



Atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale

2-5 avril 2013

Yaoundé, Cameroun

Compte-rendu



Projet de renforcement des capacités institutionnelles en matière de REDD+ pour la gestion durable des forêts du Bassin du Congo

Remerciements

La Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) a bénéficié d'un don du Fonds Mondial pour l'Environnement (FEM) pour la mise en œuvre du Projet régional de renforcement des capacités institutionnelles en matière de REDD pour la gestion durable des forêts dans le Bassin du Congo (PREREDD), dans le cadre duquel a été organisé l'atelier scientifique sur les équations allométriques en Afrique centrale du 2–5 avril 2013

L'ensemble des participants à l'atelier sont remerciés pour leurs contributions aux débats scientifiques, qui constituent la matière première de ce rapport. Un remerciement particulier est adressé aux modérateurs des sessions et aux présidents des tables rondes, Noël Fonton, Philippe Lejeune, Louis Zapfack, Jean-Luc Dimi, Alfred Ngomanda, Suspense Ifo, François Hiol Hiol et Faustin Boyemba, pour leur animation des échanges scientifiques.

L'organisation scientifique de cet atelier scientifique régional sur les équations allométriques a été assurée conjointement par le PREREDD et le programme ONU-REDD, tandis que son organisation logistique a été assurée par la cellule de gestion du PREREDD. Nous remercions en particulier les membres du comité scientifique de l'atelier.

Ce compte-rendu a été rédigé par Nicolas Picard et Matieu Henry, sur la base des rapports établis par les rapporteurs des sessions et des tables rondes, Émilien Dubiez, Christelle Gonmadje, Pierre Ploton, Philippe Lejeune et Florence Palla.

Contacts :

Nicolas Picard

Projet de renforcement des capacités institutionnelles en matière de REDD+ pour la gestion durable des forêts du Bassin du Congo

Email : nicolas.picard@cirad.fr

Matieu Henry

Programme ONU-REDD

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Email : Matieu.Henry@fao.org



Table des matières

Remerciements	2
Abbréviations	4
1 Introduction	5
2 État des lieux des équations allométriques en Afrique centrale	6
3 Besoins en termes de précision d'estimation et nouveaux outils pour estimer la biomasse	7
4 Estimation de la biomasse : de l'échelle de l'arbre à l'échelle du paysage	8
5 Les différents compartiments du carbone forestier : l'arbre, le sous-bois, le sol...	9
6 Vers un réseau d'experts régionaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier	9
6.1 Faut-il créer un réseau scientifique et selon quelles modalités ?	9
6.2 Comment former un pool d'experts ?	11
6.3 Base de données sur la biomasse	11
7 Méthodologie pour la définition d'équations allométriques à l'échelle régionale du bassin du Congo	12
7.1 Phase de planification	12
7.1.1 Stratification	12
7.1.2 Plan d'échantillonnage	14
7.1.3 Adaptation aux contextes nationaux	16
7.2 Quelle approche pour la mesure et la prédiction de la biomasse ?	16
7.3 Phase de mesures sur le terrain	17
8 Conclusion et prochaines étapes	20
Annexes	22
A Discours d'ouverture et de clôture de l'atelier	22
B Liste des participants	22
C Termes de référence de l'atelier	22
D Programme réalisé de l'atelier	22
E Résumé des communications	22



Abbreviations

- ADN : acide désoxyribonucléique
AIRD : Agence Inter-établissements de Recherche pour le Développement
AfriSeb : Services écosystémiques et biodiversité : vers un réseau social d'information scientifique et technique pour l'Afrique
AfriTRON : African Tropical Rainforest Observation Network
Biome-BGC : Biome BioGeochemical Cycles
COMIFAC : Commission des Forêts d'Afrique Centrale
DIAF : Direction des Inventaires et Aménagement Forestiers
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
ICRAF : World Agroforestry Centre
IRET : Institut de Recherche en Écologie Tropicale
LAI : leaf area index (indice de surface foliaire)
LiDAR : Light Detection And Ranging
MNV : mesure, notification et vérification
MODIS : Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (radiomètre spectral pour imagerie de résolution moyenne)
OFAC : Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale
ONU-REDD : programme des Nations Unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts
PARRAF : Programme d'Appui à la Recherche en Réseau en Afrique
RCA : République Centrafricaine
RDC : République Démocratique du Congo
REDD : réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts
RIFFEAC : Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale de l'Afrique Centrale
RPP : Readiness Preparation Proposal
SIG : système d'information géographique
US\$: dollar des États-Unis d'Amérique



