arbres spécifiques, particulièrement les arbres sacrés comme le tamarinier, ont des noms spécifiques basés sur leur apparence ou sur l'esprit les hantant, ce qui permet aux personnes de s'en rappeler. D'autres dénominations sont liées à la robe du bétail, aux différentes classes d'âge des bêtes ou encore aux différentes phases d'évolution des plantes.

Interdépendances des connaissances et des croyances : Les aspects socio-culturels incluant la croyance en des esprits surnaturels, les ancêtres et les tabous sont profondément ancrés dans la compréhension *Tanalana* du monde. Leurs connaissances sont de fait reliées au système de croyance. Les personnes consultent les *sikily* (art divinatoire) pour obtenir des informations sur ces esprits surnaturels, appelés *tambahoake* et *koko*. D'après la croyance *Tanalana*, ils sont présents au quotidien et exercent leur influence sur le comportement des humains, qui savent où ces esprits résident comment ils vivent. Les ancêtres jouent également un rôle décisif dans la société *Tanalana*, puisqu'ils ont laissé en héritage des pratiques et des savoirs, qui sont le fruit de leurs propres expériences. Les tabous procurent une forme de distinction au quotidien entre le sacré et l'impur, comme les oiseaux à ne pas chasser ou les lieux sacrés tels que les forêts. Au cours des interviews, nous avons pu établir une liste des couleurs de robes de bétail taboues pour les sacrifices et une autre liste répertoriant les lieux ancestraux tabous.

Notre analyse démontre que les connaissances des *Tanalana* sont très riches et compréhensives, surtout à l'égard de l'environnement. Ces connaissances sont transmises par la pratique des activités d'utilisation des terres, ce

qui nous permet de conclure sur le fait que la relation entre ces activités et le savoir local doit être prise en compte dans la gestion durable du territoire, afin que ce savoir local ne disparaisse pas.

Conclusion

Ces infirmations et connaissances sur ces activités et d'autres encore sont transmises par imitation, par une tradition orale et leur explication. L'apprenti regarde et observe le spécialiste, puis s'essaye à la pratique. Le savoir environnementale est profondément ancré dans la société *Tanalana* et interagit dans les activités d'utilisation des terres et des ressources naturelles. La croyance en des êtres surnaturels intervient dans la constitution de ce savoir environnemental chez les habitants, via la reconnaissance des esprits comme propriétaires des terres et des ressources naturelles, et en apprenant des transmissions ancestrales. De plus, la croyance en ces êtres et les démonstrations de respect envers eux, via des rituels de vénération et les tabous, sont caractéristiques de la société *Tanalana*. Ces composantes spirituelles sont d'une grande importance dans l'utilisation des terres et des ressources naturelles et doivent être prises en compte dans les initiatives de gestion territoriale durable.

8.5. Changement institutionnel

Johanna Goetter

Le travail sur le changement institutionnel analyse les changements dans les règles et normes de la société locale de notre région d'étude en utilisant des études de cas de problèmes ou thèmes spécifiques : (1) Premièrement, le problème de vol de bétail des prétendus *dahalo* ou *malaso*, sujet qui s'est même étendue jusqu'aux médias internationaux, (2) deuxièmement la privatisation de l'arbre fourrager important *samata* (*Euphorbia stenoclada*), et (3) troisièmement les coutumes funéraires de les *Tanalana* et *Mahafaly*, connus pour ceci dans le pays entier (MACK 1986).

1. L'étude de cas sur le vol de bétail (GOETTER soumis) montre que dans les décennies récentes, notamment après 2010, le vol de bétail est devenu une inquiétude majeure pour les éleveurs. La stratégie principale des éleveurs pour minimiser le risque de vol de bétail est de passer plusieurs mois de l'année avec leur bétail sur le littoral comparativement plus sûre, ce qui est le mouvement inverse de la transhumance traditionnelle des bergers dans la région Plateau Mahafaly. Les résultats révèlent que les droits d'accès aux terres ancestrales n'est pas une contrainte pour cette nouvelle mobilité pastorale. Le nouveau mouvement de transhumance a été permis grâce à des normes pro-sociales de solidarité, des droits d'invité, et l'hospitalité inconditionnelle (*fihavanana*) partagé par les bergers de la région. Des éléments vitaux additionnels sont des modèles mentales de parenté (*raza, longo*) et l'institution

indigène formelle de la création de confiance par des serments de sincérité (*titi*, *kine*). Cependant les vols de bétail fréquent ont mené à un changement social et à un environnement de méfiance, plaçant récemment des contraintes sur la mobilité pastorale. Par conséquence, l'hospitalité et les droits d'invité sont de plus en plus déterminés par la parenté, et la définition même de parenté est devenu plus restreinte par les bergers. Ces contraintes sociales entraîne que pas tous les bergers prennent part à la transhumance vers la plaine côtière. Notamment les éleveurs d'origine *Mahafaly* (contrairement à ceux qui se définissent comme *Tanalana*) décident souvent que c'est mieux de rester chez soi. Les résultats illustrent à quel point le problème de vol de bétail influence les normes sociales et modèles mentales de la société rurale sur la solidarité et la parenté. Plus généralement, cette étude souligne l'importance de modèles mentales et l'interprétation individuelle divergente des normes sociales pour la capacité d'adaptation des gens.

2. L'étude de cas sur la privatisation de l'arbre fourragère *samata* (*Euphorbia stenoclada*) qui pousse au littoral (GOETTER et NEUDERT en préparation) illustre le processus de privatisation étape par étape, ainsi que les réactions à l'intérieur des communautés locales cumulant par des tentatives pour réguler les activités de privatisation. Les résultats révèlent que tandis que les communautés locales ont traditionnellement tenus les ressources de pâturage en accès-libre, aujourd'hui les droits de propriété privé sur le *samata* sont devenus largement socialement acceptés. Le nouveau régime institutionnel régulant le processus de privatisation de *samata* n'était cependant pas un succès. En effet, l'implémentation et l'exécution sont si faibles que beaucoup de locaux perçoivent ces tentatives comme un échec. Ceci est principalement dû à deux facteurs : Premièrement, un fort pouvoir de négociation de la part des éleveurs privatisant le *samata*, couplé avec un manque de pouvoir et d'action collective des communautés locales, et deuxièmement, une idéologie locale spécifique sur la légitimation de l'appropriation des ressources qui est grandement formée par un contexte historiquement pauvre en restrictions institutionnelles. Cette étude montre que même dans un contexte de conditions socioéconomiques et écologiques relativement stables, la transformation de droits coutumiers de propriétés sur la terre et ressources naturelles peut être très dynamique au Madagascar rural. De plus, ceci pointe du doigt les difficultés que les communautés locales Malgaches font face en adaptant ou créant des systèmes locaux de gestion communautaire des ressources naturelles non basé sur l'intervention d'agences tel que les ONGs (voir sous-chapitre 8.6).
3. Le troisième étude de cas (GOETTER en préparation) révèle que les cérémonies funéraires entre les peuples *Tanalana* et *Mahafaly* ont subi des changements qui contraste avec le développement actuel socioéconomique de la région : Même si beaucoup d'interviewés ont montré leurs inquiétudes envers l'appauvrisse-

ment régional continué attribué pour la plupart à l'impact négatif du changement climatique, les coûts des tombes traditionnellement chères et fêtes funéraires exorbitants ont augmentés. Les règles traditionnelles demandent déjà un certain niveau pour les cadeaux et divertissement des deux côtés, mais aujourd'hui les fêtes funéraires se sont développées en l'évènement principal de la région pour « voir et se faire voir ». Fanfaronner et la compétition pour devenir célèbre avec la plus grande dépense d'argent ont fait les funérailles un fardeau économique pour tous, notamment pour les familles pauvres. Alors que les règles traditionnelles sur le devoir autour des cadeaux ont été jugés comme très flexibles et facilement adaptable à la situation économique individuelle des gens, la peur de bavardage et d'humiliation sociale fait que moins dépenser pour les divertissements ou les cadeaux devient la plupart du temps impossible. Aujourd'hui, les familles organisateurs ainsi que les invités des fêtes funéraires dépensent souvent son épargne ou s'endettent pour le divertissement ou les cadeaux. L'étude illustre la transition sociale continue dans la société Malgache rurale et comment les biens vieux et neufs et les valeurs et normes traditionnelles et nouveaux critères sont mélangés à des 'nouvelles coutumes' qui sont cependant pas nécessairement adaptés aux besoins économiques des gens.

Conclusion

Les trois études de cas démontrent que les sociétés *Tanalana* et *Mahafaly* dans la région d'étude sont en effet dans une phase de changement institutionnel plutôt dynamique. L'oralité de la société mène à un cadre institutionnel où les règles et normes traditionnelles coexistent avec des versions institutionnelles adaptées et récemment créées qui souvent empiètent thématiquement et aussi contredisent les versions plus vieilles. Ce pot-pourri d'institutions guide le comportement de gens de manières différentes, puisque l'oralité implique aussi que les gens sont libres d'appliquer consciemment et inconsciemment quelques institutions, et de négliger l'existence et la validité d'autres. L'adaptation de la part des individus et ménages profite majoritairement de cette indétermination institutionnel. Cependant, au niveau de groupes plus larges comme les communautés des villages ou, cela constitue d'un défi pour la coopération et d'action collective qui exigent des modèles mentales partagés sur le fonctionnement et les règles du groupe et les normes de comportement obligatoires.

8.6. Privatisation de l'arbre fourragère *samata* (*Euphorbia stenoclada*) au littoral du Plateau Mahafaly à Madagascar

Johanna Goetter

L'élevage de bétail est l'une des activités principales de deux sur trois groupes ethniques de la zone d'étude. Pour les peuples *Tanalana* et *Mahafaly*, l'élevage de bétail est d'une grande importance économique et culturelle. Dans la zone littorale du Plateau Mahafaly les conditions climatiques et édaphiques, en combinaison avec les mouvements altérés des troupeaux, ne supportent pas l'élevage de bétail en grande partie à cause des graminées fourragères. Pendant une saison de 6–7 mois (Mai–Novembre), les éleveurs dépendent de plantes fourragères supplémentaire, surtout l'arbre *samata*.

Les branches de *samata* sont coupées de la plante, hachées en petits morceaux, puis données à manger aux animaux pour fournir du fourrage ainsi que de l'humidité. En les utilisant ainsi les arbres sont sévèrement endommagés mais peuvent se régénérer en 1 à 3 ans avec assez de pluie s'ils ne sont pas surexploités. Cependant, la grande demande de cette ressource fourragère a mené à une surutilisation sévère de beaucoup de réserves : La première coupe d'un jeune arbre prend place beaucoup plus tôt, et des arbres entiers sont coupés ou tellement endommagés qu'ils meurent ou ne peuvent pas vraiment se régénérer. D'autant plus, le manque de chutes de pluie a mené à une baisse de taux de croissance et de régénération. Aujourd'hui, dans beaucoup de *fokontany* les ressources de *samata* ne sont plus suffisantes pour nourrir les animaux locaux. Ce développement est lié avec la forte privatisation de *samata*.

Méthodes

Ce document décrit la situation et le procès de la privatisation de *samata*. Il est le résumé d'une étude élaboré en 2012 et 2013 dans le cadre du travail du projet SuLaMa. Pour cette étude, l'auteur a fait 111 interviews avec un, deux ou plusieurs villageois et autorités (chefs de *fokontany* ou *mpitankazomanga*) de 20 *fokontany* entre *Solara* et *Vohombe*. Le centre d'attention est le Commune de Beheloka avec 68 interviews (Itampolo : N=27, Soalara : N=12). En outre, l'auteur a visité la zone pâturage et les enclos de *samata* autour de 13 *fokontany* et discuté la situation avec un guide local.

Résultats

Les trois types de *samata* privée

Tandis que les champs agricoles sont les possessions privées des ménages ou familles élargies (*raza*), les zones de pâturage sont traditionnellement une ressource en

libre accès. Dans le passé éloigné, les droits de propriété privées ou communes de *samata* n'existaient pas, mais il y avait libre accès à toutes réserves. Aujourd'hui, les droits de propriété privée de *samata* existent à côté des droits d'accès libre à des zones communautaires (*samata na fokonolo*).

Trois différents types de droits de propriété privée sur le *samata* existent, qui diffèrent grandement selon le degré de consentement social et légal :

1. Les plus communs et acceptés sont des droits privés sur les arbres *samata* autour des parcs à bétail (*vala na biby*) sur des terres de pâturage communes.
2. Les terres de pâturage contiennent aussi des réserves de *samata* marquées privées. Les marques (piqué) se constituent de lignes de cactus, et sont aussi utilisées pour délimiter les bords de champs agricoles. Cette type n'existe pas dans tous les *fokontany* et n'est pas légale ou socialement accepté.
3. Dans la zone agricole, les gens ont créé des enclos de *samata* en clôturant les réserves. Comme ces enclos existaient autrefois pour protéger de l'herbe (*boka*), les enclos de *samata* sont aussi appelés *vala n boka*. Certaines personnes ont aussi créé des plantations de *samata* (*mamboly na samata*) qui sont clôturées si elles se trouvent dans une zone agricole ou de pâturage, mais pas si elles sont dans le village. Tandis que les droits privés autour des parcs et *samata* marqués se rapportent seulement aux arbres, les droits de propriété des enclos de *samata* comprennent aussi la terre elle-même.

Comme les gens ne connaissent aucune méthode pour multiplier les arbres *samata* avec des boutures ou plants, ils accroissent leurs réserves privées en détarrant les petits arbres des endroits sauvages communes, et les replantent dans leurs propres terrains privés. Cette pratique est largement acceptée, mais elle nuit à la régénération de la population sauvage.

