



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

VULNERABILITE DES SYSTEMES BIOPHYSIQUES ET SOCIOECONOMIQUES DES SAVANES ET FORMATIONS BOISEES D'AFRIQUE OCCIDENTALE ET CENTRALE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



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: Muoghalu, I.J. 2014. Vulnérabilité des systèmes biophysiques et socioéconomiques des savanes et formations boisées d'Afrique occidentale et centrale au changement climatique. African Forest Forum. Working Paper Series, Vol. 2(14), 35 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 des systèmes biophysiques et socioéconomiques des savanes et formations boisées d'Afrique occidentale et centrale au changement climatique

Joseph Ikechukwu Muoghalu

Table des matières

Table des matières	iii
CHAPITRE 1 Introduction.....	1
CHAPITRE 2 Les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale	3
Caractéristiques des formations boisées et des savanes	3
Ampleur et dynamiques	3
Importance socio-économique des formations boisées et des savanes	4
Menaces sur les formations boisées et les savanes	6
CHAPITRE 3 Changement climatique	8
CHAPITRE 4 Vulnérabilité aux impacts du changement climatique	10
Disponibilité de l'eau	10
Perte de biodiversité	12
Agriculture	15
Santé humaine	18
Socio-économie et moyens de subsistance	20
Etablissements et infrastructures	22
CHAPITRE 5 Génération de connaissances et placettes d'échantillonnage permanentes	23
Etat actuel des connaissances sur le changement climatique dans les formations boisées et les savanes	23
Placettes d'échantillonnage permanentes.....	24
Recommandations	25
CHAPITRE 6 Conclusions	26
Références.....	28

Sigles et abréviations

CIFOR	Centre de Recherche Forestière Internationale
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations
PIB	Produit Intérieur Brut
FIDA	Fonds International de Développement Agricole
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
IUFRO	Union Internationale des Instituts de Recherches Forestières
ODI	Overseas Development Institute, London
PEP	Placettes d'Echantillonnage Permanentes (Permanent Sample Plots)
SADC	Southern African Development Cooperation
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

Résumé

Les formations boisées et les savanes tropicales sont associées à des zones où règne une saison sèche annuelle de durée et d'intensité suffisante au cours de laquelle la plupart des plantes ligneuses perdent leurs feuilles et les herbes se dessèchent. Les accumulations de biomasse sèche favorisent les feux chaque année, lesquels feux aident à empêcher la domination complète des ligneux. Ces écosystèmes sont surexploités du fait de l'agriculture et ou du surpâturage, associés à la collecte de bois de feu.

L'Afrique est essentiellement composée de formations boisées et de savanes avec les forêts tropicales humides occupant 7% de la superficie des terres. Elles sont très répandues en Afrique occidentale et centrale. Les formations boisées et les savanes remplissent des fonctions écologiques importantes et fournissent des produits forestiers ligneux et non ligneux qui contribuent de manière significative au bien-être humain aux niveaux local, national et mondial. Les produits forestiers non ligneux comprennent les fruits, les légumes, les noix, les graines, les racines, les champignons, les épices, la viande de brousse, les produits de la ruche, les insectes comestibles, les œufs et les plantes médicinales qui sont particulièrement importants dans la vie des communautés vivant dans ces formations. Ces produits jouent également un rôle important dans les économies nationales de nombreux pays d'Afrique occidentale et centrale.

L'agriculture (production végétale et élevage) est la principale occupation des communautés rurales de ces écosystèmes qui en dépendent pour la subsistance et le revenu. L'agriculture reste en grande partie pluviale et par conséquent vulnérable à la variabilité climatique qui se caractérise par des sécheresses périodiques et des inondations occasionnelles qui causent souvent de mauvaises récoltes au cours desquelles, une stratégie d'adaptation des habitants est la collecte d'aliments et de ressources sauvages de la végétation. Le maintien du flux de ces biens et services nécessite des écosystèmes sains dans un contexte de changement climatique d'origine anthropique.

Déjà, les preuves scientifiques en Afrique montrent que le changement climatique impacte directement les secteurs clés du développement tels que les ressources en eau, la terre, les forêts, la biodiversité, le tourisme et l'agriculture qui sont essentiels pour la subsistance, l'alimentation, la santé et la sécurité des communautés locales. En outre, les projections futures indiquent que ces impacts sont susceptibles de s'aggraver avec le temps.

Les activités anthropiques à travers l'industrie, la consommation de combustibles fossiles, la déforestation et l'utilisation des terres ont augmenté les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, lesquels sont à l'origine des changements des températures mondiales, des régimes de précipitations et des niveaux de la mer ainsi que de la fonte des glaciers. Bien que l'Afrique subsaharienne contribue à moins de 4% aux émissions

mondiales totales de gaz à effet de serre, le réchauffement devrait être plus important dans la région que la moyenne mondiale, avec les régions subtropicales sèches qui seront plus sensibles. Les scientifiques ont également prédit que divers facteurs climatiques et systèmes écologiques de la région ont déjà été altérés par le réchauffement climatique et seront sous risques dans les années à venir. En outre, le changement climatique prévu, pose de grandes menaces à l'alimentation, la sécurité pour les ressources en eau, la santé publique, les ressources naturelles et la biodiversité. Dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale, le changement climatique et la variabilité climatique ont entraîné et devraient contribuer à des conditions météorologiques changeantes, des saisons changeantes, des événements météorologiques extrêmes, des inondations, des sécheresses, des incendies de forêt et des tempêtes. Ces événements ont affecté et affectent la biodiversité, les moyens de subsistance et les activités socio-économiques. Ils diminueraient la production industrielle et affaibliraient les infrastructures de base des activités socio-économiques, conduisant en un développement réduit.

La production agricole, une activité économique importante, joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire des communautés des formations boisées et savanes d'Afrique occidentale et centrale et reste principalement pluviale et extrêmement liée au climat. Elle serait durement touchée vue que les sécheresses et les inondations s'aggravent, les températures et les saisons de culture changent en raison du changement et de la variabilité climatique et les agriculteurs et éleveurs seront contraints d'abandonner leurs terres. Les impacts du changement climatique résulteraient des changements de température, de précipitations et de concentration en CO₂ ou des effets indirects à travers des changements de l'humidité du sol et de l'incidence des ravageurs.

La diversité animale et végétale dont dépendent les communautés rurales dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale est déjà affectée et continuera d'être affectée par le changement climatique. En conséquence, les revenus et les moyens de subsistance des communautés rurales qui dépendent des produits de ces formations sont en baisse. Cela est dû à l'effet du changement climatique sur la biodiversité à travers les feux de forêt, les sécheresses, les inondations accrues, l'altération des caractéristiques des maladies et ravageurs, et la modification des habitats aquatiques et terrestres.

Les variations temporelles et spatiales de la température, des précipitations et de l'humidité qui devraient se produire sous différents scénarii de changement climatique affecteraient la biologie et l'écologie des vecteurs de maladies et par conséquent le risque de transmission de maladies telles que le paludisme, la méningite et d'autres maladies parasitaires et parasites tels que les mouches tsé-tsé. Ce qui conduirait à de pertes énormes des économies des pays d'Afrique occidentale et centrale à travers des pertes en vies, des frais médicaux et la perte de productivité. Les impacts du changement climatique sur d'autres

vecteurs de maladies moins sensibles au climat tels que la filariose, l'onchocercose et la bilharziose ne sont pas clairs et mettront du temps à se manifester.

Les moyens de subsistance des communautés, en particulier celles vulnérables en milieu rural, et les activités économiques nationales qui dépendent de l'agriculture et des biens et services fournis par les formations boisées et les savanes seraient gravement affectés en raison du changement climatique. Les pénuries d'eau et les précipitations imprévisibles combinées à une croissance démographique continue et une dégradation accrue des terres auraient un impact sur les écosystèmes et leur capacité à continuer à fournir les besoins immédiats de subsistance.

La variabilité et le changement climatique auraient un impact sur l'approvisionnement en eau à travers les sécheresses et les inondations. La pénurie d'eau et la pollution qu'ils provoqueront seront les problèmes les plus importants non seulement en raison de leurs impacts et conséquences, mais aussi parce qu'ils conduisent ou contribuent à d'autres problèmes comme l'effet spirale puisque les pénuries provoquent une collecte des ressources moins durable et ainsi, une plus grande dégradation.

La variabilité du climat, y compris les événements extrêmes qui en résultent, tels que les tempêtes, les inondations, en particulier les inondations et les sécheresses ponctuelles, ont impacté et continueront d'impacter les infrastructures, tels que les établissements humains, l'électricité et le transport dans les régions de formations boisées et de savanes d'Afrique occidentale et centrale. Les événements climatiques extrêmes continuent d'être une menace importante pour les pays de la sous-région dans l'atteinte de leurs objectifs nationaux de construction de routes, de logement et de conservation de l'environnement et de l'agriculture.

En dépit des effets négatifs du changement et de la variabilité climatique ci-dessus mentionnés, il existe des incertitudes sur les résultats des facteurs interdépendants (ex. augmentation de la température, variabilité des précipitations, événements extrêmes, fertilisation de CO₂, fréquence et intensité des feux de forêt). Par conséquent, il est nécessaire de générer plus de savoirs à travers le suivi des facteurs climatiques en relation avec la composition, les dynamiques, la croissance, la phénologie, la productivité, la structure et le fonctionnement des formations boisées et des savanes et de synthétiser les données recueillies sur différents sites. Cela nécessite la mise en place de placettes d'échantillonnage permanentes (PEP) à ré-échantillonner périodiquement et à suivre pour générer les données et informations nécessaires sur la vulnérabilité à, et l'impact du changement et de la variabilité climatique sur ces écosystèmes.

Il y a une pénurie de données et d'informations sur les PEP existantes dans les savanes et les formations boisées d'Afrique occidentale et centrale. Il est recommandé qu'un nouveau ha de PEP soit installé dans les réserves naturelles intégrales dans certains pays de la

sous-région pour la collecte de données et d'informations et la modélisation des impacts du changement climatique sur les formations boisées et les savanes. Une fois établies, les parcelles doivent être géo-référencées et les limites marquées avec des marqueurs permanents pour de futures références. Les données et informations sur la végétation, le sol et les facteurs climatiques doivent être collectées sur les parcelles et suivies par ré-échantillonnage périodique et surveillance pour observer les changements. Les scientifiques qui sont encore activement engagés dans la recherche et qui ont des ancrages institutionnels devraient être choisis dans chaque pays pour suivre et recueillir des données et des informations sur les parcelles.

CHAPITRE 1 Introduction

Les formations boisées sont des peuplements de végétations avec des arbres de petite ou moyenne taille dont les couronnes sont presque continues mais à travers lesquels la lumière peut largement pénétrer. Elles disposent d'une couverture d'herbe partielle et la couche d'arbre est pratiquement continue (40 à 60%). Les savanes sont constituées d'une couverture d'herbe, d'arbres ou d'arbustes variés en densité avec souvent des tiges tordues. Les formations boisées et les savanes sont associées aux zones tropicales où règne une saison sèche annuelle de durée et d'intensité suffisante dans laquelle la plupart des plantes ligneuses perdent leurs feuilles et les herbes se dessèchent. Cette accumulation de biomasse sèche favorise les feux chaque année ou tous les deux à quatre ans et ces feux aident à empêcher la domination complète par les plantes ligneuses. Les incendies dans les savanes tropicales et les formations boisées demeurent une source importante de CO₂, de CH₄, de N₂O, de NO, de NO₂ et d'O₃ troposphérique. WHITE (1983) dans son étude sur la végétation africaine a rapporté qu'en raison des variations dans la définition de la savane, il n'est plus possible d'utiliser le terme dans le sens classificatoire précis. En lieu et place, il a classifié les différents types de savane en formations boisées, savanes boisées, buissons et prairies. Les zones sèches d'Afrique occidentale et centrale classées comme végétation soudanienne (WHITE, 1983), qui sont dominées par des formations boisées ouvertes et leurs caractéristiques dégradées comprennent le Centre régional soudanien d'endémisme, couvrant une superficie de 3,7 millions de km². Partout dans le monde, il y a beaucoup d'inquiétude sur ce qui est appelé la «savanisation» des forêts tropicales, mais c'est surtout une référence structurelle à la perte des arbres dans les zones de forêt tropicale, à l'abattage ou à l'exploitation forestière, souvent suivis d'incendies (BARLOW ET PERES, 2008). Ces formations végétales sont souvent surexploitées en raison du surpâturage combiné à une extraction de bois de chauffage et à la production végétale.