1 Introduction

Du 2 au 5 avril 2013 s'est tenu à l'hôtel Tou'Ngou à Yaoundé, Cameroun, le premier atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique centrale. Cet atelier s'inscrivant dans le projet régional REDD+ de la COMIFAC et dans le programme ONU-REDD a réuni 75 experts de la sous-région (annexe B). Il a eu pour objectif de faire un état des lieux des travaux scientifiques en Afrique centrale sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier, avec un accent particulier sur les équations allométriques, afin de préciser les besoins et manques dans la sous-région (annexe C). Un des objectifs spécifiques de l'atelier était la création d'une base de données d'experts nationaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier en Afrique Centrale.

Les résultats attendus de l'atelier étaient les suivants : (i) meilleure connaissance du stade de développement des équations allométriques en Afrique centrale : l'atelier fournira un état des lieux sur les équations allométriques en Afrique centrale, et plus généralement sur la mesure des stocks de carbone forestier. (ii) Renforcement des capacités sur l'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers dans le contexte d'exigences de plus en plus poussées en termes de précision d'estimation : les capacités nationales en matière d'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers sont accrues, avec des conseils fournis pour le développement de modèles, l'estimation de la biomasse, les arrangements institutionnels, la gestion de base de données et le partage de données, et l'analyse de données. (iii) Accroissement du réseautage et des accords cadre pour l'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers : la connaissance des différentes initiatives en cours dans la sous-région pour l'estimation des stocks de carbone forestiers, et en particulier les équations allométriques, sera améliorée. Une opportunité sera fournie aux différents acteurs de partager leurs expériences respectives et de participer à une nouvelle initiative conjointe pour partager les données afin d'améliorer l'estimation des stocks de carbone forestiers à l'échelle nationale.

L'ouverture de l'atelier a été marquée par un discours du représentant du Secrétariat Exécutif de la COMIFAC, mandé par le Secrétaire Exécutif de la COMIFAC, empêché (annexe A). L'atelier a pris la forme de présentations scientifiques classiques (exposés suivis de questions) et de discussions en table ronde. Il s'est composé de 28 communications scientifiques orales réparties en 4 sessions thématiques¹, de 4 posters et de 2 tables rondes (annexe D) :

1. Session « État des lieux des équations allométriques en Afrique centrale »
2. Session « Besoins en termes de précision d'estimation et nouveaux outils pour estimer la biomasse »
3. Session « Estimation de la biomasse : de l'échelle de l'arbre à l'échelle du paysage »
4. Session « Les différents compartiments du carbone forestier : l'arbre, le sous-bois, le sol... »
5. Table ronde « Vers un réseau d'experts nationaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier »
6. Table ronde « Méthodologie pour la définition d'équations allométriques à l'échelle régionale du bassin du Congo ».

1. Les communications n'ont pas pu être présentées dans l'ordre des sessions thématiques comme initialement prévu, à cause de l'arrivée retardée d'une partie des participants venant de l'étranger. La compagnie aérienne Camair-Co ayant en effet annulé sans préavis la quasi-totalité de ses vols entre le 31 mars et le 3 avril, presque tous les participants venant de l'étranger sont arrivés plus tard que prévu à Yaoundé. En particulier, les participants venant de ou ayant transité par Kinshasa, Libreville, Brazzaville sont arrivés à Yaoundé dans la nuit du 2 au 3 avril, après de nombreuses péripéties. Ces difficultés logistiques (en particulier pour la liaison Douala-Yaoundé) posent la question du choix de Yaoundé pour l'organisation d'ateliers futurs.



L'atelier s'est conclu par un discours du représentant du Secrétariat Exécutif de la COMIFAC (annexe A), qui a rappelé l'engagement de la COMIFAC à accompagner le processus de définition des équations allométriques pour l'Afrique centrale.

Ce rapport vise à rendre compte des exposés et des discussions qui ont suivi les exposés scientifiques, ainsi que des recommandations issues des tables rondes.