Le procès de privatisation

L'émergence de droits de propriété privée dérive du comportement cumulatif des villageois. Une formalisation de ces nouveaux droits de propriété privée n'a jamais été forcée par ceux qui s'approprient des terres, mais ont pris lieux seulement plus tard, durant le processus de régulation. L'appropriation des arbres *samata* a commencé il y a 50–60 ans, et a accéléré il y a 20–30 ans, surtout après l'année 2000. Ça a commencé à cause du manque grandissant des réserves communes, la distribution inégale des *samata* privés déjà existant, et l'émergence du marché de *samata*. Au début, l'appropriation n'était pas interdite par des règles communales ou par un tabou ancestral, mais seulement restreint par les normes sociales comme « ne soit pas égoïste » ou « ne prend pas plus dont tu as besoin ». Selon les villageois qui ne s'appropriaient de rien, ils ne se souciaient apparemment pas des nouvelles revendications des individus, car ils ne percevaient pas le

samata comme une ressource rare. De plus, les droits de propriété privée étaient pour la plupart acceptés grâce à une variété de raisons idéologiques.

Malgré l'attitude de laissez-faire initial par rapport aux nouveaux droits de propriété privée, au fil du temps beaucoup de villageois ont commencé à se sentir inconfortable face à l'accélération de l'appropriation. La clôture de grandes parties des zones de pâturage communales a été de plus en plus perçue comme un comportement égoïste et injuste. Ce mécontentement n'a cependant pas empêché beaucoup de gens de clôturer, qui sont vus comme des gens « forts ». Cette « force » est attribuée à une richesse économique, mais aussi à une indifférence personnelle par rapport à la provocation de conflits et de ragots sociaux entre les villageois.

Le procès de création des règles

Au cours des années, les plaintes de villageois pour les chefs de *fokontany* et les autorités locaux traditionnels ont déclenchées des réunions de village visant à discuter du problème et à trouver une solution par consentement. Beaucoup de communautés ont créées de nouvelles règles (*dina*) restreignant l'appropriation par un consentement de la communauté rassemblé lors d'une réunion de villageoises (*fokonolo*, mais seulement les hommes ont prennent activement parti). Cependant, le consentement nécessaire n'a pas été atteint partout. Les premières réunions communautaires et création de règles ont eu lieu dans le *fokontany* de *Marofijery* (Commune de Beheloka) au milieu des années 1990. Dans la plupart des autres *fokontany*, les réunions visant à réguler l'appropriation n'ont pas eu lieu avant 2010. Pour la Commune de Beheloka, le plus grand pas vers la création de nouvelles règles était une réunion de tous les chefs de *fokontany* qui a eu lieu au bureau de la commune en 2010. Après qu'une nouvelle régulation a été créée par le chef de commune, les *fokontany* ont convoqué des réunions de *fokonolo* pour répandre et discuter des nouvelles règles. Par conséquence, même les *fokontany* qui n'avaient pas encore décidé sur une régulation étaient obligées d'appliquer directement les règles régionaux (au minimum de jure), qui décrit que tout le monde n'a le droit qu'à un hectare de *samata* privé maximum.

Au Commune de Soalara, le maire de la n'a pas joué un rôle active dans création des nouveaux règles communautaires (selon des rapports datant jusqu'à fin 2013). Le maire de la Commune d'Itampolo a visité les *fokontany* et a essayé de convaincre les villageois de trouver une solution pour l'appropriation non-régulé. Dans les deux communes, une régulation n'a pas été créée régionale, et dans beaucoup de villages la création de règles locales est un processus toujours en cours de réalisation. Les régulations locales décrivent aussi la taille maximale sur les atouts totaux d'un individu, ou la taille de chaque parcelle, liée avec un nombre maximal de parcelles par personne.

Cependant certains *fokontany* ont seulement créés des règles pour certaines des trois formes d'appropriation. Par exemple les gens du *fokontany* d'Ankilibory (Commune d'Itampolo) ont fixé la taille du *samata* privé autour du parc de bétail et a interdit le *samata* marqué, mais durant la recherche sur le terrain ont dit qu'ils « travaillent encore » sur un accord sur les enclos de *samata*.

Les nouvelles règles de droits de propriété de *samata*

En tenant compte de ces tentatives pour réguler l'appropriation, des règles officiellement validées pour les *samata* varient entre les *fokontany*. Dans la plupart des villages des règles régulent l'appropriation, mais ne restreignent pas l'utilisation des réserves communes. Les régulations posent une certaine limite sur la taille maximale des atouts d'un individu, ou de la taille de chaque parcelle, liée avec un nombre maximale de parcelles par personne. Par conséquence, tous les atouts dépassant la taille autorisée doivent être réduits ou abandonnés. Des règles indiquant comment répondre à la non-conformité, par exemple ne pas réduire les parcelles trop grosses, ont été créées dans quelques *fokontany* seulement, et n'indiquent que des frais de sanction mais aucune date limite pour ceux qui s'approprient les terres ou pour les autorités.

Les droits privés de *samata* marqué ont été déclarés invalides dans la plupart des communautés. À son tour, les communautés ont officiellement acceptées les droits de propriété privée des enclos et parcs de *samata*. Les deux types sont équipés avec les paquets complets de droits de propriété privée, incluant le droit d'aliéner. Cependant, le droit pour le *samata* autour de parcs est lié à l'usage du parc et donc à l'existence d'un troupeau. Pour éviter plus d'appropriation, la plupart des communautés ont trouvé l'accord de permettre seulement un parc par troupeau.

La connaissance des villageois des règles validées était souvent plutôt limitée, et les opinions divergeant existaient même au sein d'un même village. Donc, l'information sur les tailles permises localement ou régionalement est contradictoire, avec des tailles données qui varient dans un même *fokontany*. Par exemple, dans la Commune de Beheloka, des déclarations sur l'étendu d'une zone privée permise autour du parc varient d'un rayon de 5 à 100 m et de 0,5 à 1 ha de place.

La situation d'implémentation des règles

Dans la plupart des communautés, les régulations sur l'appropriation de *samata* sont loin d'être mises en œuvre avec et appliquées. La grande majorité des interviewées perçoivent la privatisation continue comme « mauvais » et beaucoup favorisent même l'idée d'un régime de propriété commune sans droits de propriété privée. En même temps, beaucoup d'interviewées ont montré leur résignation et ne pensaient pas que la régulation pourrait « fonctionner au final ». Les interviewées ont relié les

raisons de l'échec de l'exécution avec le comportement de tous les partis impliqués : Beaucoup d'interviewées ont perçus un manque de sanctions locales, même si des règles de sanctions et des amendes ont souvent été créés. Les chefs de *fokontany* auraient été passives devant ceux qui s'approprièrent des terres par cette même peur de vengeance par ces gens « forts » qui incitait les villageois à ne pas signaler les atouts privés illégaux. C'était aussi dit que les chefs de *fokontany* étaient en général les mauvais acteurs pour appliquer avec succès ou même créer une régulation contraignante. Les maires de communes ont aussi été blâmées pour leur passivité, par exemple leur non-réaction par rapport aux requêtes des *fokontany* demandant de l'assistance dans la mise en application des règles. Les villageois ont été accusés de trouver un accord sur l'appropriation, mais par la suite continuer de s'approprier des terrains.

Pour ce qui concerne l'imposition des règles, les régulations ne sont pas des 'règles en application', donc beaucoup d'interviewées perçoivent l'imposition comme invalide ou non existant. Ils ne condamnent pas ceux qui « clôturent autant qu'ils peuvent ». Dans les villages où il n'y a plus d'endroit pouvant être approprié, ne pas posséder beaucoup de *samata* est perçu comme un manque de clairvoyance ou la « mal chance » d'être « venu trop tard ».

Accès et distribution des réserves et marché de *samata*

Aujourd'hui, les réserves privées de *samata* sont inégalement distribuées entre les villageois. Au sein d'un même village quelques personnes possèdent des grandes parcelles privées qui sont plus que suffisantes pour couvrir les demandes de leurs troupeaux, tandis que d'autres possèdent seulement quelques parcelles privées ou même aucune. Beaucoup de personnes dépendent de l'achat de *samata* et de l'utilisation des zones communautaires qui sont souvent beaucoup plus appauvries que les réserves privées.

Sur une échelle régionale, les réserves communautaires et privées sont de meilleure qualité et quantité au sud, surtout au sud du *fokontany* de Behazomby. Dans les villages au nord, le montant total des réserves locales ont souvent été perçues comme insuffisant pour nourrir tout le bétail d'un village.

Un marché régional pour le droit de jouissance (*usus fructus*) annuel sur les réserves de *samata* a émergé depuis le milieu des années 1990, avec une lourde augmentation des prix après 2010. Aujourd'hui, le *samata* est devenu une culture régionale de rente. Aujourd'hui, même les personnes sans bétail possèdent leurs propres réserves pour vendre les droits. Les droits sont vendus pour récolter un certain nombre d'arbres (un arbre coûte entre 300 et 5000 MGA (entre 0,08 € et 1,38 €)), mais principalement des arbres d'une certaine zone. Par exemple, le coût du montant de *samata* nécessaire pour nourrir 15 zébus pour

5 mois varie entre 17 000 et 855 000 MGA (4,8 €–242 €, valeur médian : 75 000), ou si le « monnaie » est bétail, entre 0,14 à 4,69 zébus (valeur médian : 0,50, la plupart du temps des animaux de catégorie *tamana* (femelles de un à deux ans), données de 2012/13). Les prix sont un peu plus bas dans la région au sud, mais dépendent principalement de la relation personnelle entre acheteur et vendeur et de leur négociation. Comme les prix sont plus élevés au nord où les réserves communautaires sont plus lourdement appauvries que dans le sud, beaucoup d'éleveurs vont vers le sud pour trouver des réserves moins chères ou du *samata* gratuit dans les zones communautaires. Comme ça, le manque de biomasse de *samata* mène même à une migration temporaire des troupeaux dans la région côtière elle-même.

Chapitre 9.

Modélisation de l'utilisation alternative des terres

Pour façonner des stratégies efficaces de conservation de nature et de gestion durable, les gestionnaires du paysage et les décideurs doivent comprendre les liens sous-jacents des changements de l'utilisation et de la couverture des sols (LULCC – Land Use and Land Cover Changes) et les processus de déforestation (KATES et al. 2001), ce qui peut générer de nombreux problèmes environnementaux du niveau mondial au niveau local. Cela est particulièrement vrai pour Madagascar, où le taux de déforestation totale au cours des dernières décennies a été très élevé (SUSSMAN et al. 1994 ; HARPER et al. 2007 ; BLANC-PAMARD 2009). Des réductions importantes du couvert forestier ont eu lieu dans le sud-ouest de Madagascar (CASSE et al. 2004), où l'insécurité alimentaire est un problème grave, et où les populations locales dépendent dans une très large mesure des ressources naturelles pour assurer leur subsistance. La croissance démographique continue, l'aridité croissante, des techniques d'utilisation des terres non durables et d'autres problèmes socio-culturels ont encore augmenté la pression sur les ressources forestières et a déclenché des LULCC. Cependant, il existe de grandes incertitudes dans la compréhension des facteurs d'influence et des effets de LULCC sur les services et les fonctions écosystémiques, la sécurité alimentaire des ménages et les stratégies d'adaptation.

9.1. Modélisation du changement de la couverture et de l'utilisation des sols

Katja Brinkmann, Fanambinantsoa Noromiarilanto, Laetitia Samuel, Miadana H. Faramalala, Andreas Buerkert

De nombreuses études ont porté sur les modes de changement d'utilisation des terres afin de décrire et de surveiller 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 SIG et de techniques de télédétection. Afin de mieux comprendre les processus de LULCC (Land Use and Land Cover Changes) et d'informer les décideurs sur les futures tendances possibles sous différents scénarios, il existe une grande variété de modèles d'utilisation des terres (KOOMEN et al. 2007). Cependant, beaucoup de ces modèles ne sont pas appropriés pour décrire la complexité des systèmes humains et environnementaux et le processus de prise de décision sous-jacent des utilisateurs des terres et leurs interactions (BERGER 2001). Sans tenir compte des décisions humaines dans les modèles de LULCC, l'incertitude sur les résultats des modèles va augmenter et il est impossible d'évaluer comment les gens réagissent aux changements environnementaux. Pour une analyse plus intégrée des décisions sur l'utilisation des terres et des processus environnementaux, les modèles à base d'agents (ABM – Agent Based Models) ont évolué comme des extensions prometteuses d'autres techniques de modélisation (ARGENT 2004 ; FILATOVA et al. 2013). Par exemple, LUDAS (Land Use Dynamics Simulator, LE et al. 2008 ; LE et al. 2010) a été conçu pour la simulation des décisions sur l'utilisation des terres et des LULCC de différents scénarios au Vietnam. Pour analyser et étudier les processus de LULCC régionales suite à des décisions humaines, une approche empirique a été utilisée pour le paramétrage d'un modèle ABM aux Pays-Bas (VALBUENA et al. 2010). Pour la caractérisation et le paramétrage empirique du comportement humain dans le ABM une approche itérative est recommandée (SMAJGL et BOHENSKY 2013 ; SMAJGL et BARRETEAU 2014), qui combine les données des enquêtes sur les ménages, la validation d'experts et les données de recensement. Pour impliquer activement les acteurs locaux dans le processus de modélisation, et pour analyser le processus de prise de décision des agriculteurs, les modèles mentaux et les cartes cognitives floues (FCM) sont des outils précieux, ainsi que les « jeux de rôle » et la « planification pour de vrai » (BOISSAU et al. 2004 ; REIF et al. 2008).

Afin de fournir les informations spatialement explicites sur les LULCC, d'identifier les facteurs d'influence des processus de transformation du paysage, d'évaluer la sécurité alimentaire et la fourniture de services écosystémiques importants et de simuler les futures tendances possibles des systèmes d'utilisation des terres, SuLaMa a utilisé différentes techniques de modélisation

spatiale et de télédétection, ainsi que des enquêtes socio-économiques décrites dans le présent chapitre.

