



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

**VULNERABILITE DES PLANTATIONS FORESTIERES
AFRICAINES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ROLE
DES PLACETTES PERMANENTES D'ECHANTILLONNAGE
DANS LE SUIVI, L'INFORMATION ET LE CONTROLE
POUR LA REDD+ DANS LES PLANTATIONS**



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: Makundi, W.R. 2014. Vulnérabilité des plantations forestières africaines au changement climatique et rôle des placettes permanentes d'échantillonnage dans le suivi, l'information et le contrôle pour la REDD+ dans les plantations. African Forest Forum. Working Paper Series, Vol. (2)4. 27 pp.

Avertissement

Les terminologies utilisées et la présentation des données dans cette publication n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part du Forum Forestier Africain sur le statut juridique de quelque pays, territoire, ville ou région que ce soit ou de leurs autorités, ni sur la délimitation de leurs frontières ou les limites de leur système économique ou de leur degré de développement. Des extraits peuvent être reproduits sans autorisation, à condition que la source soit indiquée. 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 plantations forestières africaines au changement climatique et rôle des placettes permanentes d'échantillonnage dans le suivi, l'information et le contrôle pour la REDD+ dans les plantations

Willy R Makundi

Table des matières

Table des matières	iii
Liste des tableaux	iv
Résumé	vi
CHAPITRE 1 Introduction.....	1
contexte	1
Objectifs	3
CHAPITRE 2 Vulnérabilité des plantations forestières au changement climatique	4
Vulnérabilité biophysique	7
Vulnérabilité socio-économique	13
Recommandations	15
CHAPITRE 3 Placettes permanentes d'échantillonnage.....	17
Statut et potentiel des PPE existantes pour la REDD+	20
Changements institutionnels requis	22
CHAPITRE 4 Conclusions et recommandations	24
Références bibliographiques.....	25

Liste des tableaux

Tableau 1: Tendances des forêts plantées dans la période 1990-2010. Source: FAO, 2010.	5
Tableau 2: Superficies plantées en espèces/hybrides d' <i>Acacia</i> , <i>Eucalyptus</i> et <i>Pinus</i> exprimées en % des classes climatiques adéquates en Afrique du Sud.	12

Acronymes et abréviations

RCA	République Centrafricaine
CO ₂	Dioxyde de carbone
COP	Conférence des Parties
RD Congo	République Démocratique du Congo
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
ERF	Evaluation des Ressources Forestières
MCG	Modèle de Circulation Générale
GES	Gaz à Effet de Serre
ha	hectare
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
MRV	Suivi, Notification et Vérification
MAAN	Mesures d'atténuation appropriées au niveau national
ppm	Parties par million (en volume)
PPA	Parité de Pouvoir d'Achat
PPE	Placettes Permanentes d'échantillonnage
REDD+	Réduction des Émissions issues de la Déforestation et de la Dégradation Plus
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

Résumé

Compte tenu des impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de la foresterie commerciale, et le fait que de tels impacts peuvent déjà être observés en Afrique, le développement et la mise en œuvre de politiques, mesures et stratégies d'adaptation sont indispensables.

Bien que des incertitudes subsistent au sujet de l'ampleur et du rythme du changement climatique dans le futur, les effets négatifs de ce changement sont susceptibles d'être énormes. Ainsi, l'adaptation doit se faire dans un futur immédiat. Les processus doivent être mis en œuvre dès maintenant, étant donné que les délais pour que ces processus prennent effet et soient adoptés vont être probablement longs dans le cas des plantations forestières.

Dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation, une approche «sans regrets» devrait être privilégiée. Les mesures mises en œuvre dans une approche sans regrets auront des avantages égaux ou supérieurs à leur coût pour la société, et seront bénéfiques indépendamment du changement climatique. D'autres interventions d'adaptation incluront:

- ▶ un changement dans les pratiques de foresterie à travers la mise en place et l'utilisation de plusieurs espèces et hybrides résistant à la chaleur et à la sécheresse ; l'utilisation des espèces autochtones doit être encouragée, car les espèces exotiques ont tendance à influencer négativement la biodiversité ; toutefois, cela doit être contrebalancé avec la productivité et la courte durée de la rotation, et par conséquent avec l'avantage économique incontesté des plantations, qui sont les principaux facteurs liés à l'introduction des espèces exotiques ;
- ▶ l'association des espèces, pour se prémunir contre certains effets du changement climatique, avec des plantations forestières orientées vers des cultures mixtes plutôt que les monocultures actuellement dominantes;
- ▶ une meilleure adaptation des espèces à leur optimum écologique, ce qui implique que, si le site se situe dans la zone sèche de répartition des espèces, celles-ci ne devraient plus y être plantées;
- ▶ la prise en considération des prévisions sur les changements climatiques dans la planification des plantations forestières des pays africains en terme de sélection d'espèces et de leur provenance, ainsi que de tendances, de régimes de gestion, de production, de consommation et de commerce des produits forestiers ;
- ▶ l'utilisation de méthodes de cueillette de l'eau pour réduire le stress hydrique pendant la phase de mise en place afin de favoriser une bonne reprise des plantules et des rejets

grâce à l'irrigation. Cette intervention peut être complétée par l'utilisation de fertilisants durant les premiers stades de l'établissement des plantations.

L'étude et l'évaluation de l'ampleur de la vulnérabilité des forêts et plantations africaines au changement climatique et le suivi de l'efficacité de n'importe quelle mesure d'atténuation et/ou d'adaptation nécessite une méthode scientifique cohérente avec la façon dont les plantations ont été installées et gérées dans le passé. Une telle méthode nécessite l'utilisation d'un cadre d'échantillonnage qui puisse produire les informations nécessaires pour alimenter le processus d'élaboration des politiques de gestion. Depuis que les plantations forestières ont été établies, la gestion a appliqué l'utilisation de placettes permanentes d'échantillonnage (PPE) comme un élément clé du cadre de suivi.

Une placette temporaire donne un état des lieux instantané de l'attribut recherché, tandis qu'une placette permanente permet des mesures répétées dans le temps qui donnent une image dynamique de l'attribut. La gestion des plantations forestières en Afrique a seulement mis en place un nombre réduit de placettes permanentes d'échantillonnage (PPE) afin de produire des données pour la modélisation de la croissance, la planification des interventions sylvicoles et des cycles de récolte. Une étude réalisée en Afrique du Sud et dans les plantations du Kenya a révélé que les PPE existantes sont insuffisantes, même à des fins de gestion des plantations, principalement en raison de contraintes budgétaires. On estime qu'il existe moins de 40 pour cent du nombre requis de PPE dans divers états de gestion et de suivi.

Dans le cadre des programmes d'atténuation comme la REDD+, les placettes permanentes d'échantillonnage seront requises pour fournir les données nécessaires pour l'évaluation du stock de carbone. L'introduction de la REDD+ dans les plantations en Afrique exigera une expansion significative du nombre et de l'emplacement des PPE afin d'obtenir des estimations des attributs des plantations réservoirs de carbone, y compris la densité de carbone aérien et souterrain, les détritiques, les produits et les profils de décomposition. Grâce à l'utilisation d'une étude de référence conduite au Kenya, il a été estimé que, afin de permettre aux plantations africaines de participer pleinement au programme REDD+, il faudra au moins 3000 PPE pour fournir des données adéquates concernant la biomasse aérienne des stocks de carbone pour le suivi, l'information et le contrôle exhaustifs.

Il est recommandé que chaque pays possédant des plantations forestières établisse un service biométrique au niveau de la gestion des plantations, qui sera chargé de mettre en place un nombre suffisant de PPE, de collecter et de transmettre les données à une base centrale à laquelle les acteurs du REDD+ peuvent avoir un accès transparent. Un réseau régional ou continental de ces centres de données et des praticiens permettra de réduire les coûts grâce au partage transversal des données pertinentes.

CHAPITRE 1 Introduction

CONTEXTE

Les projections indiquent que l'accumulation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre induirait une hausse des températures mondiales et des effets secondaires sur le cycle hydrologique. Au cours des dernières décennies, la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone (CO₂) - le plus important des GES - a augmenté d'environ 2 ppm par an, soit environ 0,5% par an, et en 2013, pour la première fois, depuis plusieurs millions d'années, la concentration de CO₂ atmosphérique a dépassé le cap psychologique des 400 ppm mesurées à l'Observatoire de Mauna Loa à Hawaii (Keeling, 2012). Pour apprécier l'importance de ce niveau, il faut souligner que la mesure a commencé à environ 280 ppm avant la révolution industrielle, et il y a environ 100 ans, le niveau est passé à environ 300 ppm, puis a franchi la barre des 350 ppm à la fin des années 1980. La dernière fois que des concentrations de CO₂ de 400 ppm aient été enregistrées, c'était il y a 3 à 5 millions d'années, quand la température terrestre était beaucoup plus élevée, bien avant l'apparition des humains sur la terre (Keeling, 2012 *op. cit.*).

