



UNE PLATE-FORME POUR LES ACTEURS DU SECTEUR FORESTIER EN AFRIQUE

VULNERABILITE CLIMATIQUE DES SYSTEMES BIOPHYSIQUES ET SOCIO-ÉCONOMIQUES DANS LES FORMATIONS BOISÉES ET SAVANES EN AFRIQUE ORIENTALE ET AUSTRALE



DOCUMENT DE TRAVAIL DU FORUM FORESTIER AFRICAIN

© African Forest Forum 2014. Tous droits réservés. African Forest Forum. Avenue, Gigiri. P.O. Box 30677-00100, Nairobi, Kenya. Tel: +254 20 722 4203. Fax: +254 20 722 4001. Site web: www.afforum.org

Photo de couverture: African Forest Forum

Citation: Munishi, P.K.T. 2014. Vulnérabilité climatique des systèmes biophysiques et socio-économiques dans les formations boisées et savanes en Afrique orientale et australe. African Forest Forum, Working Paper Series, Vol. 2(6), 49 pp.

Avertissement

Les terminologies utilisées et les données présentées dans cette publication ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part du Forum Forestier Africain sur le statut juridique ou les autorités de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de leurs frontières ou les limites de leur système économique ou de leur niveau de développement. Des extraits peuvent être reproduits sans autorisation, à condition que la source soit dûment citée. Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles du Forum Forestier Africain.

Traduit de l'Anglais par: New Alliance Publishers.

Vulnérabilité climatique des systèmes biophysiques et socio-économiques dans les formations boisées et savanes en Afrique Orientale et Australe

Pantaleo K.T. Munishi

Table des matières

Table des matières	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	iv
Sigles et abréviations.....	v
Résumé	vii
CHAPITRE 1 Introduction.....	1
CHAPITRE 2 Formations boisées d'Afrique orientale et australe	3
CHAPITRE 3 Conditions climatiques auxquelles répondent les formations boisées.....	6
CHAPITRE 4 Vulnérabilité des formations boisées au changement/variabilité climatique.....	9
Vulnérabilité climatique des systèmes biophysiques.....	9
Vulnérabilité climatique des systèmes socio-économiques.....	18
CHAPITRE 5 Potentiel de l'atténuation des changements climatiques sur les formations boisées	24
CHAPITRE 6 Données disponibles et information sur les placettes permanentes dans les formations boisées et savanes en Afrique orientale et australe	26
PEP disponibles	26
Statut actuel et potentiel des placettes pour la production de données et d'informations	37
Accords institutionnels pour la gestion durable et le suivi des placettes	38
CHAPITRE 7 Conclusions	40
Références.....	42
Annexe 1	49
Annexe 2	49

Liste des tableaux

Tableau 1: Placettes d'échantillonnage permanentes dans les différentes parties de la Zambie et du Zimbabwe.	27
Tableau 2 : Localisation des quatre placettes Chakwenga Miombo permanentes (CHAMIPE) dans l'arrondissement de Chongwe, à l'Est de Lusaka et au centre de la Zambie.....	28
Tableau 3 : Description de la base de données BIOTA (Muche et al., 2012).	32
Tableau 4 : PEP dans différentes localités dans les formations boisées d'Iringa et Mbeya. Source: Projet Pilote sur l'amélioration de la capacité du Kenya à fournir des données à long et court termes sur les stocks de Carbone des forêts à travers le pays – SUA/WWF..	33
Tableau 5 : PEP à Hanang au Nord de la Tanzanie. Source: Projet CCIAM sur la quantification et la cartographie des stocks de Carbone dans différents types d'utilisations des sols en Tanzanie.....	35
Tableau 6 : PEP dans les formations boisées <i>Acacia-Commiphora</i> dans le même arrondissement, Tanzanie. Source: Projet CCIAM sur la quantification et la cartographie des stocks de Carbone dans différents types d'utilisations des sols en Tanzanie.....	37

Liste des figures

Figure 1:Tendances du niveau d'eau pour le lac Tanganyika de 1970-2010 (Agence de l'Eau du bassin du lac Tanganyika).	12
Figure 2a: Tendances du niveau d'eau du fleuve Kiwira à Natural Bridge 2003–2009.....	12
Figure 2b: Tendances du débit de la rivière Kiwira au sud des hautes terres en Tanzanie de 2000-2010.	13
Figure 4: Les Observatoires de Biodiversité BIOTA des biomes d'Afrique australe (Muche et al., 2012).....	29
Figure 5 : Conception des Observatoires de Biodiversité BIOTA (Muche et al., 2012).....	30

Sigles et abréviations

AFF	African Forest Forum
CMAE	Conférence Ministérielle Africaine sur l'Environnement
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CERES	Crop Environment Resources Synthesis Model
CIMMYT	Centre International d'amélioration du maïs et du blé
COMESA	Marché commun de l'Afrique Orientale et Australe
EAC	East African Community
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations
FIDA	Fond International pour le Développement de l'Agriculture
GCRN	Gestion Communautaire des Ressources Naturelles
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupeement Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
IRA	Institute for Resources Assessment (UDSM, Tanzania)
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MCG	Modèles de Circulation Générale
MRV	Monitoring, Reporting and Verification
NAFORMA	National Forest Resources Assessment Programme
NDVI	Normalised Difference Vegetation Index
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
PEP	Placettes d'Echantillonnage Permanentes
PIB	Produit Intérieur Brut
RDC	République Démocratique du Congo

REDD forêts	Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des
SADC	Southern African Development Community
SUA	Sokoine University of Agriculture (Tanzania)
UDSM	University of Dar es Salaam
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
WWF	World-Wide Fund for Nature

Résumé

Les changements climatiques constituent une menace majeure à la réduction de la pauvreté dans de nombreux pays africains ainsi qu'à l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Ils affectent les régimes pluviométriques, la disponibilité en eau, le niveau des mers, la dynamique des sécheresses et la fréquence des feux de végétation. Ces événements ont une incidence grandissante sur les écosystèmes de formations boisées, les moyens de subsistance associés, la santé humaine, la productivité agricole et la biodiversité (Munishi et al., 2010; Kowero, 2011). Les changements climatiques impacteront donc négativement les moyens de subsistance, les revenus nationaux et l'environnement. En même temps qu'elles sont affectées par les changements climatiques, les formations boisées jouent également des rôles clés dans l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques. Ces rôles pourraient inclure l'augmentation de la résilience des communautés rurales aux changements climatiques et un appui pour les espèces dans leur adaptation à un climat changeant en servant de refuge pendant les conditions climatiques défavorables. Les formations boisées appuient aussi indirectement les économies dans l'adaptation aux changements climatiques en réduisant les coûts des effets négatifs associés au climat, par la mise à disposition de biens et services à l'occasion des événements climatiques extrêmes, et en fournissant des atouts majeurs pour la réduction de la vulnérabilité aux effets des changements climatiques. Les formations boisées jouent un rôle prépondérant dans l'atténuation des changements climatiques étant donné que la déforestation et la dégradation des forêts sont estimés comme contribuant à environ 18% des émissions globales de dioxyde de carbone (gaz à effet de serre – GES) et ont un potentiel considérable pour la réduction des émissions à travers la séquestration du carbone. L'objectif principal de ce travail était de faire l'état des connaissances sur la vulnérabilité des systèmes biophysiques (c'est-à-dire le sol, l'eau, et les ressources biologiques) et socio-économiques (c'est-à-dire la santé humaine, les moyens de subsistance, les produits, le commerce et le développement) en Afrique orientale et australe.

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont de types variés et comprennent les formations boisées de Miombo couvrant près du tiers de la région, les savanes boisées de type formations boisées *Terminalia-Combretum*, la région boisée Mopane et la région boisée de teck (*Baikiaea plurijuga*) de Zambezi. De plus les formations boisées de type *Acacia-Combretum* au Zimbabwe et les formations boisées de type *Acacia-Commiphora* au Kenya et en Tanzanie sont les types majeurs de formations boisées. L'écosystème de Miombo est l'une des régions sauvages tropicales du monde couvrant environ 3,6 millions de km² et s'étendant sur 10 pays en Afrique orientale, centrale et australe (Munishi et al., 2011).

Les changements climatiques auront des effets de grande ampleur sur les secteurs socio-économiques et connexes, y compris les ressources en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine, les écosystèmes terrestres et la biodiversité, les formations boisées également. Celles d'Afrique orientale et australe vont faire face à une pluviométrie variable en termes de saisonnalité et de quantités avec de façon prédominante une baisse de la pluviométrie et une augmentation des températures (Munishi et al., 2010). Les scénarii de changements climatiques prévoient pour l'Afrique une augmentation des températures à travers le continent avec une hausse estimée à 0,2°C par décennie (Elagib and Mansell, 2000) et des précipitations irrégulières. Des modifications dans le régime pluviométrique sont susceptibles de conduire à de graves pénuries d'eau et/ou des inondations pendant que les hausses de températures vont potentiellement augmenter sévèrement les taux d'extinction pour de nombreux habitats et espèces (jusqu'à 30% avec une hausse de température de 2°C).

Les problèmes liés à l'eau, déjà sérieux dans la région, vont probablement empirer en raison des changements climatiques (AMCEN, 2011). Des événements pluvieux intenses augmenteront l'effet des inondations dans de nombreuses régions. Dans le même temps, une baisse du ruissellement va accentuer le stress hydrique et réduire la qualité et la quantité de l'eau disponible pour les usages domestiques, et ceux liés aux cultures et à l'élevage. Dans un plus large contexte, les effets prédits des changements climatiques sur les ressources en eau dans les formations boisées en Afrique orientale et australe indiquent que d'ici 2020, entre 75 et 250 millions de personnes seront exposées à un plus grand stress hydrique. La production agricole, y compris l'accès aux aliments dans de nombreux pays en Afrique orientale et australe devrait être sévèrement compromise à cause de la pénurie d'eau qui par ailleurs affectera négativement la sécurité alimentaire et aggravera la malnutrition.

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont diversifiées et une telle diversité de végétation impliquerait une variété d'habitats et de zones de forte diversité spécifique et d'endémisme. Les effets des changements climatiques sur les formations boisées dans cette région seront par conséquent susceptibles d'impacter la biodiversité et les espèces endémiques vulnérables. Au nombre des impacts majeurs des changements climatiques sur les formations boisées figurent les modifications au sein de certains types et la disparition d'autres ainsi que des changements dans la composition des espèces. Etant donné que le climat est un déterminant principal de la distribution des espèces et des processus dans les écosystèmes, de nouveaux climats pourraient favoriser la formation de nouvelles associations d'espèces et d'autres changements écologiques alors que les changements dans les climats actuels pourraient aussi augmenter les risques d'extinction des espèces ayant des distributions géographiques et ou climatiques restreintes et la rupture des communautés existantes.

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont essentielles pour le bien-être des populations et la fourniture d'une large gamme de produits, services et fonctions. Dans la région, elles contribuent énormément au développement économique et social à travers le commerce formel et informel du bois et des produits forestiers non ligneux ; aux services environnementaux grâce à leur filet de sécurité, leur valeur spirituelle et esthétique, leur rôle de protection des sources d'eau et de stockage de grandes quantités de carbone.

Les effets du réchauffement planétaire sur la santé publique en Afrique orientale et australe seront probablement liés à la hausse des températures, aux pénuries d'eau sévères et aux événements extrêmes tels que les sécheresses, inondations et orages fréquents et violents. Les changements climatiques affectent l'agriculture et la sécurité alimentaire à travers la fourniture d'eau, les aléas naturels extrêmes, l'apparition et la mobilité des maladies infectieuses, autant d'éléments qui ont des conséquences sur la santé. La santé humaine dans les régions de formations boisées en Afrique orientale et australe va vraisemblablement souffrir d'une augmentation de l'incidence des maladies. Plusieurs risques sanitaires liés aux changements climatiques ont déjà été signalés en Tanzanie, y compris le paludisme qui s'est répandu dans des régions non traditionnelles, la dysenterie, le choléra, la méningite, la typhoïde, la malnutrition et le trachome. Les maladies hydriques telles que la bilharziose, le choléra et autres maladies gastro-intestinales vont probablement augmenter. Les pénuries graves d'aliments et le rythme de l'accroissement du taux de malnutrition surtout chez les enfants vont s'intensifier.

L'ampleur prédite des changements du climat aura un effet dévastateur sur les systèmes de production agricole qui éprouvent déjà des difficultés pour subvenir aux besoins des ménages et être le moteur de croissance dont la région a tellement besoin. De tels changements auront également un effet sur la dynamique des moyens de subsistance associés à l'usage des formations boisées. Ceci aura des incidences significatives sur l'ensemble des moyens de subsistance et la résilience des populations aux chocs climatiques et pour de nombreuses personnes en Afrique orientale et australe, la perte des formations boisées et les biens et services qu'elles fournissent réduit leurs options de subsistance, surtout en temps de stress.

Les formations boisées sont par ailleurs aussi importantes dans l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques à travers leur influence sur le cycle hydrologique, la séquestration et le stockage du carbone. Il a été estimé que les stocks de carbone des tiges dans les formations boisées du Mozambique s'élèvent à $19.0 (+/- 8) \text{ t.ha}^{-1}$, alors que le stock de carbone dans les sols forestiers intacts est d'environ 58 tC.ha^{-1} , dont environ 13 tC.ha^{-1} sont perdus lorsque les formations boisées sont converties en terres agricoles. La régénération des formations boisées peut reconstituer le carbone perdu à un taux de $0,7 \text{ tC ha}^{-1}$ par an sur les terres abandonnées pour l'agriculture. En Tanzanie, les formations boisées de Miombo et les stocks de carbone ont été estimés entre moins de 15 t.ha^{-1} et environ 30 t.ha^{-1} , avec différentes parties et espèces d'arbres contribuant différemment à ce

réservoir de carbone. Etant donné l'ampleur et la diversité des formations boisées dans la région, la contribution potentielle à l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques est élevée.

La plupart des placettes d'échantillonnage permanentes (PEP) en Zambie semblent avoir été dégradées tandis que certaines restent intactes ou relativement non modifiées. Etant donné que l'information de base existe pour de telles placettes, elles peuvent servir pour générer des données et informations dans l'optique d'un suivi futur de la dynamique des écosystèmes à des fins de REDD+. Cependant, certaines modifications pourraient s'avérer nécessaires afin d'en faire des sites plus appropriés de suivi pour les projets REDD+, surtout en ce qui concerne l'acquisition de données additionnelles sur les réservoirs de carbone qui ont besoin d'un suivi conformément aux exigences du GIEC. Par exemple, les placettes d'Afrique du Sud ont été installées pour le suivi de la biodiversité et non pour le carbone et pourraient exiger des protocoles additionnels pour évaluer les stocks de carbone.

Les placettes en Tanzanie ont été établies principalement pour le suivi du carbone. Cependant, d'autres paramètres des écosystèmes, tels que la régénération, ne pourront qu'être estimés puisqu'ils ne semblent pas avoir été évalués correctement. A cet égard, des informations additionnelles pourraient être requises dans le but de suivre ces autres paramètres.

En général, toutes les parcelles disponibles sont indiquées aussi bien pour le suivi des changements futurs dans l'écosystème que pour le suivi dans le compte de la REDD+. Le suivi des changements dans le temps et l'établissement des changements dans les stocks de carbone dans le temps est un processus important dans la REDD+ qui démontrerait les bénéfices additionnels des projets carbone.

Sur la base d'accords institutionnels pour la gestion durable et le suivi des placettes, quatre options sont suggérées:

- 1) le travail sera fait par les institutions qui ont installé les placettes en premier lieu puisqu'elles seraient les mieux indiquées pour continuer le suivi des placettes dans le souci de garantir la cohérence des informations collectées,
- 2) utiliser des institutions académiques, de formation ou de recherche en foresterie où il existe un important personnel déterminé et scientifique parmi les étudiants qui conduisent leurs recherches en utilisant les PEP et par conséquent une bonne option pour le renforcement de capacités en générant sur le long terme des données sur les forêts, le carbone et le MRV,
- 3) dans les pays où les deux approches ne seraient pas applicables, les Institutions de Recherche en Foresterie en auraient la charge quoiqu'elles pourraient avoir besoin de

renforcement de capacités/formation sur les différentes approches qui ont été utilisées par les diverses institutions afin d'assurer des données cohérentes et,

- 4) une approche plus générale où de façon initiale le travail serait fait par les institutions ayant installé les placettes tout en renforçant les capacités des Institutions de Recherche en Foresterie en ce qui concerne les différentes approches de suivi de la croissance des forêts et le MRV, l'initiative étant ensuite laissée aux institutions de recherche qui travailleraient en collaboration avec des institutions académiques, de formation et d'autres institutions de recherche.