Méthodes

Données de base socio-économiques et enquêtes villageoises : Afin de caractériser les villages dans la région d'étude et de recueillir des données de base socio-économiques pertinentes pour l'analyse et la modélisation des LULCC, des entrevues semi-structurées et des discussions de groupe au niveau des villages ont été menées. Le questionnaire de l'enquête villageoise a été préliminairement dans plusieurs villages et a traité les sujets suivants : (1) la population, l'origine et l'histoire du peuplement, (2) la disponibilité des services et des atouts, (3) la disponibilité des ressources naturelles et l'occurrence de catastrophes naturelles, (4) les activités agricoles et la gestion des terres, (5) d'autres activités économiques, et (6) les aspects sociaux (questions de sécurité, les tribus et les groupes ethniques, les lieux sacrés et les tabous, les ONG et les associations travaillant dans le village). Un total de 119 villages a été visité et interrogés dans six communes (Beheloke, Beantake, Beahitse, Betioky Sud, Itampolo, Masiaboay). Les entrevues de groupe au niveau du village ont été menées avec le président du *Fokontany* ou son représentant y compris 15–20 habitants du village des deux sexes et de différents âges. Pour mieux interpréter les différences dans les processus de déforestation parmi ces villages, les villages ont été caractérisés et résumés en groupes « représentatifs » en fonction de leur situation géographique, leurs activités socio-économiques et leur situation économique. Par conséquent, une analyse typologique des données de l'enquête villageoise a été menée. L'analyse discriminante a été utilisée pour tester les différences entre les groupes révélées et le pouvoir discriminant des différentes variables utilisées lors de l'analyse typologique.

Analyses des changements d'utilisation et de couverture des terres (LULCC) : Basé sur des classifications d'images satellitaires, des données biophysiques spatiales et des données socio-économiques obtenues à partir des enquêtes, nous avons examiné le rôle des caractéristiques des villages sur le LULCC et le processus de la fragmentation des forêts sur la région Mahafaly pendant les 40 dernières années. Dans le cadre de cette étude, une série d'images satellitaires de 1973 à 2013 ont été classées en utilisant une approche supervisée. Les tendances de la déforestation et du LULCC ont été identifiées pour différentes périodes.

Les facteurs affectant directement les processus de déforestation, les sous-jacents socio-économiques, les facteurs biophysiques aux tendances de la déforestation ont été étudiés au niveau des villages à partir des analyses de régression.

Puisque plusieurs facteurs sont liés au LULCC, nous avons mené des analyses approfondies en plus pour les sites d'études sélectionnés dans le littoral et sur le plateau pour représenter les tendances du LULCC de 1949 en 2012. Des images historiques (de 1949 au 1966) obtenues

après du service de la cartographie nationale de Madagascar (FTM), des images de Google Earth (2004,2010), et des images à haute résolution des Pléiades (2012) ont été classées pour suivre le LULCC sur le Plateau Mahafaly. Dans huit villages, les plus anciens ont été enquêtés pour comprendre l'histoire de la migration des villages. Pour les enquêtes, une approche semi-structurée a été utilisée, par laquelle les gens racontent leur histoire personnelle (biographies) suivant des questions clés pour noter les moments et les événements qui se sont déroulés (révolution, famine, politiques et élections, etc.).

Estimation de la production agricole et évaluation de la sécurité alimentaire

L'agriculture pluviale de subsistance, l'agriculture sur brûlis sur le Plateau Mahafaly est limitée par la disponibilité en eau et en nutriments tout au long de l'année et est régulièrement contrainte par les catastrophes naturelles comme les sécheresses, les cyclones et les sauterelles. Par conséquent, le taux de malnutrition chronique est très élevé dans cette zone, atteignant 42% en 2009. Pour évaluer le niveau de la production agricole actuelle et la sécurité alimentaire, des enquêtes socio-économiques des ménages, des mesures sur terrain et des analyses avec la télédétection ont été menés dans trois villages (Andremba, Miarintsoa, et Efoetse). Des photographies aériennes, haute résolution de plusieurs années et des données collectées sur terrain ont été utilisés pour établir des cartes de l'utilisation des terres et des plans cadastraux.

Pour évaluer les productions agricoles, des données de références ont été collectées pour le manioc et pour le maïs dans 10 champs par village. En outre, le rendement et la couverture pour d'autres produits agricoles (millet, patate douce, haricots et lentilles) ont été inventoriés dans quelques champs de culture sélectionnés. Basé sur des photographies aériennes, la couverture de chaque plant de manioc et la totale couverture de maïs ont été calculées pour tous les champs de culture en utilisant une classification d'images basée sur les objets. La biomasse au-dessus du sol ($R = 0.70$) et la biomasse en dessous du sol ($R = 0.51$) du manioc sont fortement reliées avec la couverture du pied de manioc et les formules de régression qui en résultent ont été utilisées pour extrapoler les productions en tubercules de manioc.

Utilisant les productions agricoles mesurées et calculées par ménage, l'autosuffisance en nourriture a été calculée, qui est une capacité pour un ménage de subvenir à son propre besoin en nourriture. En outre, des questionnaires semi-structurés ont été utilisés pour rassembler des informations sur la consommation et sur la dépense pour les 60 ménages. L'indice de la sécurité alimentaire a été calculée à partir de la prise de nourriture et des demandes en calories pour un ménage.

La cartographie et la classification endogène des sols

Pour une mise en œuvre réussie des conditions naturelles dans notre modèle et pour la mise en place de stratégies spatialement explicites de gestion durable, des cartes numériques des sols détaillées et de qualité ont été établis. Nous avons utilisé une approche participative basée sur l'ethnopédologie et la cartographie des sols endogène. L'objectif était de découvrir le système de classification endogène des sols utilisé par les populations locales dans trois villages différents (Efoetse, Andremba et Miarintsoa) et de construire une « taxonomie des sols » dans la langue locale. Dans chaque village, un « Atelier sur les sols » a été menée avec 20–25 habitants pour déterminer la taxonomie locale des sols et l'importance culturelle et agricole des différents types de sol, qui ont été déterminé par les participants de l'atelier. Basé sur la taxonomie et la classification des sols obtenues, une cartographie des sols participative a été menée sur les terrains autour des villages (5 km²) en utilisant des appareils GPS et des photographies aériennes. Pour comparer la classification des sols locaux à la taxonomie des sols scientifique, des profils et des échantillons de sol (analyse des propriétés physiques et chimiques au laboratoire de l'Université d'Antananarivo) ont été prélevés pour chaque type de sol.

Modélisation de scénarios de l'utilisation des terres : SEALM – (SuLaMa Empirical Agent-based Land-use Model) Modèle SuLaMa empirique à base d'agent sur l'utilisation des terres

Pour analyser et explorer les processus de LULCC, le SEALM (Modèle SuLaMa empirique à base d'agent sur l'utilisation des terres) a été développé qui sert comme un outil d'aide à la décision pour la gestion de l'environnement. Notre objectif était

- i) de simuler les tendances futures possibles du système d'utilisation des terres et des effets de ces tendances sur l'environnement, l'économie des ménages et la sécurité alimentaire,
- ii) d'analyser la résilience du système d'utilisation des terres aux catastrophes naturelles et d'étudier les stratégies d'adaptation des petits exploitants agricoles à l'insécurité alimentaire et
- iii) d'identifier les zones de points chauds des LULCC dans l'espace et dans le temps

Les données socio-économiques et biophysiques de trois villages différents, Miarintsoa, Efoetse et Andremba, ont été utilisées pour paramétrer le SEALM. Pour la mise en œuvre technique une approche de modélisation à base d'agent (ABM, Netlogo) a été utilisée basé sur les données empiriques des lots de travail de SuLaMa. Le ABM est une sorte de technique de simulation, dans laquelle la prise de décision et les interactions humaines sont les éléments essentiels (ARGENT 2004 ; FILATOVA et al. 2013 ; KOOMEN

et al. 2007) et peut ainsi aider à mieux étudier les voies dynamiques des systèmes homme-environnement couplés. Les agents sont décrits comme des entités uniques et autonomes qui interagissent localement entre eux et leur environnement (RAILSBACK et GRIMM 2012). La relation entre les agents et leur environnement ainsi que la succession des décisions et des actions lors de la simulation sont définies par des règles. Des arbres de décision ont été construits pour décrire les règles des processus de prise de décision des agriculteurs dans le modèle. Grâce à des ateliers participatifs et des jeux de rôle dans trois villages différents (Efoetse, Andremba et Miarintsoa) ces arbres de décision ont été validés avec les populations locales (voir jeux de rôle, chapitre 2.3). Le SEALM se compose de différents modules de base : Le module des ménages et de la production agricole, de l'élevage, du climat, du paysage et le module de la croissance des forêts.

Résultats et discussion

Données de base socio-économiques et enquêtes villageoises

Six types de villages ont été identifiés à l'aide de l'analyse typologique, trois dans le littoral et trois sur le plateau. Les types d'habitat représentent un gradient dans la situation économique, la situation géographique, la taille et les différences des activités économiques et agricoles (voir tableau 9.1). « P-marché » et « L-marché » sont des villages avec des places de marché respectivement sur le plateau et dans le littoral et sont caractérisés par une comparativement bonne infrastructure, généralement avec des surfaces de terres cultivées plus grandes et un nombre plus élevé d'habitants et de bétail. En revanche, « P-marginal » et « L-marginal » représentent les villages avec une mauvaise infrastructure, le nombre le moins élevé de têtes de bétail et la plus petite superficie cultivée, bien que le nombre de différentes cultures cultivées est relativement élevé. « P-mixte » sont les villages du plateau avec un système agricole mixte d'élevage de bétail

TABLEAU 9.1.: Caractéristiques des types de villages dans la région Mahafaly résultant de l'analyse typologique (BRINKMANN et al. 2014).

	n	Description	Population	UBT	Infra-structure	Cultures 2013 (km ²) ¹	
			Moyenne (écart-type)	Moyenne (écart-type)	Moyenne (écart-type)	Moyenne (écart-type)	
Plateau	P-marché	14	Infrastructures convenables, existence de places de marché	1423 (806)	555 (510)	3.6 (2.1)	9.1 (4.2)
	P-mixte	22	Infrastructures intermédiaires, système agricole mixte	913 (563)	210 (170)	1.7 (1.1)	9.5 (6.9)
	P-marginal	24	Faibles infrastructures, système agricole mixte avec peu de zébus et un nombre élevé d'espèces cultivées	424 (263)	141 (150)	0.5 (0.4)	5.7 (3.8)
Littoral	L-marché	10	Bonnes infrastructures, places de marché	1288 (1000)	370 (303)	4.4 (2.4)	14.6 (8.6)
	L-zébu	14	Infrastructures intermédiaires, transhumance, nombre élevé de zébus	1094 (690)	525 (470)	2.1 (1.5)	16.0 (8.5)
	L-marginal	26	Faibles infrastructures, peu de zébus, groupe ethnique dominant : Tanalana	317 (238)	108 (82)	0.8 (0.7)	10.8 (7.9)
Total	110		803 (759)	279 (421)	1.8 (1.9)	10.3 (7.4)	

Abréviations : UBT = Unité de bétail tropical ; Infrastructure = Nombre d'éléments d'infrastructure (école, église, hôpital, marché, véhicule) ; Cultures 2013 = Superficie totale des terres cultivées dans la zone tampon des villages en 2013 (km²)
 1) Les terres cultivées ont été manuellement numérisées pour l'année 2013 à partir d'images satellites à haute résolution. Les données ont été résumées pour chaque zone tampon de village (50 km²).

et de cultures, tandis que « L-zébu » représente également des systèmes agricoles mixtes, mais ces villages sont caractérisés par un grand nombre de bovins et sont situés sur le littoral. L'analyse discriminante a révélé des différences significatives entre les six types d'habitat : 92,3% des cas contre-validés groupés ont été classifiés correctement. Les principaux facteurs discriminants étaient l'infrastructure, l'affiliation d'un village à une place de marché, le nombre de zébus, la superficie cultivée totale et le nombre de plantes cultivées.

Analyses de l'utilisation et de couverture des terres (LULCC)

Au cours des 40 dernières années, le taux de pertes en espace forestière est de 45% ce qui a conduit à l'augmentation des savanes et à la fragmentation des forêts, où les taux de déforestation n'ont pas été constants à travers les différentes périodes. La déforestation était plus sévère dans des zones reculées, et près des petits villages qui sont pauvrement connectés à des infrastructures et des principaux marchés et qui sont relativement jeunes.

Les analyses de corrélation pour la période entière (1973–2013) indiquent une forte relation entre le taux de déforestation et les facteurs biophysiques, altitude, distance par rapport au parc national, distance à la route, zone forestière initiale et les champs de cultures en 2013. La déforestation augmente principalement avec l'altitude, l'augmentation de la distance à la route principale et à la limite du Parc National. Le pouvoir explicatif relative aux variables prédictives a changé au fil du temps, ce qui indique les modifications des causes et processus généraux de la déforestation.

Les causes de cette tendance de la déforestation diffuse au le Plateau Mahafaly change spatio-temporellement, mais le plus important facteur est l'agriculture sur brûlis (*Hatsake*) qui est souvent pratiqué par les paysans immigrés.

Des analyses détaillées sur les changements d'utilisation des terres ont révélées que les champs de cultures augmentaient jusqu'à plus de 40% dans les villages entre 1949 et 1966. Dans le littoral, plusieurs champs de cultures dans la partie Ouest ont été abandonnés à cause des pauvres conditions du sol, alors que l'extension des champs de culture s'est produite dans la partie Est à proximité de la limite du Parc National (figure 9.2). La pression sur la disponibilité en ressources foncières et en services écosystémiques augmente d'une façon draconienne avec un taux très élevé de déforestation sur le Plateau, où les zones forestières ont été transformées en savane. Une analyse socio-économique a révélé une augmentation de cultures sur brûlis entre 1960 et 1980 provoquée par le boom de maïs.