2 État des lieux des équations allométriques en Afrique centrale

Les dix communications orales faites dans le cadre de cette session ont permis de dresser un état des lieux des équations allométriques existantes en Afrique centrale, que ce soit des tarifs de cubage ou des tarifs de biomasse. La base de données Globalloometree, qui sera prochainement mise en ligne, recense l'ensemble des équations allométriques au niveau mondial. En ce qui concerne plus spécifiquement les tarifs de biomasse, deux des cinq tarifs publiés pour les forêts tropicales humides d'Afrique ont été présentés au cours de l'atelier (Djomo et al., 2010, au Cameroun et Ebuy Alipade et al., 2011, en RDC). Deux autres tarifs, pas encore publiés, ont été présentés lors de l'atelier (un tarif au Cameroun, basé sur 138 arbres et un autre au Gabon, basé sur 100 arbres). Deux campagnes en cours de mesure de biomasse ont aussi été présentées (en RDC, avec 160 arbres déjà mesurés, et au Congo).

Discussions : la validité des équations allométriques pan-tropicales, à commencer par celle de [Chave et al. \(2005\)](#) qui est de loin la plus utilisée dans les études de biomasse en Afrique centrale, a largement été débattue. La question suivante est souvent revenue : pourquoi utiliser l'équation pan-tropicale de [Chave et al. \(2005\)](#) quand on dispose d'équations locales ? Cette question fondamentale doit guider tout travail futur sur l'élaboration d'autres équations locales. Alors que l'exposé de Philippe Lejeune a montré que l'équation de [Chave et al. \(2005\)](#) était valide dans l'est du Cameroun (138 arbres), l'étude présentée par Quentin Moundounga au Gabon (100 arbres) est arrivée à une conclusion sensiblement différente (l'équation de [Vieilledent et al., 2012](#), étant bien moins biaisée que celle de [Chave et al., 2005](#), dans ce cas de figure). Il a été recommandé, lorsque l'on utilise un tarif de cubage donné, de rappeler que les prédictions de biomasse ne sont rien de plus que des estimations.

Les discussions ont également porté sur la nature des variables explicatives à prendre en compte dans les modèles pour mieux prédire la biomasse. Les variables couramment prises en compte dans les modèles actuels sont le diamètre de l'arbre, sa hauteur et la densité spécifique du bois. Les meilleurs modèles actuels ont une variabilité résiduelle qui plafonne à 0,3 (écart-type résiduel sur les données log-transformées, pour une biomasse sèche exprimée en kg). Cette variabilité correspond à la variabilité individuelle de biomasse d'arbres ayant les mêmes caractéristiques en termes de diamètre, hauteur, densité du bois. Cette variabilité est incompressible à moins d'introduire des variables explicatives supplémentaires dans le modèle. La stratification en types forestiers peut permettre de réduire cette variabilité, mais il a été souligné que la variabilité à l'échelle locale (à l'échelle d'une centaine de mètres, quand on passe d'une ligne de crête à un bas-fond, par exemple) peut être supérieure à la variabilité à l'échelle des paysages. Les exposés de Pierre Ploton et de Nicolas Barbier ont souligné que les variables explicatives à prendre en compte prioritairement seraient l'architecture de l'arbre et le volume du houppier. En ce qui concerne l'architecture, il serait possible d'établir des tables de correspondance entre espèce et type architectural, qui seraient accessibles en routine de la même manière que pour



les densités spécifiques du bois.

Recommandation 1 : pour que les tarifs qui incorporent ces variables explicatives soient utilisables au niveau du MNV, ces variables doivent rester accessibles au niveau des inventaires forestiers.

Les discussions ont enfin porté sur la façon d'incorporer l'information « espèce » dans les modèles. Cette discussion a été transversale aux tarifs de biomasse et aux tarifs de cubage, en particulier grâce à l'exposé de Noël Fonton.

Recommandation 2 : il n'est pas efficace de construire des tarifs spécifiques en forêt naturelle (le contraire étant vrai pour les plantations). L'effet espèce peut être incorporé dans les modèles à travers des traits fonctionnels tels que la densité du bois ou le type architectural. Une autre solution consiste à former des groupes d'espèces.

Les groupes peuvent être formés *a priori* (préalablement à la définition des équations allométriques), ce qui est l'approche la plus courante, ou de manière simultanée à la construction des équations allométriques. Cette dernière approche semble être plus efficace, mais techniquement plus difficile à mettre en œuvre.