L'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre (GES) et l'augmentation subséquente de la température de la terre et son impact sur le cycle hydrologique auront des effets profonds sur la biosphère. Une étude récente menée par des scientifiques à l'Observatoire de Mauna Loa à Hawaii (Mora et al., 2013) montre que d'ici 2047, la température de la majorité des endroits sur terre aura augmenté au-delà des limites historiques. En d'autres termes, pour un lieu géographique donné, l'année la plus froide à l'avenir sera plus chaude que l'année la plus chaude dans le passé.

Les impacts généralement reconnus du changement climatique sont maintenant observés dans tous les aspects de la vie sur terre, dans certains cas, avec des preuves scientifiques et dans d'autres avec des informations anecdotiques. Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a fermement affirmé que le changement climatique affecte le régime des précipitations, la disponibilité en eau et la périodicité des précipitations, la fonte de la glace et des glaciers, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence des sécheresses et des feux de brousse, l'intensité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes, affectant significativement la santé humaine et animale, l'agriculture et la productivité des terres, le couvert végétal et la biodiversité. En général, le changement climatique a un impact sur l'environnement dans lequel vivent les humains, affectant ainsi les moyens de subsistance de nombreuses personnes et les revenus des pays (GIEC, 2013).

L'interaction entre les forêts et le changement climatique mondial est profonde et considérable. Les forêts forment le plus grand écosystème terrestre qui affecte significativement le climat mondial tout en étant parallèlement affecté par les changements climatiques dans de nombreux processus importants. Les forêts sont directement touchées par l'augmentation du CO₂ atmosphérique, l'augmentation de la température ambiante, les sécheresses et l'augmentation des précipitations. Les forêts jouent également un rôle clé dans l'adaptation au changement climatique, par exemple, en augmentant la résilience des communautés rurales tout en favorisant l'adaptation des espèces à l'évolution du climat et aux événements climatiques brusques grâce aux corridors de refuge et de migration qu'elles offrent. En outre, elles soutiennent indirectement les économies dans les processus d'adaptation au changement climatique en réduisant les coûts des impacts négatifs liés au climat. Les écosystèmes forestiers fournissent également des biens et services lors d'événements extrêmes (sécheresses, inondations et vagues de chaleur) et sont des atouts majeurs pour réduire la vulnérabilité aux effets du changement climatique.

Les forêts ont un potentiel considérable de séquestration du carbone par le boisement, le reboisement, la restauration des forêts et par des changements dans les pratiques de gestion forestière. Les autres options d'atténuation dans le secteur forestier comprennent la réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation, ainsi que l'utilisation plus efficace de la biomasse et la substitution des combustibles fossiles ou produits dérivés par des produits forestiers. L'envergure de ces activités est définie par les différents accords conclus par les membres/parties des Nations Unies à la Convention de Rio sur les changements climatiques (UNFCCC, 1992; UNFCCC, 1997; UNFCCC, 2012a).

Les écosystèmes forestiers seront donc affectés par le changement climatique de manière à la fois positive et négative. Tous les cinq grands écosystèmes forestiers en Afrique –les forêts, les formations boisées, le sahel, les mangroves et les plantations – seront diversement affectés selon le site, les qualités et les constituants de l'écosystème en question. Afin d'examiner les effets négatifs auxquels les êtres humains et les communautés doivent se préparer et trouver des moyens de s'adapter, la détection des vulnérabilités biophysiques et socio-économiques de l'écosystème spécifique au changement climatique s'avère nécessaire. Cette étude présente une vue générale de la vulnérabilité de l'un de ces écosystèmes - les plantations forestières africaines. En outre, dans le but de suivre les effets du changement climatique sur les plantations ainsi que l'implication des plantations dans les efforts d'atténuation des GES, l'étude examine également l'état des placettes permanentes d'échantillonnage (PPE) et leur adéquation pour soutenir le rôle des plantations dans l'atténuation. Elle identifie également les lacunes et propose des solutions pour remédier à la situation le cas échéant.

OBJECTIFS

L'objectif principal de l'étude est d'analyser les informations disponibles sur la vulnérabilité des plantations forestières au changement climatique en Afrique, en particulier celle des systèmes biophysiques tels que les sols, l'eau, les ressources biologiques; et la vulnérabilité socio-économique des plantations et de leurs acteurs, y compris la santé humaine, les moyens de subsistance, les produits, le commerce et le développement.

Le deuxième objectif de l'étude est d'examiner les questions de suivi, d'information et de contrôle (MRV), en particulier concernant les PPE, nécessaires pour fournir des informations afin de remédier aux vulnérabilités, et aux questions d'atténuation et d'adaptation au niveau d'un écosystème spécifique. Il s'agira de l'évaluation des données et des informations sur les PPE, l'évaluation de l'état actuel et le potentiel de ces parcelles à être une source de données pour l'étude des impacts du changement climatique sur les plantations, et l'évaluation de l'utilité des placettes permanentes d'échantillonnage aux exigences de la REDD+ dans le cas où ce programme serait étendu aux plantations forestières. L'étude a également examiné la nécessité d'un soutien à long terme à certaines PPE clés et proposé des arrangements institutionnels pour la gestion durable des PPE dans le cadre du suivi des ressources forestières et arboricoles et des facteurs affectant les plantations qui pourraient être touchées par le changement climatique.

CHAPITRE 2 Vulnérabilité des plantations forestières au changement climatique

L'Afrique a une superficie importante de plantations forestières (bien que toujours faible par rapport à d'autres continents), actuellement estimée à environ 16 millions d'ha, ce qui équivaut à 4% de la superficie totale de forêts sur le continent, augmentant d'environ 276 000 ha par an (FAO, 2010), soit plus de deux fois le rythme de plantation dans les années 1990. Comme le montre le tableau 1, presque tous les pays africains ont une petite superficie de plantation, le Soudan et l'Afrique du Sud abritant environ la moitié des plantations sur le continent. Le Soudan a plus de 6 millions d'hectares classés par la FAO comme plantations, qui font près de quatre fois la taille de celles de l'Afrique du Sud. Bien que ces deux pays aient la plus grande zone de plantation en Afrique, il convient de souligner que durant les deux dernières décennies, ils n'ont pas étendu leur domaine forestier de manière significative. Il est également important de souligner que la superficie présentée par l'évaluation des ressources forestières (FRA) comme plantation au Soudan inclut des forêts naturelles à dominance d'*Acacia senegal* sous gestion humaine (gomme arabique).

Les plantations forestières africaines sont dispersées à travers de nombreuses zones agro-écologiques du continent. Pour cette raison, leur vulnérabilité biophysique sera proportionnelle aux impacts respectifs prévus pour la zone en question. Les plantations forestières sont aussi vulnérables aux changements climatiques que les autres écosystèmes forestiers, mais l'ampleur des impacts positifs ou négatifs peut être atténuée par les pratiques de gestion auxquelles ils sont soumis ainsi que par le nombre limité d'espèces concernées par rapport à d'autres écosystèmes naturels majeurs.

Le changement climatique devrait entraîner une augmentation des températures et une diminution des précipitations dans de nombreuses régions d'Afrique (GIEC, 2007). Même dans les cas où la pluviométrie restera inchangée ou augmentera, l'intensité sera accrue. L'impact de ces changements pourrait affecter les plantations forestières en modifiant leurs caractéristiques de croissance (taux de croissance plus faibles ou accrus), les taux de survie des arbres, et la structure de l'écosystème du fait des influences sur la composition botanique et zoologique.

Tableau 1: Tendances des forêts plantées dans la période 1990-2010. Source: FAO, 2010

Pays/ Région	Superficies de forêts plantées (1 000 ha)				Taux annuel de variation					
	1990	2000	2005	2010	1990-2000		2000-2005		2005-2010	
					1 000 ha/an	%	1 000 ha/an	%	1 000 ha/an	%
Angola	140	134	131	128	-1	-0,44	-1	-0,45	-1	-0,46
Botswana	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-
Comores	2	2	1	1	0	0	n.s.	-	0	0
Djibouti	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-
Erythrée	10	21	28	34	1	7,75	1	5,67	1	3,86
Ethiopie	491	491	491	511	0	0	0	0	4	0,80
Kenya	238	212	202	197	-3	-1,15	-2	-0,96	-1	-0,50
Lesotho	6	8	9	10	n.s.	3,17	n.s.	2,55	n.s.	2,26
Madagascar	231	272	290	415	4	1,65	4	1,29	25	7,43
Malawi	132	197	285	365	7	4,09	18	7,67	16	5,07
Mauritanie	15	15	15	15	n.s.	-0,07	n.s.	-0,41	n.s.	0,27
Mayotte	n.s.	n.s.	1	1	n.s.	4,89	n.s.	11,06	n.s.	7,15
Mozambique	38	38	24	62	0	0	-3	-8,78	8	20,90
Namibie	0	0	n.s.	n.s.	0	-	n.s.	-	n.s.	34,76
Réunion	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Seychelles	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Somalie	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Afrique du Sud	1626	1724	1750	1763	10	0,59	5	0,30	3	0,15
Swaziland	160	150	145	140	-1	-0,64	-1	-0,68	-1	-0,70
oUganda	34	32	31	51	n.s.	-0,60	n.s.	-0,63	4	10,47
Tanzanie	150	200	230	240	5	2,92	6	2,83	2	0,85
Zambie	60	60	60	62	0	0	0	0	n.s.	0,66
Zimbabwe	154	120	108	108	-3	-2,46	-2	-2,09	0	0
Afrique E/S	3500	3689	3814	4116	19		25		60	
Algérie	333	345	370	404	1	0,35	5	1,41	7	1,77
Egypte	44	59	67	70	2	2,98	2	2,58	1	0,88
Libye	217	217	217	217	0	0	0	0	0	0
Mauritanie	5	13	17	21	1	10,03	1	5,51	1	4,32
Maroc	478	523	561	621	5	0,90	8	1,41	12	2,05
Soudan	5424	5639	5854	6068	22	0,39	43	0,75	43	0,72
Tunisie	293	519	606	690	23	5,88	17	3,15	17	2,63
Afrique N	6794	7315	7692	8091	54		76		81	
Benin	10	13	15	19	n.s.	2,66	n.s.	2,90	1	4,84
Burkina Faso	7	58	78	109	5	24,23	4	6,26	6	6,84
Burundi	0	86	78	69	9	-	-2	-1,93	-2	-2,42
Cameroun	-	-	84	-	-	-	-	-	-	-
Cap-Vert	58	82	84	85	2	3,58	n.s.	0,36	n.s.	0,36
RCA	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Tchad	11	14	15	17	n.s.	2,44	n.s.	1,39	n.s.	2,53