Estimation de la production agricole et évaluation de la sécurité alimentaire

Les productions agricoles par un travail intensif, à agriculture sont relativement basses, mais la grande diversité en espèces agricoles (n=36) avec plus de 70 variétés réduit la vulnérabilité aux catastrophes naturelles. La production en manioc est inférieure à la production moyenne nationale et encore très basse par rapport à la moyenne internationale, ce qui reflète le pauvre nutriment en sol et l'insuffisance en eau (NOROMIARILANTO et al. 2013).

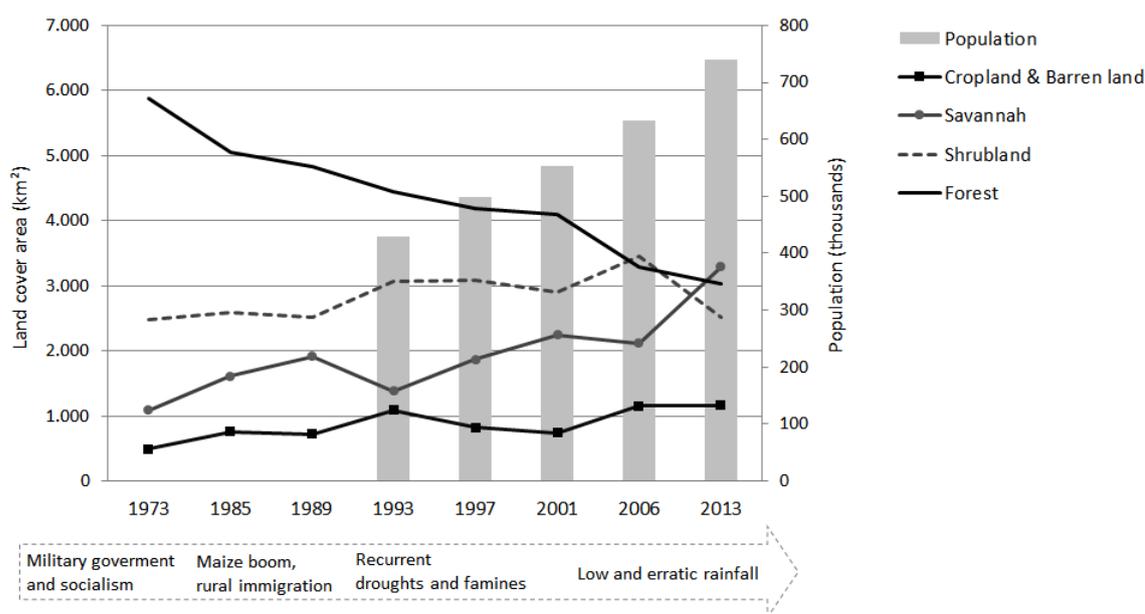


FIGURE 9.1.: Tendances générales des couvertures des terres de 1973 en 2013 pour toute la zone d'études et tendances de la population de 1993 en 2013 pour les trois districts Betioky-Sud, Toliara II et Ampanihy dans le Sud-Ouest de Madagascar (BRINKMANN et al. 2014). Les classes ont été simplifiées comme suit : forêt = classes 7, 8 et 9 ; savane = classes 4 et 5 ; champs de cultures et sols nus = classes 10 et 3 ; zones aquifères ou eaux = (classe 1) et zones salées/zones affectées par le sel (classe 2) ne sont pas représentées.

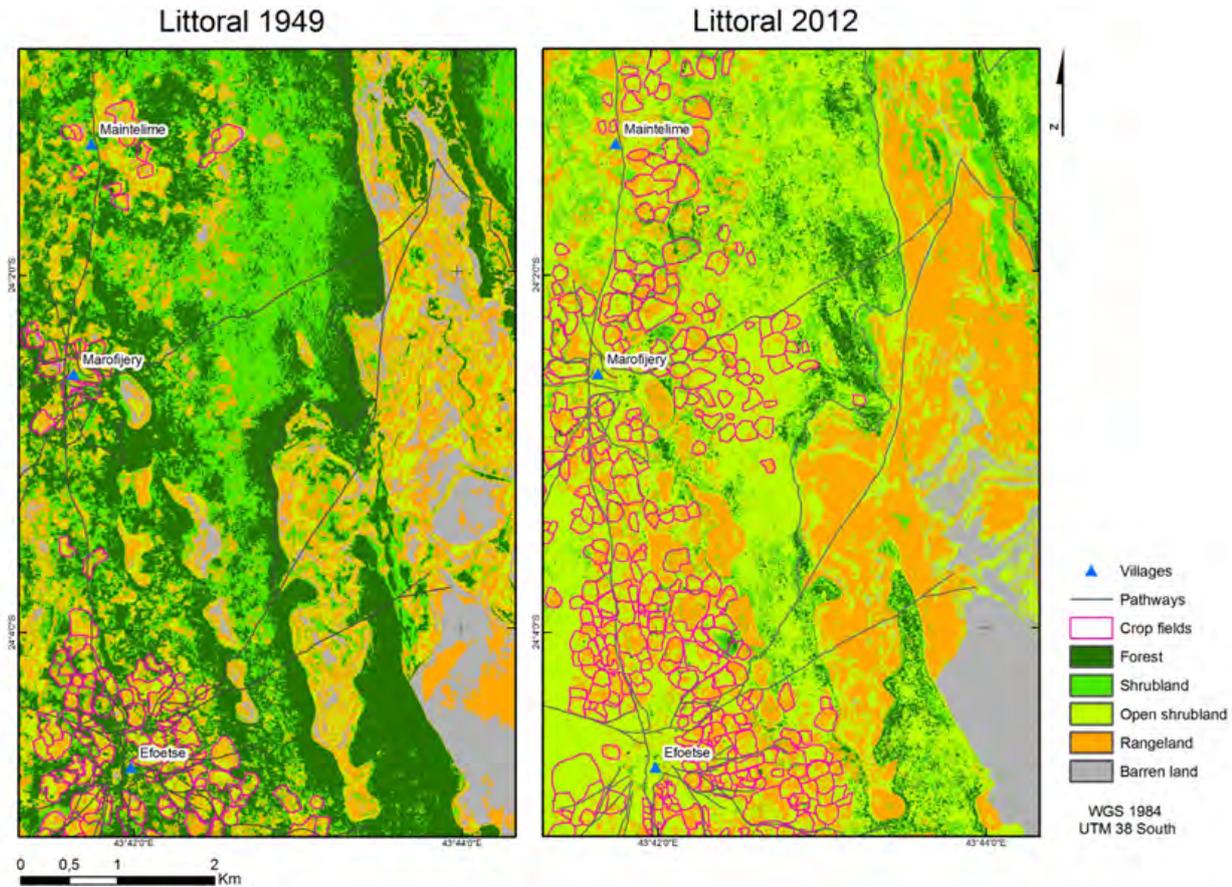


FIGURE 9.2.: Utilisation des terres de 1949 en 2012 sur le littoral de la région Mahafaly, Sud Ouest Madagascar (NOROMIARILANTO et al. 2014).

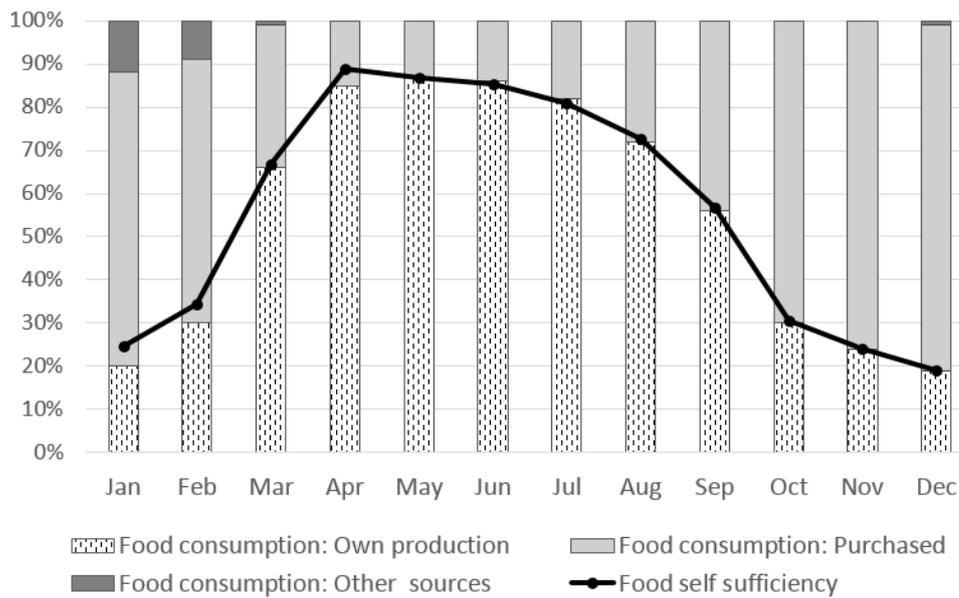


FIGURE 9.3.: Sources de consommation alimentaire des ménages (%) et le ratio d'autosuffisance en nourritures (%) de 2013 de la région Mahafaly, Sud Ouest Madagascar.

Lors de l'initialisation du modèle, l'utilisateur peut sélectionner les variables d'état (paysages et ménages) de trois villages différents (Efoetse, Andremba ou Miarintsoa), qui seront ensuite utilisés pour la simulation.

Le comportement des ménages individuels et les effets de leurs décisions et de l'utilisation des terres sont représentés dans le SEALM. Le processus de prise de décision des ménages a été principalement simulé à l'aide d'une approche heuristique, qui prend les entrées du profil du ménage, de ses informations du paysage perçu, et des informations provenant d'autres agents de ménage (par exemple, lors de la vérification de la propriété foncière d'un patch donné). Le mécanisme central de l'agent de ménage est la comptabilité du budget énergétique pour atteindre la sécurité alimentaire. Pour chaque année simulée chaque ménage essaie de satisfaire les besoins énergétiques de ses membres par un mélange de différentes activités telles que la culture des plantes, l'élevage, les activités non agricoles et les stratégies d'adaptation. Le niveau cible de besoin énergétique exigé d'un ménage (demande alimentaire) correspond à l'apport énergétique recommandé afin d'atteindre la sécurité alimentaire. En utilisant les terres l'agent des ménages modifie leurs environnements entraînant des LULCC. Les simulations sont effectuées le long d'étapes de temps discrets, suivant un cycle annuel, qui comprend des étapes séquentielles avec les processus de patch et se termine après 30 ans. Les ressources des ménages, les besoins en énergie et la disponibilité de la main d'œuvre changent au début de chaque année de simulation selon l'augmentation de la population correspondante. La culture des plantes est dynamique et les rendements des cultures sont calculés pour chaque année simulée basé sur les fonctions de pro-

duction, qui tiennent compte des activités de gestion, la qualité des sols et les conditions climatiques. La consommation des ménages et leur vente de bétail, ainsi que leurs équations de reproduction pour la volaille sont représentées dans le module du ménage (Household and crop production module), alors que la reproduction de chèvres, de moutons et de zébus sont modélisées dans le module de l'élevage (voir chapitre 3). Le modèle représente six processus importants amorcés par des agents des ménages liées à l'utilisation des terres : la planification des ménage en début d'année et de la répartition des dépenses de main d'œuvre, l'élargissement des champs, la préparation des champs, la culture des plantes, la récolte, la planification des ménages à la fin de la saison des récoltes y compris le choix des stratégies d'adaptation (figure 9.4). Pour chaque pas de temps les ménages peuvent utiliser des mécanismes d'adaptation différents pour éviter l'insécurité alimentaire et augmenter les revenus du ménage : l'agrandissement ou la diminution de la superficie des terres cultivées selon le capital disponible et le besoin d'énergie, change la répartition de leurs champs agricoles ou change leur stratégie d'adaptation en fonction du bétail disponible, du revenu agricole et du capital.

Les variables globales sont les moteurs qui affectent directement les variables d'état et les activités domestiques telles que la dynamique des populations, les conditions climatiques, la protection des ressources forestières et les périodes de jachère. Pendant l'initialisation des modèles, l'utilisateur peut modifier les variables globales dans l'interface utilisateur (figure 9.5) librement pour simuler plusieurs scénarios (par exemple des différents scénarios climatiques, l'augmentation de la population ou bien



FIGURE 9.5.: L'interface utilisateur du module des ménages et de la production des cultures du SEALM dans Netlogo 5.1.0 montrant le panneau de contrôle (à gauche), la carte (au milieu) et des graphiques de sortie (à droite). La carte représente le village Miarintsoa avec les champs cultivés (chaque couleur représente une espèce différente de cultures) et ses environs (noir = zone du village avec des bâtiments, vert = forêt et les fruticées, marron = terres cultivées des villages voisins, brun clair = pâturages).

des stratégies de gestion des cultures différentes). Les résultats obtenus des simulations sont des cartes spatio-temporellement explicites sur l'utilisation des terres et de la couverture terrestre du paysage et des indices socio-économiques de base tels que la sécurité alimentaire, les rendements de cultures, le revenu des ménages et les stratégies d'adaptation. Le monde simulé et les données sous-jacente de toutes les cartes et graphiques peuvent être exportés vers des fichiers électroniques pour d'autres analyses et interprétations.

Conclusion

Les tendances détectées de couverture des terres indiquent une forte augmentation de pression sur les ressources foncières disponibles dans la zone d'études qui est montré par un taux élevé de déforestation et de fragmentation des reliques forestières. La déforestation est un résultat des interactions entre le complexe politique, social et processus écologique, rendant difficile la prédiction des futures tendances à moins que le système socio-écologique régissant soit bien compris. Néanmoins, ces résultats sont impliqués pour modéliser les processus basiques de la déforestation, pour des études ultérieures identifiant les causes des changements d'utilisation et de couverture des terres, et pour les interventions politiques.

La modélisation des interactions humain-environnement est très complexe et SEALM est actuellement en phase de validation pour améliorer les résultats et l'utilisation du model. Les paysans Malagasy sont conscient que la culture sur brûlis détruit leurs ressources forestières.