3 Besoins en termes de précision d'estimation et nouveaux outils pour estimer la biomasse

Les trois communications orales présentées dans cette session ont permis d'appréhender les méthodes qui seront peut-être utilisées dans le futur pour mesurer la biomasse des arbres. Les méthodes actuelles, qui reposent sur des pesées directes des arbres et/ou des mesures indirectes (cubage des billons, sous-échantillonnage des branches et utilisation d'une allométrie des branches pour mesurer la biomasse foliaire) sont fastidieuses, techniquement peu évoluées, et surtout destructives. Deux nouvelles méthodes, non destructives, ont été présentées lors de l'atelier : la stéréophotogrammétrie et le LiDAR terrestre. Toutes deux ont en commun de reconstituer une image 3D de l'arbre. La stéréophotogrammétrie repose sur le même principe que la vision humaine : à partir de deux photos de l'arbre prises sous deux angles de vue légèrement décalés, on peut reconstituer une image 3D de l'arbre. Le LiDAR terrestre est un scanner laser qui, en mesurant les distances d'un point fixe à tous les points de l'arbre, permet de reconstituer son volume en 3D.

Discussions : les avantages et inconvénients de chaque approche ont été discutés. L'archaïsme des méthodes par abattage, découpage et pesée, a été souligné. Toutefois, cette approche a encore de beaux jours devant elle, ne serait-ce que parce que c'est la seule méthode de mesure directe de la biomasse et qu'elle sera donc nécessaire pour valider toutes les autres méthodes de mesure qui sont indirectes.



Recommandation 3 : compte-tenu que le passage de l'imagerie 2D à l'imagerie 3D est très certainement l'avenir de l'estimation de la biomasse des arbres, il faudra veiller au développement de méthodes non destructives de mesure de la biomasse fondées sur l'imagerie 3D.

Une limite à l'utilisation du LiDAR terrestre, surtout en Afrique centrale, est pour l'instant le coût du matériel et la puissance de calcul qui est nécessaire pour traiter l'information brute. La stéréophotogrammétrie est un compromis, car elle nécessite un matériel moins cher (un appareil photo standard peut faire l'affaire) et des logiciels gratuits sont disponibles pour traiter l'information. Les difficultés techniques liées à cette méthode sont cependant loin d'être résolues (filtrage de l'information et du bruit sur les photos, problème de parallaxe pour les photos prises du sol, sensibilité à l'éclairage de la scène, etc.). Un traitement automatisé des images n'est pas encore envisageable et, pour l'instant, cette technique a été utilisée pour les cas difficiles pour les méthodes classiques de mesure (arbres à contreforts, cf. exposé de Sébastien Bauwens).

4 Estimation de la biomasse : de l'échelle de l'arbre à l'échelle du paysage

Cette session, comportant dix communications orales, a montré comment la combinaison d'inventaires forestiers et d'équations allométriques permet d'estimer la biomasse stockée dans la végétation, pour des formations en Afrique centrale. Différents types de formation végétale ont été étudiés, de la forêt naturelle à la parcelle cultivée en passant par la jachère (à différents stades d'évolution) et l'agroforêt. L'équation allométrique la plus souvent utilisée dans le cadre de ces études est l'équation pan-tropicale de [Chave et al. \(2005\)](#), quand bien même celle-ci ne repose sur aucune donnée provenant d'Afrique centrale. Les relations entre le stock local de biomasse et les facteurs environnementaux ont parfois été étudiées (cf., par exemple, les exposés de Bonaventure Sonké et de Christelle Gondmadje).

Certaines études, en comparant les stocks de carbone estimés par différents modèles, ont révélé l'impact du choix du modèle sur l'estimation des stocks et, par conséquent, des facteurs d'émission. L'étude de Léopoldine Djomo, par exemple, a montré que le facteur d'émission quand on passe de la vieille jachère à la forêt dégradée peut être positif ou négatif selon l'équation allométrique utilisée.

Discussions : une valeur ajoutée de ces différentes études sera obtenue si on peut les comparer entre elles, et une partie des discussions a porté sur les limites méthodologiques pour effectuer de telles comparaisons. Une première limite tient à la typologie forestière : les discussions ont insisté sur la nécessité de donner les définitions des types utilisés, et de préciser les critères d'identification de ces types. Si, par exemple, la vieille jachère n'est pas définie de la même manière dans deux études, il sera délicat de comparer les stocks de biomasse pour la vieille jachère entre ces deux études. Les discussions ont souligné également l'hétérogénéité des dispositifs d'inventaire forestier : les tailles et formes des placettes d'inventaire, les protocoles d'inventaire (systématique, aléatoire...) diffèrent d'une étude à une autre.



Recommandation 4 : il faudrait homogénéiser les protocoles d'inventaire forestier pour la biomasse pour faciliter les comparaisons à l'échelle de la sous-région.