Congo	51	51	51	75	0	0	0	0	5	8,02
Côte d'Ivoire	154	261	337	337	11	5,42	15	5,24	0	0
RD Congo	56	57	57	59	n.s.	0,18	n.s.	0,18	n.s.	0,55
Gabon	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0
Gambie	1	1	1	1	n.s.	0,74	0	0	0	0
Ghana	50	60	160	260	1	1,84	20	21,67	20	10,20
Guinée	60	72	82	93	1	1,84	2	2,64	2	2,55
Guinée-Bissau	n.s.	n.s.	1	1	n.s.	5,58	n.s.	7,85	n.s.	5,63
Liberia	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0
Mali	5	55	205	530	5	27,10	30	30,10	65	20,92
Niger	48	73	110	148	3	4,28	7	8,55	8	6,11
Nigeria	251	316	349	382	7	2,33	7	2,01	7	1,82
Rwanda	248	282	323	373	3	1,29	8	2,75	10	2,92
Sénégal	205	306	407	464	10	4,09	20	5,87	11	2,66
Sierra Leone	7	8	11	15	n.s.	1,66	1	7,23	1	5,30
Togo	24	34	38	42	1	3,54	1	2,25	1	2,02
Afrique O/C	1286	1869	2526	3119	58		113		135	
Afrique	11 580	12 873	14 032	15 326	131		214		276	

Suite à ces réactions des écosystèmes, les plantations pourraient subir une hausse ou une baisse des teneurs en énergie et de la biomasse qui peuvent à leur tour influencer les feux de forêt et les infestations d'insectes, qui tous deux affecteront la biodiversité. De toute évidence, les plantations forestières ont déjà une biodiversité réduite et de ce fait, le changement climatique ne peut avoir un impact aussi négatif sur cette caractéristique que dans le cas des autres écosystèmes naturels riches en biodiversité. Un climat plus chaud peut également entraîner l'apparition de plus d'espèces envahissantes et nouvelles susceptibles d'accroître les coûts de gestion et de protection des plantations forestières existantes.

Le changement climatique influencera également, selon toute vraisemblance, de manière significative les systèmes économiques et sociaux par l'influence qu'il aura sur les systèmes agricoles et forestiers aménagés, ainsi que sur les écosystèmes naturels. Ces influences peuvent inclure une augmentation des conflits liés aux ressources en eau, la modification de la structure des échanges, les pénuries de biens de consommation nécessaires, les influences sur les taux d'emploi et des opportunités, la prévalence de certaines maladies, etc.

Dans cette section, l'ampleur des vulnérabilités biophysique et socio-économique des plantations forestières d'Afrique est examinée et les mesures pour minimiser les impacts négatifs sur l'écosystème et les systèmes socio-économiques dépendants sont explorés.

VULNERABILITE BIOPHYSIQUE

Comme mentionné dans la section précédente, le niveau actuel de CO₂ atmosphérique est de 400 ppm, un taux plus élevé qu'il ne l'a été ces dernières 3 -5 millions d'années. La conséquence de l'accumulation de GES devrait augmenter la température globale, selon des estimations prudentes, d'environ 2,0 à 3,5 °C au moment où le niveau de CO₂ atteint le double de son niveau pré-industriel, et en supposant en outre que des politiques sérieuses d'atténuation sont poursuivies par la communauté internationale (UNFCCC, 2012a *op cit.*). D'autres études utilisant des scénarios plus robustes ont prédit des hausses plus marquées des températures, atteignant 2 à 6 °C, niveau qui conduirait à des événements catastrophiques avec des conséquences extrêmes sur la croissance des plantes et les humains (Mora *et al.* 2013, *op. cit.*). Cependant, dans les négociations internationales, et en particulier la dernière COP 18 à Doha, dans sa décision 1/CP.18 conforme aux décisions précédentes 1/CP.13, 1/CP.16, 1/CP.17 et 2/CP.17, il a été décidé que les parties travailleront de toute urgence pour une réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre nécessaire pour limiter **l'augmentation de la température moyenne mondiale à 2 °C au-dessus des niveaux pré-industriels** et atteindre un plafonnement mondial des émissions mondiales de GES dès que possible. Ceci est cohérent avec les prédictions actuelles de la science et comme documenté dans le quatrième rapport d'évaluation du GIEC, réaffirmant le consensus selon lequel le délai pour le plafonnement sera plus long dans les pays en voie de développement (UNFCCC, 2012b) étant donné qu'ils doivent encore développer leurs économies afin de réduire la pauvreté et le sous-développement dans lesquels vivent actuellement leurs populations.

Il a été démontré de façon convaincante que des températures moyennes plus élevées entraîneront des changements dans les précipitations et la circulation atmosphérique, dont les grandeurs sont actuellement difficiles à prédire avec une bonne précision, mais avec des perturbations probables de la vie dans la biosphère telle que nous la connaissons (Harmeling, 2010). Par exemple, la même étude a estimé que durant les deux décennies suivant 1990, plus de 650 000 personnes dans le monde sont mortes de phénomènes météorologiques extrêmes, et des pertes de plus de 2,1 mille milliards de dollars US (ppp) ont été enregistrées à l'échelle mondiale. Il est à noter que la plupart des études montrent la vulnérabilité asymétrique entre les pays en développement et les pays industrialisés, les pays africains pauvres étant les plus vulnérables aux phénomènes extrêmes liés au changement climatique, principalement en raison de leur faible capacité inhérente de résistance et d'adaptation à ce changement.

La vulnérabilité, les impacts sur les plantations forestières d'Afrique et les impacts socio-économiques connexes abordés dans cette section considèrent le changement climatique découlant du "doublement de la concentration atmosphérique de CO₂" par rapport aux niveaux pré-industriels.

Fonctionnement des plantes et changement climatique

Une augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂ a des effets sur la photosynthèse nette, la respiration, le développement de la plante, la chimie des tissus et l'utilisation de l'eau par la plante et donc affecte le taux de croissance des plantes (Field et al., 1992). L'augmentation de la production totale de la plante qui est réalisée sous des niveaux de CO₂ élevés, normalement appelés fertilisation par le CO₂, est inférieure à l'augmentation de la photosynthèse associée (Fairbanks et Scholes, 1999).

La part de stimulation de la croissance qui se produit dépend de la capacité des plantes à utiliser de façon productive les glucides d'appoint, un processus qui est essentiellement fonction de la disponibilité en nutriments et en eau et des températures nocturnes. Il a été montré que dans les conditions de champ, la fertilisation en CO₂ peut conduire à une augmentation du taux de croissance d'environ 10-20% (de Lucia et al., 1999), bien que des taux plus élevés puissent être atteints au laboratoire (Mooney et al., 1999).

La littérature relative à la physiologie des cultures montre qu'en plus de l'accroissement de la production de biomasse, de nombreux autres changements physiologiques s'opèrent dans une plante cultivée à des niveaux élevés de CO₂. L'appareil photosynthétique s'acclimata à l'assimilation de l'excédent du carbone grâce à une réduction de l'activité enzymatique par unité de surface foliaire, une réduction de l'efficacité quantique ou de la surface foliaire (Idso, 1999). La répartition des produits de la photosynthèse est modifiée en faveur des organes souterrains (racines). Ce phénomène est interprété comme un mécanisme de contrôle pour rétablir l'équilibre entre l'approvisionnement en éléments nutritifs des plantes et l'alimentation en carbone à travers l'augmentation de la capacité d'absorption des éléments nutritifs et de l'eau. Une concentration en CO₂ plus élevée signifie que la conductance stomatique peut être plus faible, tout en permettant un flux approprié de CO₂ pour la mésophile. Ceci combiné avec la réduction de la taille des feuilles en réponse à une température ambiante plus élevée, a l'avantage de réduire les pertes d'eau chez la plante et d'accroître ainsi l'utilisation efficace de l'eau. L'efficacité de l'utilisation des nutriments (la matière sèche produite par unité de nutriment assimilé) augmente également, en raison d'une diminution de la concentration en éléments nutritifs des tissus.