CHAPITRE 1 Introduction

Les changements climatiques sont une menace majeure à la réduction de la pauvreté ainsi qu'à l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) dans de nombreux pays africains. Les changements climatiques affectent la distribution des pluies, la disponibilité en eau, le niveau des mers, la fréquence des sécheresses et feux de végétation, influençant de plus en plus la santé humaine, la productivité agricole, et la biodiversité (Munishi et al., 2011). Le changement climatique et la variabilité climatique (ou imprévisibilité) représentent une épreuve à laquelle doivent déjà faire face tous les pays d'Afrique orientale et australe. Le Groupement Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC), dans son troisième Rapport d'Evaluation (AR3) en 2001, a alerté le monde sur les impacts inexorables des changements climatiques dans le court terme et soulevé la question du besoin de faire face aux effets des changements climatiques à travers l'adaptation. En particulier, il a fait remarquer que les pays pauvres seraient plus vulnérables et auraient besoin d'aide pour s'adapter. De plus, le GIEC en 2007 a confirmé dans son quatrième Rapport d'Evaluation (AR4) l'existence de *“nouvelles et sérieuses preuves que la grande partie du réchauffement observé durant les 50 dernières années est imputable aux activités humaines telles que l'utilisation des terres”*. Le secteur de l'utilisation des terres, foresterie et agriculture inclus, est une source importante d'émissions anthropiques de Gaz à Effet de Serre (GES). Le changement de l'utilisation des terres, principalement la déforestation, ont contribué à environ 20% des émissions de GES d'origine anthropique entre 1989 et 1998 (GIEC, 2000 et 2007). En ajoutant toutes les émissions provenant du secteur de l'utilisation des terres, du changement d'utilisation des terres et la foresterie (LULUCF) ce chiffre passe à 30%.

Il est de plus en plus reconnu que l'accumulation des Gaz à Effet de Serre dans l'atmosphère aura un effet significatif sur le climat, ce qui suscite une inquiétude grandissante. Différentes régions d'Afrique pourraient être affectées différemment et en Afrique orientale et australe, les effets des changements climatiques englobent une fréquence plus élevée d'événements climatiques extrêmes, inondations, orages et sécheresses. Ces événements auront potentiellement des impacts sociaux, économiques, et politiques significatifs incluant des effets sur la production alimentaire et la disponibilité en eau, qui représentent de sérieuses menaces pour les systèmes de production alimentaire et leurs progrès vers la réduction de la pauvreté. La nature et l'ampleur des changements climatiques entravent non seulement le développement humain et la préservation de l'environnement, mais forment aussi une menace majeure à la sécurité humaine aux niveaux régional et national. Les changements climatiques pourraient également provoquer des conflits entre et à l'intérieur des nations puisque les ressources deviennent plus rares et les catastrophes détruisent les moyens de subsistance. Ils affecteront donc négativement les moyens de subsistance, les revenus nationaux et l'environnement.

Bien que les formations boisées soient affectées par les changements climatiques, elles jouent aussi des rôles clés dans l'atténuation et l'adaptation à de tels changements. Ces rôles pourraient inclure l'augmentation de la résilience des communautés rurales aux changements climatiques, et la facilitation de l'adaptation des espèces à un climat changeant en servant de refuge durant les conditions climatiques difficiles. Les formations boisées d'Afrique orientale et australe aident aussi indirectement les économies dans l'adaptation aux changements climatiques en réduisant les coûts des effets climatiques négatifs et à travers la fourniture de biens et services pendant les événements climatiques extrêmes et sont par conséquent des atouts clés pour la réduction de la vulnérabilité aux effets des changements climatiques. Les formations boisées jouent également un rôle important dans l'atténuation des changements climatiques étant donné que la déforestation et la dégradation des forêts contribuent selon les estimations à environ 18% des émissions globales de dioxyde de carbone (Gaz à Effet de Serre – GES) et ont un potentiel considérable pour atténuer les émissions grâce à la séquestration de carbone. Les activités de gestion des formations boisées peuvent par conséquent contribuer à l'atténuation qui peut être réalisée à travers la reforestation, la restauration des forêts et des changements dans les pratiques de gestion des forêts (Munishi et al., 2011).

CHAPITRE 2 Formations boisées d'Afrique orientale et australe

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont de types variés y compris les formations boisées Miombo qui couvrent le tiers de la région (Munishi et al., 2011), les savanes boisées de type *Terminalia-Combretum*, les formations boisées Mopane et les formations boisées de teck (*Baikiaea plurijuga*) de Zambezi. Par ailleurs, les formations boisées de type *Acacia-Combretum* au Zimbabwe et *Acacia-Commiphora* au Kenya et en Tanzanie constituent les types majeurs de formations boisées. Basées sur les zones de vie de Holdridge (Matarira and Mwamuka, 1996), les formations boisées au Zimbabwe sont constituées de forêts sèches subtropicales, les formations boisées épineuses subtropicales et les forêts tropicales très sèches. La zone de vie de forêt sèche subtropicale Holdridge couvre la plus importante superficie au Zimbabwe (68,7%) et s'étend sur la plus grande amplitude latitudinale 15.5"S et 22"S. Cette zone correspond aux formations boisées de Miombo, Mopane, aux formations boisées de type *Terminalia-Combretum*, aux formations boisées de teck (*Baikiaea plurijuga*) de Zambezi et aux formations boisées à *Acacia* selon les systèmes de classification historiques (Matarira and Mwamuka, 1996).

L'écosystème Miombo est l'une des forêts vierges tropicales du monde couvrant environ 3,6 millions de km² et s'étendant sur dix pays d'Afrique orientale, centrale et australe (Munishi et al., 2011). Il constitue une zone boisée de forêt dense qui coupe l'Afrique en deux au sud du bassin du Congo et des savanes est africaines. Il s'étend depuis l'Angola à l'Ouest jusqu'à la Tanzanie à l'Est. Ces formations boisées sont dominées par des arbres de la sous-famille des Caesalpinioideae, surtout les espèces appartenant aux genres *Brachystegia*, *Julbernardia* et *Isoberlinia*, qui se rencontrent rarement en dehors du Miombo (Campbell, 1996). Une part importante de la superficie couverte par cette écorégion recouvre partiellement la formation boisée Zambézienne du Miombo floristiquement appauvrie et plus sèche décrite par White (1983). La végétation de cette région est principalement faite des mêmes espèces ligneuses mais à croissance moins dense permettant de ce fait le bon développement d'une couche d'herbe sous-jacente.

La dominance d'une famille d'arbres garantit la cohésion de cet écosystème (Frost, 1996; Chidumuyo, 1997; Timberlake, 2000; WWF, 2001; Byers, 2001). L'écosystème Miombo contient et s'imbrique en partie avec une diversité de types majeurs de formations boisées, y compris le Miombo humide, le Miombo sec, les formations boisées de *Burkea-Terminalia*, *Baikiaea*, Mopane, d'*Acacia-Combretum*, les forêts sempervirentes sèches (*Cryptosepalum*), les prairies humides et les fourrés (fourrés Itigi) (Byers, 2001; Munishi et

al., 2011). Au nombre des essences forestières dominantes on compte *Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii*, *B. allenii* and *Julbernardia globiflora* (Campbell et al., 1996).

Dans les régions mieux arrosées, il se produit une transition vers une forme plus humide de Miombo Zambézien (White, 1983). Cette végétation abrite une plus grande richesse florale et intègre presque toutes les espèces dominantes du Miombo tels que *Brachystegia floribunda*, *B. glaberrima*, *B. taxifolia*, *B. wangermeeana*, *B. utilis*, *Marquesia macroura*, *Julbernardia globiflora*, *J. paniculata* et *Isoberlinia angolensis*. La forêt décidue riveraine dessine les limites des nombreux fleuves de la région, alors que la forêt sèche et les associations de fourrés se retrouvent également dans l'écorégion, en particulier les endroits rocheux. L'écosystème Miombo est constitué de trois écorégions majeures à savoir : les formations boisées Miombo de l'Est (AT0706), les formations boisées Miombo d'Angola (AT0701) et les formations boisées de la partie centrale du Zambèze (AT0704). L'écorégion des formations boisées du Miombo oriental couvre une superficie d'environ 483 900 km² et est formée d'un espace relativement continu occupant les régions intérieures du Sud-est de la Tanzanie et la moitié Nord du Mozambique, avec quelques terrains débordant dans le Sud-est du Malawi. L'écorégion bénéficie d'un climat tropical saisonnier avec une concentration de la majeure partie des pluies dans les mois de Novembre à Mars, suivi d'une forte sécheresse qui peut durer jusqu'à six mois. Les hauteurs moyennes de pluies annuelles se situent entre 800 et 1200 mm, quoique des pics pouvant atteindre 1400 mm par an se retrouvent le long des limites ouest.

L'écorégion des formations boisées du Miombo du Zambèze central couvre une superficie de 1 184 200 km² et s'étend au-delà du lac Malawi à l'Ouest. Celles du Zambèze et de Mopane s'étendent vers le sud. Cette écorégion couvre environ 70% du Centre et du Nord de la Zambie, le tiers Sud-est de la RDC, l'Ouest du Malawi, une grande partie de la Tanzanie et des portions du Burundi et du Nord-est de l'Angola. Formé principalement des savanes et formations boisées à feuillus caduques il est caractéristiquement entrecoupé de prairies édaphiques et de végétation semi-aquatique, ainsi que de zones de forêts d'eaux souterraines sempervirentes. Les vastes formations boisées Miombo de l'Angola (660 100 km²) font partie d'un écosystème Miombo encore plus grand qui s'étend sur tout le centre de l'Angola et se prolonge en RDC. Cette écorégion est composée de savanes humides et de formations boisées de feuillus caduques parsemés de zones de prairies édaphiques et secondaires. Il forme l'extrême Ouest de la vaste ceinture de formation boisée Miombo qui est la forme dominante de savane boisée dans le centre Zambézien d'endémisme (White, 1983; Campbell, 1996; Munishi et al., 2011). La grande partie de la formation boisée Miombo de l'Angola se trouve à des élévations situées entre 1000 et 1500 m au-dessus du niveau de la mer. La pluie moyenne annuelle dans l'éco région varie de 800 mm dans le sud à environ 1400 mm dans le nord et l'ouest (Huntley et al., 2006). La région sert d'habitat à au moins 4500 espèces végétales endémiques et 163 espèces animales endémiques. C'est un centre de diversité pour les forêts souterraines (c'est-à-dire avec des

troncs souterrains) – des 98 espèces reconnues comme originaires d'Afrique, 86 sont confinées à cette région. L'écosystème Miombo est aussi un réservoir de carbone d'importance mondiale. C'est une région où les humains ont évolué en même temps que la vie sauvage pendant des millions d'années et qui contient environ 23 et 29% des populations mondiales de rhinocéros noirs et blancs, respectivement 42 et 45% de la population africaine d'éléphants, la majorité des chiens sauvages survivants, et plus de 66 millions de personnes avec des moyens de subsistance différents (White, 1983; WWF, 2001; Byers, 2001; Campbell, 1996; Rodgers, 1996).

Les formations boisées d'*Acacia-Commiphora* s'étendent de la Somalie au Kenya et à l'extrême sud dans la région d'Iringa en Tanzanie. Ce type de formation boisée forme une phytochorie appelée le Centre Régional d'Endémisme Somli-Masai (White, 1983). Il est dominé par les genres *Acacia* et *Commiphora* avec des éléments de *Combretum* et *Balanites*. La région Masai somalienne est modérément riche avec environ 2500 espèces de plantes à fleurs dont à peu près 50% se révèlent endémiques à la région (Linder et al., 2005).

Des associations de plantes spécifiques se produisent également dans des lieux spécifiques parmi les principaux types de végétation. Munishi et al. (2011) ont identifié six communautés de plantes à composition unique dans les formations boisées Miombo de Tanzanie, chacune répondant à une multitude de facteurs environnementaux dont la topographie, la pente et l'humidité du sol. Elles regroupent les types suivants de formations boisées : *Combretum molle/Sclerocayia birrea/Combretum zeyherii/Acacia seyal* var. *fistula*; *Brachystegia bussei/Pterocarpus tinctorius*; *B. microphylla/Isobertia tomentosa/Hymenocardia acida/Syzygium owariense*; *Bridelia cathartica/ Diospyros espiliformis*; *Brachystegia boehmii/Pericopsis angolensis*; et *Julbernardia globiflora*.

CHAPITRE 3 Conditions climatiques auxquelles répondent les formations boisées

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe seront exposées à une pluviométrie variable en termes de saisonnalité et de volumes, avec de façon prédominante une baisse de la pluviométrie et une hausse de températures à travers le continent estimée à 0,2°C par décennie (Elagib et Mansell, 2000) et des précipitations plus aléatoires avec une légère augmentation dans les éco-zones de l'Afrique de l'Est et les éco-zones forestières humides de l'Afrique de l'Ouest et des baisses durables de la productivité des éco-zones du Sahel en Afrique du Sud, du Centre et du Nord (Stige et al., 2006). Cette projection est en partie renforcée par les changements des niveaux de précipitations durant les 60 dernières années qui ont baissé jusqu'à 30% (Sivakumar et al., 2005), avec les effets négatifs les plus importants ressentis dans le Sahel ouest-africain (Nicholson et al., 2000; Hulme et al., 2001).

Selon Chidumuyo et al. (2011) et Opere et al. (2011), comme ailleurs dans le monde, une tendance à la hausse des températures moyennes de surface a été observée pour la région africaine sur la base des données climatiques historiques. Quoique ces tendances semblent cohérentes à travers le continent, les changements ne sont pas toujours uniformes. Par exemple, des taux de réchauffement décennaux de 0,29°C dans les formations boisées africaines (Malhi and Wright, 2004) et de 0,1 à 0,3°C en Afrique du Sud ont été observés. En Afrique du Sud et en Ethiopie, les températures minimales ont augmenté à une vitesse légèrement plus importante que les températures maximales ou moyennes. Entre 1961 et 2000, il y a eu une hausse du nombre de périodes de chaleur sur l'Afrique du sud et de l'ouest, et une réduction du nombre de jours extrêmement frais. En Afrique de l'Est, des tendances à la baisse de température provenant de stations climatiques situées près de la côte ou près des lacs intérieurs majeurs ont été constatées. Cette tendance devrait se poursuivre voire augmenter significativement. Selon le Groupement Intergouvernemental des Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC, 2007), un scénario d'émissions moyennes à élevées projetterait une hausse dans les températures moyennes annuelles de l'air à la surface du globe de 3 à 4°C d'ici 2080.

Le climat de la Tanzanie est diversifié et varie en fonction de la localisation et des changements considérables sur le climat ou le régime pluviométrique dans le pays ont déjà eu lieu. La hauteur annuelle de pluie sur le Mont Kilimanjaro a baissé de 150 mm entre 1880 et 1900, indiquant une baisse de 7,5 mm/an durant cette période. Les chiffres sur la pluviométrie annuelle fournis par l'Institut de Recherche Lyamungu depuis 1935 indiquent une tendance à la baisse. De même, une tendance prédominante à la baisse de la

pluviométrie a été observée dans les Monts de l'Est Usambara pour la période de 1921-2000 et dans les Monts Uluguru pour la période de 1933 à 2002.

Les analyses de données pluviométriques provenant de stations spécifiques en Tanzanie (Munishi et al., 2008) montrent une grande variabilité dans les tendances. Parmi les zones connaissant une baisse des pluies pendant la saison humide de Mars à Mai figurent les zones montagneuses du sud (régions de Mbeya, Iringa, Ruvuma et Sumbawanga), où se trouvent la majeure partie des formations boisées Miombo, et la zone Nord (régions de Kilimanjaro et Arusha), où dominent les formations boisées à *Acacia-Commiphora*. D'un autre côté, la pluviométrie totale annuelle dans la zone côtière semble avoir été constante. Ceci indique que la plupart des régions de la Tanzanie où se situent les formations boisées ont connu des pluviométries décroissantes en saison humide avec un impact important sur les conditions climatiques de ces régions.

La zone de pluviométrie unimodale, où la principale saison pluvieuse intervient d'Octobre à Décembre, s'étend du sud de la Tanzanie (Iringa, Mbeya, Ruvuma, Rukwa) jusqu'à l'Afrique australe (Malawi, Zambie, Zimbabwe et Mozambique) où se trouve une grande partie des formations boisées Miombo, et présente des tendances pluviométriques à la baisse. Ce phénomène devrait probablement se poursuivre selon les scénarii de changements climatiques prévus pour la région. Le nombre de jours de pluie dans la plupart des régions de la Tanzanie montre également une tendance à la baisse ce qui signifie que la saison de culture s'est raccourcie dans la majorité des régions. De plus, la date de début des pluies semble intervenir plus tard et les dates d'arrêt plus tôt, ce qui signifie que les pluies commencent tard et s'arrêtent tôt dans la zone boisée de la région, indiquant un déplacement de la saison de culture. Les scénarii développés à partir des Modèles de Circulation Générale (MCG) ont également indiqué qu'il y aura une augmentation de la pluviométrie à certains endroits de la région alors que d'autres connaîtront une baisse. Comme c'est le cas pour la Tanzanie, les régions avec deux saisons (dans la partie Nord) connaîtraient une hausse de la pluviométrie pour les deux saisons variant de 5 à 45%, alors que les régions Sud, Sud-ouest, Ouest, Centre et Est du pays connaîtront des baisses de pluviométrie allant de 5 à 15% (Munishi et al., 2008).