Des évidences scientifiques en Afrique montrent que le changement climatique impacte directement les secteurs clés du développement, tels que les ressources en eau, la terre, les forêts, la biodiversité, le tourisme et l'agriculture qui sont essentiels pour la subsistance, la sécurité alimentaire et la santé. Par ailleurs, les projections futures montrent que ces impacts sont susceptibles de s'aggraver avec le temps et constituent de grandes menaces à la sécurité alimentaire et la sécurité de l'eau, la santé publique, les ressources naturelles et la biodiversité dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. La compréhension du changement et de la variabilité climatique et de la réponse de ces écosystèmes, a un rôle clé pour la gestion future des formations boisées et des savanes pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Par conséquent, il est nécessaire d'examiner les informations disponibles sur la vulnérabilité au changement climatique des systèmes biophysiques et socio-économiques dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale et d'identifier les effets probables du

changement climatique sur ces systèmes. Il est également nécessaire d'identifier et de recommander certaines PEP qui seront utilisées pour un suivi à long terme des impacts du changement climatique sur les savanes et les formations boisées d'Afrique centrale et occidentale. Ici, le système biophysique est défini comme l'environnement abiotique et biotique des organismes y compris les facteurs influant leur survie, leur développement et leur évolution. Le système socio-économique est une relation complexe entre l'économie, la société et les relations sociales. Il comprend les systèmes de production et de distribution de marchandises ainsi que l'allocation des ressources et la nature des relations sociales dans une société.

Comme stipulé dans les termes de référence, les objectifs de cette étude sont:

(i) d'examiner les informations disponibles sur la vulnérabilité au changement climatique des systèmes biophysiques (sol, eau, et ressources biologiques) et socio-économiques (santé humaine, moyens de subsistance, produits, commerce et développement) dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale;

(ii) d'examiner et d'évaluer les données et les informations disponibles sur les PEP dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale et d'évaluer l'état actuel et le potentiel de ces parcelles à servir pour la production de données et d'informations pour déterminer et modéliser les impacts du changement climatique dans les formations boisées et les savanes (santé des arbres et des peuplements, régénération, croissance et productivité) et pour satisfaire les exigences de la REDD+, à savoir les surveillances, les rapports et les vérifications (MRV) et la sauvegarde de la biodiversité dans les formations et les savanes de l'Afrique occidentale et centrale; et

(iii) d'identifier et de décrire les PEP existantes dans les formations boisées et savanes d'Afrique occidentale et centrale et qui peuvent être considérées pour un suivi à long terme; sur une période initiale de 5 ans; et de proposer les arrangements institutionnels pour la gestion et le suivi durable; y compris les remesures périodiques des ressources et des facteurs qui les affectent dans les PEP identifiées.

L'étude a été réalisée principalement à travers l'utilisation de la littérature existante et des communications personnelles avec des scientifiques individuels et des organisations de travail dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. Des articles de revues scientifiques; des publications par les organisations internationales, les départements, les ministères et les rapports nationaux des pays ont été consultés. Des visites de certaines PEP existantes afin d'évaluer leur état actuel ont été effectuées. Les données et informations provenant de ces sources ont été utilisées dans l'élaboration de ce rapport.

CHAPITRE 2 Les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale

CARACTERISTIQUES DES FORMATIONS BOISEES ET DES SAVANES

Les formations boisées et les savanes sont des peuplements de végétation avec une couverture continue d'herbe et d'arbres ou d'arbustes de diverses densités. Elles sont caractérisées par des saisons sèches de durées et d'intensités qui amènent la plupart des espèces ligneuses à perdre leurs feuilles et les herbes à se dessécher et à brûler. Les arbres, avec une écorce épaisse qui tolère le feu, sont principalement à feuilles caduques et possèdent de remarquables pouvoirs de développement de drageons après incendie. Les herbes possèdent également des pouvoirs remarquables de repousse après que celles mortes aient été brûlées par le feu. Les arbres et les herbes ne tolèrent pas l'ombre. En raison de leur intolérance à l'ombre, les arbres sont incapables de recruter dans les conditions d'ombrage et les herbes dépendent directement des feux pour maintenir leurs niveaux de lumière. Dans les formations boisées bien développées, les cimes des arbres se touchent. Les arbres sont pour la plupart feuillus et à certains endroits, jettent une ombre assez profonde pour supprimer l'herbe. Cependant, partout où la canopée est ouverte, les herbes sont dominantes. Les espèces ligneuses sont feuillues et sans épines dans les savanes humides, et parfois à feuilles fines épineuse ou feuillues et sans épines dans les savanes semi-arides tandis que dans les savanes arides, les espèces ligneuses épineuses à feuilles fines sont dominantes. Les feux récurrents et l'agriculture ont tendance à rendre la végétation plus ouverte et à modifier la composition floristique des formations boisées et des savanes.

AMPLEUR ET DYNAMIQUES

La majeure partie des savanes et des formations boisées tropicales sont situées entre 30° S et 20° N. Ces écosystèmes se situent entre les forêts équatoriales humides et les déserts et semi-déserts de l'Afrique, de l'Australie et de l'Amérique du Sud. L'Afrique est essentiellement composée de savanes et formations boisées avec des forêts tropicales humides occupant seulement 7% de la superficie des terres. Les savanes et formations boisées africaines sont situées dans la ceinture de précipitation des 200 au 1800 mm sur les deux côtés de l'équateur à partir de 29° S -16° N (JOHNSON ET TOTHILL, 1985). Les savanes en Afrique de l'Ouest ont une étendue de 450 à 800 km du Nord au Sud et

s'étendent jusqu'à 5600 km de l'Est à l'Ouest (OKIGBO, 1985). Au nord de l'équateur, les savanes couvrent la grande partie du Sénégal, de la Gambie, le tiers sud du Mali; le sud du Niger et le Tchad, la Guinée-Bissau, la majeure partie de la Guinée, quelques parties de la Sierra Leone, la moitié Nord de la Côte d'Ivoire, plus de la moitié Nord et du littoral Sud-Est du Ghana, du Burkina Faso, du Togo et du Bénin et 80% du Nigeria à l'exception d'une bande centrale étroite (OKIGBO, 1985). En Afrique centrale, elles s'établissent sur la moitié Nord du Cameroun, de la République centrafricaine, sur 15% du Gabon et des régions à l'extrême Nord du Congo, et couvrent de vastes régions de l'Angola au Sud de l'équateur (ONOCHE, 1977). Les Miombos en Afrique centrale et australe sont identiques aux savanes feuillues (FROST, 1996). Ces écosystèmes abritent un grand nombre d'herbivores, possèdent une grande diversité faunistique et constituent les principales zones de parcours d'Afrique centrale et occidentale, fournissant du fourrage aux animaux sauvages et domestiques.

Les formations boisées et savanes sont brûlées une fois tous les deux à quatre ans (CHIDUMAYO, 2004; SANKARAN ET AL, 2007) et annuellement, respectivement, au cours de la saison sèche lorsque les herbes et autres espèces herbacées se dessèchent et il y a accumulation de biomasses sèches. Après l'incendie, le sol devient nu et se noircit avec des arbres sans feuilles. Au début de la saison des pluies, les arbres développent les feuilles et les fleurs. Les touffes d'herbes brûlées donnent aussi naissance à de nouvelles pousses vertes ou rougeâtres. Pendant la saison des pluies, les herbes poussent plus vite et les cimes des arbres deviennent plus denses. Vers la fin de la saison sèche, les herbes et les espèces herbacées produisent des fleurs et des fruits. Lorsque les formations boisées et les savanes sont protégées contre les incendies, la densité des ligneux augmente et la croissance des graminées est réduite. Lorsque les forêts et les savanes sont défrichées pour l'agriculture, les souches d'essences ligneuses régénèrent rapidement à travers les taillis et les drageons sur des terres agricoles abandonnées qui ne sont pas furieusement incendiées. Les pousses sont empêchées de développement par les arbres avec des feux continus et acharnés. Ainsi, les feux contrôlent l'équilibre de la couverture entre les arbres et les herbes et en conjonction avec l'agriculture, et déterminent la dynamique des formations boisées et des savanes.

IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES FORMATIONS BOISEES ET DES SAVANES

Les formations boisées et les savanes remplissent des fonctions écologiques importantes et fournissent du bois et d'autres produits qui contribuent de manière significative au bien-être aux niveaux local, national et mondial. Environ 75% des personnes les plus pauvres en Afrique occidentale et centrale vivent dans des zones rurales où ils dépendent de l'agriculture et des ressources naturelles pour la subsistance et la survie. Par exemple, un

examen des programmes stratégiques de réduction de la pauvreté (PSRP) de plusieurs pays (ex. Burkina Faso, Mali, Ghana, Niger et Sénégal) où les données sont disponibles a montré qu'entre 86 et 93% des pauvres vivent dans les zones rurales. Les savanes et les formations boisées fournissent des produits ligneux et non ligneux, comprenant les fruits, les légumes, les noix, les graines, les racines, les champignons, les épices, la viande de brousse, le miel et les produits ciriers, les insectes comestibles, les œufs et les médicaments qui sont particulièrement importants dans la vie des communautés vivant dans ces formations. Les produits jouent un rôle important dans la vie et le bien-être des communautés ainsi que dans les économies nationales de nombreux pays de la sous-région. Ils fournissent également des moyens de subsistance, de l'emploi et des revenus, en particulier, aux pauvres ruraux et soutiennent les entreprises familiales. Par exemple, ARNOLD ET TOWNSON (1998) ont estimé qu'environ 15 millions de personnes en Afrique subsaharienne tirent au moins une partie de leurs revenus des produits forestiers. Dans les zones rurales de nombreux pays, une relation significative existe entre la sécurité alimentaire et le degré de contribution des produits non ligneux aux besoins des ménages (ODEBODE, 2003). Beaucoup de gens dépendent de ces produits pour maintenir leur mode de vie, notamment leurs cultures et traditions religieuses (POSEY, 1993; UNESCO, 1996; LAIRD, 1999; PARKINSON, 1999). En raison de l'importante présence d'herbes, ces écosystèmes fournissent des ressources pastorales en offrant du fourrage au bétail et aux animaux sauvages; environ 80% des terres de pâturage de l'Afrique sont dans les savanes (SCHOLES ET ARCHER, 1997).

Les services écosystémiques fournis par ces écosystèmes comprennent la conservation des sols et des ressources en eau, la conservation de la diversité biologique, l'amélioration du climat local, le stockage du carbone et la régulation du cycle du carbone ainsi que la modération du débit d'énergie et de l'eau. Par exemple, la plupart des bassins fluviaux en Afrique subsaharienne sont soit situés ou ont la majeure partie de leur source dans les zones de formations boisées et de savane où la végétation joue un rôle crucial dans le maintien de débits fluviaux et l'approvisionnement en eau (CHIDUMAYO, 2011). L'agriculture (production végétale et élevage) est la principale occupation des habitants des zones rurales de ces écosystèmes qui en dépendent pour les produits de subsistance et le revenu. La majeure partie des nourritures consommées dans les pays d'Afrique occidentale et centrale sont produites dans ces écosystèmes. Beaucoup de terres cultivées sont pluviales et par conséquent vulnérables à la variabilité du climat qui se caractérise par des sécheresses périodiques et des inondations occasionnelles causant souvent de mauvaises récoltes au cours desquelles les stratégies d'adaptation des habitants sont la collecte d'aliments et de ressources sauvages dans la végétation (CHIDUMAYO, 2011). Le maintien du flux de ces biens et services nécessite des écosystèmes sains dans un contexte de changement climatique d'origine humaine.

MENACES SUR LES FORMATIONS BOISEES ET LES SAVANES

Les formations boisées et savanes naturelles d'Afrique occidentale et centrale sont en diminution, principalement à cause de l'expansion agricole, la surexploitation des ressources végétales surtout pour compléter les besoins humains et du bétail en période de pénurie, la collecte accrue de bois de feu, le surpâturage, les feux de brousse et l'urbanisation rapide, l'industrialisation et la sécheresse. KIGOMO (2003) a indiqué que 48, 32, 12 et 9% de la dégradation des formations boisées sont dues au surpâturage, qui est concentrée respectivement dans les zones semi-arides, les activités agricoles, la déforestation et la surexploitation des ressources. La satisfaction par l'agriculture commerciale ou de subsistance des besoins alimentaires d'une population croissante et des besoins en devises des pays d'Afrique occidentale et centrale a entraîné une pression croissante pour augmenter les superficies agricoles, conduisant à un déboisement des formations boisées et des savanes. En raison de la surexploitation des terres, la régénération des arbres et arbustes est entravée par le cultivateur. Le plus grand impact de l'agriculture a été en Afrique de l'Ouest, où plus de 50% des formations boisées ont été converties pour l'agriculture (CHIDUMAYO, 2011).