Il est apparemment clair que les données intégrées sur l'ensemble de la saison sont nécessaires pour évaluer l'effet complet de l'augmentation de la concentration en CO₂ sur la croissance des plantes. Pour obtenir l'impact réel de la fertilisation sur la croissance des plantes, d'autres facteurs tels que l'élévation des températures et les modifications des régimes des précipitations dues aux changements climatiques devront être pris en considération. L'impact de la fertilisation par le CO₂ sur les plantations forestières devra être évalué sur la base des données fournies sur les paramètres décrits ci-dessus.

Impacts du changement de température et de précipitation sur les plantations

Les projections de changement climatique selon divers scénarios de concentrations de GES dans l'atmosphère sont effectuées à l'aide des modèles de circulation générale (MCG). Différents MCG ont simulé les changements climatiques et montré les impacts régionaux sur la température et les précipitations. Les résultats des modèles Genesis, CSM, et HADCM2 utilisés pour évaluer la vulnérabilité des écosystèmes en Afrique australe prédisent une augmentation générale de l'aridité de la région avec une élévation de la température moyenne de 2,5 à 3,5 °C combinée à la diminution des précipitations dans les 100 prochaines années (Fairbanks et Scholes 1999 *op. cit.*). Les projections dont il est question ici proviennent du modèle du Bureau Météorologique du Royaume-Uni, le Modèle Unifié du Centre Hadley 2 "sans sulfates" qui est considéré comme plus fiable que la plupart des MCG.

La plus grande incidence prévue de la sécheresse concerne les risques liés aux plantations forestières et non forestières. Des augmentations générales de l'aridité, en raison de la baisse des précipitations et des températures de l'air plus élevées, auront une incidence sur les gammes optimales de croissance pour les espèces d'arbres primaires de la région, tant indigènes qu'exotiques déjà introduites, et des répercussions sur les coûts marginaux associés à la plantation dans les zones sub-optimales. En l'absence d'interventions supplémentaires pour la protection contre les incendies, la sécheresse et des températures plus élevées peuvent augmenter la fréquence et l'intensité des feux de forêt, ainsi que la superficie des plantations détruites par les incendies.

Certaines études en Afrique australe ont confirmé les prédictions des simulations des MCG. Par exemple, l'étude initiale menée par Warburton et Schulze (2006) qui a analysé une série de tendances des paramètres de température et de précipitations sur la période 1950-2000 en Afrique du Sud, a découvert que dans presque toutes les analyses deux groupes de réchauffement statistiquement distincts au cours de cette période émergent, à savoir sur le Western Cape et la région des Midlands et des côtes du KwaZulu-Natal. Les groupes apparaissent dans les analyses des moyennes annuelles à la fois des températures minimales et maximales, des vagues de froid, ainsi que des unités thermiques.

Une autre conclusion distincte qui peut être tirée durant l'analyse des événements de gel est le réchauffement intérieur, avec les provinces de Free State et Northern Cape d'Afrique du Sud, qui se démarquent à cet égard. Il semble y avoir une tendance à une fin plus précoce de la saison de gel et une saison de gel plus courte avec moins d'événements de gel. Des changements des régimes de précipitations ont également été identifiés. L'impact de ces changements projetés sur des variables climatiques clés tels que la température, les précipitations et la fertilisation de CO₂ a été cartographié dans les plantations forestières en

utilisant une analyse de sensibilité et les résultats et conclusions suivantes sur la vulnérabilité biophysique des plantations en Afrique du Sud ont été obtenus (encadré 1):

Encadré 1. Résultats des analyses de sensibilité de différentes espèces d'arbres de plantation au changement climatique en Afrique australe

Compte tenu de la répartition actuelle des espèces dans différentes classes d'aptitudes présentées dans le tableau 2 ci-dessous, l'impact du changement climatique produira en conséquence une nouvelle distribution. L'étude de Fairbanks et Scholes (1999) a abouti aux conclusions suivantes sur la vulnérabilité des plantations forestières à l'augmentation de l'aridité et la diminution des précipitations prévues par les MCG:

Pour *Acacia mearnsii*, la plus grande zone climatiquement optimale dans les conditions actuelles se trouve dans le KwaZulu-Natal. Comme la température augmente et que les précipitations diminuent, la superficie de la zone climatiquement optimale dans le KwaZulu-Natal diminue significativement, avec une expansion de la zone appropriée qui se produit uniquement lorsque la température et les précipitations augmentent simultanément. Le même modèle, mais avec de plus grandes fluctuations, est évident dans l'Eastern Cape. Dans la province de Mpumalanga, cependant, la zone climatiquement optimale pour *A. mearnsii* augmente lorsque la température augmente de 1°C et 2°C, probablement en raison de la diminution des événements de gel. Une diminution de la zone climatiquement optimale se produit lorsque la température augmente et que les précipitations diminuent simultanément, mais une augmentation substantielle de la zone climatiquement optimale est prévue avec une augmentation simultanée de la température et des précipitations.

La zone climatique optimale pour *Eucalyptus* spp. dans le KwaZulu-Natal diminue à nouveau nettement avec la hausse des températures, ainsi que dans le cas d'une hausse des températures combinée à une baisse des précipitations. Les zones climatiquement optimales au sein de l'Eastern Cape sont un peu moins sensibles à l'augmentation de la température par rapport à des zones dans le KwaZulu-Natal; cependant, elles sont relativement plus sensibles à la baisse de la pluviométrie. Si une augmentation des précipitations associée à une augmentation de la température venait à se produire, une plus grande zone dans l'Eastern Cape deviendrait climatiquement plus optimale pour la croissance des eucalyptus par rapport à la zone sous le climat actuel.

A Mpumalanga, la zone climatiquement optimale pour la croissance des eucalyptus augmente légèrement avec une augmentation de 1°C de la température, et reste relativement stable pour une augmentation de 2 °C de la température, par rapport à la zone dans les conditions climatiques actuelles. Une augmentation de température de 2 °C avec une augmentation des précipitations de 10% pourrait, toutefois, entraîner une région

beaucoup plus grande de Mpumalanga répondant aux exigences climatiques pour une croissance optimale des eucalyptus.

Dans le cas des espèces/hybrides d'Eucalyptus, *E. nitens* est très sensible aux hausses de température tandis que l'hybride Eucalyptus évalué, à savoir *Eucalyptus* GxU, est plus robuste aux changements de température. Toutes les espèces et/ou hybrides d'*Eucalyptus* sont très sensibles aux changements dans les précipitations à l'égard de leurs zones optimales de croissance climatiques. En ce qui concerne les changements dans les zones réelles appropriées pour *Eucalyptus*, le KwaZulu-Natal est vulnérable lorsque des hausses de température se produisent, tandis que Mpumalanga et l'Eastern Cape sont plus robustes aux hausses de température.

Globalement, les espèces et/ou hybrides de *Pinus* sont relativement robustes aux augmentations potentielles des températures et aux modifications des régimes des précipitations. En termes relatifs, les espèces de pins se sont montrées plus sensibles à la hausse des températures et la baisse des précipitations que l'hybride *Pinus* qui a été considéré, à savoir *Pinus* ExC, qui semble relativement robuste au changement climatique. Les zones climatiquement optimales dans le KwaZulu-Natal sont susceptibles de diminuer avec l'augmentation des températures, tandis que les zones qui sont actuellement climatiquement optimales pour les espèces/hybrides de *Pinus* dans l'Eastern Cape et Mpumalanga pourraient s'étendre dans des conditions de températures croissantes.

Source: Fairbanks et Scholes, 1999.

Cette évaluation peut être extrapolée à des zones forestières de profil de terrain similaire en Afrique afin de comprendre les vulnérabilités auxquelles est confrontée chaque espèce de plantation sur un site donné. Dans cette étude spécifique, l'évaluation globale suivante de la sensibilité des plantations forestières au changement climatique a émergé:

- ▶ la variable climatique à laquelle les espèces forestières sont les plus sensibles est la pluviométrie;
- ▶ les hybrides des eucalyptus et de pins sont relativement plus robustes que les espèces couramment cultivées comme *Acacia mearnsii* à l'augmentation potentielle de la température (en particulier) et, dans une certaine mesure, à la diminution de la pluviométrie;
- ▶ les zones actuellement sous plantations où le climat actuel est modérément adéquat vont, dans des conditions de température croissante et de baisse des précipitations, très probablement devenir des zones à haut risque; et donc des espèces avec de grandes

zones proportionnelles déjà en cours de plantation à l'heure actuelle dans les climats modérément propices sont très vulnérables aux changements climatiques (Tableau 2). C'est aussi généralement le cas dans de nombreuses plantations dans les zones de sites de classe inférieure tels que les zones semi-arides du Sahel ou les vastes forêts de Miombo et les savanes de l'Afrique orientale et australe;

- ▶ sur une base provinciale, les zones climatiquement optimales pour les plantations forestières dans le KwaZulu-Natal sont susceptibles de diminuer avec le changement climatique, alors que les résultats indiquent que les zones de l'Eastern Cape et du Mpumalanga, en Afrique du Sud, peuvent offrir des possibilités d'expansion avec la température; ceci est également applicable aux zones plus froides des hautes terres où les arbres sont négativement affectés par le gel et il peut aussi accélérer le taux de croissance par l'allongement de la saison chaude; et,
- ▶ des trois genres inclus dans cette étude, à savoir *Acacia*, *Eucalyptus* et *Pinus* spp., les pins se sont révélés relativement plus robuste aux changements climatiques que les deux autres, suivis d'*Eucalyptus* (Fairbanks et Scholes, 1999 *op. cit.*).