Une évaluation des modèles de température dans 12 différentes zones climatiques de la Tanzanie (Munishi et al., 2008) montre qu'aussi bien les températures maximales que minimales ont augmenté dans presque toutes les stations sauf dans le Centre de la Tanzanie où les moyennes de températures maximales et minimales ont chuté et dans le sud montagneux où les moyennes de températures minimales de Juillet ont chuté. Il existe donc une augmentation générale de température de 10°C–20°C sur l'ensemble du pays.

Des scénarii développés en utilisant des Modèles de Circulation Générale (MCG) ont prédit une augmentation de la température journalière moyenne de 3,5°C à travers le pays, une hausse qui sera plus prononcée pendant les mois frais de Juin, Juillet et Août que pendant

les mois de Décembre, Janvier et Février. La hausse de la température annuelle sur l'ensemble du pays est prévue pour être entre 2,5°C et 3,0°C dans les mois les plus chauds de Décembre, Janvier et Février et entre 3,0°C et 3,9°C pendant les mois frais de Juin-Août.

Selon Munishi et al. (2008; 2010), la plupart des zones climatiques présentent une augmentation des risques de périodes sèches avec une probabilité d'une période sèche de 7 jours montrant le plus net changement. De façon générale, à part quelques cas, la probabilité de périodes sèches de 7 jours, 10 jours, et 15 jours était plus élevée après les années 1970 comparée à la période avant, ce qui indique que la probabilité de périodes sèches a augmenté dans tout le pays.

CHAPITRE 4 Vulnérabilité des formations boisées au changement/variabilité climatique

Les changements climatiques auront une gamme variée d'effets sur l'environnement et sur le secteur socio-économique et ceux associés, y compris les ressources en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine, les écosystèmes terrestres et la biodiversité, dont les formations boisées et les zones côtières. Suite au réchauffement planétaire, le type, la fréquence et l'intensité des événements extrêmes tels que les cyclones (ouragan, typhons), inondations, sécheresses et fortes pluies, devraient augmenter quoiqu'avec des élévations relativement faibles de températures. Des changements dans certains types d'événements extrêmes ont déjà été observés, par exemple des augmentations dans la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur et des fortes pluies (Meehl et al., 2007; UNFCCC, 2007). De tels changements dans le climat pourraient avoir un fort poids sur le statut des systèmes biophysiques et socio-économiques de la région.

VULNERABILITE CLIMATIQUE DES SYSTEMES BIOPHYSIQUES

Selon l'UNFCCC (2007), les changements dans le régime des pluies sont susceptibles de conduire à des pénuries d'eau et/ou des inondations. Les hausses de températures augmenteront potentiellement de façon sévère les taux d'extinction de nombreux habitats et espèces (jusqu'à 30% avec une hausse de température de 2°C). Les formations boisées de l'Afrique orientale et australe seront particulièrement vulnérables aux changements climatiques parce qu'elles se situent dans des zones prédites pour être les zones semi-arides les plus durement touchées de la région.

Les sécheresses associées au changement et à la variabilité climatique sont devenues plus prononcées dans les régions d'Afrique orientale et australe ces dernières années, impactant négativement la production agricole. Le GIEC a indiqué que toute l'Afrique y compris l'Afrique orientale et australe va probablement se réchauffer au cours du siècle avec un réchauffement des zones tropicales sèches plus important que celui des tropiques humides. La pluviométrie annuelle est susceptible de décroître à travers la majeure partie de la région avec des saisons plus différenciées dans des endroits spécifiques. La pluviométrie annuelle dans la région est-africaine est prévue pour augmenter, entraînant des menaces d'inondations potentielles et de possibles dommages sur les ressources. De

l'autre côté, les zones qui connaîtront une baisse des pluviométries vont probablement souffrir de sécheresses prolongées avec des conséquences sur l'eau et d'autres ressources.

Vulnérabilité climatique et impacts sur les ressources en eau et les sols

Les problèmes relatifs à l'eau, déjà sérieux en Afrique orientale et australe, sont de nature à empirer suite aux changements climatiques (AMCEN, 2011). Les précipitations intenses augmenteront l'effet des inondations dans de nombreuses régions. Dans le même temps, la baisse du ruissellement va aggraver le stress hydrique et réduire la qualité et la quantité de l'eau disponible pour les usages domestiques, la production végétale et le bétail. Les experts prédisent que l'Afrique australe deviendra plus sèche, et que les pluies vont augmenter dans certaines parties de l'Afrique de l'Est. Les régions du Botswana et du Zimbabwe sujettes à la sécheresse vont probablement devenir plus vulnérables aux changements climatiques que les zones plus humides de Tanzanie et de Zambie.

Selon le GIEC (2007) et l'URT (2007, 2009), le secteur de l'eau, qui est essentiel pour le développement de l'économie sera affecté par les changements climatiques de différentes manières. Les résultats du quatrième Rapport d'Evaluation du GIEC ont indiqué que les changements climatiques sont susceptibles d'aggraver les pressions actuelles sur les ressources en eau provenant de la croissance de la population et des changements liés à l'économie et l'utilisation des terres, y compris l'urbanisation.

Dans un contexte plus large, les impacts prédits des changements climatiques sur les ressources en eau dans les formations boisées d'Afrique orientale et australe indiquent que d'ici 2020, entre 75 et 250 millions de personnes devraient être exposées à un stress hydrique plus important. La production agricole, y compris l'accès aux aliments, dans de nombreux pays sera sérieusement compromise à cause de la rareté de l'eau qui affectera encore plus négativement la sécurité alimentaire et aggravera la malnutrition.

Le secteur de l'eau en Afrique orientale et australe connaîtra à la fois des conséquences positives et négatives (Munishi et al., 2010). La répartition des pluies et l'humidité du sol vont varier à cause des changements de température moyenne et par conséquent ceci va se répercuter sur l'écoulement des fleuves. Par exemple une augmentation de température de 1,80°C à 3,60°C dans les bassins versants du fleuve Pangani dans le Nord et le Nord-est de la Tanzanie ainsi qu'une baisse de pluviométrie a entraîné une réduction de 6-9% du débit annuel du fleuve Pangani. La rivière Ruvu dans les régions Centre et Est de la Tanzanie et le fleuve Sigi dans le Nord-est ont connu une baisse d'écoulement de 10%. De l'autre côté, le Grand bassin du Ruaha/Kilombero/ Rufiji connaîtrait une augmentation des pluviométries annuelles de 5-11%. Les effets de la variabilité de l'écoulement sont divers et regroupent les inondations dans les bassins qui connaissent une augmentation de

l'écoulement et une baisse de débit partout où la pluviométrie annuelle diminue, avec une modification de la disponibilité en eau pour différents usages entraînant des conflits liés à l'usage de l'eau au sein des parties prenantes. Bien que les changements de débit puissent être attribués aux changements d'utilisation des terres dans les bassins versants respectifs, les changements climatiques vont jouer des rôles majeurs, soit directement (à cause d'une baisse de pluviométrie et d'une évapotranspiration plus importante résultant de températures plus élevées) ou indirectement à travers l'effet sur les changements d'utilisation des terres qui se répercutent sur la capacité de stockage d'eau et les caractéristiques des bassins versants.

Il a été constaté que plusieurs lacs importants de l'Afrique sub-saharienne ont enregistré des augmentations et des baisses brutales de leur superficie et de leur profondeur, d'une ampleur sans précédent récent (Levine et al., 1982; Gillespie et al., 1983; Olago et al., 2007, Opere et al., 2010), ce qui suppose que de grandes surfaces, aussi bien arides qu'humides aujourd'hui, recevaient autrefois des précipitations plus importantes. Il a été indiqué que le lac Malawi a été moins profond de 50 m comparé à sa profondeur des 150 dernières années (Owen-Smith et al., 1990), et des enregistrements de changement hydrologique du lac Naivasha indiquent qu'il ya eu trois sécheresses d'échelle décadaire à inter-décadaire dans la région Est-africaine qui ont coïncidé avec des documents oraux historiques relatant des famines, de l'instabilité politique et des migrations à grande échelle de populations autochtones (Verschuren, 2002). Certaines régions d'Afrique orientale et australe sont particulièrement vulnérables à la baisse de la pluviométrie, surtout parce que la tendance du climat indique de plus longues périodes de sécheresse et de plus courtes périodes de fortes pluies. Les zones les plus vulnérables sont les zones boisées arides, semi-arides et subhumides sèches où la pluviométrie est plus faible que l'évapotranspiration. Il est prouvé que les sécheresses augmentent dans les terres arides d'Afrique australe et devraient encore augmenter suite aux hausses de températures et à la baisse de la pluviométrie.

Le bassin versant du lac Tanganyika est majoritairement fait des formations boisées Miombo de l'Ouest de la Tanzanie avec le fleuve majeur Malagarasi provenant des vastes terres boisées du Centre et de l'Ouest de la Tanzanie. Le niveau d'eau du lac a montré une tendance à la baisse sur les 30 dernières années (Figure 1). Les niveaux d'eau dans le fleuve Kiwira des montagnes du Sud de la Tanzanie – toujours dans la principale écorégion Miombo de la Tanzanie- ont été très variables et montrent, pour les sept dernières années, une tendance prédominante à la baisse de 1620 m à environ 1590 m et un débit décroissant de $6,2$ à $5 \text{ m}^3, \text{sec}^{-1}$ pour la période 2000–2011 (Figures 2a & b).

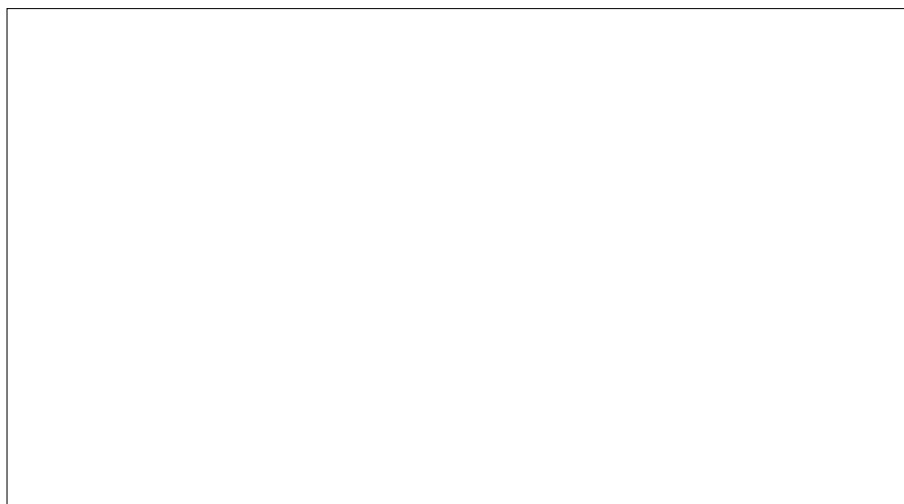


Figure 1: Tendances du niveau d'eau pour le lac Tanganyika de 1970-2010 (Agence de l'Eau du bassin du lac Tanganyika).

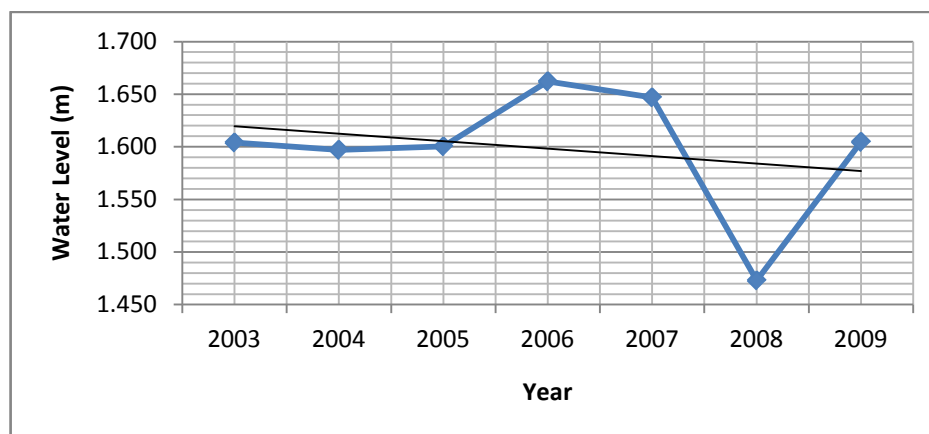


Figure 2a: Tendances du niveau d'eau du fleuve Kiwira à Natural Bridge 2003-2009.

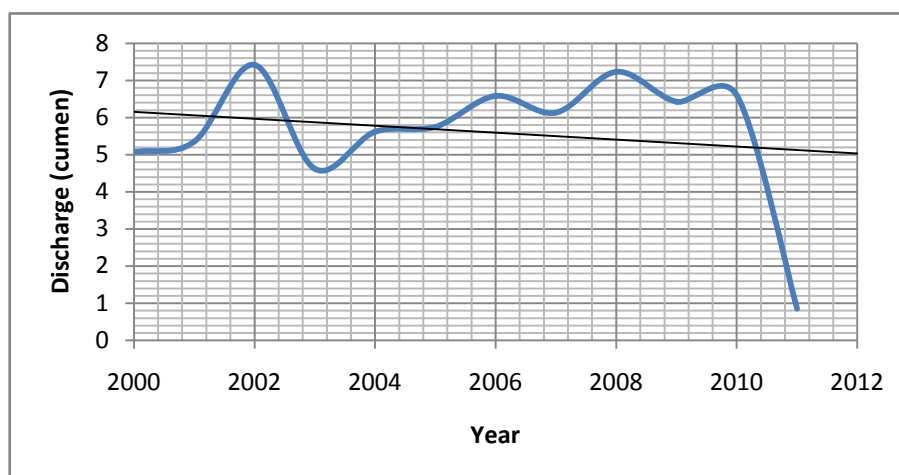


Figure 3b: Tendances du débit de la rivière Kiwira au sud des hautes terres en Tanzanie de 2000-2010.

Les principaux effets des changements climatiques sur les systèmes hydriques en Afrique orientale et australe se traduiront par des changements dans le cycle hydrologique, l'équilibre des températures, et une baisse prévue de la pluviométrie et des débits d'écoulement (GIEC, 2001; Opere et al., 2010).

De nombreuses formations boisées en Afrique orientale et australe sont situées dans de vastes zones de bas-fonds et d'autres dans des montagnes telles que la zone montagneuse Miombo du sud et du centre de la Tanzanie qui sont d'importants bassins versants et sources d'eau utilisées dans la région. Les plans d'eau tels que le lac Rukwa en Tanzanie, le lac Nyasa (lac Malawi) partagé entre le Malawi et la Tanzanie, et le lac Tanganyika partagé entre la Tanzanie, la Zambie et la RDC sont tous entourés par de vastes terres boisées Miombo et les fleuves alimentant ces lacs, comme le fleuve Ruhuhu alimentant le lac Nyasa de la Tanzanie qui a ses sources/affluents dans la zone montagneuse Miombo de la région de Ruvuma. Les principaux bassins versants de la rivière Malagarasi proviennent des vastes étendues de formations boisées Miombo du centre et de l'ouest de la Tanzanie, alors que le fleuve Zambèze traverse les vastes formations boisées Miombo, Mopane, de *Terminalia-Combretum*, de teck zambézien (*Baikiaea plurijuga*) et d'Acacia en Zambie et au Zimbabwe. Le fleuve Pangani au Nord de la Tanzanie traverse une vaste superficie de formations boisées d'*Acacia-Commiphora* dans sa partie centrale avec une superficie apportant un débit substantiel dans le fleuve.

Il existe déjà des signes que la sécheresse devient plus fréquente et prolongée dans les terres arides d'Afrique australe., et les impacts des sécheresses devraient s'accroître suite aux températures plus élevées et à la baisse de pluviométrie (FIDA, 2011) influençant négativement les débits dans les ruisseaux et les niveaux d'eau dans les cours d'eau.

Les baisses de niveaux d'eau et de débits dans les fleuves et lacs de la région sont attribuées à des facteurs relatifs à l'augmentation de l'évapotranspiration suite à des températures élevées ou des sécheresses et la baisse des apports de pluie provenant du bassin versant, ou une combinaison des deux. Selon Munishi et al. (2008), la température moyenne annuelle a augmenté dans toutes les zones agro-écologiques de la Tanzanie avant une tendance générale à la baisse. Des hausses de températures de 0,25-0,5°C par décennie ont été enregistrées en Zambie (Chidumayo, 2008), au Kenya (Altmann et al., 2002), au Kenya et en Tanzanie (Ogutu et al., 2007) et en Ouganda (Chapman et al., 2005). Cependant, aucune tendance claire dans le régime des pluies n'a été observée quoique la fréquence des événements extrêmes tels que les sécheresses et inondations a augmenté (Chidumayo, 2011). Selon Chidumayo (2011) les stimuli significatifs de changements climatiques que les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont susceptibles de connaître dans un futur proche, sont très probablement liés au réchauffement du climat à cause de la hausse des températures et des événements extrêmes tels que les sécheresses et inondations. De telles tendances, ont conduit entre autres à une baisse de l'écoulement des fleuves et une baisse des niveaux d'eau dans les lacs de l'Afrique orientale et australe.