Les discussions ont également porté sur tous les cas hors norme (lianes, arbres à contrefort ou à racines échasses. . .) et sur l'écart entre les protocoles de mesure défini au bureau et la réalité des mesures sur le terrain. Le cas des arbres hors norme a été rediscuté lors de la seconde table ronde (cf. page 17). L'intérêt de faire un suivi longitudinal dans le temps de ces estimations, plutôt que de faire une estimation du stock au temps t , a également été souligné. Enfin, les discussions ont porté sur le cas des aires protégées : doivent-elles être considérées comme un type à part, ou bien leur stock de carbone doit-il être inventorié en fonction des types de formation végétale qui s'y trouvent, sans distinction par rapport aux zones non protégées ? Cette question renvoie à la stratification des formations végétales pour l'estimation de la biomasse (cf. section 7.1.1) et à la pertinence ou non de croiser des strates contrastées du point de vue de la biomasse qu'elles stockent avec des strates qui diffèrent par le mode de gestion de leur biomasse.

5 Les différents compartiments du carbone forestier : l'arbre, le sous-bois, le sol. . .

Les cinq communications présentées dans cette session ont permis d'aborder la question des compartiments de stockage du carbone (sol, biomasse racinaire principalement) qui ne sont pas abordés par les équations allométriques pour la biomasse aérienne des arbres. Une approche basée sur la modélisation (modèle Biome-BGC, cf. exposé de Stephan Pietsch) a également été présentée.

Discussions : la prise en compte de compartiments différents d'une étude à l'autre limite la possibilité de comparer les estimations des stocks de biomasse entre les études. Lorsqu'une étude évalue les stocks dans plusieurs compartiments à la fois, il est recommandé de préciser la décomposition du stock total selon les différents compartiments.

6 Vers un réseau d'experts régionaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier

Une table ronde a été organisée pour émettre des recommandations sur la création d'un partenariat scientifique en Afrique centrale sur les équations allométriques et la mesure des stocks de carbone forestier. Les participants ont été répartis en trois groupes, avec une liste de questions à traiter. Ces questions pouvaient être rattachées à trois grands ensembles.

6.1 Faut-il créer un réseau scientifique et selon quelles modalités ?

La question a d'abord été posée de savoir s'il est nécessaire de créer un réseau spécifique pour les questions de mesure et de suivi des stocks de carbone forestier en Afrique centrale, ou bien s'il existe déjà suffisamment de structures et de réseaux dans la sous-région (cf. par exemple le réseau [afriSeb](#) pour les services écosystémiques en Afrique, ou la plateforme



REDD+ Community, ou divers groupes de discussion sur le REDD+ sur le réseau social **LinkedIn**). Dans la seconde éventualité, à quel réseau ou structure devrait-on se rattacher ? Tous les groupes ont répondu que la création d'un réseau scientifique spécifique à l'Afrique centrale sur les questions de mesure et de suivi des stocks de carbone forestier est nécessaire, pour échanger rapidement l'information (plateforme d'échange), pour éviter les doublons d'un pays à l'autre (voire au sein du même pays), et pour généraliser et/ou valider les conclusions de différentes études.

Un réseau scientifique ne pouvant vivre que s'il se donne des objectifs à atteindre, la question a ensuite été posée des objectifs que le réseau devrait se donner. Quels seraient les mots-clés définissant la raison d'être de ce réseau ? Est-ce que le réseau se donne des objectifs en termes de projets scientifiques à monter en commun (cf. par exemple initiative **PARRAF** de l'AIRD), en termes de montage autour d'une base de données commune (cf. par exemple réseau **AfriTRON**), en termes de synthèse bibliographique sur des points techniques (en particulier, pour produire des documents de vulgarisation pour les décideurs ; cf. par exemple l'initiative **SciVerse**), etc. ? Les objectifs suivants sont ressortis des discussions : faciliter l'accès à la formation et renforcer les capacités (en particulier pour les jeunes chercheurs) ; faciliter la collaboration entre chercheurs ; faciliter l'accès aux sites d'étude ; éviter les doublons au niveau des études ; mettre en cohérence et harmoniser les approches scientifiques (par exemple, en ce qui concerne les facteurs et les types d'utilisation des terres) ; faciliter le suivi et la mesure des stocks de carbone selon des approches multidisciplinaires ; faciliter l'accès pour les décideurs à certaines expertises « pointues » (spécifiquement, élaborer un guide décisionnel sur les équations allométriques) ; assurer une veille scientifique et technologique ; fournir une aide à la publication pour les chercheurs de la sous-région.

Recommandation 5 : créer une cellule de production scientifique accélérée, permettant aux chercheurs de publier rapidement leurs résultats.