Tableau 2: Superficies plantées en espèces/hybrides d'*Acacia*, *Eucalyptus* et *Pinus* exprimées en % des classes climatiques adéquates en Afrique du Sud.

Adéquation optimale	Pourcentage des superficies actuellement plantées		
	<i>A. mearnsii</i>	Espèces/hybrides d' <i>Eucalyptus</i>	Espèces/hybrides de <i>Pinus</i>
Optimum	36,9	82,5	75,5
Risque modéré	43,0	4,4	17,0
Risque élevé	18,7	6,8	1,5
Climatiquement inadaptées	1,4	6,3	6,0
Total	100	100	100

Source: Fairbanks and Scholes, 1999 *op. cit.*

En conclusion du débat sur la vulnérabilité biophysique, on observe que, pour les plantations africaines en général, la hausse des températures va stimuler la croissance dans les zones qui sont actuellement plus froides que l'optimum de croissance pour les espèces concernées, et la réduire, là où les arbres poussent déjà dans des régions plus chaudes que cet optimum. Des précipitations plus élevées devraient normalement accroître la production de biomasse, et celles plus faibles la diminuer.

L'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère va marginalement stimuler la production des arbres, avec une productivité accrue nette redistribuée, la majeure partie étant stockée sous terre en guise de mécanisme de réponse à une demande élevée pour l'eau et les nutriments pour une photosynthèse accrue. Les nutriments et l'eau sont les principales contraintes à la capacité de l'arbre à tirer profit de la hausse des niveaux de CO₂.

Un climat qui se réchauffe encouragera le mouvement des ravageurs et des maladies des écosystèmes tropicaux /chauds vers les régions actuellement plus froides du continent. Ceci augmentera probablement la vulnérabilité des plantations dans ces zones à de nouvelles maladies et de ravageurs. D'autres vulnérabilités des plantations au changement climatique découlant de la hausse des températures moyennes, minimales et maximales et de la baisse de la pluviométrie, comprennent:

- ▶ les sécheresses qui entraîneront une augmentation des quantités de bois sec dans les plantations et ainsi plus d'énergie et par conséquent une augmentation des risques d'incendie ;
- ▶ des températures plus élevées conduisant à la hausse des écarts de température qui alimenteront les vents, qui, couplées avec de fortes pluies, peuvent conduire à des glissements de terrain, le ravinement et la chute des arbres.
- ▶ l'augmentation de la mortalité due aux infestations d'insectes causées par la biomasse morte plus sèche et abondante.
- ▶ des migrations d'espèces provoquées par le changement climatique pouvant conduire à l'introduction de nouvelles mauvaises herbes, des insectes/mammifères/oiseaux nuisibles et des maladies fongiques/microbiennes dans certaines plantations.

VULNERABILITE SOCIO-ECONOMIQUE

Les effets potentiellement positifs de la hausse des températures minimales qui réduisent le nombre d'arbres tués par le gel et l'effet fertilisant du CO₂ atmosphérique élevés ont des améliorations importantes dans les climats actuellement frais. Les prédictions de température, de CO₂ atmosphérique et de précipitations sont toutes essentielles à la prévision des modifications du rendement des plantations d'arbres et de leurs impacts socio-économiques. Sont énumérées ci-après quelques brèves hypothèses sur les impacts socio-économiques possibles sur des plantations forestières:

- ▶ la réduction des précipitations entraînera une nécessité pour l'introduction et une plus grande utilisation des espèces résistantes à la sécheresse ou moins dépendantes de

l'eau, dont certaines peuvent avoir des caractéristiques économiques souhaitables, telles que la qualité du bois, la croissance rapide et une économie favorable.

Cependant, lorsqu'elle est analysée sur de vastes paysages, une baisse importante de l'eau disponible devrait normalement réduire l'envergure des espèces d'arbres, réduisant par conséquent le choix des espèces de plantations appropriées et adaptées aux nouveaux climats du continent. Ceci sera plus prononcé pour les pays qui ont des précipitations moyennes et basses.

- ▶ la baisse de la productivité des plantations, pour une raison quelconque, devra normalement conduire à une réduction des revenus pour le propriétaire et à l'emploi réduit. Ceci, à son tour, peut affecter négativement les communautés dépendantes des plantations dans les zones rurales où l'emploi rémunéré est déjà rare, conduisant à une migration rurale-urbaine plus élevée, en particulier de la jeunesse.
- ▶ les modifications prévues au niveau des zones optimales de plantation d'arbres telles que décrites ci-dessus (encadré 1) peuvent nuire à la rentabilité des plantations forestières car il y a beaucoup d'investissements en capital fixe tels que les routes, les scieries, les papeteries, etc. dont la situation géographique est basée sur les conditions optimales et les considérations actuelles.
- ▶ la baisse de la production des plantations peut conduire à la hausse des prix des produits forestiers à moins que les manques à gagner soient comblés à partir des récoltes étendues dans les forêts naturelles et/ou de l'augmentation des importations, options qui ont des effets négatifs à la fois sur l'environnement et sur la balance commerciale et les réserves de change.
- ▶ le stress hydrique dû au changement climatique dans les zones marginales peut entraîner une augmentation des conflits liés à l'utilisation des terres entre les investisseurs dans les plantations et les agriculteurs/éleveurs, se battant tous pour l'utilisation des rares terres adéquatement approvisionnées en eau.

En raison de l'immensité des zones écologiques africaines prédominantes, il semble peu probable qu'il y ait une réduction des zones appropriées pour les plantations à l'échelle du continent. Le scénario le plus probable est un changement de zones à l'intérieur des régions et des pays, ainsi que le passage à plusieurs espèces résilientes au changement climatique, mais il est peu probable qu'il y ait une diminution de la superficie des plantations existantes sur le continent en raison du changement climatique. Toutefois, le potentiel de production des plantations est susceptible de diminuer à cause du stress hydrique induit par le climat qui intensifiera la compétition pour la terre entre la production d'aliments et de fibres, les premiers, pour des raisons évidentes, étant préférés aux derniers.

RECOMMANDATIONS

Compte tenu des impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de la foresterie commerciale, et le fait que les changements climatiques peuvent déjà être détectés en Afrique, le développement et la mise en œuvre des politiques, des mesures et stratégies d'adaptation sont indispensables.

Bien qu'il y ait encore des incertitudes quant à l'ampleur et au rythme du changement climatique à l'avenir, les effets négatifs de celui-ci sont susceptibles d'être énormes. Ainsi, les mesures d'adaptation doivent être prises dans l'immédiat, étant donné que les échéances pour que de tels processus prennent effet et soient adoptés sont susceptibles d'être longues dans le cas des plantations forestières.

Dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation, une approche «sans regrets» devrait être privilégiée. Les mesures mises en œuvre dans une approche sans regrets auront des avantages qui sont égaux ou supérieurs à leur coût pour la société, et seront bénéfiques indépendamment du changement climatique. D'autres interventions d'adaptation seront les suivantes:

- ▶ un changement dans les pratiques forestières vers l'utilisation et le développement d'un plus grand nombre d'espèces et d'hybrides tolérant la chaleur et la sécheresse. L'utilisation d'espèces indigènes doit être encouragée, car les espèces exotiques ont tendance à influencer négativement la biodiversité. Toutefois, cela doit être contrebalancé avec les aspects de la productivité et la brièveté de l'âge de la rotation, et de ce fait l'avantage économique incontesté des plantations, qui sont les principaux facteurs associés à l'introduction d'espèces exotiques.
- ▶ mélanger les espèces, pour fournir une assurance contre certains effets du changement climatique, avec la foresterie de plantation qui s'oriente vers des cultures mixtes plutôt que les monocultures actuellement dominantes;
- ▶ mieux adapter les espèces à leur gamme écologique optimale, ce qui signifie que si un site est actuellement dans la région sèche de la zone de répartition des espèces, ces espèces ne devraient plus y être plantés;
- ▶ tenir compte des prévisions de changement climatique au cours de la planification de l'avenir de la foresterie de plantation des pays africains en termes d'espèces et de sélection des provenances, d'évolution, des régimes de gestion, de production, de consommation et de commerce des produits forestiers.
- ▶ l'utilisation de méthodes de collecte de l'eau pour soulager le stress de l'eau pendant la phase de mise en place afin de favoriser une bonne reprise des plantules et des rejets

grâce à l'irrigation. Cette intervention peut être complétée par l'utilisation d'engrais et de boosters durant les premiers stades de la mise en place de plantations.