Toutefois, ils vont surement continuer de la pratiquer tant que les revenus alternatifs et d'autres techniques agricoles promoteurs font défaut, et aussi tant que les espaces ouverts pour saisir des terrains sont disponibles. Ainsi, la solution potentielle à la déforestation est de fournir à la communauté locale des alternatives à la culture sur brûlis, incluant l'introduction des techniques agricoles améliorées qui augmente la fertilité du sol et la disponibilité des variétés résistantes à la secheresse. Cependant, améliorer la sécurité alimentaire et en même temps maintenir les services de l'écosystèmes et la biodiversité reste un grand défi pour cette région.

Bibliographie

- ANDRÉ, G., G. BERGERON et L. GUYOT (2005). « Contrôle structural et tectonique sur l'hydrogéologie karstique du plateau Mahafaly (domaine litoral semi-aride, sud-ouest de Madagascar. » **Karstologia** 45–46, p. 29–40.
- ANDRIAMPARANY, J.N., K. BRINKMANN, V. JEANNODA et A. BUERKERT (2014). « Effects of socio-economic household characteristics on traditional knowledge and usage of wild yams and medicinal plants in the Mahafaly region of south-western Madagascar ». **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 10, p. 82.
- ANDRIAMPARANY, J.N., K. BRINKMANN, M. WIEHLE, V. JEANNODA et A. BUERKERT (2015). « Modelling the distribution of four Dioscorea species on the Mahafaly Plateau of south-western Madagascar using biotic and abiotic variables ». **Agriculture, Ecosystems and Environment** 212, p. 38–48.
- ARGENT, R.M. (2004). « An overview of model integration for environmental applications—components, frameworks and semantics ». **Environmental Modelling and Software** 19, p. 219–234.
- ASNER, G.P., J.K. CLARK, J. MASCARO, R. VAUDRY, K.D. CHADWICK, G. VIEILLEDENT, Maminiaina RASAMOE-LINA, Aravindh BALAJI, Ty KENNEDY-BOWDOIN, Léna MAATOUG, Matthew S. COLGAN et David E. KNAPP (2012). « Human and environmental controls over aboveground carbon storage in Madagascar ». **Carbon Balance and Management** 7, p. 1–13.
- AUROUZE, J (1959). « Hydrogéologie du Sud de Madagascar ». Thèse de doct. PhD thesis, Université de Paris, France.
- BALDAUF, Thomas, Daniel PLUGGE, Aziza RQIBATE, Bettina LEISCHNER, Matthias DIETER et Michael KÖHL (2010). **Development of a holistic methodology for implementing a REDD-scheme at the example of Madagascar**. Work report of the Institute for World Forestry. Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry et Fisheries.
- BARRETT, C.B. (2008). « Economics of poverty, environment and natural resource use ». Sous la dir. d'A. Rujs et R. DELLINK. Springer, Berlin et London. Chap. Poverty Traps and Resource Dynamics in Smallholder Agrarian Systems, p. 17–40.
- BARRETT, Christopher B., Michael R. CARTER et Mune-nobu IKEGAM (2008). **Poverty Traps and Social Protection**. Rapp. tech. World Bank.
- BATELAAN, O. et S. WOLDEAMLAK (2003). **ArcView Interface for WetSpaas, User Manual, Version 1-1-2003**. Rapp. tech. Department of Hydrology et Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel, Belgium.
- BAYALA, J., Centre national de recherches appliquées au développement rural de MADAGASCAR et International Centre for DEVELOPMENT ORIENTED RESEARCH IN AGRICULTURE (1998). **Quelle recherche pour le développement des zones marginales de la région Sud-Ouest de Madagascar**. ICRA.
- BEN SALEM, H., A. NEFZAOU, H. ABDOULI et E. R. ØRSKOV (1996). « Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets ». **Animal Science** 62, p. 293–299.
- BERBERA, G., P. INGLESE et E. PIMIENTA-BARRIOS, éd. (1995). **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. FAO.
- BERGER, T. (2001). « Agent-based models applied to agriculture : A simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis ». **Agricultural Economics** 25, p. 245–260.
- BLANC-PAMARD, C. (2009). **The Mikea forest under threat (southwest Madagascar) : How public policy leads to conflicting territories**. Rapp. tech. Field Actions Science Reports 3.
- BOISSAU, S., H.L. ANH et J.C. CASTELLA (2004). « The SAMBA role play game in northern Vietnam : an innovative approach to participatory natural resource management ». **Mountain Research and Development** 24, p. 101–105.
- BOONSTRA, W.J. et F.W. DE BOER (2014). « The historical dynamics of social-ecological traps. » **Ambio** 43, p. 260–274.
- BRINKMANN, K., N. FANAMBINANTSOA, R.Y. RATOVO-NAMANA et A. BUERKERT (2014). « Deforestation processes in south-western Madagascar during the past 40 years : what can we learn from settlement characteristics ? » **Agriculture, Ecosystems and Environment** 195, p. 231–243.
- CASSE, Thorkil, Anders MILHØJ, Socrate RANAIVOSON et Jean Romuald RANDRIAMANARIVO (2004). « Causes of deforestation in southwestern Madagascar : what do we know ? » **Forest Policy and Economics** 6.1, p. 33–48.
- CENTER, Stockholm Resilience (2012). « Interaction between social and ecological feedbacks can lock systems into unsustainable pathways , creating social-ecological traps ». **Research Insights of the Stockholm Resilience Center** 5.
- CGIAR (2014). **Breaking the trap**. URL : <http://wle.cgiar.org/blogs/2014/05/05/breaking-trap/>.
- Fleuves et rivières de Madagascar** (1993).
- CINNER, J. E. (2011). « Social-ecological traps in reef fisheries ». **Global Environmental Change** 21, p. 835–839.
- CORAL, C. (2014). « Integration of smallholder farmers into agribusiness value chains under restrictive markets : The case of the Littoral-Mahafaly plateau transect in south-western Madagascar ». Mém.de mast. MSc-thesis, Humboldt University Berlin, Germany.

- DWORAK, L (2014). « Hydrogeological Survey at the SuLaMa Project Site – SW Madagascar ». Mém.de mast. Faculty of Geosciences, Ruhr-Universität Bochum, Germany.
- EHLERS, J., J.U. GANZHORN, C. SILAGHI, A. KRÜGER, D. POTTMANN, R.Y. RATOVONAMANA, A. VEIT, C. KELLER et S. POPPERT (soumis). « Tick (*Amblyomma chabaudi*) infestation of endemic tortoises in southwest Madagascar and investigation of tick-borne pathogens ».
- ENFORS, E. (2013). « Social-ecological traps and transformations in dryland agro-ecosystems : Using water system innovations to change the trajectory of development ». **Global Environmental Change** 23, p. 51–60.
- ENGEL, Stefanie, Stefano PAGIOLA et Sven WUNDER (2008). « Designing payments for environmental services in theory and practice : An overview of the issues ». **Ecological Economics** 65.4, p. 663–674.
- FAO (2013). **Agro-industrial utilization of cactus pear**. FAO, Rome, Italy.
- FILATOVA, T., P.H. VERBURG, D.C. PARKER et C.A. STANFORD (2013). « Spatial agent-based models for socio-ecological systems : Challenges and prospects ». **Environmental Modelling and Software** 45, p. 1–7.
- FIREW, T., C. KIJORA et K.J. PETERS (2007). « Effects of incorporating cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and urea-treatment of straw on the performance of sheep ». **Small Ruminant Research** 72, p. 157–164.
- FOLKE, C. (2006). « Resilience : The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses ». **Global Environmental Change** 16, p. 253–267.
- FOLKE, Carl, Steve CARPENTER, Thomas ELMQVIST, Lance GUNDERSON, C. S. HOLLING et Brian WALKER (2002). « Resilience and Sustainable Development : Building Adaptive Capacity in a World of Transformations ». **AMBIO : A Journal of the Human Environment** 31.5, p. 437–440.
- GANZHORN, J.U., Porter P. LOWRY II, George E. SCHATZ et S. SOMMER (2001). « The biodiversity of Madagascar : one of the world's hottest hotspots on its way out ». **Oryx** 35, p. 346–348.
- GANZHORN, J.U., T. MANJOAZY, O. PÄPLOW, R. RANDRIANAVELONA, J.H. RAZAFIMANAHAKA, W.M. RONTO, E. VOGT, F. WÄTZOLD et R.C.J. WALKER (2015). « Rights to trade for species conservation : Exploring the issue of the radiated tortoise in Madagascar ». **Environmental Conservation** 42.
- GÉRARD, A., J.U. GANZHORN, C.A. KULL et S.M. CARRIÈRE (2015). « Possible roles of introduced plants for native vertebrate conservation : the case of Madagascar ». **Restoration Ecology**.
- GOETTER, J. (soumis). « The cattle raiders leave us no choice : New transhumance in the Mahafaly Plateau region in Madagascar ». **Madagascar Conservation & Development**.
- GREGOIRE, T.G. et H.T. VALENTINE (2007). **Sampling Strategies for Natural Resources and the Environment**. Chapman and Hall/CRC. **Applied Environmental Statistics**. Chapman et Hall/CRC.
- GUYOT, L. (2002). « Reconnaissance hydrogéologique pour l'alimentation en eau d'une plaine littorale en milieu semi-aride : Sud Ouest de Madagascar. » Thèse de doct. Thèse de doctorat, Université de Nantes, France.
- HAMMER, J.M. et O. RAMILIJAONA (2009). « Population study on *Astrochelys radiata* (Shaw, 1802) in the Tsimanampetsotsa National Park, southwest Madagascar ». **Salamandra** 45, p. 219–232.
- HANISCH, S. (2015). « Improving cropping systems of semi-arid south-western Madagascar under multiple ecological and socio-economic constraints ». Thèse de doct. PhD thesis, University of Witzenhausen, Germany.
- HANISCH, S., H. HÄNKE, A. BUERKERT et J. BARKMANN (2013). « Agricultural Innovations in Cropping Systems of Semi-Arid Southwestern Madagascar under Multiple Ecological and Socio-Economic Constraints ». **Tropentag 2013, September 17–19, Stuttgart-Hohenheim, Germany, "Agricultural development within the rural-urban continuum"**.
- HANISCH, S., C. LOHREY et A. BUERKERT (2015). « Dew-fall and its ecological significance in semi-arid coastal south-western Madagascar ». **Journal of Arid Environments** 121, p. 24–31.
- HARPER, G. J., M. K. STEININGER, C. J. TUCKER, D. JUHN et F. HAWKINS (2007). « Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar ». **Environmental Conservation** 34.4, p. 325–333.
- HARRINGTON, L.W. et M. J. FISHER, éd. (2014). **Water scarcity, livelihoods and food security : research and innovation for development**. Routledge, London et New York.
- INSTAT, World Bank et CARE (2003). **Cartographie de la pauvreté à Madagascar. In Développement économique, service sociaux et pauvreté à Madagascar**. INSTAT, Worldbank & Care International.
- IPCC (2006). **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and other Land Use**.
- JARRIGE, R. (1998). **Ruminant Nutrition, Recommended Allowances and Feed Tables**. John Libbey Eurotext, London, UK.
- KATES, R.W., W.C. CLARK, R. CORELL, J.M. HALL, C.C. JAEGER, I. LOWE, J.J. MCCARTHY, H.J. SCHELLNHUBER, B. BOLIN, N.M. DICKSON, S. FAUCHEUX, G.C. GALLOPIN, A. GRUBLER, B. HUNTLEY, J. JAGER, N.S. JODHA, R.E. KASPERSON, A. MABOGUNJE, P. MATSON, H. MOONEY, B. MOORE III, T. O'RIORDAN et U. SVEDLIN (2001). « Sustainability science ». **Science** 292, p. 641–642.
- KAUFMANN, J. (2004). « Prickly Pear Cactus and Pastoralism in Southwest Madagascar ». **Ethnology** 43, p. 345–361.
- KAUFMANN, J.C. (2001). « La Question des Raketa : Colonial Struggles with Prickly Pear Cactus in Southern Madagascar, 1900-1923 ». **Ethnohistory**.
- KÖHL, M., S. MAGNUSSEN et M. MARCHETTI (2006). **Sampling methods, remote sensing and GIS multisource forest inventory**. Springer, Berlin, London.
- KOOMEN, E., A. BAKEMA, H.J. SCHOLTEN et J. STILLWELL (2007). **Modelling land-use change : Progress and applications**. Springer, Dordrecht, Netherlands.