La question a enfin été posée des modalités de mise en place de ce réseau : quelle forme ce réseau devrait-il prendre ? On peut envisager différentes formes, depuis quelque chose d'assez léger (plateforme internet + ateliers réguliers pour se rencontrer), voire informel (groupe de discussion sur réseau social), jusqu'à des formes beaucoup plus lourdes (société scientifique ou association internationale, avec un statut juridique). Tous les groupes ont concordé à dire que, au moins dans un premier temps, une forme légère de réseau scientifique devrait être mise en place. Une formalisation minimale du réseau sera toutefois nécessaire pour assurer sa pérennité au-delà de la durée du projet REDD+ de la COMIFAC. La création du réseau au sein de l'OFAC pourrait assurer cette pérennité. Dans un premier temps, le réseau pourrait prendre la forme d'une plateforme d'échange d'information (comme celle de l'OFAC), en combinaison avec des ateliers réguliers, complété par un site web de type « réseau social », plus dynamique et interactif. Progressivement, il faudra évoluer vers une forme de réseau plus pérenne. Il faudra définir les modalités d'accès des membres du réseau (droits et devoirs des membres). Un modérateur devra être désigné pour gérer et synthétiser les échanges d'emails, pour animer le réseau. Dans un premier temps, pour la création du réseau, il pourra s'agir d'une personne de l'OFAC ou du projet REDD+ de la COMIFAC ; dans un second temps, une modération tournante pourra être mise en place. Pour préciser les termes de référence du réseau d'experts, il a été proposé qu'un groupe restreint de scientifiques soit mis en place.



6.2 Comment former un pool d'experts ?

Le second groupe de questions avait trait à la création d'un pool d'experts sous-régionaux, pouvant être mobilisé par les décideurs politiques pour des besoins d'expertise ponctuelle. La base de données d'experts du secteur forêt/environnement qui sera prochainement mise en place par l'OFAC a été présentée. La création d'un pool d'experts étant directement liée à la formation, la question a été posée de contribuer à la formation des étudiants pour favoriser l'émergence de compétences qui pourront alimenter le pool d'experts dans le futur. Il peut s'agir aussi bien de formation par la recherche (doctorats) que de formations courte durée (sur quels thèmes ? quels sont les besoins ?). La question a enfin été posée de la pérennisation de cette formation sur le long terme, et notamment des liens à développer avec le RIFFEAC.

Les groupes de discussion ont adhéré à la base de données d'experts de l'OFAC, tout en soulignant d'une part qu'il s'agit d'une base plus large qu'une base de données d'experts sur la mesure et le suivi des stocks de carbone, et d'autre part que cette base est un « puits », dans le sens où il n'y a pas forcément de retour sur l'information fournie (et en particulier de possibilité pour les experts de se reconnaître les uns les autres, comme dans les réseaux sociaux). Il faudrait que les experts qui s'enregistreront dans la base de données d'experts de l'OFAC puissent conjointement conserver une certaine visibilité, en tant que sous-ensemble d'experts sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier en Afrique centrale. Cela pourrait se faire à travers une classification par compétence des experts. Un lien entre la base de données et le réseau scientifique devra être assuré, de manière à ce que les experts enregistrés puissent se reconnaître les uns les autres.

En ce qui concerne la formation des futurs experts, il a été mentionné qu'il est aussi nécessaire de former des ingénieurs ou des experts chargés d'appliquer les résultats de la recherche, ainsi que des techniciens et des agents de terrain (en impliquant les communautés locales). Pour les formations de courte durée, la plateforme du réseau pourrait être utilisée pour recenser les propositions de stages et donner accès à des sites et à des personnes ressources sur le terrain. La plateforme pourrait aussi donner la possibilité d'identifier les besoins en formation. Pour assurer la pérennité des formations, il faudrait les intégrer aux programmes universitaires (modules de cours dans des masters, voir mise en place de masters spécifiques). Cela nécessite tout d'abord d'identifier les structures de formation existantes. Une école-chercheur ou une école-terrain pourrait aussi être initiée, avec des modules de formation spécifiques.

6.3 Base de données sur la biomasse

Le troisième ensemble de questions avait trait à la base de données sur la biomasse des arbres qu'il est prévu d'établir dans le projet régional REDD+ de la COMIFAC, avec les questions suivantes : comment gérer et valoriser scientifiquement les données de biomasse d'arbres qui seront collectées dans la composante 2.b du projet régional REDD+ ? Pour un chercheur qui aurait collecté des données de biomasse d'arbre sur le terrain, quelles seraient les conditions pour mettre ces données à disposition des utilisateurs ? Faut-il fournir en accès libre des données brutes ou élaborées ?