L'étude et l'évaluation de l'ampleur de la vulnérabilité des plantations forestières africaines aux changements climatiques ainsi que le contrôle de l'efficacité des mesures d'atténuation et/ou interventions d'adaptation nécessite une méthode scientifique cohérente avec la façon dont les plantations ont été établies et gérées dans le passé. Un tel procédé nécessite l'utilisation d'un cadre d'échantillonnage qui peut produire les informations nécessaires pour alimenter le processus politique/gestion. Depuis que les plantations forestières ont été établies, la gestion a déployé l'utilisation de placettes permanentes d'échantillonnage (PPE) comme un élément clé du cadre d'échantillonnage. La section suivante traite de l'utilisation et la portée des PPE dans le suivi de la vulnérabilité au changement climatique des plantations forestières africaines.

CHAPITRE 3 Placettes permanentes d'échantillonnage

L'échantillonnage a longtemps été une partie intégrante de l'inventaire forestier. Il est normalement défini comme l'énumération des caractéristiques de croissance et de qualité des forêts, et des biens et services qui en découlent, des intérêts pour les parties prenantes des forêts, tels que les propriétaires forestiers, les gestionnaires, les concessionnaires, etc. Les produits et/ou services d'intérêt peuvent inclure le bois, la biomasse, le stockage du carbone, les attributs de loisirs, et de la faune, pour n'en citer que ces quelques-uns. Ces attributs constituent une population et un échantillon est généralement une petite unité qui présente l'attribut d'intérêt qui est utilisé pour fournir les mesures qui sont nécessaires pour évaluer l'étendue de l'attribut dans la population de la forêt, le plus souvent la valeur moyenne ou espérance, par exemple, du bois marchand, du taux de croissance, de la densité de carbone, etc. Une placette d'échantillonnage temporaire donne un aperçu de l'attribut d'intérêt, tandis qu'une parcelle permanente d'échantillonnage (PPE) permet une mesure dans le temps qui donne une image dynamique de l'attribut.

Les PPE font partie de la gestion des forêts depuis que l'inventaire forestier existe (Menzies, 1994; Xu, 1992; Husch et al., 1972; Streets, 1962; Beetson et al., 1992; Picard et al., 2010 ; DWA & F 2002). Par exemple, dès 1921, la Finlande a réalisé le premier inventaire forestier national dans le monde et a continué à établir un réseau de plus de 3500 PPE dans son domaine forestier (Priyard et al., 2005). Certains pays ont un grand nombre de PPE, par exemple la Chine compte plus de 200 000 placettes (Xu, 1992 op. Cit.). Les pays africains ont beaucoup moins de PPE, mais elles existent à des degrés divers dans de nombreux pays forestiers. Par exemple, en 2005, le ministère Sud-africain des Eaux et Forêts a répertorié 20 PPE bien documentées qui ont été établies, à partir de 1987, dans les forêts naturelles persistantes du pays et sont réévaluées tous les 10 ans (DWA & F, 2005).

De même, les PPE dans les plantations forestières datent d'aussi loin que la gestion des plantations. Par exemple, il y avait au moins 221 PPE dans les plantations de tecks birmans en Inde en 1937 (Laurie et Ram, 1939). En 1998, une entreprise forestière sud-africaine, Komatiland Forests Limited (KFL), a lancé un programme PPE dans le but d'étudier la productivité des plantations. En 2001, le nombre de PPE a augmenté à plus de 120, couvrant les principales espèces de plantation dans le pays, à savoir *Pinus* et *Eucalyptus* spp. (Maplanka, 2005).

Le nombre approprié de PPE dans un écosystème de forêt donné et/ou dans la zone de gestion est déterminé par des critères statistiques issus de la variation de la variable cible et du niveau de précision désiré, mais tout en tenant compte des ressources disponibles pour

entreprendre cet exercice. Les parcelles sont généralement bien disposées et marquées dans la forêt et sur les cartes, et situées de manière à minimiser le risque de leur suppression au cours de la durée de vie de la forêt.

L'utilisation de placettes permanentes dans les plantations forestières est d'une importance capitale en ce qui concerne l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique. L'encadré 2 ci-dessous présente diverses raisons succinctement décrites par Vanclay et al., 1995.

Encadré 2: Importance de la PPE dans l'évaluation de la vulnérabilité des plantations forestières

Les plantations représentent un investissement considérable de temps et de ressources, et leur gestion efficace est nécessaire pour recouvrer cet investissement. La valeur potentielle des plantations gérées efficacement offre de nombreuses options et des incitatifs pour les interventions sylvicoles. Les modèles de simulation informatique et les systèmes d'information peuvent aider à explorer ces options et leurs implications, mais tout cela dépendra de données appropriées.

La gestion intensive et les risques financiers caractéristiques des plantations exigent des données fiables et des systèmes d'information détaillés. Heureusement, il est relativement facile de recueillir des données dans les plantations. L'accès est généralement bon, et les dossiers existants peuvent fournir une base appropriée pour la stratification. Les plantations sont normalement assez uniformes, donc un nombre relativement faible de petites parcelles peut être utilisé parce que le nombre suffisant de placettes dépend de la variance de l'attribut pour lequel l'information est demandée, la règle étant que plus la variance est élevée, plus le nombre de placettes nécessaire pour répondre à la précision et la fiabilité des estimations tirées de l'échantillonnage est élevé. Le coût est un facteur à considérer, le plus souvent lors de la détermination du niveau de précision souhaité et, éventuellement, de l'emplacement des parcelles. Comme le coût unitaire de la collecte de données dans les plantations est relativement faible et les avantages potentiels considérables, il devrait être possible de justifier une base de données complète.

Les gestionnaires et les planificateurs de plantations doivent connaître les régimes sylvicoles optimaux, y compris l'espacement initial, l'intensité et le calendrier des éclaircies, la longueur de la rotation et la méthode de régénération. Ils ont également besoin de connaître la sensibilité de ces opérations à la qualité du site ainsi que les hypothèses socio-économiques. Ils doivent également prévoir les récoltes des plantations existantes, et planifier le flux constant et durable du bois (et autres produits et services) sur le marché.

Source: J.K. Vanclay, J. & C. Skovsgaard Pilegaard Hanse 1995

Les mêmes raisons pour lesquelles les PPE sont nécessaires pour une gestion efficace et efficiente des plantations s'appliquent également au suivi, notification et vérification (MRV) dans les plantations de la REDD+. Ces PPE seront beaucoup plus nécessaires simplement en raison de la dimension supplémentaire de l'intégrité de l'environnement en ce qui concerne la réduction des émissions de carbone, ou la séquestration, qui implique un transfert supplémentaire de financement, qu'il s'agisse de fonds publics ou dépendants du marché ou encore une combinaison des deux. L'introduction de la REDD+ dans les plantations d'Afrique nécessitera la collecte de données supplémentaires à partir de placettes d'échantillonnage, y compris entre autres le taux de croissance de la biomasse et des détritiques aériens et souterrains, le carbone stocké dans les produits ligneux et leur profil éventuel d'émission, l'accumulation de carbone dans le sol, les perturbations, les taux de décomposition ainsi que la translocation hors site de la biomasse à d'autres composantes tels que les plans d'eau.

Comme décrit par Vanclay et al., 1995 op. cit., quelques questions clés doivent être prises en compte lors de l'établissement des PPE. Les parcelles doivent prendre en compte un large éventail de conditions de sites et de peuplement pour fournir des inférences valides sur les attributs d'intérêt. Les PPE peuvent être classés comme parcelles expérimentales ou parcelles de surveillance passive. Trop souvent, les systèmes PPE comprennent principalement des parcelles de surveillance passive dans des peuplements typiques, ce qui limite considérablement la capacité des modèles dérivés à fournir des conclusions sur la sylviculture optimale. Il convient également de noter que, pour les fins de la REDD+, les PPE devraient être en mesure de fournir des données de base concernant l'état réel de la plantation en l'absence de déforestation.

Pour savoir ce qui se passe quand vous dérangez un système, vous devez réellement le déranger, pas seulement passivement l'observer (Box, 1966). Par conséquent, un système PPE pour les plantations devrait inclure des parcelles expérimentales qui sont manipulées pour fournir des données sur une large gamme de densités du peuplement, une gamme de régimes d'éclaircie (lourd/léger, début/fin, haut/bas), et des données provenant de peuplements qui ont été autorisés à se développer au-delà de l'âge normal de rotation. Les placettes doivent être établies dans toutes les régions géographiques dans lesquelles les plantations ont été établies ou sont proposées.

La gestion éclairée des plantations exige une bonne base de données, car la qualité de l'information dépend de la qualité des données, les modèles de croissance et d'autres outils de planification. Plusieurs questions importantes concernent les placettes permanentes: combien de placettes, où les mettre, et comment les gérer. Les procédures de mesure de placettes sont également importantes.