Les impacts des changements climatiques sur les sols incluent l'épuisement de la matière organique du sol résultant de la décomposition accélérée due à l'augmentation de la température. La déforestation dans les formations boisées résultant d'activités à but socio-économique, telles que l'expansion agricole vont et ont exposé de vastes zones de la région orientale et australe de l'Afrique à l'érosion et à la perte consécutive de matière organique du sol. Le carbone du sol fait partie des principaux réservoirs de carbone et est assez vulnérable du fait de la déforestation, la dégradation des formations boisées et l'augmentation des températures (Munishi et Shear, 2004; Chidumayo, 2011).

Vulnérabilité climatique et ressources biologiques

Il y a de plus en plus de preuves que les changements climatiques impactent les formations boisées et les écosystèmes forestiers en Afrique orientale et australe (Kowero, 2011), et par conséquent les moyens de subsistance de communautés dépendantes des formations boisées ainsi que les activités économiques nationales qui dépendent des formations boisées et des produits et services forestiers. L'Afrique est l'une des régions les plus vulnérables aux changements climatiques dans le monde. Cette vulnérabilité devrait avoir des effets négatifs considérables sur le secteur de l'agriculture, augmentant de façon inévitable le degré de dépendance vis-à-vis des ressources naturelles, spécialement les formations boisées naturelles et les arbres. Les formations boisées d'Afrique orientale et australe nourrissent également de nombreux habitats naturels avec une biodiversité unique, contribuant ainsi à sa conservation.

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe se retrouvent à l'intérieur de plusieurs éco-zones, incluant les formations boisées Miombo, les formations boisées à *Acacia-Commiphora* de Tanzanie et du Kenya (les phytochories du Masai Somalien), et les formations boisées d'*Acacia-Combretum* de Mopane au Zimbabwe. Une telle diversité de végétation impliquerait une variété d'habitats et de régions de forte diversité spécifique et d'endémisme. Les impacts des changements climatiques sur les formations boisées dans cette région impacteront donc probablement la biodiversité et une multitude d'espèces endémiques vulnérables.

Parce que le climat est un déterminant primaire des distributions des espèces et des processus dans les écosystèmes, des climats changeants, de froid à chaud ou de d'humide à sec ou vice versa, peuvent favoriser la formation de nouvelles associations d'espèces et d'autres changements écologiques, mais aussi augmenter le risque de disparition d'espèces à distribution géographique et climatique réduites et la perturbation des communautés existantes. Selon l'IPCC (2007), en situation de changements climatiques les formations boisées vont probablement subir des changements de la constitution des espèces et une proportion des espèces pourrait être menacée ou mise en danger dans le futur. Les pertes ou transformations des habitats terrestres dues aux changements climatiques seront de nature à impacter les espèces animales présentes dans les formations boisées alors qu'elles se battent pour s'adapter à des conditions changeantes (Lovett et al., 2005). Par exemple, les changements climatiques de l'ampleur prédite pour le 21^{ème} siècle pourraient modifier la répartition des espèces d'antilopes africaines (Hulme, 1996) et d'autres herbivores à cause des changements dans la disponibilité d'aliments (végétation). De plus, les extrêmes climatiques peuvent aussi affecter la biodiversité de façon plus complexe. Par exemple, pour les éléphants d'Afrique (*Loxodonta africana*), communs dans la majeure partie des formations boisées d'Afrique orientale et australe, la reproduction dure toute l'année, mais les mâles dominants s'accouplent pendant la saison humide et les mâles subordonnés pendant la saison sèche. Par conséquent, un changement dans l'intensité ou la durée des saisons de pluie comparées aux sécheresses pourrait changer les taux relatifs de reproduction et, par suite les structures génétiques dans ces populations.

Les différentes réponses des espèces aux changements climatiques dans les écosystèmes de formations boisées pourraient mener à la perturbation d'importantes interactions fonctionnelles, avec des conséquences potentiellement sérieuses pour la fourniture de services écosystémiques tels que le contrôle des ravageurs, la pollinisation, la dissémination des semences, la décomposition et le cycle des nutriments du sol. Certains types d'écosystèmes seront particulièrement vulnérables, par exemple les écotones (zones de transition entre différents écosystèmes, à forte diversité spécifique et génétique), qui sont importants pour l'adaptation aux changements climatiques alors qu'ils sont dans le

même temps menacés par eux, surtout dans les zones sèches semi-arides enclines à la désertification où se retrouvent la majorité des formations boisées.

En Tanzanie, les évaluations des impacts et de la vulnérabilité des écosystèmes de formations boisées basées sur les zones de vie de Holdridge prédisent que les zones de vie de forêt sèche subtropicale deviendront des forêts tropicales très sèches et des forêts tropicales sèches. Les forêts sèches subtropicales vont décliner de 61,4%, et il y aura une augmentation dans les forêts sèches et tropicales très sèches. Par ailleurs, les formations boisées Miombo sur sols bien drainés vont évoluer en formations boisées fermées et forêts sempervirentes avec une augmentation des précipitations et de la température. Les formations boisées Miombo dans les zones aux sols mal drainés seront remplacées par des prairies boisées ou des fourrés/brousses dans les cas graves. Les espèces qui seront les plus vulnérables sont celles avec une portée géographique limitée et de faibles taux de germination intolérants à la sécheresse/chaleur, un faible taux de survie des plants et des capacités limitées de dispersion/migration des graines.

Au Zimbabwe, sur la base des zones de vie de Holdridge, la végétation a été divisée en cinq types c'est à dire forêt sèche subtropicale, formation boisée subtropicale à épineux, forêt tropicale très sèche, forêt dense subtropicale et forêt humide tempérée chaude. La forêt sèche subtropicale de la zone de vie de Holdridge couvre la plus vaste superficie au Zimbabwe (68,7%) et s'étend sur la plus grande amplitude latitudinale, 15.5"S à 22"S. Cette zone correspond aux formations boisées et à la savane de Miombo, aux formations boisées et la savane de Mopane, aux formations boisées *Terminalia-Combretum*, aux formations boisées de teck zambézien (*Baikiaea plurijuga*) et aux formations boisées d'*Acacia* selon des systèmes de classification historiques. Dans un scénario de changement climatique, il y a une modification du climat vers une précipitation annuelle plus réduite et des températures ambiantes plus élevées. Le Nord-est du Zimbabwe par exemple devient plus propice à la végétation retrouvée sous des conditions de forêt dense subtropicale dans le scénario de changements climatiques GISS par opposition à la forêt tempérée humide chaude qui existe sous les conditions climatiques actuelles. De façon similaire, la région du Sud-est du Zimbabwe devrait devenir non propice en tant que forêt dense subtropicale et se changer en zone de vie de forêt sèche subtropicale. Les plus importants changements de zone de vie sont ces mouvements de la forêt sèche subtropicale vers la forêt très sèche tropicale et de formation boisée subtropicale épineuse vers la forêt tropicale très sèche.

Selon Monjane (2009), les changements climatiques ont déjà un impact sur la dynamique des biomes africains, y compris les formations boisées et leur biodiversité (Erasmus et al., 2002). La dégradation des forêts en raison du dépérissement induit par le changement climatique et du changement d'utilisation des terres pourrait substantiellement affecter la constitution des espèces et le cycle géochimique global, particulièrement le cycle du carbone (Malcolm et al., 2002). Les changements climatiques ont le potentiel de changer l'itinéraire et le calendrier des migrations d'espèces qui utilisent à la fois les zones humides

saisonnières et suivent les changements saisonniers dans la végétation, ce qui pourrait aussi augmenter les conflits avec les humains, particulièrement dans les zones à faible pluviométrie (Thirgood et al., 2004). Les évaluations de la sensibilité des biomes en Afrique montrent que des forêts à canopée à feuilles caduques et semi-caduques pourraient être très sensibles à de faibles baisses du volume des précipitations durant la saison de croissance, illustrant la possibilité pour les forêts caduques d'être plus sensibles que les prairies ou les savanes aux faibles précipitations (Hély et al., 2006). Dans les savanes de Zambie, les travaux de recherche ont montré que les changements climatiques affectent substantiellement la croissance de certaines espèces d'arbres. Chidumayo (2004) a montré que les arbres tropicaux secs souffrent de sévères stress hydriques au début de la saison de croissance et qu'un climat plus chaud pourrait accélérer l'épuisement des ressources en eau des couches profondes du sol dont les arbres dépendent pour leur survie. Les écosystèmes formés de couvertures herbacées uniformes, tels que dans les communautés de plantes de savane montrent la plus grande sensibilité aux fluctuations de précipitation en comparaison avec des communautés de plantes faites d'un mélange d'espèces herbacées, d'arbustes et d'arbres qui présentent une forte diversité d'espèces (Vanacker et al., 2005). Les espèces invasives et d'autres espèces ayant de grandes capacités de fertilité et de dissémination ont révélé de fortes capacités d'adaptation à des conditions climatiques variables (Malcolm et al., 2002). A cause de sa sensible faune indigène, l'Afrique de l'Est pourrait être particulièrement vulnérable à la colonisation d'espèces exotiques invasives.

Les processus de reproduction des plantes qui peuvent être affectés par les facteurs climatiques incluent la floraison, la pollinisation la production et la germination des semences. L'effet des changements climatiques sur la production de semences dépendra de la phénologie de floraison, du comportement des agents pollinisateurs et des périodes de développement du fruit/graine. Les quelques observations qui ont été faites en Afrique orientale et australe suggèrent que les niveaux de fructification seront négativement affectés par les changements climatiques. Par exemple, une corrélation négative a été observée entre la proportion d'arbres en fructification dans le parc national de Kibale, et la température minimale (Chapman et al., 2005). Des observations similaires ont été faites concernant la production de fruits de *Strychnos spinosa* à Lusaka, en Zambie (Chidumayo, 2011). Il ressort donc que le réchauffement climatique est susceptible de réduire la production de fruit/graines des arbres dans les formations boisées africaines avec des conséquences négatives pour la régénération sexuelle et donc la diversité génétique des plantes. Chidumayo (2008) a étudié l'émergence des plants et la mortalité en relation avec les facteurs climatiques de cinq arbres de formations boisées de savane au centre de la Zambie et évalué leur probable réponse à un réchauffement climatique de 1°C. Chez quatre des espèces, la température a significativement affecté l'apparition des plants et ceci était prévu pour une des espèces. La température a aussi significativement affecté la mortalité des plants chez toutes les cinq espèces à tel point que sous un climat plus chaud, la

mortalité était prévue pour augmenter chez deux des espèces tandis qu'une baisse était prévue pour les trois autres espèces.

Chidumayo (2001) a constaté que les températures minimales et maximales ont un effet additif significatif sur la phénologie des feuilles dans les formations boisées (basé sur l'Indice de végétation normalisé [NDVI]), qui est une mesure du degré de verdure de la végétation et donc de la productivité. En effet, les baisses récentes de NDVI dans l'écosystème Mara-Serengeti en Afrique de l'Est ont aussi été attribuées à la hausse des températures minimales (Ogutu et al., 2007). Une série d'observations sur 38 ans de pieds d'*Isoberlinia tomentosa* en Tanzanie a révélé une corrélation significative entre la largeur des cernes de l'arbre 1) la précipitation mensuelle, 2) la température atmosphérique maximale mensuelle, et 3) l'indice mensuel d'oscillation australe (SOI) (Trouet et al., 2001). Les observations faites sur un site de la savane Makeni au centre de la Zambie ont aussi montré que la croissance radiale de la majorité des arbres a baissé à cause d'effets additifs des facteurs thermiques qui ont expliqué une portion importante de la variation de la croissance annuelle des arbres (Chidumayo, 2011). Cependant, la productivité des herbes dominantes C₄ sur ce même site de savane a augmenté, apparemment en réponse à la hausse des températures qui était en net contraste avec le schéma de croissance de la majorité des arbres C₃. Cette différence dans les réponses de croissance des arbres C₃ et des arbres C₄ pourrait être due au fait que le chemin de la photosynthèse de C₄ est caractérisé par une forte efficacité de la consommation en eau et de fortes températures optimales pour la photosynthèse en comparaison au chemin de la photosynthèse de C₃. La majorité des arbres dans les formations boisées africaines sont des plantes C₃ alors que la plupart des herbes sont des plantes C₄ et le réchauffement climatique est susceptible d'avoir des effets différents sur ces deux groupes fonctionnels de plantes.

VULNERABILITE CLIMATIQUE DES SYSTEMES SOCIO-ECONOMIQUES

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont essentielles pour le bien-être des populations et pour la fourniture d'une large gamme de produits, services et fonctions. Elles contribuent considérablement au développement économique et social à travers le commerce formel et informel du bois et des produits forestiers non ligneux, aux services environnementaux à travers leur filet de sécurité, en fournissant des valeurs spirituelles et esthétiques, la protection des ressources en eau, et en stockant des quantités importantes de carbone (Monjane, 2009; Munishi et al., 2010). La grande partie des 590 millions de personnes de la région habite les zones rurales où la grande majorité est en interaction quotidienne avec les forêts et les formations boisées, aussi bien en tant que nomades que paysans sédentaires, et dépend directement des écosystèmes pour la nourriture, le bois de

chauffage, les matériaux de construction, les médicaments, les huiles, les gommes, les résines et le fourrage.

Il est estimé que les formations boisées génèrent au moins 20% des revenus disponibles des familles pauvres et sans terres, alors que 85% du bois extrait des formations boisées est brûlé comme combustible à la fois par les résidents ruraux et urbains. La superficie moyenne de formation boisée par personne est estimée à 0,62 ha. Les prélèvements de bois énergie retiré dans la région s'élevaient à 244000 millions de m³ C en 2005 et les prélèvements de bois pour la transformation industrielle à 40000 million de m³ dans la même période. D'autres usages non pris en compte regroupent les plantes médicinales, les protéines animales(viande de brousse), la protection des ressources en eau et la valeur réelle des produits commercialisés et non-commercialisables dans les économies nationales. La production et les fonctions à objectifs multiples prévalent dans l'allocation et l'utilisation des forêts et formations boisées dans la région, alors que des services sociaux et de protection représentent seulement 11% de la base des ressources de formations boisées. Selon Kowero (2011), les forêts/formations boisées et arbres en Afrique offrent un important support à l'agriculture et la grande partie de la ceinture agricole se situe à l'intérieur de la forêt sèche et des zones de formations boisées. Les forêts continuent de servir de réservoirs sur lesquelles l'agriculture se développe. L'agriculture en Afrique est majoritairement pluviale et par conséquent très vulnérable à la variabilité climatique qui est caractérisée par de fréquentes sécheresses et des inondations épisodiques, qui parfois détruisent cultures et animaux d'élevage. A de telles occasions, les communautés rurales ont une dépendance accrue vis-à-vis des forêts et des arbres pour les aliments sauvages, incluant les fruits, les tubercules, le poisson et la viande de brousse, les insectes comestibles, les cires d'abeille et le miel, ainsi que les médicaments traditionnels.

Vu la dynamique de l'impact des changements climatiques sur les formations boisées et les moyens de subsistance associés, les changements climatiques en fin de compte ont le potentiel de transformer la préservation traditionnelle des ressources naturelles, de compromettre les perspectives d'utilisation durable des ressources naturelles, de mettre en péril les moyens de subsistance des populations, et d'impacter la disponibilité en eau, la sécurité alimentaire et la biodiversité.

Vulnérabilité climatique et santé humaine

Comme dans les autres biomes, la santé humaine dans les régions de formations boisées d'Afrique orientale et australe est susceptible de souffrir d'une incidence accrue des maladies. Plusieurs risques de maladies liés aux changements climatiques ont été signalés en Tanzanie, incluant le paludisme qui s'est répandu dans des zones non traditionnelles, la dysenterie, le choléra, la méningite, la fièvre typhoïde, la malnutrition, le trachome. Beaucoup de régions centrales de la Tanzanie, où se trouvent les principales formations boisées, sont déjà exposées aux maladies ci-dessus liées à la sécheresse. Même si il n'y a

aucun changement dans la fréquence ou l'intensité des sécheresses, il est prévu que 5% de la population en régions semi arides va souffrir de faim suite aux sécheresses et faibles rendements et 5% supplémentaires connaîtront le trachome avec des cas graves de dysenterie, choléra et presque 200 000 enfants de moins de 5 ans souffrant de diarrhée (Munishi et al., 2010, McKinsey & Company, 2009). Il est estimé qu'environ 35,6 millions sur le continent et 1,1 million de personnes à Zanzibar sont exposées. Le paludisme est endémique à travers presque toute la Tanzanie continentale, avec 93% de la population vivant dans des zones où *Plasmodium falciparum* (parasite causant le paludisme) est transmis. Une estimation de 100000 morts à cause du paludisme sont enregistrés chaque année en Tanzanie, dont 80000 sont des enfants de moins de 5 ans. Approximativement 14-18 millions de cas cliniques de paludisme sont signalés chaque année par les installations de santé publique. Sur le plan national il est estimé qu'un enfant Tanzanien de moins de 5 ans aura 0,7 accès de paludisme par an. Il a été estimé qu'il existe approximativement 1,7 millions de cas de paludisme parmi les femmes enceintes et jusqu'à 20% des décès parmi les femmes enceintes est imputable au paludisme. Ces cas sont susceptibles d'augmenter sous les différents scénarii de changements climatiques puisque le paludisme s'étend à des zones non traditionnelles. En Tanzanie, par exemple, le paludisme s'est largement répandu dans des zones où il n'était pas présent ou était faiblement présent, telles que les montagnes du Nord et du Sud. Cependant, les maladies hydriques telles que la schistosomiase et le choléra et d'autres maladies gastro-intestinales vont probablement augmenter, les pénuries graves d'aliments et les augmentations du taux de malnutrition, spécialement chez les enfants, vont s'intensifier.