Les populations vivant à l'intérieur et autour des formations boisées et des savanes exploitent les ressources végétales pour le bois de feu, le bois d'œuvre et pour des fins médicinales. Elles collectent le feuillage des espèces végétales comme sources premières de bien-être humain et du bétail. Elles collectent également des quantités énormes de graines et de gousses d'arbres et d'arbustes pour la préparation ultérieure de la nourriture. L'échelle sur laquelle la collecte de semences et la coupe des plantes est effectuée a un effet négatif sur le processus naturel de régénération, de croissance et de productivité de certaines espèces. Beaucoup de gens dans les formations boisées et les savanes dépendent du bois comme combustible pour la cuisine et le chauffage. Par exemple, au Nigeria, le bois de feu et le charbon de bois représentent pour plus de 80% la consommation d'énergie naturelle (FOLEY, 1986). La plupart des villageois dans les zones rurales se procurent du bois de chauffage gratuitement dans leurs propres domaines ou sur des terres inoccupées. La coupe à blanc des arbres pour le bois de chauffage pour le commerce sans pensée aucune pour la régénération est une pratique courante. Dans les savanes du Soudan et du Sahel, les racines des espèces ligneuses sont «minées» pour le combustible de sorte que la possibilité d'auto-régénération est mince, même si les gens pouvaient se permettre de réserver des terres à cette fin.

Les formations boisées et savanes naturelles d'Afrique occidentale et centrale sont principalement utilisées pour le pâturage du bétail. Le bétail broute les arbustes et arbres, paît les espèces herbacées. Les bergers grimpent les arbres tels que *Azelia africana* Sm. et les espèces de *Detarium* et d'*Acacia* pour couper / élaguer le feuillage pour fournir de nourriture supplémentaire pour leur bétail pendant la saison sèche en raison de la réduction

tant quantitative que qualitative de la disponibilité d'herbe. Dans les zones à haute densité d'élevage, l'élagage excessif pour le parcours a réduit de nombreux arbres à l'état de squelette dans ces écosystèmes. Le surpâturage est un problème grave dans la bande soudano-sahélienne où le surpeuplement entraîne de graves dommages à la végétation. La pression résultant du surpâturage, du sur-broutement et de l'élagage de la végétation pour le fourrage est un contributeur majeur à la déforestation et à la désertification.

L'utilisation des terres dans les formations boisées et les savanes est intimement liée à l'utilisation régulière de feu. La végétation est périodiquement brûlée, soit naturellement, soit à dessein. L'intensité des feux est en grande partie fonction de la quantité d'herbe accumulée pendant la précédente saison sèche, qui est un produit de la quantité de précipitations et de la production de plant pendant la précédente saison pluvieuse et de la population des herbivores. En raison de leur charge en carburant plus élevée, les incendies dans les savanes humides sont généralement plus intenses que ceux qui se produisent dans les savanes sèches. Ces feux embrasent non seulement la végétation de l'herbe et de la litière, exposant par ce fait le sol à l'érosion, mais aussi détruisent les arbres des formations boisées. Ainsi, le feu interagit fortement avec le pâturage en ce sens qu'il exerce un contrôle considérable sur la reprise des espèces ligneuses alors que le pâturage affecte les charges de combustible, qui sont en grande partie le produit de la biomasse herbacée. Les sécheresses dans les formations boisées et les savanes, en particulier, dans la zone sahélienne sont devenues plus fréquentes depuis la fin des années 1960. De longues et récurrentes sécheresses provoquent l'érosion des sols, accélérant ainsi le processus actuel de désertification en cours dans les zones sahélo-soudaniennes. La réduction de la superficie et de la couverture végétale des formations boisées et des savanes limite leur séquestration du carbone et contribue ainsi au changement climatique mondial, expose le sol et aggrave les effets de la sécheresse et des inondations.

CHAPITRE 3 Changement climatique

La Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) définit le changement climatique dans l'article 1 comme «un changement de climat qui est attribué directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui vient s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables» (NATIONS UNIES, 1992). Les activités humaines à travers l'activité industrielle, la consommation de combustibles fossiles, la déforestation et l'utilisation des sols ont augmenté les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'augmentation conséquente de rayonnement infrarouge capté dans l'atmosphère est à l'origine des changements de températures globales, de régimes de précipitations et du niveau des mers ainsi que de la fonte des glaciers. Il n'est pas possible de prédire les conditions climatiques précises, mais le consensus scientifique est que les températures mondiales terrestres et océaniques se réchauffent sous l'influence de l'effet de serre, et continueront de se réchauffer indépendamment de l'intervention humaine pour au moins les deux prochaines décennies (GIEC, 2007A). Toutefois, le GIEC (2001) a rapporté que le changement climatique a provoqué une augmentation de la température moyenne globale de la surface d'environ 0,6° C au cours du 20^{ème} siècle et les températures actuelles augmenteront encore entre 1,4 et 5,8° C d'ici 2100, ceci dépendant en grande partie du niveau de consommation de combustibles fossiles. La plupart des augmentations de température observées seront probablement dues à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre anthropiques (GIEC, 2007B).

En Afrique, les relevés climatiques montrent un réchauffement de 0,7° C dans la plupart du continent au cours du 20^{ème} siècle, une diminution des précipitations sur de grandes parties du Sahel et de l'augmentation des précipitations en Afrique orientale et centrale. HULME ET AL. (2001) ont rapporté que depuis 1900, la température moyenne de la surface en Afrique n'a augmenté que de 0,5° C, pourtant en 2100, il pourrait augmenter jusqu'à 2-6°C. Les experts prédisent que les zones sèches d'Afrique de l'Ouest deviendront plus sèches et les zones humides plus humides, avec des périodes sèches plus longues et plus fréquentes (FIDA, 2011). Une baisse de la pluviosité annuelle a été observée en Afrique de l'Ouest depuis la fin des années 1960, avec une baisse de 20-40% notée dans les périodes 1931-1960 et 1968-1990 (FIDA, 2011). Ce déclin à long terme a provoqué un déplacement de 25 à 35 km vers le sud des zones écologiques du Sahel, soudaniennes et guinéennes au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle. En conséquence, la flore et la faune ont été perdues et les dunes de sable se sont déplacées dans le Sahel, avec des conséquences négatives pour les cultures et l'élevage et les communautés rurales qui dépendent de l'agriculture pour leur subsistance. Un autre facteur de stress pour l'Afrique de l'Ouest, en particulier au Sahel, est qu'en moyenne, les températures ont augmenté plus rapidement

que le taux global de réchauffement de la planète (FIDA, 2011). L'augmentation a varié entre 0,2 et 0,8° C depuis la fin des années 1970 (FIDA, 2011). Bien que l'Afrique subsaharienne contribue pour moins de 4% aux émissions mondiales totales de gaz à effet de serre (Fleshman, 2007), le GIEC (2007b) prévoit que le réchauffement sera supérieur dans la région à la moyenne mondiale, les plus intenses réchauffements dans les régions sèches sub-tropicales. Les scientifiques ont également prévue avec «très haute confiance» que les divers systèmes climatiques et écologiques de la région ont déjà été altérés par le réchauffement climatique et subiront d'autres dommages dans les années à venir (Fleshman, 2007).

En outre, le GIEC (2001) a déclaré que les changements climatiques projetés présentent de grandes menaces à la sécurité alimentaire et la sécurité de l'eau, à la santé publique, aux ressources naturelles et à la biodiversité. Ainsi, le changement climatique dans les formations boisées et les savanes d'Afrique centrale et occidentale a entraîné et devrait conduire dans ces formations à des conditions météorologiques changeantes, des saisons changeantes, des événements météorologiques extrêmes, des inondations, des sécheresses, des incendies de forêt et des tempêtes. Ces événements auront des répercussions profondes sur la biodiversité, les moyens de subsistance et les activités socio-économiques. Ils affecteront également la durée de la saison de culture ainsi que les rendements des cultures et des animaux et accroîtront les risques de pénurie alimentaire, d'insécurité ainsi que l'incidence des ravageurs et des maladies, soumettant les populations de la sous-région à de plus grands risques sanitaire et de subsistance. Ils abaisseront la production industrielle et affaibliront la mise en place des infrastructures de base pour les activités socio-économiques conduisant ainsi à un développement réduit.

CHAPITRE 4 Vulnérabilité aux impacts du changement climatique

CHIDUMAYO (2011) a défini la vulnérabilité des formations boisées au changement climatique comme le degré de susceptibilité ou d'incapacité des systèmes des formations boisées à faire face aux effets néfastes des changements climatiques, à ses variabilités et à ses phénomènes extrêmes. La vulnérabilité comprend donc la sensibilité du système une fois exposé au changement climatique et sa capacité d'adaptation. L'Afrique occidentale et centrale montre déjà les effets du changement et de la variabilité climatique. KALAME ET AL. (2008) ont rapporté que dans certaines parties de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, d'intenses ou de fréquents événements climatiques extrêmes de sécheresse ou d'inondations, de températures élevées et de vents violents sont visibles. Ces effets du changement climatique dans les savanes et les formations boisées d'Afrique occidentale et centrale auront une incidence sur les secteurs clés du développement, tels que la disponibilité de l'eau, l'agriculture, la santé humaine, les écosystèmes naturels et les ressources naturelles.

DISPONIBILITE DE L'EAU

Parmi les effets les plus inquiétants du réchauffement climatique, se retrouve l'impact sur l'approvisionnement en eau. La pénurie d'eau est considérée comme le problème le plus important, non seulement en raison de l'impact et des conséquences, mais aussi parce qu'elle entraîne ou contribue à d'autres problèmes dont un effet de spirale, vue que les pénuries provoquent une collecte moins durable de ressources et par conséquent plus de dégradation (TIEGA, 2010). ASHTON (2002) et FIKI ET LEE (2004) ont déclaré que le changement climatique peut dans le futur devenir un facteur de conflits, en particulier des conflits liés à la pénurie de ressources, comme la pénurie d'eau par exemple. Les efforts visant à fournir aux communautés des formations boisées et des savanes d'Afrique occidentale des ressources suffisantes en eau seront affectés par le changement climatique, en particulier les changements dans la variabilité climatique à travers la sécheresse et les inondations. Certaines zones humides des formations boisées et des savanes sont susceptibles de bénéficier d'une pluviosité accrue, mais les zones arides et semi-arides de ces écosystèmes sont appelées à devenir plus sèches. Les zones inondables, d'autre part sont susceptibles de devenir plus humides au fur et à mesure que les régimes des précipitations se déplacent, rendant les inondations plus fréquentes et détournant des ressources de développement pour les secours d'urgence (FLESHMAN, 2007). Par exemple, l'inondation massive dans les zones de savane du Nigéria en 2012, en partie en raison de pluies excessives dues au retard dans le mouvement de la Zone de Convergence Inter Tropicale, a déplacé beaucoup de gens de leurs maisons comme des

réfugiés internes forçant le gouvernement fédéral du Nigeria à déboursier beaucoup d'argent qui aurait pu être utilisé pour des projets de développement pour répondre aux besoins des personnes déplacées.

Le secteur de l'eau est fortement affectée et est sensible aux changements du climat (y compris les périodes de la variabilité du climat) (BOKO ET AL., 2007). Les changements dans les précipitations et l'évaporation accrue pourraient avoir de profonds effets dans certains lacs et réservoirs et accroîtront également la variabilité dans la recharge des eaux souterraines et le débit de la rivière, affectant ainsi toutes les sources d'eau. Les études sur la variabilité climatique en Afrique de l'Ouest ont montré que les lacs et les réservoirs répondent à la variabilité climatique à travers des changements prononcés dans le stockage, conduisant à un assèchement complet dans de nombreux cas (par exemple GRAHAM, 1995; TIEGA, 2010). Par exemple, les preuves des fluctuations inter-annuelles du niveau du lac et de la volatilité du lac ont été observée depuis les années 1960, probablement en raison des périodes de sécheresse intenses suivies d'augmentations des précipitations et des événements extrêmes de précipitations à la fin de 1997 (BOKO ET AL., 2007).