La qualité des données est primordiale, donc, si les ressources sont limitées, il est préférable d'avoir quelques parcelles bien gérées (c'est-à-dire des mesures régulières, détaillées et précises), plutôt que de nombreuses placettes inadéquates. Pour des raisons de modification des stocks de carbone, il est essentiel que les PPE soient disposés de manière optimale afin d'échantillonner intégralement les données spatiales, en particulier lorsque les ressources limitent le nombre de parcelles, étant donné que la détermination du stock de carbone est lié à la compensation par tonne de carbone séquestré ou par tonne d'émissions évitées.

Les questions et sujets liés à la surveillance des écosystèmes forestiers tels que la santé des forêts, la productivité forestière, les services autres que le bois, en particulier la régulation du climat et de l'eau par la séquestration du carbone et la réduction des émissions, renforcent la nécessité d'une gestion efficace des placettes permanentes. Les plantations forestières ont traditionnellement utilisé les PPE pour mesurer le rendement, généralement destiné à obtenir le volume de bois marchand. Fondamentalement, trois paramètres importants ont été sollicités auprès des PPE, à savoir l'accroissement du diamètre, l'accroissement du volume et la dynamique de la structure des peuplements.

Les bases de données existantes doivent être évaluées afin d'identifier les zones de faiblesse et être en mesure de planifier des schémas d'échantillonnage correctifs. Habituellement, deux relations clés peuvent fournir les informations nécessaires pour estimer les classes et les conditions des sites représentées par la base de données, à savoir l'indice du site par rapport à son âge et le stockage par rapport à la taille des arbres. Cependant, il est important que ces variables, en particulier l'indice du site, soient déterminées de façon fiable. En cas de doute sur l'efficacité des estimations de l'indice de site, il est prudent de stratifier la base de données selon la géographie, le sol/la géologie ou niveau de rendement (la surface terrière totale ou la production en volume).

Les systèmes PPE établis peuvent échantillonner une gamme limitée de conditions de peuplement, et les dispositifs clinaux sont un moyen efficace pour compléter ces données afin de fournir une meilleure base pour des mesures sylvicoles (Alder, 1999). Ces suppléments seront nécessaires pour obtenir des données appropriées pour le MRV de la REDD + dans les plantations.

STATUT ET POTENTIEL DES PPE EXISTANTES POUR LA REDD+

Dans les plantations forestières d'Afrique, trop peu de PPE sont utilisées par les services de mesurage pour obtenir des données pour la planification, la sylviculture et la gestion. Par exemple, comme mentionné à l'article 2 ci-dessus, en 2001, seulement environ 120 PPE existaient dans les plantations de *Pinus* et d'*Eucalyptus* en Afrique du Sud, ce qui est un

très petit nombre pour un pays qui compte près de 1,8 million d'hectares de plantations (Maplanka, 2005 op. Cit.). Il est supposé que d'autres pays aient même un plus petit nombre de PPE dans leurs plantations, mais de telles données ne sont pas disponibles.

En raison d'un programme spécial de collaboration entre le Kenya et l'Université du Michigan aux États-Unis, le Kenya a assemblé une base de données de PPE existantes et nouvellement créées dans le but de contrôler la densité de carbone à l'échelle du paysage dans le pays qui constituerait aussi une bonne base pour une participation effective à la REDD+. Au Kenya, 144 placettes d'échantillonnage sur 197 000 ha de plantations forestières ont été utilisées pour fournir des données afin d'estimer la densité de carbone aérien, et pour les 700 000 ha de forêts naturelles, 385 parcelles ont été installées (Smalligan, 2011). Avant cet effort pour obtenir des données sur la densité exhaustive de carbone pour le secteur de l'utilisation des terres au Kenya, il n'y avait que 58 placettes dans les plantations, une situation qui est toujours supposée avoir été meilleure que dans de nombreux pays africains excepté l'Afrique du Sud. Malheureusement, des ressources limitées sont allouées à la gestion des plantations forestières, ce qui signifie que la fréquence des réajustements de valeur dans des placettes d'échantillonnage existantes pourrait ne pas être suffisante pour produire les données nécessaires à la comptabilisation du carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto ou pour une utilisation dans les nouveaux régimes d'atténuation tels que la REDD+ ou les MAAN.

Plus important encore, la gestion normale du bois de plantation a seulement besoin de données sur les taux de croissance et le volume de bois marchand, et rarement sur les paramètres nécessaires pour la comptabilisation du carbone, tels que la densité du bois, la teneur en carbone de la biomasse, le bois non commercialisable, la biomasse souterraine, le dépôt de la litière, le taux de mortalité, les taux de décomposition, l'utilisation des produits et le carbone du sol. Ainsi, la REDD+ ou d'autres programmes d'atténuation dans les plantations devront utiliser les placettes permanentes d'échantillonnage existantes, mais également les augmenter afin de répondre aux besoins accrus de données de ces activités d'atténuation.

Même si les PPE étaient adéquates pour les mesures de rendement, il est peu probable qu'elles le soient pour les autres paramètres vu le fait que la taille adéquate de l'échantillon dépend essentiellement de la variance de la variable concernée et la précision souhaitée pour les paramètres ciblés. La répartition des placettes dans une plantation pour les données de volume est différente de celle des données sur le carbone du sol en raison de la différence intrinsèque entre leurs couches et de la complexité (Eswaran et al., 1993).

Dans cette étude, l'étude kenyane d'échantillonnage de la biomasse est utilisée comme référence pour estimer le nombre de parcelles nécessaires pour l'ensemble des plantations africaines. Dans les plantations du Kenya, les placettes d'échantillonnage déjà existantes constituent 40 pour cent de celles jugées adéquates pour l'étude de la biomasse en

question où chaque placette a été prise pour représenter 5 000 ha de plantation (Smalligan 2011 *op. cit.*). En supposant une diversité similaire des espèces et des zones éco-floristiques comparables, et que cette intensité d'échantillonnage doit être entreprise pour les 16 millions d'hectares de plantations en Afrique, au moins 3 000 placettes seraient nécessaires pour obtenir le stock de carbone. Une fois qu'on obtient de bonnes estimations du stock de carbone aérien, on peut utiliser les équations allométriques et les facteurs d'expansion pour obtenir le stock de carbone de la végétation totale dans la plantation.

Pour la comptabilisation du carbone, il sera nécessaire de mettre en place des placettes destructives afin que les données puissent être obtenues pour les paramètres non volumétriques. Ces placettes destructives peuvent être peu nombreuses pour les plantations de la même espèce par rapport aux plantations multi-espèces. Certaines des données génériques, tels que celles de la teneur en carbone ou de la densité du bois peuvent être obtenues à partir de la littérature car il n'y a pas de variation significative au sein des espèces.

Les plantations non ligneuses - par exemple acacia, caoutchouc, palmiers, etc. - ne peuvent pas avoir des PPE équivalentes à des plantations d'arbres en raison des objectifs de gestion différents. La gestion des 680 000 ha de plantations de caoutchouc sur le continent africain sera plus intéressée par le rendement en caoutchouc que la croissance du bois. Étant donné que ces plantations sont aussi vulnérables aux perturbations que les autres plantations d'arbres, et sont plus susceptibles d'être incluses dans les programmes d'atténuation comme la REDD+, il est impératif que les PPE soient établies pour le suivi, l'information et le contrôle des stocks de carbone y compris également le suivi de la biodiversité. Les incendies et les autres agents de déforestation et de dégradation peuvent détruire les PPE existantes et de ce fait, nécessiteront la mise en place de PPE correctives.

CHANGEMENTS INSTITUTIONNELS REQUIS

Afin de satisfaire l'immensité des besoins en données nécessaires au suivi des programmes REDD + dans les plantations, chaque pays a besoin d'un réseau de PPE dans les différentes plantations. Pour réduire la duplication des efforts, un réseau régional de PPE doit être développé et la base de données nécessaire partagée par les différents acteurs, y compris les développeurs des projets REDD+, les validateurs, les financiers, les acheteurs de carbone et le secrétariat de la CCNUCC REDD+. Il est nécessaire d'intégrer les informations sur les forêts dans l'espace et le temps, ce qui requiert des stratégies efficaces pour compléter les bases de données déficientes afin de répondre à l'objectif plus global de réduction des GES.

La mise en place de bases de données nationales accessibles devrait être l'épine dorsale d'un réseau régional et/ou continental de PPE et des informations à l'échelle du paysage telles que l'ampleur des changements dans l'utilisation des terres et la qualité des différents écosystèmes. Le suivi des changements dans les terres forestières à proximité de plantations fourniront une base pour évaluer l'ampleur des fuites associées aux programmes et/ou projets de plantation REDD+.

Afin d'obtenir des résultats valides et stables dans la façon dont les données PPE sont traitées et gérées, il est jugé nécessaire d'établir un réseau national de croissance et le rendement puisque les programmes et/ou projets REDD+ utiliseront des références nationales ou régionales, et le suivi périodique des émissions évitées et des gains en carbone sera contrôlé à partir de ce réseau de PPE.