- LAURANCE, William F. et al. (2012). « Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. » *Nature* 489.7415, p. 290–294.
- LE, Q.B., S.J. PARK et Paul L. G. VLEK (2010). « Land Use Dynamic Simulator (LUDAS) : A multi-agent system model for simulating spatio-temporal dynamics of coupled human–landscape system : 2. Scenario-based application for impact assessment of land-use policies ». *Ecological Informatics* 5, p. 203–221.
- LE, Q.B., S.J. PARK, Paul L. G. VLEK et A.B. CREMERS (2008). « Land-Use Dynamic Simulator (LUDAS) : A multi-agent system model for simulating spatio-temporal dynamics of coupled human–landscape system. I. Structure and theoretical specification ». *Ecological Informatics* 3, p. 135–153.
- LIU, W., Y.-G. FU, M.-H. TOBNG, N. WU, X.-L. LIU et S. ZANG (2009). « Supercritical carbon dioxide extraction of seed oil from *Opuntia dillenii* Haw. and its antioxidant activity ». *Food Chemistry* 114, p. 334–339.
- MACK, J. (1986). *Madagascar. Island of the Ancestors*. The Trustees of the British Museum, London.
- MANJOAZY, T, W. RONTO, R. RANDRIANAVELONA, J. RAZAFIMANAHAKA, J.U. GANZHORN et R. JENKINS (soumis). « The supply of illegal tortoise meat in Toliara City, south-western Madagascar ». *Oryx*.
- MANON, L. (2014). « Cassava stock management by small-holder farming households in South-Western Madagascar ».
- MARCUS, Richard R. (2008). « Tòkana : The Collapse of the Rural Malagasy Community ». *African Studies Review* 51 (01), p. 85–104.
- MARKOVA-NENOVA, N. et F. WÄTZOLD (2014). **PES for the Poor – the Preferences of Buyers**. Presented at the 14th BIOECON conference, Cambridge.
- MARQUARD, M.J.H., J.W.E. JEGLINSKI, E. RAZAFIMAHATRA, Y.R. RATOvonAMANA et J.U. GANZHORN (2011). « Distribution, population size and morphometrics of the giant-striped mongoose *Galidictis grandidieri* Wozencraft 1986 in the sub-arid zone of south-western Madagascar ». *Mammalia* 75, p. 353–361.
- MARZEC, S. (2013). « Studie der Populationsdichte und Populationsstruktur in verschiedenen Habitaten von Spinnenschildkröte (*Pyxis arachnoides*) und Strahlenschildkröte (*Astrochelys radiata*) auf zwei räumlichen Skalen ». *Mém.de mast. Ecology et Conservation*, University of Hamburg, Germany.
- MINTEN, B. et C.B. BARRETT (2008). « Agricultural Technology, Productivity, and Poverty in Madagascar ». *World Development* 36, p. 797–822.
- MITCHELL, Jonathan et Christopher COLES, éd. (2011). **Markets and rural poverty : upgrading in value chains**. Earthscan, IDRC, Ottawa.
- MOSSHAMMER, M.R., F.C. STINTZING et R. CARLE (2006). « Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.) : A Review of Processing Technologies and Current Uses ». *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 8, p. 1–25.
- NEFZAOU, A. et M. EL MOURID (2007). « Cacti : A key-stone crop for the development of marginal lands and to combat desertification ». **VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal**, p. 365–372.
- NEUDERT, R. (2013). « Results of the baseline survey – The household classification ». **SuLaMa preliminary research results conference. Witzenhausen**.
- NEUDERT, R., F. WÄTZOLD, H. RANDRIANARISON et J. GOETTER (2013). « Foregone benefits of reducing deforestation in south-western Madagascar ». **Poster presentation at the Conference of the European Society of Ecological Economics, Lille, 18-21.06.2013**.
- NEUDERT, Regina, Johanna F. GOETTER, Jessica N. ANDRIAMPARANY et Miandrano RAKOTOARISOA (2015). « Income diversification, wealth, education and well-being in rural south-western Madagascar : Results from the Mahafaly region ». **Development Southern Africa**, p. 1–27.
- NOPPER, J., B. LAUSTRÖER et J.U. GANZHORN (2015). « Einfluss von Landnutzung auf die Diversität von Reptilien im Südwesten Madagaskars ». **Treffpunkt Biologische Vielfalt XIV : aktuelle Forschung im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt vorgestellt auf einer wissenschaftlichen Expertentagung an der Internationalen Naturerschutzzakademie Insel Vilm vom 25-29 August 2014 Bonn**. Sous la dir. d’U. FEIT et H. KORN, p. 121–126.
- NOPPER, J., B. LAUSTRÖER, M.-O. RÖDEL et J.U. GANZHORN (soumis). « Hedge effects – a structurally enriched agricultural landscape maintains high reptile species richness in sub-arid southwestern Madagascar ».
- NOROMIARILANTO, F., M. H. FARAMALALA, A. BUERKERT et K. BRINKMANN (2013). « Use of remote sensing data to assess crop yields and food security on the Mahafaly Plateau, SW Madagascar ».
- NOROMIARILANTO, F., M. H. FARAMALALA, A. BUERKERT et K. BRINKMANN (2014). « Dynamics and drivers of land use changes in Southwestern Madagascar during the past 60 years ».
- PLUGGE, D., T. BALDAUF, H. RAKOTO RATSIMBA, G. RAJOELISON et M. KÖHL (2010). « Combined biomass inventory in the scope of REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) ». *Madagascar Conservation & Development* 5, p. 22–34.
- RAILSBACK, S.F. et V. GRIMM (2012). **Agent-based and individual-based modeling : A practical introduction**. Princeton University Press, Princeton, USA.
- RAKOTONDranARY, J.S., Y.R. RATOvonAMANA et J.U. GANZHORN (2010). « Distributions et caractéristiques des microhabitats de *Microcebus griseorufus* (Cheirogaleidae) dans le Parc National de Tsimanampetsotsa (Sud-ouest de Madagascar) ». *Malagasy Nature* 4, p. 55–64.
- RANAIVOSON, T., K. BRINKMANN, B. RAKOUTH et A. BUERKERT (2015). « Distribution, biomass and local importance of tamarind trees in south-western Madagascar ». *Global Ecology and Conservation* 4, p. 14–25.
- RANAIVOSON, T. et B. RAKOUTH (2013). « Allometric equations for timber stock and stem biomass estimation of Phanerophytes in dry forests on the Mahafaly Plateau, Madagascar ».

- RANDRIAMIHARISOA, L.O., D. RAKOTONDRAVONY, A. RANIRISON, M.J. RAHERILALAO, L. WILMÉ et J.U. GANZHORN (2015). « Effects of transhumance trail on the richness and composition of bird communities in Tsimanampetsotse National Park ». **Madagascar Conservation & Development**.
- RAONIZAFINARIVO, S. (2013). « Effets de l'agriculture et du pâturage sur la communauté d'oiseaux dans la région du Parc National de Tsimanampetsotsa ». Mém.de mast. D.E.A., Université d'Antananarivo, Madagascar.
- RASOLOARINIAINA, J. R. (2014). **Etude physico-chimique et hydro-biologique des eaux du lac Tsimanampesotse**. Rapport au MNP, KfW, GIZ, SuLaMa, WWF. Antananarivo : Université d'Antananarivo.
- RASOLOARINIAINA, J. R., J. U. GANZHORN et N. RAMINOSOA (2015). « Physicochemical and Bacteriological Water Quality Across Different Forms of Land Use on the Mahafaly Plateau, Madagascar ». **Water Quality, Exposure and Health** 7.2, p. 111–124.
- RASOMA, R.V.J., S. RANIVOARIVÉLO, M. MARQUARD, O.R. RAMILJAONA, A.P. RASELIMANANA et J.U. GANZHORN (2010). « Estimation de la densité des populations d'une espèce menacée de tortue terrestre (*Astrochelys radiata*) dans le Parc National Tsimanampetsotsa au Sud de Madagascar ». **Malagasy Nature** 4, p. 33–48.
- RASOMA, R.V.J., A.P. RASELIMANANA, Y.R. RATOVONAMANA et J.U. GANZHORN (2013). « Habitat use and diet of *Astrochelys radiata* in the sub-arid zone of southern Madagascar ». **Chelonian Conservation and Biology** 12, p. 56–69.
- RATOVONAMANA, Y.R., C. RAJERARISON, R. EDMOND et J.U. GANZHORN (2011). « Phenology of different vegetation types in Tsimanampetsotsa National Park, southwestern Madagascar ». **Malagasy Nature** 5, p. 14–38.
- RAVOAVY RANDRIANASOLO, J.L.R. (2015). « Parasites gastro-intestinaux des zébus et des chèvres du Plateau Mahafaly, dans la région du Sud-ouest de Madagascar ». Mém.de mast. D.E.A., Département Biologie Animale, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- REIF, A., E. RUŞDEA, F. PĂCURAR, I. ROTAR, K. BRINKMANN, E. AUCH, A. GOIA et J. BÜHLER (2008). « A Traditional Cultural Landscape in Transformation ». **Mountain Research and Development** 28, p. 18–22.
- RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR (2003). **Schema directeur de mise en valeur des ressources en eau du grand sud de Madagascar**.
- RONTO, W.M., D. RAKOTONDRANARY, J.U. GANZHORN et J.C. RIEMANN (soumis). « The impact of habitat degradation on body condition and home range size of radiated tortoises (*Astrochelys radiata*) on the Mahafaly Plateau, south-western Madagascar ».
- RUDDLE, K. et R. CHESTERFIELD (1977). **Education for Traditional Food Procurement in the Orinoco Delta**. University of California Press, Berkeley.
- SCHEEL, B.M., J. HENKE-VON DER MALSBERG, P. GIERTZ, S.J. RAKOTONDRANARY, B. HAUSDORF et J.U. GANZHORN (in press). « Testing the influence of habitat structure and geographic distance on the genetic differentiation of mouse lemurs (*Microcebus*) in Madagascar ». **International Journal of Primatology**.
- SCHWARZ, D., D. NEWTON et C. RATSIMBAZAFY (accepted). « Assessment of the international illicit wildlife trade of two critically endangered Malagasy endemic tortoises based on internet sources ». **Salamandra**.
- SMAJGL, A. et O. BARRETEAU, éd. (2014). **Empirical agent-based modelling - Challenges and solutions : The characterisation and parameterisation of empirical agent-based models**. Springer, New York, USA.
- SMAJGL, A. et E. BOHENSKY (2013). « Behaviour and space in agent-based modelling : Poverty patterns in East Kalimantan, Indonesia ». **Environmental Modelling and Software** 45, p. 8–14.
- SOMMERVILLE, M., E. J. MILNER-GULLAND, M. RAHAJARISON et J. P. G. JONES (2010). « Impact of a Community-Based Payment for Environmental Services Intervention on Forest Use in Menabe ». **Conservation Biology** 24.6, p. 1488–1498.
- STENECK, R. S., T. P. HUGHES, J. E. CINNER, W. N. ADGER, S. N. ARNOLD, F. BERKES, S. A. BOUDREAU, K. BROWN, C. FOLKE, L. FOLKE C., P. OLSSON, M. SCHEFFER, E. STEPHENSON, B. WALKER, J. WILSON et B. WORM (2011). « Creation of a Gilded Trap by the High Economic Value of the Maine Lobster Fishery ». **Conservation Biology** 25, p. 904–912.
- STERMAN, J. (2000). **Business Dynamics : Systems Thinking and Modeling for a Complex World**. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- STINTZING, F.C. et R. CARLE (2005). « Cactus stems (*Opuntia* spp.) : A review on their chemistry, technology, and uses ». **Molecular Nutrition and Food Research** 49, p. 175–194.
- SUSSMAN, R.W., G.M. GREEN et L.K. SUSSMAN (1994). « Satellite imagery, human ecology, anthropology, and deforestation in Madagascar ». **Human Ecology** 22, p. 333–354.
- TADROSS, M., L. RANDRIAMAROLAZA, Z. RABEFITIA et Z.K. YIP (2008). **Climate change in Madagascar ; recent past and future**. Rapp. tech. World Bank, Washington D.C.
- TEEB (2010). **The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers**. Rapp. tech.
- USMAN, M.T. et C.J.C. REASON (2004). « Dry spell frequencies and their variability over southern Africa ». **Climate Research** 26, p. 199–211.
- VALBUENA, D., P.H. VERBURG, A.K. BREGT et A. LIGTENBERG (2010). « An agent-based approach to model land-use change at a regional scale ». **Landscape Ecology** 25, p. 185–199.
- VAN DEN BERG, M., M. BOOMSMA, I. CUCCO, L. CUNA, N. JANSSEN, P. MOUSTIER, L. PROTA, T. PURCELL, D. SMITH et S. von WIJK (2006). **Making Value Chains Work Better for the Poor (M4P) : A Toolbook for Practitioners of Value Chain Analysis**. SNV et Fresh Studio.
- WALKER, B. et D. SALT (2006). **Resilience thinking : Sustaining ecosystems and people in a changing world**. Island Press, Washington D.C.
- WFP et FAO (2014). **FAO/WFP crop and food security assessment mission to Madagascar**.

- WISEMAN, V., L. CONTEH et F. MATOVU (2005). « Using diaries to collect data in resource-poor settings ? : questions on design and implementation ». **Health Policy Plan** 20, p. 394–404.
- WORLD BANK (2013). **Madagascar : Measuring the Impact of the Political Crisis**.
- WÜSTEFELD, M. (2004). **Bedeutung der Rinder für die Ernährungssicherung im semiariden Süden Madagaskars**. Margraf Verlag.
- WWF et CI (2010). **Assessing the impacts of climate change on Madagascar's biodiversity and livelihoods : A workshop report by Conservation International and WWF**, Antananarivo. Rapp. tech.
- ZAAL, F. (1999). **Pastoralism in A Global Age, Livestock Marketing and Pastoral Commercial Activities in Kenya and Burkina Faso**. Purdue University Press, Amsterdam.

Annexe A.