Certains plans d'eau dans les écosystèmes sont en train de tarir en raison des changements climatiques qui ont réduit les précipitations qui une fois avaient rempli ces plans d'eau et leurs affluents. Par exemple, le lac Tchad, un vaste plan d'eau douce à l'intersection du Niger, du Tchad, du Nigeria et de Cameroun, s'est progressivement rétréci à partir de ses anciennes rives au cours des 30 dernières années, soulevant la possibilité que le lac, qui alors était l'un des plus vastes d'Afrique, disparaisse entièrement (FLESHMAN 2007). TIEGA (2010) a rapporté que le volume du lac a diminué de 95% de 1963 à 2007. Cela a conduit à un déclin continu de l'accès local à l'eau, à de mauvaises récoltes, à la mortalité du bétail, à la réduction de la pêche et d'autres services des zones humides (TIEGA, 2010) de manière à ce que les perspectives de 20 millions de personnes qui dépendent du lac et de ses rivières pour l'eau, la pêche et la culture des légumes soient incertaines (FLESHMAN, 2007). Le retrait a eu un impact négatif sur les systèmes d'irrigation à grande échelle au Nigeria, sur l'agriculture de décrue au Niger, au Cameroun et au Tchad (TIEGA, 2010). Après l'inondation de 1997, de grand flux de rivière ont été enregistrés dans le fleuve Congo à Kinshasa (CONWAY ET AL., 2005).

Outre le fleuve Congo, les grands fleuves d'Afrique occidentale et centrale proviennent de et traversent plusieurs zones semi-arides à arides des formations boisées et des savanes d'Afrique occidentale et centrale sur leur chemin jusqu'à la côte. Par exemple, les massifs du Fouta Djallon, constitués de paysages montagneux de la Guinée qui s'étendent dans la Côte d'Ivoire, la Guinée Bissau, le Mali, le Libéria, le Sénégal et la Sierra Leone sont la source des grands fleuves en Afrique de l'Ouest, notamment des rivières de la Gambie, du Niger du Sénégal qui coulent vers la côte. Parce qu'elles proviennent de zones à haute température, les pertes par évaporation sont élevées et les températures élevées induites

par le changement climatique amélioreront les pertes par évaporation de ces rivières sauf si elles sont compensées par une augmentation des précipitations. Le ruissellement sera aussi probablement encore réduit. L'incidence de rivières permanentes transformées en rivières saisonnières va augmenter en raison d'une augmentation de l'incidence de la cessation de saison au cours de la saison sèche chaude dans les savanes et formations boisées. Ainsi, les périodes de sécheresse augmenteront-elles maintenant et se traduiront par de pénuries critiques d'eau pour les approvisionnements locaux industriels et urbains (MAGADZA, 1996).

PERTE DE BIODIVERSITE

Les variations de température, de précipitation et d'autres variables climatiques induites par le changement climatique affecteront la diversité des plantes et des animaux dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale à travers les fréquences accrues de feux de brousse, de sécheresses, d'inondations, de modification des caractéristiques de l'incidence des ravageurs et maladies, de l'étendue des espèces invasives et de la perte ou de l'altération des habitats terrestres et aquatiques. Les espèces d'arbres dont dépendent les communautés rurales dans les formations végétales et les savanes d'Afrique occidentales et centrale sont en voie de disparition en raison des conditions plus chaudes et plus sèches. Par conséquent, les revenus et les moyens de subsistance des communautés rurales qui dépendent de ces produits forestiers sont en déclin. Le changement climatique devrait aggraver ces effets.

"Les transferts rapides d'écosystème"¹ prévus se produire avec l'interaction du changement climatique avec les caractéristiques de perturbation (perte d'habitat; surexploitation, introduction d'espèces, surexploitation et perte et charge excessive en éléments nutritifs des écosystèmes d'eau douce et côtiers) seront accompagnés de changements drastiques d'espèces et même d'extinction des espèces, ce qui aura un impact sur les ressources de la biodiversité. Vu que le climat continue de changer, il y aura des changements de la biodiversité et dans les aires de distribution de nombreuses espèces, avec les effets corollaires sur la disponibilité, l'accessibilité et la qualité des ressources dont les populations humaines et animales dépendent (GANDIWA ET ZISADZA, 2010). Ceci aura des implications pour la protection et la gestion de la faune, des habitats, des aires et des forêts protégées (PROWSE ET AL., 2009). Les feux dans les formations boisées et les savanes conduisent à l'évolution des écosystèmes à haute biodiversité et facilitent l'émergence d'une flore à dominance d'herbes en C₄ et faune associée (BOND ET AL., 2005).

¹ Les changements brusques ou rapides dans le statut et les services des écosystèmes causés en franchissant un seuil au-delà duquel les principales fonctions et structures et principaux processus des écosystèmes sont fondamentalement bouleversés à tel point où un rapide passage à un nouvel état se produit

L'augmentation prévue de la variabilité climatique a conduit plusieurs auteurs à suggérer que la fréquence, la gravité, la saisonnalité et l'étendue des feux de végétation qui sont essentiels dans le maintien de ces systèmes augmenteront (OTTICHILO ET AL, 1991; CHERFAS, 1992; DECHIRE ET FRIED, 1992; KENDALL ET AL, 1997; LEVINE ET AL, 1999; DESANKER ET AL, 2001).

En outre, la fréquence et la gravité accrues de la sécheresse dans les formations boisées et les savanes d'Afrique de l'Ouest augmenteront la charge en carburant du feu, et donc augmenteront potentiellement la fréquence et l'intensité des feux avec des conséquences graves pour la biodiversité. La fréquence accrue des feux et des modes de pâturage, en conjonction avec des changements dans les caractéristiques climatiques affectant l'état d'humidité du sol, l'humidité relative ou la sécheresse, affectera au plus grand niveau la composition des espèces ligneuses et d'herbe dans ces formations boisées et savanes. PARTON ET AL. (1994) ont rapporté que l'équilibre entre la végétation herbacée et ligneuse est sensible aux conditions climatiques dans la plupart des régions de prairies ou de savanes. Les changements comme le remplacement des herbes par des espèces ligneuses peuvent se produire très rapidement (GRIFFIN ET FRIEDEL, 1985; WESTOBY ET AL, 1989) au bout d'une décennie ou en réponse à un mélange de modes réduits de pâturage, de suppression des incendies et de variabilité climatique. Le feu limite la croissance des arbres et a une influence marquée sur la quantité de biomasse brûlée.

Toutefois, la concentration croissante de CO₂ entraînera une croissance accrue d'arbres et d'accroissement ligneux, ce qui permettra aux arbres de croître au-delà d'un seuil où le feu maintiendra une structure ouverte (ROHDE ET AL., 2006). Aussi, AINSWORTH ET LONG (2005) ont-ils rapporté que les arbres et arbustes montrent plus de réactivité au CO₂ que ne le font les formes herbacées. BOND ET AL. (2003) ont rapporté qu'avec l'augmentation du CO₂ atmosphérique, les savanes évolueront vers une formation à plus grande dominance en arbres avec la suppression des herbes en diminution ou plants d'arbre à croissance rapide. Le paysage plus densément boisé qui en résulte, alors que bénéfique pour la biomasse et le stockage du carbone, sera néfaste pour la faune. Aussi, parce que les animaux domestiques à l'exception de chèvres se nourrissent principalement d'herbe, les changements dans la couverture forestière impactera la production de l'élevage du bétail en diminuant la capacité de charge à la suite d'effets supprimeurs des arbres sur la production d'herbe dans les formations boisées et les savanes. Le changement pourrait affecter la physiologie des plantes et par conséquent nuire à leur survie et réduire la population des animaux frugivores et des oiseaux qui s'en nourrissent.

Les changements dans les distributions géographiques des différentes espèces et les changements dans la productivité des formations boisées et savanes peuvent résulter du changement climatique qui altère les caractéristiques spatiales et temporelles de la température et des précipitations, les deux principaux facteurs déterminant la distribution et la productivité de la végétation. Par exemple, en Afrique de l'Ouest, le déclin à long terme

des précipitations de 1970 à 1990 a provoqué un déplacement de 25 à 35 km vers le sud des zones écologiques du Sahel, du Soudan et de la Guinée au cours du 20^{ème} siècle (GONZALEZ, 2001). Il en est résulté une perte de prairies et de plantation de gomme arabique, une perte de la flore ou de la faune et des dunes de sable se déplaçant dans le Sahel (EUROPEAN CLIMATE FORUM AND POTSDAM INSTITUTE, 2004). GONZALEZ (2001) fait état d'une baisse significative du nombre et de la densité des espèces d'arbres dans les zones écologiques soudaniennes, guinéennes et Sahéliennes au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle comme un effet de ce changement, qu'il assimile à un changement de biome de 500 à 600 mètres par an.

La perte ou l'altération des habitats terrestres par les changements climatiques aura un impact sur les espèces concentrées dans les savanes. Déjà, les changements climatiques prévus pour le 21^{ème} siècle pourraient modifier l'aire de répartition des antilopes (HULME, 1996) dont 90% du total mondial des 80 espèces sont concentrés en Afrique (MACDONALD, 1987). Aussi, MAGADZA (1996) a-t-il signalé que les grands mammifères tels que l'éléphant, le buffle, l'hippopotame et les grandes antilopes sont susceptibles d'être menacés par le changement climatique. La migration des espèces d'animaux et des plantes non assistées vers des zones climatiques plus propices serait également touchée par l'altération par le changement climatique des caractéristiques des écosystèmes. Cela pourrait entraîner l'extinction d'espèces à faible distribution, à faible capacité de dispersion, à habitats spécifiques et sans stratégies d'adaptation. Les inondations pourraient déloger les animaux de leur habitat naturel les rendant vulnérables aux prédateurs tout comme les inondations dans les savanes du Nigéria en 2012 ont délogé de leurs habitats naturels parmi tant d'autres, des animaux comme les hippopotames, les crocodiles et les serpents.

Une augmentation de la fréquence des sécheresses dans les biomes a entraîné une mort épisodique de la végétation ligneuse et entraîné une dégradation. Par exemple, certaines espèces de valeur pour les produits forestiers non ligneux au Burkina Faso (*Adansonia digitata* L., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. et *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr.) ont été localement exterminées à cause des sécheresses récurrentes (IDINOBA ET AL., 2009). En outre, les formations boisées et savanes sèches des zones semi-arides et sub-humides seront de plus en plus soumises à l'assèchement au prochain siècle ainsi qu'à une grandissante intensité d'utilisation des terres, y compris la conversion en agriculture (DESANKER ET AL., 1997).

La pénurie d'eau contribue à la perte de la biodiversité et à l'augmentation de la perte et de la modification des écosystèmes (TIEGA, 2010). Comme les lacs et autres plans d'eau dans ces écosystèmes s'assèchent et se transforment en habitats terrestres en raison du changement et des perturbations climatiques, leur biodiversité sera perdue. Par exemple, le lac Tchad, qui est un point stratégique de la biodiversité mondiale, abritant 120 espèces de poissons et 372 espèces d'oiseaux, est passé d'une étendue d'eau à un environnement marécageux avec 50% des zones humides perdues (TIEGA, 2010). L'impact de ce

phénomène a été le plus senti à l'effondrement de certaines pêcheries et à la culture du riz de décrue ainsi qu'à la sédimentation des rivières et d'autres plans d'eau, ce qui a conduit à la colonisation par des espèces de sites ensablés, par exemple, le *Typha* comme un problème majeur et le quelea en tant qu'organisme nuisible envahissant répandu dans tout le bassin (TIEGA, 2010).

Les modifications de la biodiversité de ces écosystèmes, dues aux changements climatiques peuvent être aggravées par d'autres changements anthropiques dans le milieu naturel affectant sévèrement les biens et services qu'ils fournissent aux communautés qui en dépendent.