Il est donc recommandé qu'une institution nationale, ou qu'un service dédié à une institution compétente existante, soit établi avec le mandat et les ressources nécessaires pour gérer le réseau de PPE et être le dépositaire de toutes les informations recueillies au niveau des placettes. Pour faciliter ce processus, chaque unité de gestion de la plantation doit avoir un département/section biométrique qui gère et collecte les données sur les PPE et les transmet à la base de données nationale. Cette institution sera également chargée de collecter des données connexes, y compris le suivi de la biodiversité, l'utilisation des produits, la durée de vie des produits, etc. qui sont jugées nécessaires pour le suivi de tous les projets/programmes d'atténuation dans le secteur forestier. Les plantations doivent seulement être une partie des objectifs de ce centre d'information de carbone ou chambre de compensation.

Afin de permettre le réseautage des services biométriques dans chaque unité de gestion des plantations, ainsi que celui des experts du centre national/régional, il est impératif que le personnel responsable suive les formations nécessaires afin d'harmoniser les processus de mesure et de maintenir un niveau désiré de précision et de cohérence. Des programmes d'assurance de la qualité doivent être mis en place pour assurer la fiabilité des données, étant donné qu'elles seront utilisées pour la validation et l'accréditation des avantages carbone pour divers acteurs.

CHAPITRE 4 Conclusions et recommandations

L'échantillonnage est une partie intégrante de l'inventaire forestier qui à son tour est essentiel à la gestion efficace des forêts. Une placette temporaire donne un aperçu de l'attribut d'intérêt, tandis que la PPE permet la remesure dans le temps, offrant ainsi une image dynamique de l'attribut. La gestion des plantations forestières en Afrique a mis en place quelques PPE afin de fournir des données pour la modélisation de la croissance, la planification des interventions sylvicoles et les cycles de récolte. Une analyse des PPE dans les plantations en Afrique du Sud et le Kenya a révélé que celles-ci sont insuffisantes, faute de ressources, même pour la gestion des plantations.

Au cours des programmes d'atténuation comme la REDD+, les PPE seront requises pour fournir les données nécessaires pour la comptabilisation du carbone. L'introduction de la REDD+ dans les plantations en Afrique exigera une expansion significative du nombre et de l'emplacement de PPE afin d'obtenir des estimations des attributs pertinents du carbone de plantation tels que la densité souterraine et aérienne de carbone, les détritiques, les produits et les profils de décomposition. En utilisant l'étude du Kenya comme point de référence, il a été estimé que pour permettre aux plantations africaines de participer pleinement au programme REDD+, il faudra au moins 3 000 PPE pour fournir des données adéquates relatives à la biomasse aérienne des stocks de carbone. On estime que moins de 40 pour cent de cela existe actuellement dans divers états de gestion et de suivi.

Il est recommandé que chaque pays ayant des plantations forestières établisse un service biométrique au niveau de la gestion des plantations qui sera chargé d'établir un nombre suffisant de PPE et de collecter et de transmettre des données y afférentes à un référentiel central auquel les acteurs de la REDD+ peuvent avoir un accès transparent. Un réseau de ces centres de données et des praticiens à l'échelle régionale ou continentale permettra de réduire les coûts par le partage transversal des données pertinentes.

Références bibliographiques

- Alder, D. 1999. Workshop Conclusions. In: H.L. Wright and D. Alder (Editors), 1999. Proceedings of a Workshop on Humid and Semi-humid Tropical Forest Yield Regulation with Minimal Data. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. *O.F.I. Occasional Papers* No. 52: 91-92.
- Beetson, T., M. Nester, and J.K. Vanclay, 1992. Enhancing a Permanent Sample Plot System in Natural Forests. *The Statistician*, 41: 525-538.
- Box, G.E.P., 1966. Use and Abuse of Regression. *Technometrics*, 8: 625-629.
- Department of Water Affairs and Forestry, 2002. Draft Principles, Criteria, Indicators and Standards for Sustainable Forest Management of Natural Forests and Plantations in South Africa. Pretoria, RSA.
- Department of Water Affairs and Forestry, 2005. Sustainable Resource Use: Annex 10 – Description of Permanent Sample Plots in South Africa. Pretoria, RSA.
- De Lucia, E.H., J.G. Hamilton, S.L. Naidu, R.B. Thomas, J.A. Andrews, A. Finzi, , M. Lavine, R. Matamala, J.E. Mohan, G.R. Hendry and W.H. Schlesinger, 1999. Net primary production of a forest ecosystem with experimental CO₂ enrichment. *Science* 284, 1177-1179.
- Eswaran, H., E. van den Berg and P. Reich, 1993. Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Science Society of America Journal* Vol. 57 No. 1, p. 192-194.
- FAO, 2010. Forest Resource Assessment 2010. FAO, Rome.
- Fairbanks, D and R. Scholes, 1999. South African Country Study on Climate Change: Vulnerability and Adaptation Assessment for Plantation Forestry. Pretoria, RSA.
- Field, C.B., F.S. Chapin III, P.A. Matson, and H.A. Mooney, 1992. Responses of terrestrial ecosystems to the changing atmosphere: a resource-based approach. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23, 201-236.
- Harmeling, S., 2010. Global Climate Risk Index 2011 – Who Suffers Most from Extreme Weather Events? German Watch, Bonn. Also available at: www.germanwatch.org/cr
- Husch, B., T. W. Beers and J. A. Kershaw Jr. 1972. Forest Mensuration. The Ronald Press Company, New York
- Idso, S., 1999. The lay-term response of trees to atmospheric CO₂ enrichment. *Global Change Biology* 5, 493-495.

- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report (AR4). Cambridge University Press, UK.
- IPCC, 2013. Fifth Assessment Report (AR5). Cambridge University Press, UK.
- Keeling, R., 2012. We Have Reached a Troubling Carbon Dioxide Milestone. *New Scientist* No. 2918. Found on www.newscientist.com
- Laurie, M.V. and B. S. Ram, 1939. Yield and Stand Tables for Teak in India and Burma. Indian Forest Record. Silviculture New Series Vol. IV-A No 1.
- Maplanka, N., 2005. Investigating the Use of Soil and Foliar Analyses as Indicators of Productivity in Short Rotation Plantations in South Africa. A project report submitted in partial fulfilment of the requirements for a Master Degree by coursework and research project in Resource Conservation Biology. University of Witwatersrand, Johannesburg.
- Menzies N., 1994. Forest and Land Management in Imperial China. St Martin's Press, New York.
- Menzies, N. and N. Peluso, 1991. "Rights of Access to Upland Forest Resources in Southwest China". *Journal of World Forest Resource Management* 6: 1-20.
- Mooney, H.A., J. Canadell, F.S. Chapin III, J.R. Ehleringer, Ch. Korner, R.E. McMurtrie, W.J. Parton, L.F. Pitelka and E.D. Schulze, 1999. Ecosystem Physiology Responses to Global Change. In: *The Terrestrial Biosphere and Global Change: Implications for Natural and Managed Systems*. Synthesis volume (Eds. B. Walker, W. Steffen, J. Canadell and J. Ingram). IGBP Book Series 4, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Mora, C., A.G. Frazier, R. J. Longman, R.S. Dacks, M.M. Walton, E.J. Tong, J.J. Sanchez, L.R. Kaiser, Y.O. Stender, J.M. Anderson, C.M. Ambrosino, I. Fernandez-Silva, L.M. Giuseffi and T.W. Giambelluca, 2013. The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature* 502, 183–187.
- Picard N., S. Magnussen, L.N. Banak, S. Namkossereana and, Y. Yalibanda, 2010. Permanent sample plots for natural tropical forests: a rationale with special emphasis on Central Africa. *Environment Monitoring & Assessment* 164(1-4):279-95. doi: 10.1007/s10661-009-0892-y. Epub 2009 Apr 8.
- Priyard, H., P. Gunarso and M. Kanninen, 2005. Permanent Sample Plots: More than Just Forest Data. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and the Pacific Region held in Bogor Indonesia.

- Smalligan, M., 2011. Above Ground Biomass Sampling in Kenya's Forests for the GEF/UNEP Carbon Benefits Project: Potential for a Tier 3 National Carbon Map. Global Observatory for Ecosystem Services. MSU, Michigan
- Streets, R.J., 1962. Exotic Forest Trees in the British Commonwealth. Clarendon Press, Oxford, 765 pp
- UNFCCC, 1992. Framework Convention on Climate Change. United Nations, New York.
- UNFCCC, 1997. The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/1997//L.7/Add.1.Dec.10.1977
<http://unfccc.int/resources/docs/cop3/107a01.pdf>
- UNFCCC, 2012a. COP18 - Doha Gateway. United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/AWGLCA/2012
- UNFCCC, 2012b. Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention. FCCC/AWGLCA/2012/L.4
- Warburton M. and R. Schulze, 2006. Climate Change and the South African Commercial Forestry Sector – an Initial Study. A Report to Forestry SA. Pietermaritzburg, South Africa.
- Vanclay, J.K., J.P. Skovsgaard and C. PilegaardHanse, 1995. Assessing the Quality of Permanent Sample Plot Databases for Growth Modelling in Forest Plantations.
- Xu, D., 1992. Forest-related CO₂ emissions in China: current estimates and long-term forecast. In Makundi, W. and J. Sathaye (Eds.): Carbon Emissions and Sequestration in Forests: Case Studies from Seven Developing Countries. Vol. 3 India and China. Climate Change Division, EPA, Washington DC, USA

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