Selon le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) de la Tanzanie (United Republic of Tanzania, 2007), les changements de températures et de régimes pluviométriques ont entraîné une prolifération du paludisme dans les zones non traditionnelles comme les zones montagneuses du Kilimanjaro, d'Arusha, d'Iringa, de Mbeya etcertaines zones de Tanga, entre autres. Sous la tendance actuelle de pluviométrie et de température, la fréquence des cas de paludisme et leurs impacts vont augmenter. Le second Rapport d'Evaluation de Vulnérabilité a révélé que parmi quatre risques majeurs de maladies reportés à l'échelle du village, de l'arrondissement et du pays, le paludisme est l'un des plus significatifs dans les zones rurales. D'autres maladies majeures liées aux changements climatiques sont la dysenterie, le choléra et la méningite.

Etant donné que plus de régions reçoivent plus de précipitations et que les températures augmentent en conséquence aux changements climatiques, ceci va attirer plus de vecteurs du paludisme, créant des incidences accrues du paludisme dans tout le pays. Par ailleurs, l'étude conduite par Kangalawe et al.(2009) indique que le paludisme est endémique dans les bas-fonds mais instable dans les montagnes de la région du Lac Victoria et il existe "une ascension" de la maladie vers les montagnes. L'étude va plus loin pour signaler que les femmes et les enfants sont plus vulnérables au paludisme que les hommes à cause des

rôles qu'ils jouent dans la société, et que la pauvreté influence l'adaptation au paludisme et/ou au choléra dans la région. Selon Munishi et al. (2010), le paludisme est la première cause de pertes en vies en Tanzanie, comptant pour environ 16% des morts enregistrées et 19% des dépenses nationales dans le secteur de la santé. Les chiffres sont probablement similaires dans les autres pays d'Afrique orientale et australe.

Les effets du réchauffement planétaire sur la santé publique en Afrique orientale et australe sont liés à la hausse des températures, des pénuries sévères d'eau et d'événements extrêmes tels que des sécheresses, inondations et orages fréquents et sévères. Les changements climatiques ont un impact sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, la fourniture d'eau, la fréquence des aléas naturels extrêmes, l'apparition et la mobilité des maladies infectieuses, qui influent tous sur la santé. Les températures élevées, la baisse de la pluviométrie, les pénuries d'eau et les inondations en Afrique orientale, centrale et australe impactent négativement la production agricole débouchant sur l'insécurité alimentaire. La baisse de la productivité agricole dans les prochaines années pourrait conduire à la faim et la famine dans certaines communautés sévèrement affectées par les changements climatiques.

Vulnérabilité climatique des moyens de subsistance, des produits, du commerce et du développement

Une incidence accrue des événements climatiques extrêmes liés aux changements climatiques pourraient entraîner une souffrance locale pour les populations et de plus importants impacts environnementaux (Monjane, 2009). Les sécheresses et inondations relatives à l'ENSO (El Niño-Oscillation Australe) ont déjà eu des coûts humains, économiques et environnementaux majeurs en Afrique orientale et australe spécialement dans les zones de formations boisées (cas des inondations ENSO en 1998 en Afrique de l'Est, au Mozambique en 2000, et au Kenya en 1997/98). La présence de ressources naturelles favorables dont les sols alluviaux fertiles, l'eau et les pêcheries, les zones humides, les bas-fonds et plaines d'inondation, sont souvent des sites d'habitations rurales et urbaines intenses. Ces conditions prévalent aussi dans de nombreuses zones côtières d'Afrique orientale et australe. De telles zones sont très propices aux impacts socio-économiques négatifs des changements climatiques avec des conséquences sur les moyens de subsistance.

De nombreux pays présentent de forts liens entre les populations, l'égalité des genres, les rôles et les droits des femmes, et l'état de l'environnement. Les changements dans l'équilibre entre les sexes, par exemple comme une conséquence de la migration sélective due aux sécheresses et à la pénurie d'eau ou des maladies résultant des impacts des changements climatiques pourraient mettre une pression supplémentaire sur les femmes et aggraver les conditions de pauvreté, avec des impacts plus poussés sur les formations boisées et les ressources naturelles prises ensemble. L'autonomisation des femmes, au-

delà du bénéfice d'une plus importante prise de décision, et leur accès plus important aux ressources a des effets cumulatifs pour une meilleure gestion et protection de l'environnement, et pour la réduction de la pauvreté et la sécurité au niveau de la communauté. La sécurité inclut un accès prévisible aux ressources naturelles et la vie dans un environnement contrôlable protégé contre les événements naturels extrêmes et les catastrophes d'origine humaine (Monjane, 2009). Elle est ébranlée lorsque les services écosystémiques sont dégradés. Par exemple, une baisse de la fourniture de services due aux impacts des changements climatiques sur les formations boisées peut toucher l'approvisionnement en aliments, énergie et autres biens, augmentant la probabilité de conflits autour des ressources en déclin, et des services de régulation en baisse peuvent influencer la fréquence et l'ampleur des inondations, sécheresses, glissements de terrain et autres catastrophes naturelles.

Les formations boisées en Afrique du Sud produisent pour les paysans vivant sur les terres coutumières ou communales des bénéfices qui relèvent de trois catégories : i) les aliments, tels que les fruits des arbres indigènes des formations boisées ; ii) d'autres aliments sauvages prélevés des formations boisées, tels que les champignons et les insectes comestibles ; iii) les habitats pour la production alimentaire à petite échelle, telle que le miel, et iv) des apports de nutriments au sol à travers le cycle des nutriments et la fixation de l'azote.

Les services environnementaux tels que la protection des sols contre l'érosion, sont fournis, de même que le fourrage et le pâturage des chèvres et du bétail, le bois de construction, le bois énergie et d'autres matières pour la consommation ou la vente locale. Beaucoup de ces bénéfices sont aussi disponibles pour les citoyens à travers le marché (Dawe, 1994). Les bénéfices publics ont une plus grande pertinence pour la communauté, mais même ainsi, ont rarement une présence significative dans la définition des stratégies pour la gestion des formations boisées. Les bénéfices des formations boisées et arbres comprennent plus généralement une gamme de bénéfices, incluant les bénéfices privés locaux directs, tels que les aliments et le bois combustible, qui ont une valeur principalement pour les fins de consommation, ou le fourrage pour le bétail et le pâturage, qui sont extraits et utilisés pour des aspects particuliers du système de production plutôt que pour la consommation des ménages. Ils incluent également les bénéfices régionaux semi-publics indirects résultant de la conservation des sols, de la régulation du débit des cours d'eau, et du divertissement, ainsi que les bénéfices publics globaux indirects provenant de la séquestration du carbone et la préservation de la biodiversité (Bojö, 1992).

Il a été observé que les changements climatiques potentiels et leur impact sur les formations boisées sont mal compris au niveau de l'Afrique orientale et australe. Ceci est dû au manque de modèles, de compétences en informatique, d'installations, de compétences humaines et un ensemble unique de variables biophysiques (telles que la poussière atmosphérique) (Boko et al., 2007). En dépit de ces contraintes, il y a un fort degré de

certitude que la région est extrêmement vulnérable aux changements climatiques, l'agriculture et la production alimentaire seront compromises et le stress hydrique augmentera (Boko et al., 2007; Bond et al., 2010). Parmi les 11 pays de la région Miombo, la Tanzanie, le Mozambique, le Zimbabwe, le sud de la Zambie, le nord de la Namibie et le sud de l'Angola se trouvent dans l'arc qui délimite la zone qui connaîtra les effets attendus les plus élevés des changements climatiques. Certaines prévisions indiquent une hausse de température de 3°C à 7°C d'ici 2080-2099 en comparaison avec 1980-1999, alors que les pluies baisseront jusqu'à hauteur de 30% (Boko et al., 2007). Pour tous les pays de la région, ceci a de sérieuses conséquences. L'agriculture est généralement l'activité économique la plus importante, principalement parce qu'elle est la source de la majeure partie des revenus des ménages. L'ampleur prédite de ces changements aura un effet dévastateur sur les systèmes de production agricole qui doivent déjà batailler pour subvenir aux besoins des ménages et être le moteur de croissance dont la région a tant besoin. De tels changements auront aussi des impacts sur la dynamique des moyens de subsistance associés à l'utilisation des formations boisées, ainsi que sur l'ensemble des moyens de subsistance et la résilience des populations aux chocs climatiques (Bond et al., 2010).

Selon Campbell et al. (2007), Campbell (2009), Campbell et al. (2002), et Bond et al. (2010), pour beaucoup de personnes en Afrique orientale et australe, la perte des formations boisées et des biens et services qu'elles fournissent réduit leurs options de subsistance particulièrement en période de stress. Ceci est particulièrement important dans une région où l'éradication de la pauvreté se révèle insoluble et où les changements climatiques sont susceptibles d'augmenter la fréquence et la sévérité des événements climatiques extrêmes (Campbell, 2009). Enfin, plusieurs sols dans la région Miombo sont très fragiles et hautement susceptibles à l'érosion lorsque la végétation naturelle est retirée. La perte des couches de sols superficielles suite à l'érosion en nappe a des impacts négatifs à long terme sur la production agricole et conduit également à l'envasement des rivières et barrages (Campbell et al., 1988).

CHAPITRE 5 Potentiel de l'atténuation des changements climatiques sur les formations boisées

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont importantes dans l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques à travers leur influence sur le cycle de l'eau, la séquestration et le stockage du carbone. Des estimations récentes de stocks de carbone et de l'effet de l'agriculture et du feu menées dans la province de Sofala au Mozambique, qui a une pluviométrie moyenne annuelle de 690mm (variant de 407 mm à 1 219 mm) et se trouve à l'est dans la région sèche du continuum des types de végétation qui constituent les formations boisées Miombo, ne montrent aucune différence statistique entre la formation boisée et les sols cultivés en termes de stocks de carbone (Williams et al., 2008). Ces chiffres n'incluent pas le carbone des racines qui a été estimé à $\sim 8 \text{ t.C.ha}^{-1}$ (Ryan, 2009). L'analyse du carbone du sol et des tiges dans la région de Nhambita a montré que le stock estimé de carbone des tiges de bois était $19,0 (+/- 8) \text{ t.C.ha}^{-1}$ alors que le stock médian de carbone du sol sur la terre qui a été cultivée était $44,9 \text{ t.C.ha}^{-1}$, impliquant une perte de 13 t.C.ha^{-1} . Les stocks de carbone des tiges de bois se sont régénérés à $0,7 \text{ t.C.ha}^{-1}$ par an sur des terres qui ont été abandonnées pour l'agriculture. L'étude a d'importantes implications pour la gestion du carbone dans les plus vastes formations boisées Miombo. En premier lieu, cela démontre la variabilité, spécialement du carbone du sol, dans les forêts de terres arides à l'intérieur d'une petite zone géographique. En second lieu, les chiffres fournissent quelques larges estimations sur la perte de carbone provenant de la transformation des formations boisées pour l'agriculture. Par exemple, la perte du carbone du sol est d'environ $\sim 13 \text{ t.C.ha}^{-1}$ et le carbone des tiges environ $\sim 19 \text{ t.C.ha}^{-1}$ (Williams et al., 2008).

Munishi et al.(2010) ont estimé la densité moyenne de carbone des arbres au-dessus du sol pour les écosystèmes des formations boisées Miombo au Sud de la Tanzanie à $19,2 \text{ t.ha}^{-1}$. La contribution de différentes parties des arbres a varié, avec le carbone global des tiges contribuant à 40% du carbone total dans l'écosystème alors que les branches contribuent plus largement à hauteur de 60%. De plus, différentes espèces contribuent de façon différente aux stocks de carbone en fonction de la localisation. *Julbernardia globiflora* stocke la plus grande quantité de carbone par unité de surface dans la réserve forestière de Longisonte suivie de *Brachystegia spiciformis*, *Uapaca kirkiana*, *Brachystegia bohemii* et *Parinari excelsa* représentant 66.5% du carbone total. Les 13 autres espèces constituent la portion restante (33.5%). Sur le site de Zelezeta, *B. bohemii* a contribué au stockage de carbone le plus élevé suivi de *B. spiciformis*, *P. excelsa*, *Albizzia antunesiana* and *U. kirkiana*. Ces espèces constituent 98,1% du carbone total stocké. Ces quatre espèces contribuant aux plus grandes quantités de carbone sont fréquentes dans les formations

boisées Miombo dans le sud même si les espèces les plus représentées du Miombo sont *B. spiciformis*, *B. bohemii* et *J. globiflora*. *Uapaca* et *Parinari* forment parfois des associations uniques dans ces écosystèmes avec *Uapaca* formant des peuplements purs dans les zones bien drainées, ce qui explique leur forte contribution au stockage de carbone dans l'écosystème Miombo. Il est conclu après cette étude que compte tenu de leur étendue, il existe apparemment une énorme capacité de l'écosystème Miombo du sud de la Tanzanie pour le stockage de carbone et qu'il peut servir de puits de carbone à condition d'être bien géré. Des efforts pour une gestion adéquate de l'écosystème Miombo en mettant l'accent sur les espèces dominantes, comme par exemple *B. spiciformis*, *B. boehmii* et *P. excelsa*, peuvent contribuer à la constitution d'un stock de carbone considérable et vont garantir un potentiel durable pour les formations boisées Miombo en tant que puits de carbone plutôt que sources d'émissions, contribuant ainsi au processus REDD+ en Tanzanie et l'échelle globale. De l'autre côté, l'écosystème Miombo est largement utilisé par les communautés riveraines pour différents usages, créant une forte pression de dégradation sur l'écosystème. A cet égard, la gestion des stocks de ces écosystèmes requiert un effort concerté pour réduire la dégradation d'origine anthropique.

CHAPITRE 6 Données disponibles et information sur les placettes permanentes dans les formations boisées et savanes en Afrique orientale et australe

PEP DISPONIBLES

PEP en Zambie

Les PEP (Tableau 1) en Zambie et un au Zimbabwe ont été installés pour le suivi de l'effet des changements climatiques sur les écosystèmes de formations boisées et des stocks de carbone ainsi que d'autres paramètres de l'écosystème, tels que la régénération. La plupart des placettes semblent avoir été dégradée quoique certaines semblent intactes et ont du potentiel pour le suivi futur. De l'autre côté, même en étant dégradées elles pourraient être de bons sites pour le suivi des effets de déforestation et dégradation ainsi que pour la régénération et la récupération des écosystèmes de formations boisées en ce qui concerne les projets REDD+.

Le tableau 2 et la figure 3 présentent des placettes établies dans le cadre du projet de Recherche sur la Savane Makeni (MASARE). Le but du projet était de contribuer à la compréhension scientifique des réponses des plantes et communautés de plantes aux changements environnementaux, y compris les changements climatiques en Zambie.

Les placettes permanentes de Chakwenga Miombo (CHAMIPE) ont été installées en 1990 et 1991 pour étudier i) les facteurs affectant la réhabilitation et la productivité des formations boisées Miombo après abattage, ii) les impacts environnementaux du défrichement des formations boisées Miombo, iii) les effets écologiques d'un régime traditionnel de brûlis sur la structure et la régénération du Miombo, et iv) l'impact des facteurs climatiques sur la phénologie et la croissance des arbres. Selon Chidumayo (2011), parmi les cinq sites de la région de Chakwenga, le site de Mwambashi a été défriché et converti en terre de culture en 2009 par un résident local. Les sites de formations boisées de Kankhumba and Kamatupa ont été sujets à la dégradation à travers la coupe des arbres par les populations locales, pendant que les sites de recroissance de Chabesha et Nyati Hill ont aussi été sujets à une coupe sélective à la fin des années 1990 et au début des années 2000 mais sont restés depuis lors inviolés.

Tableau 1: Placettes d'échantillonnage permanentes dans les différentes parties de la Zambie et du Zimbabwe.