AGRICULTURE

La production agricole, une activité économique importante jouant un rôle crucial dans la sécurité alimentaire des zones de formations boisées et de savanes d'Afrique occidentale et centrale, est surtout pluviale et extrêmement liée au climat. Ainsi, est-elle très vulnérable aux changements dans la variabilité du climat, aux changements saisonniers de régimes de précipitations rendant la menace du changement climatique particulièrement imminente dans les écosystèmes. Elle est susceptible d'être durement touchée vu que les sécheresses et les inondations s'aggravent, les températures et les saisons de culture changent et que les agriculteurs et les éleveurs sont contraints de quitter leurs terres. Les climats plus chauds et les changements prévus dans les précipitations vont déstabiliser la production agricole. MENDELSON ET AL. (2000) ont signalé que l'Afrique occidentale et centrale devraient subir des pertes agricoles allant de 2 à 4% alors que l'Afrique du nord et l'Afrique australe devraient avoir des pertes allant de 0,4 à 1,3%.

Les impacts du changement climatique sur les cultures dans les zones de formations boisées et de savanes d'Afrique occidentale et centrale sont dus soit aux changements dans les températures, dans les précipitations et dans les concentrations en CO₂, soit à des effets indirects à travers les changements dans l'humidité du sol et dans l'incidence des ravageurs et des maladies. Les évaluations passées et actuelles de l'impact des effets du changement climatique sur l'agriculture africaine ont clairement montré des effets uniformément négatifs sur les rendements des cultures. Dans la plupart des régions d'Afrique, la disponibilité de l'eau aura la plus grande influence sur les espèces végétales (GIEC, 2001). La baisse de précipitations observée (MALHI ET WRIGHT, 2004; NIASSE ET AL, 2004) et l'augmentation des températures moyennes annuelles d'environ 0,5°C (ERIKSEN ET AL, 2008) et l'étendue de réchauffement annuel projeté de 0,2°C à plus de 0,5°C par décennie (HULME ET AL., 2001) à travers toute l'Afrique nuiront aux rendements des cultures dans les agroécosystèmes. Par exemple, FISCHER ET AL. (2002) en utilisant un zonage agro-écologique qui a identifié les aptitudes des terres à la production agricole et simulé les changements dans la disponibilité des terres agricoles appropriées qui peuvent être

attendus du changement climatique, et qui couvrait plusieurs pays, ont montré que la production céréalière pluviale basée sur une récolte par an, les terres actuellement cultivées subiraient une diminution du potentiel de production d'environ 3,5%.

En outre, CLINE (2007) a utilisé les projections de température et de précipitations (2070-2099) de six modèles climatiques pour obtenir un changement dans les rendements des cultures. Le résultat a montré qu'avec un réchauffement de 2°C, il y aurait de fortes baisses de rendement des cultures dans les régions tropicales et pour l'Afrique ces baisses se situeraient entre 5 à 10%. La concentration en CO₂ atmosphérique influe les plantes en altérant l'efficacité d'utilisation de l'eau, les taux de photosynthèse, l'utilisation de la lumière et l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs (BOND ET AL., 2005). Une concentration accrue de CO₂ atmosphérique affectera les rendements des cultures dans les zones de formations boisées et de savanes soit par compensation ou même par réduction des augmentations espérées à partir d'une augmentation de la seule température et améliorant probablement l'efficacité d'utilisation de l'eau et la croissance des cultures en C₃ (ex. riz, manioc et pomme de terre) dans un environnement déficient en eau bien que les cultures en C₄ (maïs, canne à sucre et sorgho) soient peu susceptibles d'être directement touchées par des changements dans les concentrations de CO₂. L'augmentation du CO₂ va probablement entraîner une plus faible qualité de fourrage en raison du rapport carbone : azote plus élevé et la concentration plus élevée de composés désagréables, non appétant et ou toxiques dans les plantes (FAJER ET AL, 1991).

Le GIEC (2007) a noté que dans les basses latitudes des tropiques, de nombreuses zones humides deviendront plus humides et les zones sèches plus sèches, aggravant les tendances de sécheresse et d'inondations. La température croissante et les précipitations en baisse ont conduit à de fréquentes sécheresses et désertifications dans les formations boisées et les savanes. La désertification dans les formations boisées et les savanes résultant des variations climatiques et des activités humaines a entraîné la réduction ou la perte de productivité des sols, de la végétation, des terres cultivées et des pâturages. Tous ces éléments vont se combiner pour réduire les récoltes, contraindre l'élevage et par conséquent diminuer les revenus des populations rurales. Par exemple, ODJUGO ET IKHUORIA (2003) ont observé que le nord Nigéria sous la latitude 12°N est menacé de grave avancée du désert et les dunes de sable sont désormais des caractéristiques courantes de la désertification dans les Etats de Yobe et de Borno dans les savanes Sahéliennes et de Sokoto et Katsina dans les zones savaniques du Soudan. Ces dunes de sable migrant ont couvert de grandes étendues de terres arables, réduisant ainsi les terres agricoles viables et la production agricole. Cela a provoqué une émigration massive et le déplacement des populations du Sahel et de la savane soudanaise vers la savane guinéenne et la ceinture de forêt tropicale. Beaucoup de Peuhls et leurs troupeaux de bétail sont désormais installés ou sont en perpétuel déplacement à l'intérieur de la savane guinéenne et de la ceinture de forêt tropicale. Cela a accru la pression sur les terres dans ces zones, conduisant à un

conflit entre éleveurs et agriculteurs autochtones de la savane guinéenne sur le droit foncier, qui dans la plupart des cas abouti à la destruction de leurs terres par le bétail. YUGUNDA (2002) et YAQUB (2007) ont indiqué que ces affrontements ont causé la mort de 186 personnes dans six Etats du nord Nigeria. Les fortes pluies provoquées par le changement climatique ont provoqué des inondations, l'inondation des terres agricoles et des pertes de récoltes, détruisant ainsi l'économie agricole et menaçant par une crise alimentaire. Une autre conséquence du climat sur l'agriculture est l'érosion éolienne, qui est plus grave dans les zones arides des formations boisées et des savanes où la couverture du sol est faible et amplifiée par la déforestation. La production agricole et l'élevage, les principales sources de subsistance, sont de plus en plus menacées par les effets du changement climatique. Les éleveurs sont contraints de se déplacer du nord au sud pour nourrir leurs animaux, empiétant ainsi sur les zones agricoles (FIDA, 2011).

Les formations boisées et savanes d'Afrique occidentale et centrale sont particulièrement utilisées pour la production de l'élevage et les animaux domestiques sont concentrés dans la zone. Beaucoup de personnes dépendent de l'élevage et de leurs produits pour une partie de leurs moyens de subsistance et d'autres comme leur principale source de revenu. Les impacts du changement climatique sur le bétail seront ressentis dans leurs moindres effets à travers une gravité et une fréquence accrue des sécheresses dans les formations boisées et les savanes. La dégradation des pâturages en période de sécheresse et en périodes de surpâturage peut entraîner des problèmes de santé et la mort du bétail, ce qui a des répercussions sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des propriétaires de bétail. En période de pénurie d'eau, lorsque le bétail est obligé d'utiliser les mêmes ressources en eau que les humains, les maladies sont transmises des humains aux animaux et vice-versa. Avec les sécheresses récurrentes, il y aura aussi une concurrence accrue pour les ressources de pâturage, des pertes de bétail et des conflits. Les précipitations accrues seront probablement nocives pour le pâturage des animaux, car cela implique une évolution des prairies aux forêts, une augmentation de vecteurs de maladies dangereuses et également une conversion de l'élevage en agriculture.

La distribution des ravageurs et des maladies qui affectent les cultures et le bétail et qui sont contrôlées par les variables climatiques, notamment la température, le vent et l'humidité serait modifiée avec le changement climatique. La variabilité accrue dans les précipitations et les changements de température créeront des conditions plus propices aux nouveaux ou à des ravageurs tels que les tiques, les mouches tsé-tsé et les criquets pour étendre leurs territoires. Leur incidence augmenterait également. Les espèces végétales et animales peuvent avoir à faire face à de nouveaux concurrents, prédateurs, maladies et espèces exotiques contre lesquelles, ils n'ont aucun moyen de défense naturelle dans les biomes. HULME (1996) a par exemple signalé que la productivité et la distribution du bétail pourraient être indirectement influencées par des changements dans la distribution des

maladies de bétail à transmission vectorielle telles que la trypanosomiase et les maladies transmises par les tiques et la maladie de couloir.

L'industrie de la pêche, une source importante de revenus, d'emplois et de protéines est également susceptible de souffrir de l'assèchement des lacs et des rivières et des températures élevées d'eau détruisant les espèces commerciales de poissons (FLESHMAN, 2007). L'industrie contribue pour plus de 6% au PIB du Sénégal (NJAYA ET HOWARD, 2006), et 47% des apports en protéines animales proviennent de la pêche (FAO, 2005).

SANTE HUMAINE

La santé des communautés dans les formations boisées et les savanes qui ont été touchées par plusieurs causes, notamment la pauvreté, sera en outre aggravée par le changement climatique. Les variations temporelles et spatiales de la température, des précipitations et de l'humidité qui devraient se produire dans différents scénarii du changement climatique auront une incidence sur la biologie et l'écologie des vecteurs de maladies et des hôtes intermédiaires et par conséquent sur le risque de transmission des maladies (GITHEKO ET AL., 2000) telles que le paludisme et d'autres maladies parasitaires et des parasites comme la mouche tsé-tsé. Le paludisme est la principale cause de décès chez les enfants africains et impose une perte annuelle de 12 milliards de dollar US aux économies africaines à travers les décès, les frais médicaux et la perte de productivité (FLESHMAN, 2007). Le fardeau économique du paludisme est estimé à une réduction annuelle moyenne de la croissance économique de 1,3% pour ces pays africains qui paient un lourd tribut (GALLUP ET SACHS, 2001). Les moustiques qui le propagent prospèrent dans une gamme relativement étroite de température et d'humidité et certaines zones infectées peuvent devenir exemptes de paludisme à mesure qu'elles deviennent plus sèches (FLESHMAN, 2007). Pourtant, dans le même temps, les régions en dehors de la zone de paludisme peuvent devenir infestées au fur et à mesure qu'elles deviennent plus chaudes et plus humides (FLESHMAN, 2007). Ainsi, les températures chaudes et les fortes précipitations dans les formations végétales et les savanes sont susceptibles d'intensifier la transmission du paludisme en raison de la réduction de la période de développement larvaire (BOKO ET AL., 2007). De plus, les inondations pourraient faciliter la reproduction des vecteurs du paludisme et par conséquent, la transmission du paludisme (WARSAME ET AL., 1995) dans les zones arides des savanes et formations boisées. D'autre part, le réchauffement accru aura un effet négatif au maximum thermique des vecteurs de moustiques (GITHEKO ET AL., 2000). Les effets négatifs de la baisse des précipitations et de la sécheresse ont été observés au Sénégal où *Aedes funestus* a pratiquement disparu et la prévalence du paludisme a diminué de plus de 60% au cours des 30 dernières années (FAYE ET AL., 1995).

D'autres maladies à transmission vectorielle qui sont également d'une importance par rapport à la variabilité et aux changements climatiques sont le choléra, la peste, la fièvre de la vallée du Rift, la méningite, la schistosomiase, l'onchocercose, la filariose, la leishmaniose, la fièvre jaune et la fièvre hémorragique transmise par les tiques pour lesquelles le climat tropical est favorable. Les savanes d'Afrique occidentale et centrale sont la principale ceinture de la méningite en Afrique. MOLESWORTH ET AL. (2003) ont signalé que près de 162 millions de personnes en Afrique vivent dans des zones à risque de méningite. Les grandes épidémies se produisent tous les 5 à 10 ans dans la ceinture africaine de la méningite. Elles commencent généralement au milieu de la saison sèche et finissent quelques mois plus tard avec le début des pluies (GREENWOOD, 1984). Un faible taux d'humidité (TIKHOMIROV ET AL., 1997), des conditions poussiéreuses et d'autres facteurs environnementaux prédisposent les populations à la méningite méningocoque. Sultan et al. (2005) ont rapporté que la vitesse du vent dans les deux premières semaines de Février a connu 85% de variation dans le nombre de cas de méningite, reliant ainsi l'infection au facteur climatique. Les données récentes de l'Afrique de l'Ouest indiquent que le risque d'une nouvelle épizootie de fièvre de la vallée du Rift, une maladie considérée comme une zoonose relativement bénigne pour les humains se développant régulièrement chez les animaux domestiques suite à de fortes pluies (LEFEVRE, 1997) est en augmentation dans la région (FONTENILLE ET AL., 1995) avec une exposition importante au virus entre les éleveurs et les gardes de la faune pendant la saison sèche (OLALEYE ET AL., 1996). Les inondations causeront la pollution de l'eau, des ruisseaux et d'autres sources d'approvisionnement rural en eau domestique en introduisant des parasites tels que le giardia, les amibes et les cryptosporidium dans l'eau potable (ALTERHOLF ET AL., 1998).