Pour tous les groupes, une condition minimale pour mettre en accès libre des données collectées sur le terrain par des chercheurs est que ces données aient préalablement été publiées par ces chercheurs. Il faut toutefois que la durée entre la collecte des données et leur valorisation à travers des publications scientifiques n'excède pas une durée maximale. On rejoint alors les objectifs du réseau scientifique, en particulier l'objectif de création d'une cellule de production scientifique accélérée (cf. recommandation 5). Pour tous les groupes également, il n'y a pas



d'objection à mettre en accès libre les métadonnées ou des données élaborées, par exemple à travers le site de l'OFAC. Les groupes ont toutefois eu des opinions différentes quant à la mise en accès libre des données brutes.

Recommandation 6 : deux lignes de conduite peuvent être adoptées pour la mise à disposition des données brutes : (i) les données brutes peuvent être mises en accès libre dès lors qu'elles ont été valorisées par des publications scientifiques, et à condition que l'origine des sources soit systématiquement citée ; (ii) seules les métadonnées doivent être mises en accès libre, l'accès aux données brutes restant soumis à un accord préalable des équipes les ayant collectées.

En ce qui concerne cette seconde option, l'exemple de l'ICRAF, dont les bases de données sont soumises à ce régime, a été mis en avant. La nécessité d'harmoniser les données de biomasse déjà collectée en Afrique centrale et celles à venir a aussi été soulignée.

En fin de compte, tous les groupes ont conclu qu'il faut se donner le temps de réfléchir au statut de ces données, au type de données à partager et ne pas partager, et de partager les expériences quant au statut juridique des bases de données (cf. licence d'utilisation des données au sein de l'ICRAF, licence « Creative Commons », ou la licence d'utilisation des données du réseau AfriTRON, par exemple). Ce pourra aussi être un objectif du réseau scientifique que de valoriser et de gérer ces données. Un groupe de travail pourra être établi pour définir le cadre juridique d'utilisation et de mise à disposition des données.

7 Méthodologie pour la définition d'équations allométriques à l'échelle régionale du bassin du Congo

Une seconde table ronde a été organisée pour émettre des recommandations sur une méthodologie pour définir des équations allométriques à l'échelle régionale du bassin du Congo. À nouveau les participants ont été répartis en trois groupes, pour répondre à trois ensembles de questions.

7.1 Phase de planification

Le premier ensemble de questions avait trait à la planification de l'échantillonnage. Tout en gardant à l'esprit que la méthode proposée doit être conforme aux directives du GIEC et compatible avec les futurs systèmes MNV nationaux, les questions suivantes ont été abordées.

7.1.1 Stratification

Tout d'abord, comment stratifier les forêts d'Afrique centrale ? Faut-il s'appuyer plutôt sur des stratifications de type phytogéographique (telles que celles de [White, 1986](#); [Letouzey, 1968](#); [Boulvert, 1986](#); [Caballé, 1978](#)), ou plutôt sur des stratifications de type « land use » obtenues par télédétection ? Y a-t-il besoin d'études complémentaires pour définir une stratification en type forestier appropriée pour les équations allométriques ?



Cartes phytogéographiques versus télédétection. Les groupes de discussion ont souligné l'importance, pour la stratification, de s'appuyer d'abord sur l'existant. Au Cameroun, la carte phytogéographique de [Letouzey \(1968\)](#) a été digitalisée et est disponible sur SIG. Cette carte a l'inconvénient de contenir des « complexes » combinant plusieurs formations végétales. Au Gabon, c'est la carte phytogéographique de [Caballé \(1978\)](#) qui fait référence. En RCA, c'est la carte phytogéographique de [Boulvert \(1986\)](#). Au Congo, c'est la carte phytogéographique de [White \(1986\)](#). En RDC, c'est la carte d'occupation du sol de la DIAF ([Vancutsem et al., 2006](#); [Verhegghen et al., 2012](#)).