Pays	Site	Type de végétation	Statut	Latitude S	Longitude E	Aire (ha)
Zambia	Mutupa	Miombo	Degradé	12.72	28.43	0.40
	Ndola	Miombo	Converti en zone urbanisée	12.98	28.62	1.20
	Ibenga	Miombo	Intact	13.42	28.22	0.50
	Cheepa	Miombo	Intact	15.00	27.05	1.75
	Makeni	Piliostigma-Acacia savannah	Intact	15.47	28.18	1.00
	Mwekera	Miombo	Intact	12.85	28.35	?
	Kankhumba	Miombo	Perturbé	15.22	29.17	0.18
	Chabesha	Miombo	Perturbé	15.25	29.21	0.18
	Mwambashi	Miombo	Converti en terres cultivées et abandonnées	15.28	29.23	0.18
	Kamatupa	Miombo	Perturbé	15.28	29.23	0.18
	Kamatupa Extension	Miombo	Perturbé	15.28	29.23	0.18
	Nyati	Miombo	Perturbé	15.22	29.17	0.18
Zimbabwe	Marondera	Miombo	Intact	18.28	31.46	?

Tableau 2 : Localisation des quatre placettes Chakwenga Miombo permanentes (CHAMIPE) dans l'arrondissement de Chongwe, à l'Est de Lusaka et au centre de la Zambie.

Emplacement	Latitude S	Longitude E	No. des blocs
Kankhumba	15.22	29.17	9
Chambesa	15.25	29.21	9
Mwambashi	15.28	29.23	9
Kamatupa	15.28	29.23	9
Kamatupa Extension	15.28	29.23	10
Kankhumba Extension	15.22	29.17	9
Nyati hill	15.24	29.22	6
Note: la position du GPS se réfère au centre de la parcelle. Source: Chidumayo, 2011.			

La base de données de végétation des Observatoires de Biodiversité d'Afrique Australe BIOTA

La base de données de végétation des Observatoires de Biodiversité d'Afrique Australe BIOTA (AF-00-003) (Muche et al., 2012) abrite les données liées au projet et relatives aux modèles spatiaux et aux séries temporelles de biodiversité en Afrique australe. Le long d'un transect de 2000 km, depuis la frontière Nord de la Namibie au Cap de Bonne Espérance, la diversité des plantes a été suivie dans 37 Observatoires de Biodiversité pendant 10 ans (2001-2010). La conception des Observatoires rend possible l'observation de la végétation sur des placettes imbriquées permanentes où des mesures standardisées peuvent être répétées. Les informations sur la distribution des espèces, leur couverture et abondance ont été enregistrées annuellement et sauvegardées dans la base de données.



Figure 4: Les Observatoires de Biodiversité BIOTA des biomes d'Afrique australe (Muche et al., 2012).

Chaque observatoire de biodiversité BIOTA englobe une superficie d'1 km² (1 000 m × 1 000 m) avec des limites orientées le long des points cardinaux. Cette superficie d'1 km² est divisée en 100 placettes d'1ha chacune (100 m × 100 m). Tous les points d'angle sont géoréférencés et marqués visuellement grâce à des poteaux métalliques. Les parcelles d'1 ha représentent la plus grande unité d'échantillonnage répliquée à l'intérieur de l'Observatoire BIOTA (Jürgens et al., 2010b, 2011). Les placettes sont classées selon le type d'habitat et soumises à un classement basé sur l'habitat stratifié (pour plus de détails sur la procédure de classement, voir Jürgens et al.(2010a)). Au Nord du centre de la placette d'1 ha, une placette de 10 m × 10 m est extraite et imbriquée à l'intérieur d'une placette de 20 m × 50 m (Figure 4). Les placettes de 100-m² et 1 000-m² parmi les 20 mieux classées sont suivies annuellement pendant le pic de la saison de croissance. Sur les placettes de 100 m² les espèces de plantes vasculaires sont suivies du point de vue de

leurs valeurs de couverture prévues et sur la placette d'1 ha (10 000 m²) uniquement pour la distribution.

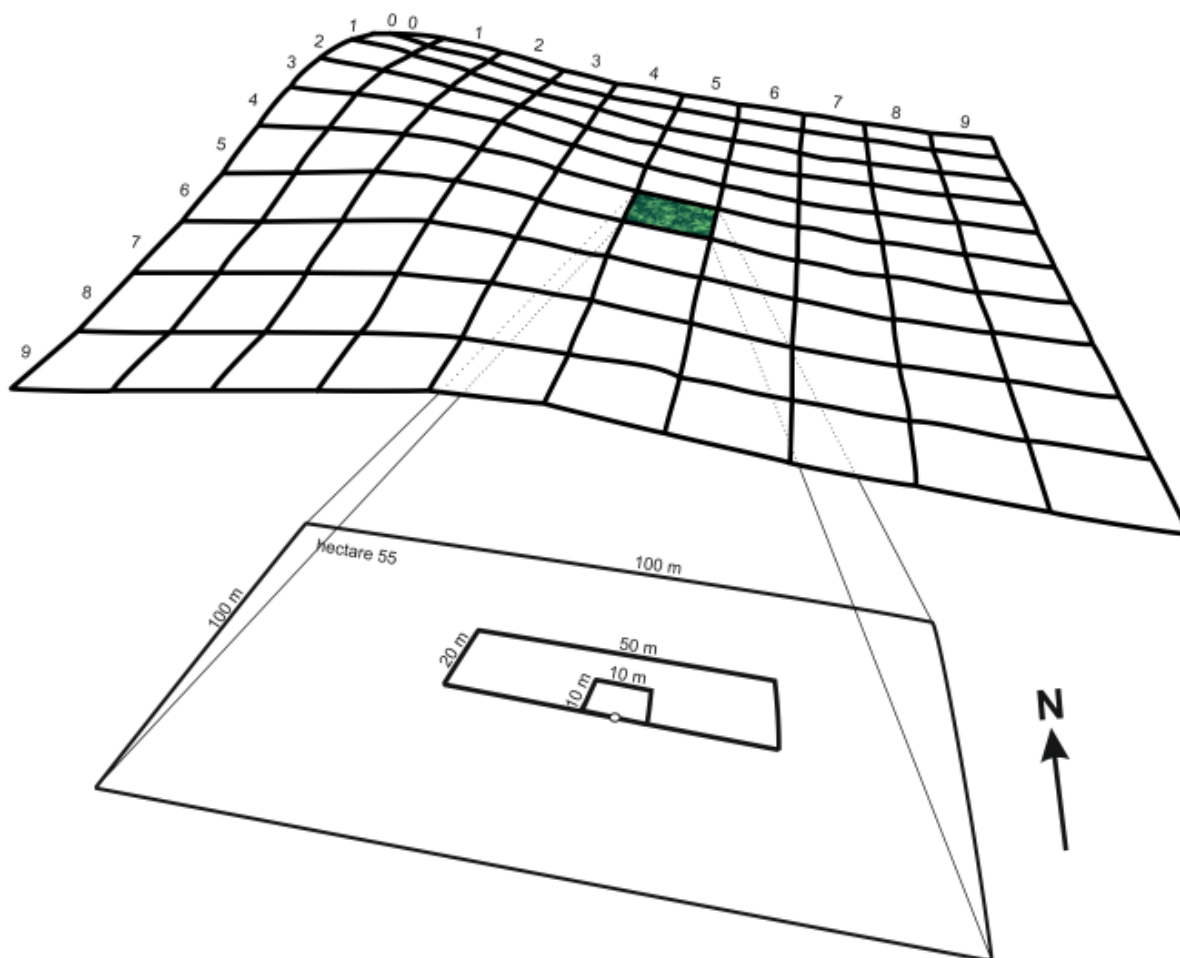


Figure 5 : Conception des Observatoires de Biodiversité BIOTA (Muche et al., 2012).

PEP en Tanzanie

Les PEP dans les formations boisées de Tanzanie sont de trois différentes tailles:

- i) les placettes permanentes d'1 ha mesurant 100m x 100m subdivisées en 25 sous-placettes de 20m x 20m ;
- ii) les placettes de 0,08 ha mesurant 20m x 40m subdivisées en 8 sous-placettes de 10m x 10m ;
- iii) les placettes concentriques circulaires de 0,07 ha (rayon 15 m) subdivisées en 3 anneaux concentriques imbriqués de 5, 10 et 15 m de rayon pour les évaluations de différentes tailles d'arbres et formes de croissance.

Ces placettes ont été installées par des programmes différents. Les placettes d'1 ha ont été installées par le projet "Valuing the Arc", et un projet REDD pilote sur l'Amélioration de la Capacité de la Tanzanie à fournir des données de court et long termes sur les stocks de carbone de forêts à travers le pays. Les placettes de 0,08 ha ont été mises en place par le projet CCIAM sur 'La quantification et la cartographie des stocks dans différents types d'utilisation des terres en Tanzanie' et un projet pilote sur la conduite de REDD dans les réserves de forêts de Pugu-Kazimzumbwi, alors que les placettes de 0,07 ha ont été installées par le Programme d'Evaluation des Ressources de Forêts Nationales (NAFORMA).

A l'exception des placettes du NAFORMA où seuls la biomasse et le carbone du sol sont évalués, dans toutes les autres placettes, les cinq puits de carbone sont évalués sur la base des recommandations du GIEC. Ces puits incluent :

- ▶ le carbone de biomasse (aérienne et souterraine) ;
- ▶ le carbone du sol, normalement mesuré à différentes profondeurs et ramené à une valeur moyenne pour le site ;
- ▶ le carbone de litière ;
- ▶ le carbone de sous-bois ;
- ▶ le carbone du bois mort.

Tous les arbres avec un DBH ≥ 10 sont mesurés pour le DBH. Les arbres mesurés sont marqués de façon permanente de sorte à permettre un suivi futur des modifications du carbone. Chaque arbre est donc marqué à l'endroit de la mesure et balisé avec des étiquettes en aluminium étiquetées, et les placettes sont géoréférencées à chaque coin, c'est à dire l'Est et le Nord sont enregistrés pour chaque placette et chaque coin de placette. Les PEP en Tanzanie sont décrites dans les tableaux 4, 5, 6. D'autres placettes existent et ont été installées pour l'inventaire des forêts par NAFOMA. Il existe plus de 30000 placettes concentriques circulaires à l'échelle du pays d'un rayon de 15 m (0,07 ha) dont certaines qui sont utilisées comme placettes permanentes de suivi en forêt, y compris pour le suivi du carbone. Pour l'estimation du carbone, seule la biomasse aérienne et dans une moindre mesure le carbone du sol sont mesurés. Les coordonnées de la localisation de la placette peuvent être obtenues à la Division Foresterie et Apiculture du Ministère des Ressources Naturelles et du Tourisme (Figure 5). De plus il existe des inventaires et suivis de forêt antérieurs qui ont été conduits par TAFORI mais la localisation et le statut de ces placettes ne sont pas clairs.

Tableau 3 : Description de la base de données BIOTA (Muche et al., 2012).

ID base de données GIVD: AF-00-003		Dernière mise à jour: 2012-05-30	
Base de données de végétation des Observatoires de Biodiversité BIOTA d'Afrique Australe			
Portée: Données environnementales et de végétation en Namibie et à l'Ouest de l'Afrique du Sud à l'intérieur des Observatoires de Biodiversité BIOTA			
Statut: mesures en cours		Période: 2001-2010	
Gestionnaire(s) de la base de données: Gerhard Muche (gerhard.muche@uni-hamburg.de)			
Propriétaire: BIOTA Data Facility			
Site web: http://www.biota-africa.org			
Disponibilité: selon un accord spécifique		Mise à disposition en ligne: non	Recherche en ligne: non
Format(s)de la base de données: MS Access, BIOTABase		Format(s) d'exportation: MS Access, CSV file, Cornell condensés format, Canoco environment data	
Type(s) de placettes: placettes normales; placettes imbriquées; séries temporelles		Ordre de taille des placettes: 0.01-10 000 m²	
Placettes non entrecoupées: 4 083	Estimation du nombre de placettes existantes: 4 083		Taux d'exécution: 100%
Total des observations sur les placettes: 12 808	Nombre de sources: 1		Taxons valides: 2 468
Pays: NA: 62.7%; ZA: 37.3%			
Forêt: 3% — Non-forêt: aquatique: 0%; semi-aquatique: 0%; arctique-alpine: 0%; naturel: 69%; semi-naturel: 29%; anthropogénique: 0%			
Guildes: toutes les plantes vasculaires: 100%			
Données environnementales: altitude: 56%; aspect de la pente: 28%; inclinaison de la pente: 34%			
Mesure(s)de performance: présence/absence uniquement: 25%; couverture: 75%			
Localisation géographique: coordonnées GPS (précision 25 m ou moins): 100%; unités politiques ou seulement une échelle grossière (>10 km): 100%			
Périodes d'échantillonnage: 2000-2009: 99.0%; 2010-2019: 1.0%			
Informations datant du 2012-07-12; plus de détails et mises à jour futures disponibles àhttp://www.givd.info/ID/AF-00-003			

Tableau 4 : PEP dans différentes localités dans les formations boisées d'Iringa et Mbeya.
Source: Projet Pilote sur l'amélioration de la capacité du Kenya à fournir des données à long et court termes sur les stocks de Carbone des forêts à travers le pays – SUA/WWF.

Notes: Taille des placettes: 1 ha; Année d'installation: 2010.

Région	No.	Localité	Coordonnées				Elevation (m)
			Extrémité SE	Extrémité NE	Extrémité SO	Extrémité NO	
Iringa	1	Kidunda Kiyave VFR	780291, 9158721	780294, 9158820	780195, 9158716	780189, 9158818	1200
	2	Kidunda Kiyave VFR	779626, 9160576	779623, 9160672	779524, 9160572	779525, 9160673	1090
	3	Kidunda Kiyave VFR	782622, 9159246	782623, 9159340	782519, 9159234	782520, 9159334	1226
	4	Gangalamtumba VFR	785429, 9162583	785424, 9162685	785331, 9162587	785329, 9162685	1256
	5	Gangalamtumba VFR	784306, 9160732	784302, 9160829	784210, 9160732	784215, 9160834	1248
	6	Gangalamtumba VFR	782796, 9162133	782796, 9162226	782702, 9162134	782709, 9162228	1099
	7	Gangalamtumba VFR	785666, 9164910	785671, 9165014	785568, 9164910	785565, 9165006	1115
	8	Kitapilimwa FR	792968, 9163460	793628, 9161798	792865, 9163459	792861, 9163564	1353
	9	Kitapilimwa FR	793627, 9161696	793628, 9161798	793527, 9161707	793532, 9161802	1364
	10	Nyanyembe VFR	707870, 9049102	707875, 9049194	707775, 9049107	707779, 9049205	1607
	11	Mlimba VFR	702273, 9049667	702280, 9049761	702176, 9049672	702181, 9049770	1429
	12	Mtuya PF	725516, 9070976	725513, 9071075	725419, 9070964	725413, 9071065	1861
	13	Bumilayinga PLF	728465, 9072236	728461, 9072335	728368, 9072242	728357, 9072340	1932
	14	Igula VFR	721540, 9091742	721540, 9091841	721441, 9091735	721436, 9091834	1564
	15	Ikelele VFR	722899, 9094698	722894, 9094798	722801, 9094701	722794, 9094802	1731
	16	Mandumburu FR	729010, 9087586	729002, 9087684	728909, 9087584	728910, 9087685	1660
	17	Nyangwila GL	720413, 9094435	720409, 9094534	720317, 9094417	720307, 9094521	1631
	18	Makiri GL	719576, 9100737	719570, 9100835	719478, 9100737	719470, 9100835	1506
	19	Makiri GL	718007, 9103436	718005, 9103535	717903, 9103432	717902, 9103534	1400
	20	Chauling'ina VFR	727416, 9094929	727421, 9095026	727319, 9094936	727321, 9095032	1705
Mbeya	21	Manga VFR	548683, 9085201	548790, 9085205	548686, 9085306	548788, 9085305	1345

22	Mapogoro PLF	549717 9090064	549722 9090158	549620 9090063	549617 9090158	1361
23	Patamela VFR	505571 9074331	505581 9074431	505469 9074335	505474 9074430	1109
24	Ilunga VFR	504700 9076814	504695 9076917	504601 9076795	504595 9076901	1142
25	Mbangala PLF	478155 9087711	478151 9087807	478055 9087708	478055 9087807	1086
26	Kapalala PLF	476590 9092935	476586 9093036	476490 9092932	476486 9093035	1131
27	Kapalala PLF	473120 9097487	473132 9097590	473031 9097493	473029 9097595	1140
28	Kapalala PLF	472203 9102491	472308 9102496	472203 9102593	472307 9102598	1031
29	Kapalala PLF	469226 9105345	469329 9105348	469230 9105447	469331 9105451	1040
30	Kapalala PLF	459601 9112882	459601 9112986	459499 9112888	459506 9112988	1030
31	Guwa PLF	454927 9120651	454934 9120748	454833 9120655	454832 9120756	1086
32	Guwa PLF	450765 9122286	450772 9122385	450662 9122294	450666 9122393	1149
33	Kapalala PLF	472373 9114347	472372 9114452	472275 9114347	472276 9114449	1132
34	Godima PLF	557175 9058783	557168 9058885	557076 9058780	557069 9058884	1574
35	Itagano PLF	531175 9023630	531171 9023730	531079 9023623	531171 9023730	1769
36	Senjele FR	516803 9008342	516800 9008437	516705 9008339	516698 9008435	1599
37	Ivuna FR	454103 9035919	454084 9036015	454001 9035918	453993 9036017	1280
38	Ivuna FR	448170 9041475	448164 9041580	448066 9041484	448071 9041590	1101
39	Ivuna FR	448071 9041590	442403 9048394	442305 9048298	442304 9048394	1088
40	Ivuna FR	440206 9053678	440195 9053772	440102 9053677	440098 9053776	1153

Tableau 5 : PEP à Hanang au Nord de la Tanzanie. Source: Projet CCIAM sur la quantification et la cartographie des stocks de Carbone dans différents types d'utilisations des sols en Tanzanie.