Les espèces vectorielles en Afrique occidentale et centrale sont adaptées aux écosystèmes allant des forêts humides aux savanes sèches (GITHEKO ET AL., 2000). Comme ces écosystèmes changent, il en sera de même de la distribution des espèces vectrices. Au Sénégal par exemple, les escargots *Biomphalaria pfeifferi* transmettent *Schistosoma mansoni* pendant la saison des pluies alors que *Bulinus globosus* est responsable de la transmission de *S. haematobium* pendant la saison sèche (ERNOULD ET AL., 1999). Ainsi, des changements à long terme du changement climatique peuvent être attendus modifier la répartition des escargots et par ricochet les caractéristiques de la maladie (GITHEKO ET AL., 2000). La même tendance est attendue des vecteurs de la trypanosomiase *Glossina morsitans*, principalement retrouvé dans la savane et de *G. palpalis*, une espèce riveraine préférant se reposer sous végétation dense (GITHEKO ET AL., 2000). Les facteurs qui modifient les sites de repos des glossines adultes, tels que des changements à long terme dans les précipitations peuvent affecter l'épidémiologie et la transmission de la trypanosomiase bien que le changement à long terme dans la végétation soit un processus lent (GITHEKO ET AL., 2000). Cependant, l'impact du changement climatique sur la transmission d'autres maladies à transmission vectorielle moins sensibles au climat, telles

que la filariose, l'onchocercose et la schistosomiase n'est pas claire et peut mettre beaucoup de temps à devenir évident (DESANKER ET AL., 2001).

SOCIO-ECONOMIE ET MOYENS DE SUBSISTANCE

Plus de 270 millions de personnes, représentant 40% de la population de l'Afrique, vivent et dépendent de la forêt, des formations boisées et des savanes pour leur subsistance (OSMAN-ELASHA ET AL., 2011). Aussi, FAURES ET SANTINI (2008) ont-ils indiqué qu'en Afrique sub-saharienne, la pauvreté rurale représente 90% de la pauvreté totale, et environ 80% des pauvres dépendent de l'agriculture et des ressources naturelles pour leur subsistance. Ces écosystèmes contribuent également de manière significative à l'économie nationale. Par exemple, dans de nombreuses communautés rurales d'Afrique subsaharienne, les produits forestiers non ligneux (PFNL) peuvent fournir plus de 50% du revenu cash des agriculteurs et couvrir les besoins de santé de plus de 80% de la population, en particulier chez les populations dépendantes des forêts (FAO, 2004). L'impact de bien-être économique et humain du changement climatique sur les formations boisées et les savanes peut être sévère pour les nombreuses communautés rurales pauvres ainsi que pour les activités économiques nationales qui dépendent des formations boisées et des savanes pour l'alimentation, le fourrage, le bois de feu, les médicaments et divers services écosystémiques. Les pénuries d'eau et les précipitations imprévisibles, en combinaison avec la croissance démographique continuent et la dégradation accrue des terres auraient un impact sur les écosystèmes et leur capacité à satisfaire les besoins de subsistance immédiats.

Les produits forestiers non ligneux fournissent des moyens de subsistance, de l'emploi et des revenus, particulièrement aux ruraux pauvres et soutiennent les petites entreprises familiales dans ces formations boisées et savanes. Beaucoup utilisent des médicaments traditionnels et commercialisent des produits médicamenteux tirés de nombreuses plantes médicinales de ces écosystèmes. La FAO (2001) a signalé que le ratio guérisseurs traditionnels médecins modernes est passé à 150:1 dans certains pays africains. L'augmentation projetée dans la fréquence des événements extrêmes, comme les sécheresses et les inondations, due au changement climatique exacerbe et continuera d'exacerber les pertes déjà subies en raison de la sécheresse et de la dégradation des terres, créant des menaces additionnelles aux formations boisées et aux savanes d'Afrique occidentale et centrale. En outre, la réduction de la quantité d'eau espérée (SCHOLZE ET AL., 2006) réduira l'eau disponible pour les plantes, pour la productivité et pour le rendement, conduisant à une réduction des biens et des services aux populations, en particulier aux communautés rurales pauvres qui en dépendent. Les longues sécheresses et les inondations plus sévères pourraient également réduire les rendements agricoles et faire davantage pression sur ces écosystèmes pour répondre aux besoins des personnes stressées. En plus des activités humaines telles que la déforestation, l'expansion agricole,

la surexploitation, les incendies annuels et le surpâturage (IDINOBA ET AL., 2009), la hausse des températures et la modification du régime pluviométrique ont causé la réduction significative dans la distribution et la disponibilité de certaines espèces à PFNL et la grande variabilité de leur productivité, rendant plus vulnérables les communautés dépendantes de la forêt. Ceci a été observé dans le nord du Burkina Faso à partir de la recherche effectuée par le projet Forêt Tropicale et Adaptation au Changement Climatique (TroFCCA) du Centre internationale pour la recherche forestière (CIFOR) (IDINOBA ET AL., 2009).

A l'exception des pays producteurs de pétrole, les économies des pays de l'Afrique de l'Ouest et du centre s'appuient fortement sur l'exploitation des ressources naturelles avec le secteur agricole comme étant le pilier. Par exemple, ANDERSON ET AL. (2006) ont rapporté qu'entre 60 à 90% de la population active travaillent dans le secteur rural et qu'entre 16 et 45% du produit intérieur brut (PIB) est généré par le secteur forestier au Burkina Faso, au Mali, au Ghana, au Niger et au Sénégal.

L'élevage sera affecté à travers les effets des températures élevées sur les grands animaux de ferme tels le bétail (non tolérant à la chaleur) ; les précipitations accrues sont susceptibles de nuire au pâturage des animaux car impliquant une évolution des prairies vers les forêts et l'augmentation des vecteurs de maladies dangereuses et une conversion de l'élevage en agriculture (SEO ET MENDELSSOHN, 2006).

Même si le secteur de la faune n'est pas très développé dans les pays d'Afrique occidentale et centrale, de nombreuses aires protégées dans les formations boisées et les savanes des sous-régions ont un bon potentiel pour le développement du tourisme de la faune (OSMAN-ELASHA ET AL., 2011). Le changement climatique a le potentiel de changer la configuration des habitats boisés et herbacés dans les zones de conservation de la faune puisque la diversité des espèces fauniques est corrélée à la diversité de l'habitat qui, invariablement aura un impact sur la diversité des espèces de la faune (OSMAN-ELASHA ET AL., 2011), affectant le développement du tourisme de la faune et les recettes à générer à partir de l'utilisation des ressources fauniques. Cela aurait des répercussions sur les économies locales et nationales.

Les communautés vivant à l'intérieure et autour des formations boisées et des savanes valorisent hautement la végétation pour un certain nombre de raisons culturelles, sociales et spirituelles. Pour de nombreuses sociétés autochtones et traditionnelles, les forêts sont sacrées et sont parfois des lieux surnaturels liés à la fois aux croyances religieuses et à l'identité même de certaines communautés et peuples (PARKINSON, 1999). L'existence de «bois sacrés» dans de nombreuses communautés est une manifestation de ce rôle spirituel qui a contribué à la conservation de la végétation et de la biodiversité. Dans les zones rurales d'Afrique occidentale et centrale, c'est à l'ombre des arbres que les villageois discutent de leurs vies quotidiennes, résolvent des problèmes ou profitent du thé et du café (OSMA-ELASHA ET AL., 2011). Parfois, les arbres servent de cours où les villageois se

réunissent pour résoudre leurs conflits locaux et leurs différends (SEPPALA ET AL., 2009) et dans certains cas, de grands arbres font office de place de marché.

ETABLISSEMENTS ET INFRASTRUCTURES

La variabilité climatique, y compris les événements extrêmes qui en résultent tels les tempêtes, les inondations, surtout les crues et sécheresses occasionnelles ont impacté et continuent d'avoir des impacts sur les infrastructures, telles que les établissements humains, les industries, l'électricité et le transport dans les zones des formations boisées et de savanes d'Afrique occidentale et centrale. Comme une conséquence des fortes pluies, les inondations provoqueront des dommages considérables aux propriétés, aux infrastructures, comme les routes, les barrages, la production d'électricité et le réseau de chemin de fer et perturberont la communication entre les établissements, empêchant le mouvement des biens et des personnes dans les zones de formations boisées et de savane des sous-régions. Par exemple, les inondations causées par des pluies excessives connues en 2012 et les crues des barrages Lagdo au Nigéria et Kainji au Cameroun ont provoqué des inondations dans la plupart des États du centre-nord, dans les zones de savane guinéenne et soudanienne du Nigeria, détruisant des terres agricoles, des bâtiments, submergeant des infrastructures centrales et inondant la route Lokaja-Abuja qu'elles ont rendu impraticables, bloquant de nombreux automobilistes et voyageurs. ATTAH (2012) a indiqué que pas moins de 400 000 exploitations agricoles et 36 000 maisons ont été détruites et plus de 750 personnes ont été rendues sans abri par les inondations dans l'État Jigiwa, seul dans la zone de la savane soudanienne du Nigéria.

La combinaison de la pression de la population urbaine et la diminution de l'approvisionnement en eau dans les bassins versants réduira le débit des cours d'eau qui, en retour limitera la production hydroélectrique et la productivité industrielle qui dépendent de l'énergie.

Les impacts négatifs du changement climatique pourraient créer une nouvelle bande de réfugiés, qui peuvent migrer dans de nouvelles colonies, chercher de nouveaux moyens de subsistance et imposer des exigences supplémentaires en matière d'infrastructures (MYERS, 2002; MCLEMAN ET SMIT, 2005). Ainsi, les événements météorologiques extrêmes en raison du changement climatique, tels que les inondations, continueront-ils à constituer une menace importante pour les pays d'Afrique occidentale et centrale dans la réalisation de leurs objectifs nationaux dans l'agriculture, dans la construction de routes, de logement, de la santé et de la conservation de l'environnement.

CHAPITRE 5 Génération de connaissances et placettes d'échantillonnage permanentes

Les changements à long terme dans la végétation sont mieux étudiés au moyen de placettes d'échantillonnage permanentes (PEP). Les modifications de la flore et de la faune dans les saisons successives de l'année ou au cours des années successives sont suivies par la mise en place de PEP. Ces parcelles sont clairement marquées avec les marqueurs permanents et géo-référencées pour être relocalisées dans le futur. Les parcelles sont ré-échantillonnées à des intervalles réguliers pour relever les formes de vie biologiques et les facteurs de l'habitat. Le suivi à long terme des PEP permettra des changements dans la croissance des peuplements de formations boisées et savane, dans le recrutement et les taux de mortalité à calculer. Peu d'informations sont disponibles, surtout sur la vulnérabilité à et l'impact du changement climatique sur la composition, la structure, la dynamique, la productivité et la fonction des formations boisées et des savanes d'Afrique occidentale et centrale sur la base de suivi à long terme des espèces ligneuses et herbacées dans les PEP. Les formations boisées et savanes d'Afrique occidentale et centrale sont presque toutes en train de subir d'évolution majeures dans leur composition, leur structure, leur dynamique, leur productivité et leur fonction puisque l'environnement physique, biologique et chimique dans lequel s'établissent les espèces dans les formations boisées et les savanes est en cours de dégradation en raison des changements et variabilités climatiques. D'où, la nécessité d'installer les PEP dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale à fin de générer des données et des informations spécifiques à travers le suivi des facteurs climatiques en relation avec la composition, la structure, la dynamique, la productivité et la fonction des formations boisées et des savanes qui pourraient contribuer de manière significative à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique basée sur les formations boisées et les savanes en Afrique occidentale et centrale.

ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES FORMATIONS BOISEES ET LES SAVANES

La plupart des informations sur les effets du changement et de la variabilité climatique sur les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale sont principalement des prédictions avec peu de données et d'informations sur la vulnérabilité au changement

climatique et les impacts du changement climatique sur ces écosystèmes. Il existe donc des incertitudes sur les résultats des facteurs interdépendants (augmentation de la température, variabilité des précipitations, événements extrêmes, fertilisation de CO₂, incendies, etc.) d'où, la nécessité de produire plus de connaissances à travers le suivi des facteurs climatiques en relation avec la composition, la structure, la phénologie, la croissance, la régénération, la dynamique, la productivité et la fonction des formations boisées et des savanes ainsi que de synthétiser des jeux de données collectées dans les différents sites. Il y a par exemple le besoin d'une meilleure information sur le caractère temporel et spatial des feux et de leurs impacts sur le couvert végétal afin de comprendre la nature changeante de l'impact du feu sur les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. En outre, il est nécessaire de comprendre les effets de l'évolution du CO₂ atmosphérique, de la température, des précipitations et du feu sur les écosystèmes. Cela nécessite l'installation de PEP dans les formations boisées et les savanes dans certains pays représentatifs de toute l'Afrique occidentale et centrale pour générer des données et des informations précises sur les paramètres ci-dessus mentionnés par le biais de ré-échantillonnage périodique et du suivi des parcelles qui seront utilisées dans les efforts d'atténuation et d'adaptation au changement climatique dans les sous-régions.

PLACETTES D'ECHANTILLONNAGE PERMANENTES

Il y a peu de données et d'informations sur les PEP existantes dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. Cela pourrait être en partie attribué au fait que lors de leur installation, leurs localisations géographiques (latitudes et longitudes) n'avaient pas été enregistrées en raison du manque de technologie de système de positionnement géographique (GPS) dans les sous-régions. Après l'avènement du GPS, ceux qui les avaient installés ne s'étaient plus donné la peine ou avaient oublié d'aller les géo-référencer. Dans les publications accessibles pour cette étude, les auteurs ont seulement indiqué que les données ont été recueillies à partir des PEP sans indiquer leurs emplacements géographiques. Aussi, les demandes de renseignements sur l'emplacement des PEP envoyées aux scientifiques et aux organisations internationales sont restées vaines. De plus, les visites locales des PSP installées par l'institut de recherche forestière du Nigéria et le comité nigérian *Man and Biospher* (MAB) ont montré que certaines d'entre elles étaient soit fortement dégradées ou complètement déboisées et converties en terres agricoles ou en complexes. Par exemple, dans les années 1980, le comité national nigérian *Man and Biospher* (projet MAB-3) a établi 101 ha de PEP dans différentes parties des savanes du Nigéria (les savanes de types sud et nord Guinéen et sub-Soudanien) dans le bassin du lac Kainji pour étudier l'effet des activités anthropiques sur les savanes du Nigeria. Au cours des visites des sites, 80% des PEP (à l'exception des parcelles MAB 6 et 7 dans le domaine protégé du parc national du lac Kainji) ont été complètement dégagées

et converties en terres agricoles ou en complexes. Malheureusement, lorsque ces sites MAB ont été établis leurs positions géographiques n'avaient pas été relevées.

RECOMMANDATIONS

Les placettes d'échantillonnage permanentes sont absolument nécessaires pour suivre et évaluer la réponse des formations boisées et des savanes d'Afrique occidentale et centrale au changement climatique. Apparemment, les PEP existantes ne sont plus utiles. Par conséquent, il est fortement recommandé que de nouveau, 1 ha de PEP soit installé pour générer des données et des informations ainsi que pour modéliser les impacts du changement climatique sur les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. Ces placettes doivent être installées dans les réserves naturelles intégrales protégées dans certains pays d'Afrique occidentale et centrale. Cette recommandation est basée sur la leçon tirée du sort des PEP installées par le projet MAB nigérian, où seulement deux sur les dix installées existent toujours et sont encore intactes. Au cours de la mise en place des nouvelles PEP, leurs limites doivent être clairement marquées avec les marqueurs permanents et géo-référencés pour le référencement et la relocalisation future. Toutes les espèces de plantes dans chaque parcelle doivent être identifiées. En outre, les espèces ligneuses doivent être marquées de façon permanente, dénombrées de manière exhaustive et leur diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme (DHP / GBH) (1,3 m) mesurés. La phénologie des feuilles (caduques ou persistantes) des espèces ligneuses doit être déterminée. Les espèces ligneuses dans chaque parcelle doivent être suivies dans le temps pour suivre l'évolution de leurs compositions spécifiques, de la croissance des tiges, de leur mortalité ainsi que la quantité de carbone stocké dans la biomasse des individus vivants par ré-échantillonnage périodique des parcelles. Les mesures de DHP ou de GBH sur les individus d'espèces ligneuses doivent être régulièrement effectuées, à chaque fois que les parcelles sont revisitées. Les données sur les individus morts et nouvellement recrutés doivent être recueillies pour produire des informations sur leur mortalité et leur recrutement. En outre, des échantillons de sol doivent être prélevés par parcelle jusqu'à 50 cm (0-15 et 15-50 cm) de profondeur pour déterminer la quantité de carbone ainsi que les distributions de nutriments avec la densité du sol, la texture et le niveau des eaux souterraines. Les données climatiques peuvent être collectées à partir de station(s) météorologique(s) proche(s) et les conditions microclimatiques enregistrées sur le site. Les scientifiques qui sont actuellement activement engagés dans la recherche et ayant une affiliation institutionnelle dans chacun des pays devraient être choisis pour suivre et collecter les données et informations sur les parcelles.

CHAPITRE 6 Conclusions

Les formations boisées et savanes tropicales sont associées à des zones à saison sèche dans lesquelles la plupart des espèces ligneuses perdent leurs feuilles et les herbes se dessèchent. L'accumulation de combustible sec favorise les feux tous les ans ou tous les 2 à 3 ans, et les incendies aident à empêcher la domination complète par les espèces ligneuses. Elles occupent de vastes zones d'Afrique occidentale et centrale. Ces écosystèmes ont des fonctions écologiques importantes et fournissent du bois et produits forestiers non ligneux qui contribuent de manière significative au bien-être humain aux niveaux local, national et mondial. Les activités anthropiques à travers l'industrie, la consommation de combustibles fossiles, la déforestation et l'utilisation des sols ont augmenté les concentrations de GES dans l'atmosphère, qui est à l'origine des changements des températures mondiales, des régimes de précipitations et des niveaux de la mer ainsi que de la fonte des glaciers. Le changement et la variabilité climatique en tant que réponse à l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont déjà entraîné et devraient contribuer à l'évolution des conditions météorologiques, aux saisons changeantes, aux événements météorologiques extrêmes, à la fréquence et à l'intensité des inondations, des sécheresses, des incendies et des tempêtes dans les zones de formation boisées et de savane d'Afrique occidentale et centrale. Ces événements ont déjà affecté et affecteront en outre l'agriculture, la biodiversité, la santé humaine, les ressources en eau, les infrastructures et les activités socio-économiques dans ces zones.

Cependant, il existe des incertitudes sur les effets que produiront la conjonction des facteurs tels que l'augmentation de température, la variabilité des précipitations, les événements météorologiques extrêmes, la fertilisation de CO₂, l'augmentation et l'intensité des feux dans les formations boisées et les savanes d'Afrique occidentale et centrale; ceci justifie la nécessité de produire plus de connaissances à travers le suivi des facteurs climatiques en relation avec la composition, la structure, la phénologie, la croissance, la régénération, la dynamique, la productivité et le fonctionnement de ces formations boisées et savanes ainsi que la synthèse des données recueillies sur différents sites. Cela nécessite la mise en place des PEP dans les formations boisées et les savanes des pays d'Afrique occidentale et centrale à fin de générer des données et des informations exactes à travers le ré-échantillonnage périodique et le suivi des parcelles. Les données et informations ainsi collectées seront utiles pour identifier, développer et mettre en œuvre des mesures proactives et réactives pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique.

Il y a une pénurie de données et d'informations sur les PEP existantes dans les formations et les savanes d'Afrique occidentale et centrale. Il est recommandé que de nouveau, 1 ha de PEP soit être installé dans les réserves naturelles protégées des écosystèmes de formations boisées et de savanes de certains pays de la sous-région pour produire des

données et des informations pour la modélisation des impacts du changement climatique sur ces écosystèmes. Ceci est important en raison des incertitudes sur les projections concernant les régimes régionaux de précipitations et d'humidité du sol, en particulier en Afrique de l'Ouest et en raison du peu d'informations disponibles sur la fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes, le feu et la fertilisation de CO₂ et leurs impacts potentiels sur la formation boisées et les savanes.

Références

- Alterholt, T.B., LeChevallier, M.W, Norton, W.D. and Rosen, J.S. 1998. Effects of rainfall on giardia and cryptosporidium. *Journal of American Water Works Association* 90: 66-80.
- Anderson, J., Benjamin, C., Campbell, B. and Tiveau, D. 2006. Forests, poverty and equity in Africa: new perspectives on policy and practice. *International Forestry Review* 8(1): 44-53.
- Ainsworth, E.A. and Long, S.P. 2005. What have we learned from 15 years of free air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytology* 165: 351-371.
- Arnold, M. and Townson, I. 1998. Assessing the Potential of Forest Product Activities to Contribute to Rural Incomes in Africa. ODI Natural Resource Perspectives No. 37. Overseas Development Institute, London.
- Ashton, P.J. 2002. Avoiding conflicts over Africa's water resources. *Ambio* 31: 236-242.
- Attah, D. 2012. Flood destroys 400,000 farmlands, 36,000 houses in Jigiwa. *The Punch* 17, No, 20, 231 Tuesday September 18, 2012.
- Barlow, J and Peres, C.A. 2008. Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London-Series B: Biological Sciences* 263: 1787-1794.
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A, Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., Tabo, R. and Yanda, P. 2007. Africa. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptability and Vulnerability*. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds.). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK.
- Bond, W.J., Midgley, G.F. and Woodward, F.I. 2003. The importance of low atmospheric CO₂ and fire in promoting the spread of grasslands and savannahs. *Global Change Biology* 9: 973-982.
- Bond, W.J, Woodward, F, I. and Midgley, G. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytology* 165: 525-538.
- Cherfas, J. 1992. Cloudy issues, burning answers. *The Independent* 9/7.
- Chidumayo, E. 2004. Development of *Brachystegia-Julbernardia* woodland after clear-felling in central Zambia. Evidence for high resilience. *Applied Vegetation Science* 7: 237-242.

- Chidumayo, E. 2011. Climate change and the woodlands of Africa. In: Chidumayo, E., Okali, D., Kowero, G. and Larwananou, M. (eds.) *Climate Change and African Forest and Wildlife Resources*, pp. 85-101. African Forestry Forum, Nairobi Kenya.
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Center for Global Development, Washington DC.
- Conway, D., Allison, E., Felstead, R. and Goulden, M. 2005. Rainfall variability in East Africa: implications of natural resources management and livelihoods. *Philosophical Transactions of Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 363: 49-54.
- Desanker, P.V., Frost, P.G.H, Justice, C.O. and Scholes, R.J. 1997. *The Miombo: Framework for Terrestrial Transect Study of Land Use and Land cover Change in the Miombos Ecosystems of Central Africa*. IGBP Report 41, IGBP, Stockholm.
- Desanker, P., Magadza, C., Allali, A., Basalirwa, C., Boko, M., Dieudonne, G., Downing, T.E., Dube, P.O., Githeko, A., Githendu, M., Gonzalez, P., Gwary, D., Jallow, B., Nwafor, J. and Scholes, R. 2001. Africa. In: McCarty, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (eds.). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 487-531. Cambridge University Press, Cambridge.
- Eriksen, S., O'Brien, K. and Losentrater, L. 2008. *Climate Change in Eastern and Southern Africa: Impacts, Vulnerability and Adaptation*. Global Environmental and Human Security, Report 2008: 2.
- Ernould, J.C., Ba, K. and Sellin, B. 1999. The impact of the local water-development programme on the abundance of the intermediate hosts of schistosomiasis in three villages of the Senegal River delta. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 93: 135-145.
- European Climate Forum and Potsdam Institute, 2004. *What is dangerous climate change? Initial Results of a symposium on Key Vulnerable regions*. Climate Change and Article 2 of the UNFCCC. Buenos Aires, Argentina and Beijing, China.
- Fajer, F.D., Bowers, M.D. and Bazzaz, F.A. 1991. The effects of enriched CO₂ atmospheres on the buckeye butterfly. *Junonia Coenia*. *Ecology* 72: 751-754.
- FAO. 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report* FAO Forestry Paper 140. FAO, Rome