Analyse des parties prenantes

Acteurs	Election/ Fondation	Fonction et responsabilités	Importance pour la gestion des ressource	Interaction avec d'autres acteurs clés	Sources des revenus
<p>Autorité décentralisé (élu)</p> <p>Maire</p>	<p>Le maire est élu chaque 5 ans par les chef de <i>fokontany</i> de la commune rurale Beheloke : Littoral : Manasy, Maromitiilike, Behazomboy, Efoetse, Ambola, Marofijery/Jerea, Montelime, Ankilibory, Besambay, Ankalindrano, Beheloke haut, Beheloke bas, Vatolalake, Ambahivahe, Ankilimivony</p> <p>Plateau : Ampotake, Itomboina, Miarintsoa, Behalitanay</p> <p>Dernières élections : 2007</p> <p>2015 : Prochaines élections et foundation d'une nouvelle commune Efoetse : Entre 2007 and 2015 : pas d'élections communales à cause du coup d'Etat et le government transitoire)</p>	<p>Tâches principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestion de conflits qui ne sont pas résolus au niveau de <i>fokontany</i> (par ex. remplacement du chef de FKT ou vente de la terre au littoral) • Communication avec les étrangers (par ex. acteurs de développement et conservation de la nature) • Présidence aux cérémonies et festivités officielles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Communication avec les acteurs de conservation/ protection de la nature • Partenaire contractuelle du transfert de gestion (TGRN) sur la base du loi GELOSE • Participation pour le zonage du TGRN (occasionnelle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chef de district • Délégué du district • Chefs de FKT des 19 <i>fokontany</i> • Assistants : <ul style="list-style-type: none"> - Ier and Zième Adjoint - Secrétaire Général • Conseil communal (8 personnes, actuellement seulement du littoral) <i>fokontany</i> : Marofijery, Montelimy, Ankilibory, Ankalindrano, Behleoke haut, Vatolalake, Ankilimivony 	<p>Salaires de l'Etat</p>

Acteurs	Election/ Fondation	Fonction et responsabilités	Importance pour la gestion des ressources	Interaction avec d'autres acteurs clés	Sources des revenus
<p>Autorisés déconcentrés (désignés)</p> <p>Chef de/Président de <i>fokontany</i> (FKT) (représentant de l'Etat au niveau local)</p>	<p>« légitimité hybride » :</p> <p>a) sous contrôle du chef de district (déconcentré/désigné agent étatique) et b) sous contrôle du maire (décentralisé/élu agent étatique)</p> <p>Processus de la (s)élection :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le chef de FKT est élu/choisit chaque 5 ans Elu/choisit de 5 candidats par le <i>fokonolo</i> Préélection de 3 candidats par le maire Sélection finale par le chef de district 	<p>Décret 2007-151 Article 14,16 :</p> <p>* les passages écrites en gras sont les activités principales des chefs de FKT</p> <ul style="list-style-type: none"> élaborer avec la communauté une vision pour le développement du <i>fokontany</i> ; apporter le leadership, le changement et l'esprit d'initiative dans la conduite des projets de développement du fokontany ; assurer une gestion transparente des affaires du <i>fokontany</i> ; écouter les préoccupations de la population et encourager le développement des entreprises privées dans le <i>fokontany</i> mobiliser la population sur les problèmes et le développement de la communauté aider les secteurs informels à se régulariser. la notification d'actes émanant des diverses Institutions. l'établissement et la délivrance d'actes administratifs nécessaires à la vie administrative de la population. le recensement de la population et le recensement des jeunes gens qui atteignent l'âge légal pour le service militaire ; la participation aux travaux et opérations électorales ou référendaires ; le contrôle des marchés, de la circulation et de la commercialisation des bovidés ; l'assistance des autorités administratives et judiciaires dans la prévention et la répression des infractions, notamment les actes de nature à troubler l'ordre public ; la transmission de renseignements sur les événements de tout ordre concernant le <i>fokontany</i> et son environnement. <ul style="list-style-type: none"> – convocation of the assemblies of the fokonolo (all inhabitants of the fokontany) for decision making and conflict resolution – moderation of conflicts in informal discussions without consulting the fokonolo 	<ul style="list-style-type: none"> Participation à la réunion annuelle pour la détermination de la coupe de <i>typhia agustifolia</i> (<i>vondro</i>) dans le Parc National Tsimanampesotse Capacité de convoquer le <i>fokonolo</i> pour discuter les activités environnementales 	<ul style="list-style-type: none"> Maire Aînés Vice président (souvent l'ancien chef de FKT) Chefs de FKT des 19 <i>fokontany</i> 	<p>Salaire de l'Etat</p>
Gendarmes	2 gendarmes (échange mensuelle) stationnés à <i>Beheloke</i>	<p>Follow the demand of the people in case of conflict and arrest people if necessary. They do not act without request.</p>	<p>They do not intervene in violation of rules of the associations concentrating on the protection of natural resources (forest, sea)</p>	<p>Mayor</p> <p>Chefs de <i>fokontany</i></p>	<p>La rémunération est composée d'un salaire de l'Etat et d'une contribution de la commune (alimentation)</p>
Fonctions des aînés (âge, généalogie, apprentissage, sélection)					
<p>Aînés (<i>olobey an-tana, rayamin-drene, kile</i>)</p>	<p>Age (environ 40–80) et reputation déterminent si la personne est perçue comme aîné.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Prendre les décisions dans la société <i>Tanarana</i> Choix des candidats pour le poste du chef traditionnel et du chef de <i>fokontany</i> Position dominante pendant et en dehors des assemblées du <i>fokonolo</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Décide la distribution de la terre Mettre à disposition la terre pour l'agriculture pour les immigrants 	<ul style="list-style-type: none"> Chefs de FKT Ancêtres 	<p>Première récolte</p>

Acteurs	Election/ Fondation	Fonction et responsabilités	Importance pour la gestion des ressources	Interaction avec d'autres acteurs clés	Sources des revenus
<p>Chef de clan</p> <p>Ainé de tous les lignages du clan (<i>mpitan-kazomanga lava</i> (long), <i>mpitan-lahy</i> (mâle), <i>kile</i> (tamarimier), <i>mpitoka</i>)</p> <p>Chef de lignage (<i>mpitan-kazomanga fohé</i> (court) <i>mpitan-vave</i> (femelle))</p>	<ul style="list-style-type: none"> La nomination suit la position généalogique et l'âge mais le candidat peut être exclu au cas de comportement asocial ou manque de reconnaissance dans la société. Une personne peut être chef de lignage et chef de clan en même temps La position peut être vacante pour quelques ans (<i>hazomangamariarese</i>) Raisons : peur de la charge morale (relation proche avec les ancêtres et le créateur traditionnel), charge financière pour la famille du défunt (ancien chef), restriction de la mobilité (chef est aperçu comme créateur traditionnel/Dieu et « Dieu ne bouge pas ») Un lignage qui n'a pas de chef peut rejoindre un autre lignage du même clan pour la réalisation des rituels 	<p>Réalisation des cérémonies/rituels suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> masculinisation purification rituel (<i>hifikifike</i>) à cause de la transgression d'un tabou pact social (<i>tititike</i>) donne la permission pour la création d'un nouveau <i>hazomanga fohé</i> rituel basé sur un rêve du <i>hazomanga (soro nofy)</i> <p>Réalisation des cérémonies/rituels suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> mouton comme animal sacrificiel) purification rituel (<i>hifikifike</i>) à cause de la transgression d'un tabou pact social (<i>tititike</i>) rituel basé sur un rêve du <i>hazomanga (soro nofy)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Quelques-uns sont impliqués dans la décision concernant la gestion de la plante fourragère (<i>Euphorbia stenoclada samata</i>). Utilisation des différents bois pour les insignes et rituels Réalisation des rituels de purification dans le cas de transgression des tabous (consommation des animaux, utilisation des plantes, défrichage/pollution aux/des lieux sacrés) 	<ul style="list-style-type: none"> Êtres surnaturels (créateur traditionnel et ancêtres) Ainés assistants Devin guérisseur (s'il n'a pas ce fonction) Specialists de conflits (s'il n'a pas ce fonction) 	<p>Honorification avec les parties de l'animal sacrificiel (derrière et cuisse) dans le contexte des rituels (aussi si le chef est absent)</p>
<p>Assistants du chef</p> <p><i>mpandenta</i>, <i>mpanondrake/mpamitse</i>, <i>mpanindra</i></p> <p>Devin-guérisseur (<i>ombiasa</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> La nomination suit l'âge 	<ul style="list-style-type: none"> Assistance/conseilance du <i>mpitan-kazomanga fohé/lava</i> pendant les rituels (déroutement, prière, citation des chefs précédents) <ul style="list-style-type: none"> <i>mpandenta</i> (decapitation de l'animal sacrificiel) <i>mpanondrake/mpamitse</i> (disperse le sang sur le poteau rituel (<i>hazomanga</i>)) <i>mpanindra</i> (immole l'animal sacrificiel) Remplacement du chef si le poste est vacant 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation des différents ressources naturelles (plantes, animaux, produit non vivant (sable, pierres)) pour la guérison et la production des gris-gris et fétiches 	<ul style="list-style-type: none"> Chef lignager et clanique Devin guérisseur (s'ils n'ont pas cette fonction) Specialists de gestion de conflits (s'ils n'ont pas cette fonction) <p>Espirits de la nature</p>	<p>Honorification avec les parties de l'animal sacrificiel</p> <p>Rémunération pour la consultation : argent, animaux (poulet, chèvre, zébu)</p>
<p>Devin-guérisseur (<i>ombiasa</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Apprentissage Le fils peut seulement pratiquer ses connaissances après la mort du père Le lignage peut avoir plusieurs devin-guérisseurs La connaissance peut varier entre les différents devin-guérisseurs Le devin-guérisseur peut être possédés 	<ul style="list-style-type: none"> Guérison Production des gris-gris et fétiches pour (a) protection (sorcellerie, éclair, coup de feu des voleurs des zébus, femmes enceintes et enfants), (b) healing (c) support of wishes (love, richness), (d) prevention of bad destiny. Purification après une transgression d'un tabou est originaire du devin Interprétation des rêves Divination Prediction des jour néfastes/portes bonheur : départ par la transhumance, rituels, construction (maison, parc de zébu), agriculture, réalisation des cérémonies (par ex. mariage, funéraires), voyages, emplacement pendant la gestion des conflits (<i>kabary</i>) 			

Acteurs	Election/ Fondation	Fonction et responsabilités	Importance pour la gestion des ressources	Interaction avec d'autres acteurs clés	Sources des revenus
Médiateur/négociateur de conflit neutre (<i>mpisafry</i>) voir sous-chapitre 8.3 Médiateur/négociateur de conflit participant (<i>mpikabary/ mpizaka</i>) voir sous-chapitre 8.3	Apprentissage, destin <ul style="list-style-type: none"> knowledge of historical founded relationships 	<ul style="list-style-type: none"> Negotiation des conflits au niveau familial, lignage, clanique à travers la contextualisation du conflit Prévention de conflit : évite qu'un conflit monte au prochain niveau/devient officiel Negotiation des conflits au niveau linage, clanique, <i>fokontany</i>, commune Défend les intérêts d'une partie en conflit 	Gestion de conflit : terre, <i>samata</i> , vol de boeufs	<ul style="list-style-type: none"> Devin guérisseur (s'il n'a pas ce fonction) Chef lignager/clanique (s'il n'a pas ce fonction) 	Rémunération pour la consultation : argent ou animaux (chèvre, zébu)
Intermédiaires entre hommes et les êtres surnaturels					
Chefs lignager/clanique (voir en haut)					
Devin guérisseur (voir en haut)					
Personnes possédées (<i>mpizéke</i>) (principalement femmes)	Sélectionné par les esprits (<i>tromba</i> ou <i>zaka</i>). Les esprits considèrent les possédées comme chaise ou femme. La possédée doit être en transe pour que l'esprit peut communiquer avec les clients. La personne possédée est souvent très malade avant qu'elle devient médium/intermédiaire.	<ul style="list-style-type: none"> Guérison Production des gris-gris et fétiches pour (a) protection (sorcellerie, éclair, coup de feu des voleurs des zébus, femmes enceintes et enfants, (b) healing (c) support of wishes (love, richness), (d) prevention of bad destiny. 	Utilisation des différents ressources naturelles (plantes, animaux, produit non vivant (sable, pierres)) pour la guérison et la production des gris-gris et fétiches	Autres personnes possédées Devin-guérisseur	Rémunération pour la consultation : argent, animaux (poulet, chèvre, zébu)

Acteurs	Election/ Fondation	Fonction et responsabilités	Importance pour la gestion des ressources	Interaction avec d'autres acteurs clés	Sources des revenus
Associations COBA Association pour le transfert de gestion/ community-based management dans la zone de tampon du Parc National Tsimanampesotse	Le Bureau exécutif/Comité de gestion-COGE) est élu par les membres de la COBA. La COBA est composée des membres venant des différents <i>fokontany</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle des règles (<i>dina</i> COBA) • Organisation la surveillance dans la forêt transférée • Sensibilisation de la population concernant l'utilisation durable des ressources naturelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Système completaire de la Co-gestion du Parc National Tsimanampesotse. • Objectif Gestion durable des ressources naturelles par la population locale. • Reboisement pour la régénération de la forêt 	<ul style="list-style-type: none"> • Maire • <i>Chef de cantonnement</i> dirigé par la direction forestière • Organisations environnementales /de développement : • ONG Fondation <i>Tany Meva</i> • Organisation semi-étatique MNP • Entreprise fédérale GIZ • ONG WWF +agents locaux des organisations environnementales (<i>Tany Meva</i> et WWF) habitant dans les <i>fokontany</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • ONG : Fondation <i>Tany Meva</i>, WWF • Redevance pour extraction des ressources naturelles dans la forêt transférée • Forfaitaire (<i>vonodina</i>) • Cotisations
AICPM (Association Inter communale de Plateau Mahafaly)	Maires des 5 communes (Beheloke Itampolo, Maroarivo, Androka, Ejeda)	Organisation faitière qui supporte les associations locales et renforce les règles/lois existants	Elaboration du <i>dina dina</i> (feu de brousse, culture sur brûlis, animaux menacés) qui concernent les zones dans et autour des aires protégées (Code des Aires Protégées, lois forestière et <i>dina</i> COBA)	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor • Organisations environnementales (GIZ, WWF) • COBAs 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisations environnementales GIZ et WWF • Forfaitaire (<i>vonodina</i>) • Cotisations des communes membres

Annexe B.