Notes: Taille des placettes: 0,08 ha; Année d'installation: 2012.

Placettes	Est	Nord	Elevation (m)	Localisation	Type de végétation
1	771638	947980	1662	Hanang FR, Hanang District	Terre boisée de Miombo
2	771770	9480372	1666		
3	771398	9479352	1640		
4	771924	9480765	1668		
5	771304	9478930	1640		
6	771764	9481199	1643		
7	771002	9478584	1626		
8	771766	9481656	1636		
9	771054	9478174	1634		
10	771851	9482092	1629		
11	770977	9431444	1623		
12	772048	9482437	1618		
13	770566	9481360	1626		
14	771154	9481860	1617		
15	770134	9481166	1634		
16	771384	9482234	1621		
17	770419	9480820	1639		
18	771595	9482637	1609		
19	770517	9480054	1642		
20	771946	9479507	1650		
21	770918	9480316	1654		
22	772333	9479333	1614		

23	77169 0	947908 6	1638		
24	77289 5	947935 0	1590		
25	77083 2	947922	1610		
26	77313 3	947972 0	1602		
27	77040 2	947891 4	1611		
28	77301 8	948021 3	1641		
29	77015 7	947852 4	1603		
30	77282 2	948057 4	1652		
31	77018 2	947808 0	1583		
32	77281 0	948098 0	1648		
33	77213 5	947894	1651		
34	77291 3	948142 8	1631		
35	77179 7	947825 0	1636		
36	77292 7	948183 0	1624		
37	77134 1	947825 4	1632		
38	77250 4	948184 0	1634		
39	77134 0	947782 4	1614		
40	77255 0	948228 4	1622		

Tableau 6 : PEP dans les formations boisées *Acacia-Commiphora* dans le même arrondissement, Tanzanie. Source: Projet CCIAM sur la quantification et la cartographie des stocks de Carbone dans différents types d'utilisations des sols en Tanzanie.

Notes: Taille des placettes: 0,08 ha; Année d'installation: 2012.

No	Localisation	Coordonnées					Elevation (m)
		Extrémité SE	Extrémité NE	Extrémité SO	Extrémité NO	Centre	
1	Emuguri	342790 9559019	342784 9559058	342764 9559018	342765 9559056	342773 9559036	835
2	Emuguri	341250 9557823	341248 9557862	341228 9557823	341229 9557862	341240 9557843	796
3	Lesirwai	334865 9553770	334902 9553772	334862 9553791	334902 9553791	334883 9553782	649
3	Lesirwai	334865 9553770	334902 9553772	334862 9553791	334902 9553791	334883 9553782	649
4	Njaktai	335353 9551350	335345 9551384	335330 9551342	335319 9551383	335338 9551363	649
5	Marwa	336283 9549748	336275 9549788	336261 9549749	336262 9549790	336274 9549766	644
6	Marwa	338953 9545774	338953 9545795	338915 9545775	338916 9545795	338934 9545784	657
7	Mferejini	337333 9531175	337334 9531218	337317 9531191	337314 9531215	337325 9531203	644
8	Mferejini	337277 9532646	337273 9532687	337256 9532648	337253 9532689	337268 9532668	646
9	Lesirwai	331543 9557728	331548 9557766	331523 9557729	331527 9557767	331535 9557746	657
10	Emuguri	343497 9555743	343494 9555784	343475 9555743	343479 9555781	343485 9555763	809
11	Emuguri	345525 9558540	345529 9558580	345506 9558537	345507 9558577	345517 9558558	891
12	Emuguri	347205 9554543	347202 9554502	347184 9554544	347182 9554504	347192 9554523	855

STATUT ACTUEL ET POTENTIEL DES PLACETTES POUR LA PRODUCTION DE DONNEES ET D'INFORMATIONS

La plupart des placettes en Zambie semblent avoir été dégradées alors que certaines restent intactes ou relativement inviolées. D'une part, ces parcelles qui ont été converties à d'autres utilisations des terres, telles que les terres urbaines ou cultivées, ne peuvent pas être utilisées pour un suivi futur. D'un autre côté, celles qui sont encore intactes ou juste légèrement perturbées peuvent être de bons sites pour le suivi des perturbations naturelles et anthropiques sur les écosystèmes. C'est très bien ainsi du point de vue de la

déforestation et de la dégradation, et par conséquent de la REDD+. Etant donné que les informations de base sur de telles parcelles existent, elles peuvent être utilisées pour générer des données et informations pour le suivi futur de la dynamique et des fonctions de cet écosystème et pour la REDD+. Cependant, des modifications pourraient être réalisées pour les rendre plus propices pour la REDD+, spécialement en considérant l'acquisition de plus de données relatives au suivi des puits de carbone.

Les placettes en Afrique du Sud ont été installées pour le suivi de la biodiversité mais le carbone n'a pas été évalué et elles auraient besoin de protocoles complémentaires pour l'évaluation des stocks de carbone afin de les rendre adéquates pour le suivi des effets des changements climatiques sur les écosystèmes, le suivi pour la REDD+. En résumé, ces placettes sont adéquates comme point de départ pour le suivi des impacts.

Les placettes en Tanzanie ont été principalement installées pour le suivi du carbone. Cependant, les autres paramètres d'écosystème, tels que la régénération, ont été couverts avec parcimonie et peuvent être seulement déduits puisqu'ils semblent ne pas avoir été évalués correctement. A cet égard, des informations additionnelles pourraient être requises afin de suivre les autres paramètres.

Généralement, toutes les placettes disponibles sont adéquates pour le suivi des changements futurs dans les écosystèmes aussi bien que le suivi pour la REDD+. Le suivi et l'établissement des changements dans les stocks de carbone dans le temps est un processus important dans la REDD+ qui présenterait les bénéfices additionnels d'un projet carbone.

ACCORDS INSTITUTIONNELS POUR LA GESTION DURABLE ET LE SUIVI DES PLACETTES

Les PEP décrites dans ce rapport ont été installées par les différentes institutions soit pour le suivi de la croissance de la forêt dans le cas des placettes d'inventaire, ou pour servir comme base des MRV dans le cas de la REDD+ et des initiatives de suivi de la biodiversité et de l'écologie. Etant donné ce facteur, les approches suivantes sont proposées :

- 1) Les institutions qui ont établi les placettes seraient les mieux indiquées pour continuer le suivi afin d'assurer la cohérence des informations collectées et pour la justification de futures prédictions et modélisations des changements. De plus, il n'y a pas eu une approche unique d'évaluation des placettes. L'utilisation des mêmes institutions rendrait l'évaluation plus efficace étant donné le savoir et la détermination enracinés dans ces institutions. Elles ont eu l'intention de continuer le suivi des placettes mais ont été limitées par le manque de financements. Les initiatives REDD+ pourraient être une opportunité de reprendre le suivi de ces placettes.

- 2) Dans le cas où les institutions qui ont installé les PEP sont des institutions académiques/de formation, il existe un avantage avéré dans l'important personnel déterminé et scientifique constitué d'étudiants qui peuvent conduire des recherches dans divers domaines des ressources naturelles. A cet égard, les recherches menées par les étudiants seront orientées vers la ré-évaluation des placettes sous supervision stricte afin d'assurer la constitution de données cohérentes de haute qualité. Ceci devrait générer un important volume d'informations rapidement et plus efficacement. Etant donné la nécessité d'une connaissance approfondie sur le suivi des forêts et le MRV dans le cas de la REDD+, l'approche des recherches d'étudiants serait une bonne voie pour la formation en matière de constitution à long terme de données sur les forêts et le carbone.
- 3) Dans les cas où les deux approches ci-dessus ne sont pas applicables, les Institutions de Recherche en Foresterie dans les pays pourraient se voir confier la tâche de suivre les PEP. Ceci nécessiterait cependant le renforcement de capacité et la formation sur les différentes approches qui ont été utilisées par les différentes institutions ayant établi les placettes.
- 4) Comme approche plus générale, le travail pourrait initialement être fait par les institutions qui ont établi les placettes tout en renforçant les capacités des Institutions de Recherche en Foresterie dans les différentes approches pour le suivi de la croissance des forêts et des MRV, ces institutions de recherche prendraient ensuite en charge les initiatives et travailleraient spécifiquement en collaboration avec les institutions académiques, de formation et de recherche dans les pays respectifs. Ceci pourrait être une démarche plus longue mais importante pour assurer la cohérence des données collectées.

CHAPITRE 7 Conclusions

Les formations boisées d'Afrique orientale et australe sont de types variés, y compris les formations boisées Miombo couvrant environ le tiers de la région, les formations boisées de savane *Terminalia-Combretum*, les formations boisées de teck (*Baikiaea plurijuga*) de Mopane et Zambézien. De plus, les formations boisées *Acacia-Combretum* au Zimbabwe et *Acacia-Commiphora* au Kenya et en Tanzanie forment aussi des types majeurs de formations boisées.

Il existe de réelles preuves que les changements climatiques affectent les régimes pluviométriques, la disponibilité en eau, les niveaux des mers, et la dynamique de la fréquence des sécheresses et feux de végétation, tout ceci ayant une incidence croissante sur les écosystèmes de formations boisées, les moyens de subsistance associés, la santé humaine, la productivité agricole et la biodiversité.

Les changements climatiques auront une large gamme d'effets sur l'environnement et les secteurs socio-économiques et associés, y compris les ressources en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine, les écosystèmes terrestres et la biodiversité, et les formations boisées d'Afrique orientale et australe répondront à une pluviométrie variable en termes de saisonnalité et de quantités avec en prédominance la baisse des pluies et l'augmentation des températures.

Les effets du réchauffement planétaire sur la santé publique en Afrique orientale et australe sont liés à l'augmentation des températures, les pénuries sévères d'eau et les événements extrêmes. Les changements climatiques auront donc un impact sur l'agriculture et la sécurité alimentaire à travers la fourniture d'eau, les aléas naturels extrêmes, et l'apparition et la mobilité des maladies infectieuses, qui auront tous des conséquences sur la santé.

L'échelle prédite des changements climatiques pourrait avoir de sérieux impacts négatifs sur les systèmes de production agricole et sur la dynamique des moyens de subsistance associés à l'utilisation des formations boisées d'Afrique orientale et australe. L'ensemble des moyens de subsistance et la résilience des populations aux chocs climatiques seront affectés. Pour de nombreuses populations en Afrique orientale et australe, la perte de formations boisées et les biens et services qu'elles fournissent réduira leurs options de subsistance, spécialement en périodes de stress.

La grande partie des PEP en Zambie semble avoir été dégradée alors que certaines restent intactes ou relativement inviolées. Etant donné que les informations de base sur de telles placettes existent, elles peuvent être utilisées pour la génération de données et informations pour le suivi futur de la dynamique des écosystèmes et la REDD+. Cependant certaines modifications pourraient être nécessaires pour les rendre plus adéquates en tant

que sites de suivi pour la REDD+, surtout au regard de l'acquisition de plus de données sur les réservoirs de carbone qui ont besoin d'être suivis selon les recommandations du GIEC.

Les placettes en Afrique orientale et australe ont été installées pour le suivi de la biodiversité et non pour le carbone et nécessiteraient des protocoles additionnels pour l'évaluation des stock de carbone.

Les placettes en Tanzanie étaient principalement installées pour le suivi du carbone. Cependant, d'autres paramètres d'écosystèmes tels que la régénération, étaient considérés de façon parcimonieuse et peuvent seulement être déduits comme ils ne semblent pas avoir été évalués correctement. A cet égard, des informations additionnelles peuvent être requises dans le but de suivre de tels paramètres.

Généralement, toutes les placettes disponibles sont adéquates aussi bien pour le suivi de futurs changements dans les écosystèmes que pour la REDD+. Le suivi et l'établissement des changements dans les stocks de carbone dans le temps est un important processus de la REDD+ qui pourrait entraîner des bénéfices additionnels des projets carbone.

En ce qui concerne les dispositions institutionnelles pour la gestion durable et le suivi des placettes, quatre options sont suggérées:

- 1) Le travail sera fait par les institutions qui ont installé les placettes en premier lieu comme elles seraient plus indiquées pour continuer le suivi afin d'assurer la cohérence des informations collectées,
- 2) Utiliser les institutions académiques, de formation et de recherche en foresterie où il existe un important personnel déterminé et scientifique constitué d'étudiants qui peuvent conduire des recherches sur le terrain liées aux PEP, ceci étant par conséquent une bonne opportunité pour le renforcement des capacités en matière de constitution à long terme de données sur les forêts, le carbone et les MRV,
- 3) Partout où les deux approches ne sont pas applicables, les Institutions de Recherche en Foresterie dans les pays pourraient se voir confier la tâche quoique ceci nécessiterait un renforcement de capacité/formation sur les différentes approches qui ont été utilisées par les différentes institutions pour assurer la cohérence des données, et
- 4) Une approche plus générale où le travail pourrait initialement être fait par les institutions qui ont établi les placettes tout en renforçant les capacités des Institutions de Recherche en Foresterie dans les différentes approches pour le suivi de la croissance des forêts et des MRV, et laisser ensuite ces institutions de recherche prendre l'initiative et travailler de préférence en collaboration avec les institutions académiques, de formation et de recherche.

Références bibliographiques

- Altmann, J., S.C. Alberts, S.A. Altmann and S.B. Roy, 2002. Dramatic change in local climate patterns in the Amboseli basin, Kenya. *African Journal of Ecology* 40: 248–251.
- AMCEN, 2011. Addressing Climate Change Challenges in Africa; A Practical Guide Towards Sustainable Development At <http://www.ipcc.ch/>.
- Bojö, J., 1992. Economic valuation of indigenous woodlands in Zimbabwe. Working paper prepared for the Zimbabwe National Policy Review of Forests and Trees. World Bank. Washington, D.C.
- Boko, M., I. Niang, C. Vogel, A. Githeko, M. Medany, B. Osman-Elasha, R. Tabo and P. Yanda, 2007. Africa. In: Parry, M.L., O.F. Canziani, J. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of IPCC*, pp. 433–467. Cambridge, UK.
- Bond, I., M. Chambwera, B. Jones, M. Chundama and I. Nhantumbo, 2010. REDD+ in dryland forests: Issues and prospects for pro-poor REDD in the miombo woodlands of southern Africa. *Natural Resource Issues* No. 21. IIED, London
- Byers, A.B., 2001. Conserving the Miombo Ecoregion. Reconnaissance Summary. WWF Southern Africa Regional Programme Office, Harare, Zimbabwe. pp. 24.
- Campbell, B.M., Swift M.J., Hatton J., Frost P.G.H. 1988. Smallscale vegetation pattern and nutrient cycling in Miombo Woodland. In: J.T.A. Verhoeven, G.W. Heil, M.J.A. Werger (Eds.): *Vegetation Structure in Relation to Carbon and Nutrient Economy*. The Hague: SPB Academic Publishing, pp. 69–85.
- Campbell, B.M., 1996. *The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia, pp. 266.
- Campbell, B.M., 2009. Beyond Copenhagen: REDD+, agriculture, adaptation strategies and poverty. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 19:397–99. Elsevier.
- Campbell, B.M., A. Angelsen, A. Cunningham, Y. Katerere, A. Sitoe and S. Wunder, 2007. *Miombo woodlands – opportunities and barriers to sustainable forest management*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor. http://www.cifor.cgiar.org/miombo/docs/Campbell_BarriersandOpportunities.pdf.