- FAO, 2004. Do Sustainable Livelihood Approaches have a Positive Impact on Rural Poor? A Look at Twelve Case Studies. FAO, Rome.
- FAO, 2005. Fisheries Issues. Contribution of Aquaculture to Food Security. FAO Fisheries and Aquaculture Department, FAO, Rome.
- Faures, J.M. and Santini, G. 2008. Water and the rural poor: Interventions for improving livelihoods in Sub-Saharan Africa. FAO, Rome
- Faye, O., Gaye, O., Fontenille, D., Konate, L., Herve, J.P., Toure, Y., Diallo, S., Molez, J.F. and Mouchet, J. 1995. Drought and malaria disease in the Niayes area of Senegal. *Sante* 5: 299-305.
- Fiki, O.C. and Lee, B. 2004. Conflict generation, conflict management and self-organizing capabilities in drought-prone rural communities in north eastern Nigeria: a case study. *Journal of Social Development in Africa* 19: 25-48.
- Fischer, G., Shah, M, and van Veltuzen, H. 2002. Climate change and Agricultural Vulnerability. Report Prepared by the International Institute for Applied Systems Analysis as a Contribution to the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg.
- Fleshman, M. 2007. Climate Change: Africa gets ready: Planning how to deal with higher temperatures, shifting weather. *Africa Renewal* 21(2): 14-24.
- Foley, G. 1986. Charcoal making in developing countries. Technical Report No. 5. International Institute for Environment and Development, Earthscan, London.
- Fontenille, D., Traore-Lamizana, M., Zeller, H., Mondo, M., Diallo, M. and Gigoutte, J.P. 1995. Short report: Rift Valley Fever in western Africa: isolations from *Aedes* mosquitoes during an interepizootic period. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 52: 403-404.
- 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.
- Gallup, J.L. and Sachs, J.D. 2001. The economic burden of malaria. *America Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 64: 85-96.
- Gandiwa, E. and Zisadza, P. 2010. Wildlife management in Gonarezhou National Park, Southeast Zimbabwe: Climate change and implications for management. *Nature and Faune* 25(1): 101-110.

- Githeko, A.K., Lindsay, S.W., Confalonieri, U.E. and Patz, J.A. 2000. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization* 78(9): 1136-1146.
- Gonzalez, P. 2001. Desertification and shift of forest species in the west African Sahel. *Climate Research* 17(2): 217-228.
- Graham, Y. 1995. Drought dims Ghana's hydroelectric power. *World Rivers Review* 10: 3.
- Greenwood, B.M. 1984. Meningococcal infections. In: Weatherall, J.D., Ledingham, J.G.G. and Warrel, D.A. (eds.). *Weatherall: Oxford Textbook of Medicine*, pp. 165-174. Oxford University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Griffin, G.F. and Friedel, M.H. 1985. Discontinuous change in central Australia: some implications of major ecological events for land management. *Journal of Arid Environments* 9: 63-80.
- Hulme, M. (ed.). 1996. *Climate Change in Southern Africa: An Exploration of Some Potential Impacts and Implications in the SADC Region*. Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom
- Hulme, M., Doherty, R., Ngara, T. New, M. and Lister, D. 2001. African climate change 1900-2100. *Climate Research* 17(2): 145-168.
- Idinoba, M., Kalame, F.B., Nkem, J., Blay, D. and Coulibaly, Y. 2009. Climate change and non-wood forest products: vulnerability and adaptation in West Africa. *Unasyuva* 60(231/232): 75.
- IFAD. 2011. *Addressing Climate Change in West and Central Africa*. IFAD, Rome.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK and New York, USA.
- IPCC. 2007a. Summary for Policymakers. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds.). *Impacts, Adaptations and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 7-22. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007b. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

- Johnson, R.W. and Tothill, J.C. 1985. Definition and broad geographic outline of savannah lands. In: Tothill, J.C. and Mott, J.J. (eds.). *Ecology and Management of the World's Savannahs*, pp. 1-13. Australian Academy of Science, Canberra, Australia.
- Kalame, F.B., Idinoba, M., Brockhaus, M. and Nkem, J. 2008. *Forest Policies and Forest Resource Flow in Burkina Faso, Ghana and Mali: Conflicting or Consistent for adaptation to Climate Change?* CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Kendall, J.D., Justice, C.O., Elvidge, C.D. and Goldammer, J.G. 1997. Remote sensing of fires during the SAFARI 92 Campaign. In: van Wilgen, B.W., Andreae, M.O., Goldammer, J.G. and Lindsay, J.A. (eds.). *Fire in South African Savannahs*, 89-134. Witwatersrand University Press, Johannesburg, South Africa.
- Kigomo, B. 2003. *Forests and woodlands degradation on dryland Africa: A case for urgent global attention*. Paper Presented at the XII World Congress, Quebec, Canada.
- Laird, S. A. 1999. *Forests, culture and Conservation*. In: Posey, D.A. (ed.). *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Lefevre, P.C. 1997. Current status of Rift Valley Fever what lessons to deduce from the epidemic of 1997 and 1987. *Medicine Tropicale* 57(3): 61-64.
- Levine, J.S., Bobbe, T., Ray, N., Singh, A. and Witt, R.G. 1999. *Wildland Fires and the Environment: A Global Synthesis*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Macdonald, D. (ed.). 1987. *The Encyclopaedia of Mammals*. Equinox, Oxford, United Kingdom.
- Magadza, C.H.D. 1996. Climate change: some likely multiple impacts in southern Africa. In: Downing, T.E. (ed.). *Climate Change and World Food Security*, pp. 449-483. Springer-Verlag, Dordrecht, The Netherlands.
- Malhi, Y. and Wright, J. 2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforests. *Philosophical Transactions of Royal Society B* 359: 311-329 (doi:10.1098/rstb2003.1433).
- McLeman, R. and Smit, B. 2005. *Assessing the security implications of climate change-related migration*. Preprint, Human Security and Climate Change: An International Workshop, Oslo.
- Mendelsohn, R., Dinar, A. and Dalfelt, A. 2000. *Climate change impacts on African agriculture. Preliminary Analysis Prepared for the World Bank*. Washington, District of Columbia.

- Molesworth, A.M., Cuevas, L.E., Connor, S.J., Morse, A.P. and Thomson, M.C. 2003. Environmental risk and meningitis epidemics in Africa. *Emerging Infectious Disease* 9: 1287-1293.
- Myers, N. 2002. Environmental refuges: a growing phenomenon of the 21st Century. *Philosophical Transactions of Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 357: 609-613.
- Niasse, M., Afoud, A. and Amani, A. (eds.). 2004. Reducing West Africa's Vulnerability to Climate Impacts on Water Resources, Wetlands and Desertification: Elements of Regional Preparedness and Adaptation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Njaya, F. and Howard, C. 2006. Climate and African fisheries. *Tiempo* 59: 13-15.
- Odebode, S.O. 2003. Contribution of selected non-timber forest products to household food security in Osun State, Nigeria. In *FAO Congress Proceedings Synthesis: XII World Forestry Congress, Quebec, Canada, September 21-28. Volume A, Forest for People*, p. 55. FAO, Rome.
- Odjugo, P.A.O. and Ikhuoria, A.I. 2003. The impact of climate change and anthropogenic factors on desertification in the semi-arid region of Nigeria. *Global Journal of Environment Science* 2(2): 118-126.
- Okigbo, B.N. 1985. Land use and productive potentials of African savannahs. In: Tothill, J.C. and Mott, J.J. (eds.). *Ecology and Management of the World's Savannahs*, 95-106. Australian Academy of Science, Canberra, Australia.
- Olaleye, O.D., Tomori, O., Ladipo, M.A. and Schmitz, H. 1996. Rift Valley Fever in Nigeria: infections in humans. *Review of Science Technologies* 15: 923-935.
- Onochie, C.F.A. 1977. Definition and classification of African savannah. In: *FAO/DANIDA (eds.). Savannah Afforestation in Africa*, pp. 1-8. FAO, Rome.
- Osman-Elasha, B., Chidumayo, E. and Donfack, P. 2011. Socio-economic and gender related aspects of climate change in Africa. In: Chidumayo, E., Okali, D., Kowero, G. and Larwanou, M. (eds.). *Climate Change and African Forest and Wildlife Resources*, pp. 176-191. African Forest Forum, Nairobi, Kenya.
- Ottichilo, W.K., Kinuthia, J.H., Ratego, P.O. and Nasubo, G. 1991. Weathering the storm of Climate Change and Investment in Kenya. *Environmental Policy Series No. 3*. Acts Press, Nairobi, Kenya.
- Partron, W.J., Schimel, D.S., Ojima, D.S. and Cole, C.V. 1994. A general model for soil organic matter dynamics sensitivity to litter chemistry, texture and management. In: Bryant, R.B. and Arnold, R.W. (eds.). *Quantitative Modeling of Soil Forming Processes*,

pp. 137-167. Soil Science Society of America (SSSA) Special Publication 39. Soil Science Society of America, Madison,

Parkinson, J. 1999. Indigenous people and forests. In: Palo, M and Uusivuori, J. (eds.). World Forests, Society and Environment, pp. 90-91. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Posey, D. 1993. Indigenous knowledge in the conservation and use of world forests. In: Ramakrishna, R and Woodwell, G.W. (eds.). World Forests for the Future: Their Use and Conservation, pp. 59-77. University Press, New Haven and London.

Prowse, T.D., Furgal, C. Wrona, F.I. and Reist, J.D. 2009. Implications of climate for northern Canada: Freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ambio* 38(5): 282-289.

Rohde, R.F., Moleele, N.M., Mphale, M., Allsopp, N., Chanda, R., Hoffmann, M.T., Magole, L. and Young, E. 2006. Dynamics of grazing policy and practice: environmental and social impacts in three communal areas of southern Africa. *Environmental Science Policy* 9: 302-316.

Sankaran, M., Hanan, N.P. and Scholes, R.J. 2007. Characteristics of African savannah biomes for determining woody cover ([http://www.daac.ornl.gov\[doi:103334/ORNLDAAC/850\]](http://www.daac.ornl.gov[doi:103334/ORNLDAAC/850]), accessed on 11-04-2012.

Scholes, R. J. and Archer, S.R. 1997. Tree-grass interactions in savannahs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 517-544.

Scholze, M., Knorr, R., Arnell, N.W. and Prentice, I.C. 2006. A climate change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of National Academy of Sciences* 103(35): 13116-13120.

Seo, S.N. and Mendelssohn, R. 2006. Climate change impacts on animal husbandry in Africa: A Ricardian Analysis. CEEPA Discussion Paper No. 9 Special Series on Climate and Agriculture in Africa. The Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, University of Pretoria, Pretoria.

Seppala, R., Buck, A. and Katila, P. (eds.). 2009. Adaptation of Forests and People to Climate Change -A Global Assessment Report. IUFRO World Series 22, IUFRO, Vienna.

Sultan, B., Labadi, K., Guegan, J.F. and Janicot, S. 2005. Climate drives the meningitis epidemics onset in West Africa. *PLoS Med.* 2: 42-49.

Tiega, A. 2010. The impact of climate change on water and wetlands and the consequences for agriculture and other natural resources. *Nature and Faune* 25(1): 22-28.

- Torn, M.S. and Fried, J.S. 1992. Predicting the impacts of global warming on wildland fire. *ClimateChange* 21:257-275.
- Trikhomirov, E., Santamaria, M. and Esteves, K. 1997. Meningococcal disease: public health burden and control. *World Health Status Quarterly* 50: 170-177.
- UNESCO, 1996. Sacred Sites-Cultural Integrity. Biological Diversity Programme Proposal. November 1996. UNESCO, Paris.
- United Nations. 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62220 (E) 200705.
- Warsame, M., Wernsdorfer, W.H., Huldt, G. and Bjorkman, A. 1995. An epidemic of *Plasmodium falciparum* malaria in Balcad Somalia, and its causation. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 98: 142-145.
- Westoby, M., Walker, B. and Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management of rangelands not in equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 26-274.
- White, F. 1983. The Vegetation of Africa - a descriptive Memoir to accompany Vegetation Map of Africa. UNESCO, Paris
- Yaqub, C.N. 2007. Desert encroachment in Africa: Extent, causes and impacts. *Journal of Arid Environments* 4(1): 14-20.
- Yugunda, B.S. 2002. Socio-economic and cultural impacts of desert encroachment in Nigeria. *Journal of Environmental Dynamics* 5(2): 19-30.

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