Participants et auteurs collaborateurs

Université de Hamburg

Département de Biologie, Institut Zoologique

Prof. Dr. Joerg U. Ganzhorn

Directeur du Projet
ganzhorn@zoologie.uni-hamburg.de

Dr. Susanne Kobbe

Coordination du Projet
Susanne.Kobbe@uni-hamburg.de

Corina Mueller

Coordination du Projet
Corina.Mueller@uni-hamburg.de

Jana Carina Riemann

Coordination du Projet
jcriemann@gmail.com

Esther Verjans

Coordination du Projet
esther.verjans@uni-hamburg.de

Daniela Fraust

Assistante Coordination du Projet
daniela.fraust@gmx.de

Joachim Nopper

Doctorant
joachim.nopper@gmail.com

Enzo Braskamp

Étudiant en Master, Supervision : J. Ganzhorn
e.braskamp@gmx.de

Julian Ehlers

Étudiant en Master, Supervision : J. Ganzhorn
julian.ehlers@gmx.de

Balten Lauströer

Étudiant en Master, Supervision : J. Ganzhorn
balten@hotmail.de

Sylwia Marzec

Étudiant en Master, Supervision : J. Ganzhorn
Sylwia19@web.de

Olinga Päplow

Étudiant en Master, Supervision : J. Ganzhorn
olinga28a86@gmail.com

Dr. Jutta M. Hammer

Consultant
jutta.m.hammer@gmail.com

Matthias Marquard

Consultant
matthias.marquard@gmail.com

Département de Biologie, Institut Forestier Mondial

Prof. Dr. Michael Köhl

Direction des Sous-Projets
koehl@holz.uni-hamburg.de

Dr. Daniel Plugge

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
daniel.plugge@uni-hamburg.de

Daniel Kübler

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
daniel.kuebler@uni-hamburg.de

Rivo Ratsimbarison

Coordination en Madagascar
rivo.cslt@yahoo.fr

Dr. Jacques Pollini

Coordination en Madagascar
jacques.pollini@gmail.com

Konstantin Olschofsky

Doctorant
konstantin.olschofsky@uni-hamburg.de

Laura Prill

Doctorant
laura.prill@uni-hamburg.de

Université de Marburg

Faculté de Biologie, Département d'Écologie Animale

Prof. Dr. Roland Brandl

Direction des Sous-Projets
brandlr@staff.uni-marburg.de

Dr. Lars Opgenoorth

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
lars.opgenoorth@staff.uni-marburg.de

Roman Fricke

Doctorant
fricker@staff.uni-marburg.de

Université de Kassel

Département de la Production Végétale Écologique et de la Recherche Agro-Écosystèmes dans les Zones Tropicales et Subtropicales

Prof. Dr. Andreas Buerkert

Direction des Sous-Projets
buerkert@uni-kassel.de

Dr. Katja Brinkmann

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
brinkmann@uni-kassel.de

Dr. Susan Hanisch

Doctorant
hanisch@uni-kassel.de

Laetitia Samuel

Étudiant en Master, Supervision : A. Buerkert, K. Brinkmann
Laetitia8@gmx.de

Fenohaja Babarezoto Soavita

Étudiant en Master, Supervision : S. Hanisch

Sibylle Faust

Étudiant en Master, Supervision : A. Buerkert
sibyllefaust@uni-kassel.de

David Weiss

Étudiant en Bachelor, Supervision : K. Brinkmann
mail@david-weiss.com

Dieter Lehmann

Webdesign
dieter_lehmann@web.de

Département de l'Élevage dans les Zones Tropicales et Subtropicales

Prof. Dr. Eva Schlecht

Direction des Sous-Projets
schlecht@uni-kassel.de

Dr. Tobias Feldt

Doctorant
tobias.feldt@uni-kassel.de

Pascal Fust

Doctorant
pascal.fust@uni-kassel.de

Frauke Ahlers

Étudiant en Master, Supervision : E. Schlecht, K. Brinkmann
frau_ahlers@web.de

Fidgerald Maeterlinck Ramananoro

Étudiant en Master, Supervision : T. Feldt, E. Schlecht
r.fidgerald@gmail.com

Université de Greifswald

Institut de Géographie et Géologie, pour la Durabilité des Sciences et des Sciences Appliquées

Prof. Dr. Susanne Stoll-Kleemann

Direction des Sous-Projets
susanne.stoll-kleemann@uni-greifswald.de

Dr. Nadine Fritz-Vietta

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
Nadine.fritz-vietta@uni-greifswald.de

Christina Lechtape

Doctorant
stinamarie@web.de

Katinka Thielsen

Doctorant
kthielsen22@yahoo.de

Maren Wesselow

Doctorant
marenwesselow@gmx.de

Université de Cottbus

Faculté des Sciences de l'Environnement et de Technologie, Chaire de l'Économie de l'Environnement

Prof. Dr. Frank Waetzold

Direction des Sous-Projets
waetzold@tu-cottbus.de

Regina Neudert

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
neudert@b-tu.de

Johanna Götter

Doctorant
goetter@tu-cottbus.de

Nonka Markova-Nenova

Doctorant
markova@b-tu.de

Leopold Clement Andrianjohary

Assistant
andrianjoharyleopoldclement@gmail.com

Université de Göttingen

Département de l'Économie Agricole et du Développement Rural

Dr. Jan Barkmann

Coordination des Sous-Projet en Allemagne
jbarkma@uni-goettingen.de

Hendrik Hänke

Doctorant
hendrik.haenke@agr.uni-goettingen.de

Jao Henitsoa

Assistant
jaonasat@gmail.com

Université de Antananarivo

Département de Biologie Animale

Dr. S. Jacques Rakotondranary

Coordination en Madagascar
rsjacques@yahoo.fr

Prof. Dr. Aristide Andrianarimisa

Supervision en Madagascar
aristide.andrianarimisa@ambatovy.mg

Dr. Lydia Rabetafika

Supervision en Madagascar
jlyrabetafika@yahoo.fr

Prof. Dr. Daniel Rakotondravony

Supervision en Madagascar
rakotondravony.daniel@gmail.com

Prof. Dr. Noromalala Rasoamampionona Raminosoa

Supervision en Madagascar
rsnoro@yahoo.fr

Dr. Hanta Razafindraibe

Supervision en Madagascar
razafindraibehanta@gmail.com

Prof. Dr. Hajanirina Rakotomanana

Supervision en Madagascar
rakotomh@yahoo.fr

Dr. Jeanne Rasamy

Supervision en Madagascar
jeanne.rasamy@gmail.com

Roger Andriamparany

Doctorant
andriamparg@yahoo.fr

Jean Robertin Rasoloariniana

Doctorant
ratsim17@yahoo.fr

William Ronto

Doctorant
ronto84mananjara@yahoo.fr

Tolona Andrianasolo

Doctorant
tolona1@yahoo.fr

Juliana Rasoma

Doctorant
julianavony@gmail.com

Ranja Andriantsoa

Étudiant en Master, Supervision : J. Rasamy, J. Ganzhorn
ranjantso@yahoo.fr

Lalatiana Odile Randriamiharisoa

Étudiant en Master, Supervision : D. Rakotondravony, A. Andrianarimisa
r.5tio@yahoo.fr

Jean Luck Rado Ravoavy Randrianasolo

Étudiant en Master, Supervision : L. Rabetafika
liokaradoo@yahoo.fr

Soafara Raonizafinarivo

Étudiant en Master, Supervision : J. Ranivo
soafaraon@yahoo.fr

Dr. Julie Ranivo

Chercheur
ranivo.julie@voila.fr

Département de Biologie et de l'Écologie de la Végétation

Yedidya Ratovonamana

Coordination en Madagascar
ryrorch@yahoo.fr

Prof. Dr. Miadana Faramalala

Supervision en Madagascar
faramia2003@yahoo.fr

Dr. Vonjison Rakotoarimanana

Supervision en Madagascar
vonjison@yahoo.fr

Prof. Dr. Bakolimalala Rakouth

Supervision en Madagascar
ba.rakouth@yahoo.fr

Dr. Edmond Roger

Supervision en Madagascar
rogeredmond1@yahoo.fr

Prof. Dr. Charlotte Rajeriarison

Supervision en Madagascar
charlotte.rajeriarison@moov.mg

Prof. Dr. Vololoniaina Jeannoda

Supervision en Madagascar
jeannoda_vololoniaina@yahoo.fr

Dr. Jessica Andriamparany

Doctorant
anjiix@yahoo.fr

Ononamandimby Goum Antsonantenainarivony

Doctorant
r.antso@yahoo.fr

Fanambinantsoa Noromiarilanto

Doctorant
lantomiary@gmail.com

Tahiry Ranaivoson

Doctorant
tahiryinari@yahoo.fr

Amadou Ranirison

Doctorant
aranirison@yahoo.fr

Herinavalona A. Rabemirinra

Étudiant en Master, Supervision : O. G. Antsonantenainarivony
herinavalonarabe@gmail.com

Département d'Économie

Dr. Jeannot Ramiamanana
Supervision en Madagascar
jeannot_ramia@hotmail.com

Henintsoa Randrianarison
Doctorant
henintsoasolonjaka@yahoo.fr

Université de Toliara

Département de Biologie et Faculté des Arts

Prof. Dr. Alfonse Dina
Supervision en Madagascar
dinay72@yahoo.fr

Prof. Dr. Louis Mansaré Marikandia
Supervision en Madagascar
marikandia@moov.mg

Mampiray Miandrito Mbola
Doctorant
miandritomampiray@yahoo.fr

Hémery Stone Tahirindraza
Doctorant
tahirindraza@yahoo.com

Franck Hermé Mananjara
Étudiant en Master, Supervision : J. Nopper
hermesfranck@gmail.com

Andriatsitohaina Ranaivojoana
Étudiant en Master, Supervision : J. Nopper
tsitohaina.ran@gmail.com

WWF

WWF Allemagne

Dr. Kerstin Pflieger
Senior Program Officer Africa & Freshwater
Kerstin.Pflieger@wwf.de

WWF Madagascar et West Indian Ocean Bureau du Programme

Simon Rafanomezantsoa
Madagascar et Programme Bureau de West Indian Ocean
srafanomezantsoa@wwf.mg

WWF Toliara, Madagascar

Domoina Rakotomalala
Coordination en Madagascar
drakotomalala@wwf.mg

Gertin Randrianambinina
Socio-Organisateur
randrianambininagertin@yahoo.fr

Solohery Jean Patrick Randriamampionona
Socio-Organisateur
srandriamampionona@yahoo.fr

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Antananarivo

Lloyd Blum
lloyd.blum@giz.de

Association Vahatra

Prof. Dr. Steven Goodman
sgoodman@fieldmuseum.org

Achille Raselimanana
araselimanana@vahatra.mg

Marie Jeanne Raherilalao
jraherilalao@vahatra.mg

Madagascar National Parks, Toliara

Lovasoa Dresy
dresyl@yahoo.fr

Madagasikara Voakajy

H. Julie Razafimanahaka
hantajulia@gmail.com

Roma Randrianavelona
Cooperations en Madagascar
romarandrianavelona@voakajy.mg

Theodore Manjoazy
Cooperations en Madagascar
manjoazy@yahoo.fr

Universität de Bochum

Faculty of Geosciences

Prof. Dr. Andreas Englert
Coordination des Sous-Projet en Allemagne
Andreas.Englert@rub.de

Linda Dworak
Étudiant en Master, Supervision : A. Englert
Linda.Dworak@ruhr-uni-bochum.de

Partenaires

Dr. Lucienne Wilmé
Cooperations en Madagascar
lucienne.wilme@mobot?mg.org

Dr. Sven Poppert
En coopération avec Bernhard Nocht Institut, Hamburg
sven@poppert.eu

Annexe C.

Liste des abréviations

ABM	–	Approche de modélisation à base d'agent (Agent Based Model)
ACF	–	Action Contre la Faim
AGB	–	Biomasse aérienne (Aboveground Biomass)
AICPM	–	Association Inter Communale de Plateau Mahafaly
ANGAP	–	Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées (National Association for the Management of Protected Areas)
BMBF	–	Ministère de l'Education et de Recherche de la République Fédérale d'Allemagne (Bundesministerium für Bildung und Forschung)
CGIAR	–	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
CMV	–	Virus de Mosaïque du Manioc (Cassava Mosaic Virus)
CNULCD	–	Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification
COBA	–	Communauté de Base
DFG	–	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DHP	–	Diamètre à hauteur de poitrine
ESS/F	–	Ecosystem Service(s) and Function(s)
FCM	–	Cartes Cognitives Floues
FKT	–	<i>fokontany</i>
FSE	–	Fonctions et Services Écosystémiques
FTM	–	Service de la Cartographie nationale de Madagascar
GDF	–	Gestion Durable des Forêts
GIS	–	Systèmes de géo-information
GIZ	–	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPS	–	Système de positionnement global
HCM	–	Household and Crop production Module
HH	–	Ménage (Household)
IVI	–	l'indice de valeur d'importance

j + c	– Jurassique et du Crétacé
LUDAS	– Land Use Dynamics Simulator
LULCC	– Analyses de l'utilisation et de couverture des terres (Land Use and Land Cover Change)
M4P	– Une boîte à outils pour ceux qui pratiquent l'analyse des chaînes de valeur (Market for the Poor, Making Value Chain Work Better for the Poor)
MARP	– Méthode Accélérée de Recherche Participative
MNP	– Madagascar National Parks
MS	– Matière sèche
NDVI	– Indice différentiel normalisé de végétation
NPMR	– Régression Non-Paramétrique et Multiplicatif
NTFP	– Produits Forestiers Non Ligneux
ONG	– Organisation Non-Gouvernemental
PCR	– Polymerase-Chain-Reaction
PNUD	– Programme des Nations Unies pour le Développement (United Nations Development Programme)
PRY	– Application du modèle de survie des troupeaux
PSE	– Paiements pour des Services Environnementaux
RBS	– Randomized Branch Sampling
RDA	– Analyse de Redondance
REDD	– Reducing emissions from deforestation and forest degradation
RPG	– Jeu de rôle/simulation (Role Playing Game)
RRA	– Rapid Rural Appraisal
SATVI	– Indice de la végétation totale ajusté pour les sols
SE	– Services Écosystémiques
SEALM	– Modèle SuLaMa empirique à base d'agent sur l'utilisation des terres (SuLaMa Empirical Agent- based Land-use Model)
SES	– Systèmes socio-écologiques
SET	– Pièges socio-écologiques
SuLaMa	– Sustainable Landmanagement in Southwestern Madagascar
UTB	– Unités de Bétail Tropical (Tropical Livestock Units)
WWF	– World Wide Fund for Nature