- Campbell, B.M., J. Sayers, W. Kozanayi, M. Luckert, M. Mutamba and C. Zindi, 2002. Household Livelihoods in Semi-arid Regions: Options and constraints. CIFOR, Bogor.
- Chapman, C.A., L.J. Chapman, T.T. Struhsaker, A.E. Zanne, C.J. Clark and J.R. Poulsen, 2005. A long-term evaluation of fruiting phenology: importance of climate change. *Journal of Tropical Ecology* 21:1–14.
- Chidumayo, E.N., 1997. *Miombo Ecology and Management: An Introduction*. Intermediate Technology Publications, London.
- Chidumayo, E.N. 2001. Climate and phenology of savanna vegetation in southern Africa. *Journal of Vegetation Science* 12: 347–354.
- Chidumayo, E.N., 2004. Key external underlying threats to dry forests of sub-Saharan Africa: A case study of urbanization and climate change. An unpublished report for CIFOR. Lusaka, Zambia. 43 pp.
- Chidumayo, E.N., 2008. Implications of climate warming on seedling emergence and mortality of African savannah woody plants. *Plant Ecology* 198:61–71.
- Chidumayo, E.N., 2011. Climate Change and the Woodlands of Africa. pp 85-101. In Chidumayo, E.N. et al., (eds.), 2011. *Climate change and African forests and wildlife resources*. African Forest Forum, Nairobi, Kenya. 252 pp.
- Chidumayo, E.N., 2011. *Woodland Permanent Plots in Zambia: Masare Project Working Report 2011-A*. Makeni Savanna Research Project, P.O.Box 50323, Ridgeway, Lusaka, Zambia.
- Chidumayo, E.N., D. Okali, G. Kowero and M. Larwanou (eds.), 2011. *Climate change and African forest and wildlife resources*. African Forest Forum, Nairobi, Kenya. 252 pp.
- Dawe, P., 1994. Social and Economic Aspects of Miombo Woodlands Management in Southern Africa: Options and Opportunities for Research. CIFOR Occasional Paper No 2. 28 pp.
- Elagib, N.A. and M.G. Mansell, 2000. Recent trends and anomalies in mean seasonal and annual temperature over Sudan. *Journal of Arid Environments* 45:263–288.
- Erasmus, B.F.N., A.S. van Jaarsveld, S.L. Chown, M. Kshatriya and K.J. Wessels, 2002. Vulnerability of South African animal taxa to climate change. *Global Change Biology* 8:679–693.

- Frost, P., 1996. The ecology of miombo woodlands. In: Campbell, B. (ed.), *The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa*, pp. 11–57. Center for International Forestry Research, Bagor.
- Gillespie, R., F.A. Street-Perrott and R. Switsur, 1983. Post-glacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction. *Nature* 306:680–683.
- Hély, C., L.Bremond, S. Alleaume, B. Smith, M. Sykes and J. Guiot, 2006. Sensitivity of African biomes to changes in the precipitation regime. *Global Ecology and Biogeography* 15:258–270.
- Hulme, M. (ed.), 1996. *Climate Change and Southern Africa: an exploration of some potential impacts and implications in the SADC region*. Climate Research Unit, University of East Anglia, Norwich.
- Hulme, M., 2001. Climate perspectives on Sahelian dessiccation 1973–1998. *Global Environmental Change* 11: 19–29.
- Huntley, B., Y.C. Collingham, R.E. Green, G.M. Hilton, C. Rahbek and S.G. Willis, 2006. Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds. *Ibis* 148:8–28.
- IFAD, 2011. *Addressing climate change in East and Southern Africa*. International Fund for Agricultural Development. Rome.
- IPCC, 2000. *Special Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry*. A special report of the Inter-governmental Panel on Climate Change. Approved at IPCC Plenary XVI (Montreal, 1–8 May 2000). IPCC Secretariat, c/o World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of working group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, 2007. *Fourth Assessment Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jürgens, N., D.H. Haarmeyer, J. Luther-Mosebach, J. Dengler, M. Finckh and U. Schmiedel (Eds.), 2010a. *Biodiversity in southern Africa. Volume 1: Patterns at local scale – the BIOTA Observatories: 1–1*. Göttingen: Klaus Hess Publishers.
- Jürgens, N., U. Schmiedel and M.T. Hoffman, 2010b. *Challenges and international framework*. – In: Jürgens, N. et al., (eds.), 2010. *Biodiversity in southern Africa. Volume 1: Patterns at local scale – the BIOTA Observatories: 1–1*. Ibid.

- Jürgens, N., U. Schmiedel, D.H. Haarmeyer, J. Dengler, M. Finckh, D. Goetze, A. Gröngroft, K. Hahn, A. Koulibaly, J. Luther-Mosebach, G. Muche, J. Oldeland, A. Petersen, S. Porembski, M.C. Rutherford, M. Schmidt, B. Sinsin, B.J. Strohbach, A. Thiombiano, R. Wittig and G. Zizka, 2012. The BIOTA Biodiversity Observatories in Africa – a standardized framework for large-scale environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment* 184:655–678.
- Kangalawe, R.Y.M., C.G. Mung'ong'o and P.Z. Yanda, 2009. People's Perceptions and Community Response to Climate Change and Variability. Selected Cases from Tanzania. IRA, UDSM. 116 pp.
- Kowero, G., 2011. Climate Change and African Forests and Tree Resources: The Stakes are Enormous. pp 12-17. In Chidumayo, E.N. et al. (eds.), 2011. Climate change and African forests and wildlife resources. Ibid.
- Lake Tanganyika Basin Water Office (LTBWO), 2012. Brief Presentation on Lake Tanganyika Basin Water Resources Status during Training Session on Groundwater Instrument Operation. Held at Midland Hotel, Mwanza, 23rd-29th August, 2012.
- Levine, J. S., T.R. Augustsson and M. Natarajan, 1982. The Prebiological Paleatmosphere: Stability and Composition. *Origins of Life* 12:245–259.
- Linder, H.P., J. Lovett, J.M. Mutke, W. Barthlott, N. Jürgens, T. Rebelo and W. Küper, 2005. A numerical re-evaluation of the Sub-Saharan Phytochoria of Mainland Africa. *Biol. Skr.* 55:229-252. ISSN 0366-3612. ISBN 87-7304-304-4
- Lovett, G.M., C.G. Jones, M.G. Turner and K.C. Weathers (eds), 2005. *Ecosystem Function in Heterogeneous Landscapes*. Springer-Verlag, New York.
- Malcolm, J.R., A. Markham, R.P. Neilson and M. Garaci, 2002. Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29:835–849.
- Malhi, Y. and J. Wright, 2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B* 359:311–329.
- Matarira, C. H. and F.C. Mwamuka, 1996. Vulnerability of Zimbabwe forests to global climate change. *Climate Research* 6:135-136.
- McKinsey & Company, 2009. *Economics of Climate Adaptation. Shaping Climate Resilient Development: A framework for decision making*. Climate Works Foundation, Global Environmental Facility, Rockefeller Foundation, European Commission, McKinsey & Company, Standard Chartered Bank and Swiss Reinsurance Co. 159 pp.

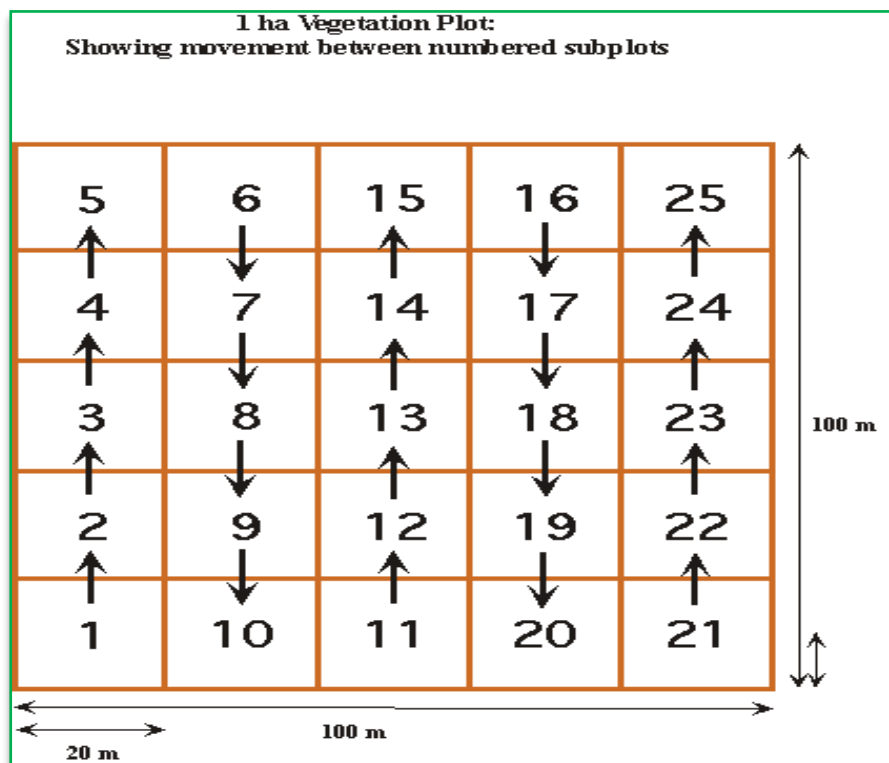
- Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein and others, 2007. Global climate projections. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen and others (eds) : Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, p 749–844.
- Monjane, M., 2009. Eastern and Southern Africa Forest and Woodlands Situational Analysis. 47 pp.
- Muche, G., U. Schmiedel and N. Jürgens, 2012. BIOTA Southern Africa Biodiversity Observatories Vegetation Database. In: Dengler, J. et al., (eds.), 2012. Vegetation databases for the 21st century. Ibid.
- Munishi, P.K.T., P. Ruwa-Aichi, C. Temu and G. Soka, 2011. Plant communities and tree species associations in a Miombo ecosystem in the Lake Rukwa basin, Southern Tanzania: Implications for conservation. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 3(2):63-71.
- Munishi, P.K.T. and T. Shear, 2004. Carbon Storage of two Afromontane rainforests in the Eastern Arc Mountains of Tanzania. *Journal of Tropical Forest Science* 16(1):78-93.
- Munishi, P.K.T., 2010. Forest Management Practices that are Suitable for Implementation of Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+) Schemes. Report to UN-REDD 2010.
- Munishi, P.K.T., D. Shirima, H. Jackson and H. Kilungu, 2010. Analysis of Climate Change and its Impacts on Productive Sectors, Particularly Agriculture in Tanzania. Report to the Ministry of Finance and Economic Affairs 2010. 105pp.
- Munishi, P.K.T., N.I. Kihupi, S.J. Nindi, E. Mpeta, F.F. Tilya, L. Chang'a and P. Yanda, 2008. Profiling the Climate of Tanzania for Climate Change Mitigation and Adaptation.
- Munishi, P.K.T., S. Mringi, D.D. Shirima and S.K. Linda, 2010. The role of the Miombo Woodlands of the Southern Highlands of Tanzania as carbon sinks. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 2(12):261-269.
- Nicholson, S., 2000. Land surface processes and Sahel climate. *Reviews of Geophysics* 38:117–139.
- Ogutu, J.O., H.P. Piepho, H.T. Dublin, N. Bhola and R.S. Reid, 2007. El Niño – Southern oscillation, rainfall, temperature and Normalized Difference Vegetation Index fluctuations in the Mara-Serengeti ecosystem. *African Journal of Ecology* 46:132–143.

- Olago, D.O., M. Umer, S. Ringrose, P. Huntsman-Mapila, E.H. Sow and B. Damnati, 2007. Palaeoclimate of Africa: An overview since the last glacial maximum. In: Otter, L., D.O. Olago, and I. Niang (eds.): *Global Change Processes and Impacts in Africa: A Synthesis*. East African Educational Publishers Ltd., Nairobi.
- Opere A., D. Olago, E.N. Chidumayo and B. Osman-Elasha, 2011. Climate Change Processes and Impacts. pp. 18-31. In Chidumayo, E.N. et al. (eds.), 2011. *Climate change and African forests and wildlife resources*. Ibid.
- Owen-Smith, N., D.R. Mason and J.O. Ogutu, 2005. Correlates of survival rates for 10 African ungulate populations: density, rainfall and predation. *Journal of Animal Ecology* 74:774–788
- Rodgers, W.A., 1996. The Miombo woodlands. In: *East African Ecosystems and Their Conservation*. McLanahan, T.R. and T.P. Young (eds.), Oxford University Press, Oxford, pp. 299-326.
- Rubenstein, D.I., 1992. The greenhouse effect and changes in animal behavior: effects on social structure and life-history strategies. In: Peters, R.L. and T.E. Lovejoy (eds.), *Global Warming and Biological Diversity*, pp. 180–192. Yale University Press, London.
- Ryan, C.M. 2009. Carbon Cycling, Fire and Phenology in a Tropical Savanna Woodland in Nhambita, Mozambique. PhD Thesis University of Edinburgh June 20 33 pp
- Sivakumar, J. and R.P. Motha (eds.), 2005. *Increasing Climate Variability and Change: Reducing the Vulnerability of Agriculture and Forestry*. Springer, USA.
- Stige, L.C., J. Stave and K. Chan, 2006. The effect of climate variation on agro-pastoral production in Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103:3049–3053
- Thirgood, S., A. Mosser, S. Tham, G. Hopcraft, E. Mwangomo, T. Mlengeya, M. Kilewo, J. Fryxell, A.R.E. Sinclair and M. Borner, 2004. Can parks protect migratory ungulates? The case of the Serengeti wildebeest. *Animal Conservation* 7:113–120.
- Timberlake, J.R., 2000. Biodiversity of the Zambezi Basin Wetlands. Consultancy Report for IUCN ROSA. Biodiversity Foundation for Africa, Bulawayo/Zambezi Society, Harare, Zimbabwe.
- Trouet, V., K. Haneca, P. Coppin and H. Beeckman 2001. Tree ring analysis of *Brachystegia spiciformis* and *Isoberlinia tomentosa*: evaluation of the ENSO-signal in the miombo woodland of eastern Africa. *IAWA Journal* 22: 385–399.

- UNFCCC, 2007. Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action. 1 & 2/CP.13. United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany.
- United Republic of Tanzania, 2007. National Adaptation Programme of Action (NAPA) for Tanzania.
- United Republic of Tanzania, 2009. Climate change impacts Assessment Report 2009. Vice President's Office, Division of Environment. 114 pp.
- Vanacker, V., A. Molina, G. Govers, J. Poesen, G. Dercon and S. Deckers, 2005. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. *Geomorphology* 72:340– 353.
- Verschuren, D., T.C. Johnson, H.J. Kling, D.N. Edgington, P.R. Leavitt, E.T. Brown, M.R. Talbot and R.E. Hecky, 2002. History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa. *Proceedings of the Royal Society of London B* 269:289–294
- White, F. 1983. The vegetation of Africa: A descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Paris.
- Williams, M., C.M. Ryan, R.M. Rees, E. Simbane, J. Fernando and J. Grace, 2008. Carbon sequestration and bio-diversity of re-growing miombo woodlands in Mozambique. *Forest Ecology and Management* 254: 145–155.
- WWF, 2001. The Miombo Ecoregion. WWF Southern Africa Regional Programme Office, Harare, Zimbabwe. pp. 22.

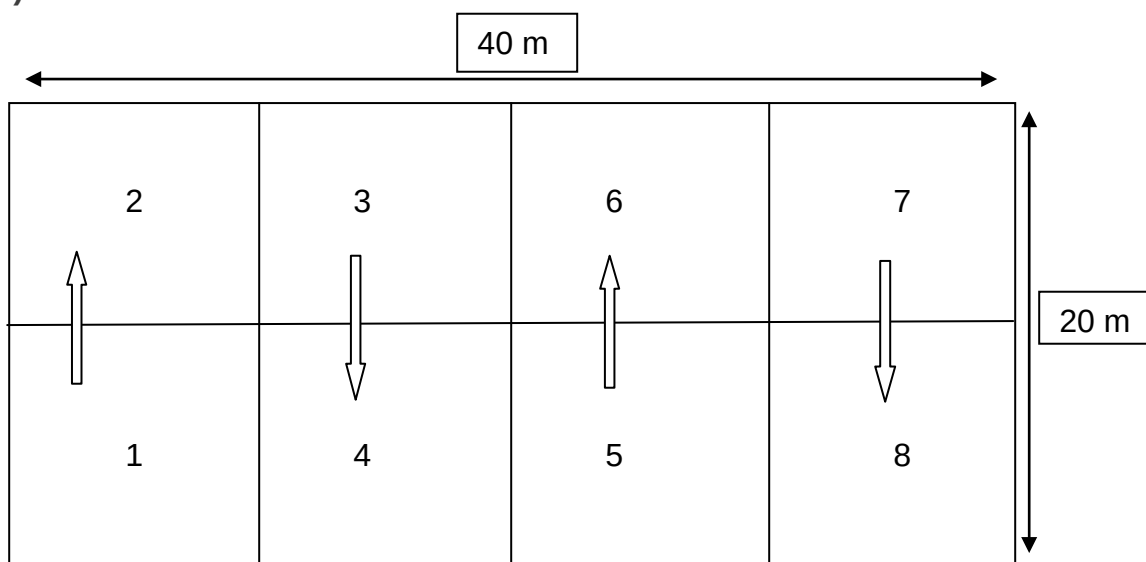
Annexe 1

Les placettes de suivi de carbone de 1 ha utilisées en Tanzanie (Adapté de TEAM, VtA)



Annexe 2

L'approche des placettes de 0,08 ha utilisée en Tanzanie (Source : Munishi et al., 2010).



African Forest Forum



Adresse:

African Forest Forum

P.O. Box 30677-00100 Nairobi GPO KENYA

Tel: +254 20 722 4203 Fax: +254 20 722 4001

www.afforum.org