Les images satellitales apportent essentiellement de l'information sur l'occupation des terres, les types de formations végétales étant plus simplifiés que dans les approches phytogéographiques. Des cartes thématiques dérivées d'indices satellitaires peuvent aussi avoir leur intérêt (cf. carte mondiale de la biomasse de [Saatchi et al., 2011](#), ainsi que les travaux de [Hansen et al., 2010](#); [Potapov et al., 2012](#)). Néanmoins, les nouvelles approches de télédétection à base d'images MODIS permettent d'identifier des types de formations végétales de façon aussi précise que les études phytogéographiques. Les classifications MODIS reflètent essentiellement la phénologie des arbres. Mais dans les zones où cela a été testé, la classification MODIS s'est avérée cohérente avec les types de formations végétales définis par la phytogéographie (cf. travaux de Nicolas Barbier et de Valéry Gond). À l'heure actuelle, les cartes de végétation MODIS en Afrique centrale sont limitées à une zone trop restreinte. Une version plus complète de cette carte à l'échelle de l'Afrique centrale est en cours d'élaboration, mais ne sera vraisemblablement pas disponible d'ici un an (délai de traitement des images).

Un essai de synthèse des différentes cartes phytogéographiques publiées dans chaque pays a été entrepris par [Doumenge et al. \(2001\)](#). Ces cartes phytogéographiques ont été développées sur la base de la physionomie de la végétation, sans tenir compte du substrat. Or il semble émerger que du point de vue de la biomasse / carbone, le substrat est un élément essentiel ([Gourlet-Fleury et al., 2011](#)). Il faudrait donc prendre en compte ces éléments pour définir la typologie, sans quoi on pourrait passer à côté de types de substrats pertinents d'un point de vue carbone. Par exemple, au Cameroun même si le RPP fixe déjà une stratification (en cinq zones agro-écologiques, et non pas sur la base de la carte de Letouzey), on peut superposer la carte géologique pour faire une subdivision pertinente d'un point de vue carbone.

Plus généralement, tout facteur susceptible d'expliquer des différences d'allométrie entre les arbres devrait être pris en compte dans la stratification. D'autres facteurs devraient donc être croisés avec les cartes phytogéographiques pour aboutir à une stratification pertinente du point de vue de l'allométrie. Les grands types phytogéographiques peuvent être importants pour expliquer la variabilité de l'allométrie à une échelle régionale, mais à une échelle locale, la variabilité peut être tout aussi forte, en lien par exemple avec la topographie (différence d'allométrie entre les arbres en forêt de terre ferme et les arbres en forêt marécageuse de bas fond, le passage de l'un à l'autre pouvant s'effectuer sur quelques centaines de mètres). Pour maîtriser la variabilité aux échelles régionales (types phytogéographiques) et locales (topographie), un échantillonnage en grappes peut être approprié. Des images aériennes pourraient être utilisées pour la stratification à l'échelle locale.

Contraintes logistiques et administratives. La stratification devra aussi tenir compte des contraintes logistiques et administratives. L'intérêt, pour la définition des équations allométriques, de travailler avec des exploitants forestiers a été souligné à plusieurs reprises. Mais tous les exploitants forestiers ne sont pas réceptifs à de tels travaux de recherche, et la carte de la stratification devra donc être aussi croisée avec la carte des concessions forestières susceptibles d'accueillir des chantiers de mesure de la biomasse. De la même manière, des autorisations



administratives délivrées par les ministères en charge des forêts seront nécessaires, et il faudra croiser la carte de la stratification avec la carte des zones pour lesquelles des autorisations de coupe aux fins de recherche peuvent être obtenues.

Même si l'information cartographique sur un facteur n'est pas complète, il peut être intéressant de tenir compte de ce facteur. Un schéma de stratification, même incomplet (avec des zones géographiques pour lesquelles la strate n'est pas connue), permet de rationaliser l'affectation des moyens. Il permet d'évaluer, même de façon approximative, l'importance en termes de surface de chaque strate, et donc d'identifier les strates les plus importantes.

Compatibilité avec le MNV. Les RPP des pays définissent une stratification des formations végétales à l'échelle nationale pour le MNV. Il faudrait aussi peut-être tenir compte du plan de zonage des différents pays. Toutefois, la stratification pour les équations allométriques n'a pas nécessairement besoin de coïncider avec la stratification pour le MNV : il suffit que l'on puisse dire, pour chaque parcelle d'inventaire forestier, à quelle strate de la classification MNV elle appartient (pour savoir où reporter le stock de carbone correspondant) et à quelle strate de la classification pour les équations allométriques elle appartient (pour savoir quelle équation utiliser pour convertir les données d'inventaire en biomasse). Idéalement, la classification pour les équations allométriques ne devraient tenir compte que des facteurs qui ont une influence sur l'allométrie des arbres (et il n'y a pas de raison pour que ces facteurs soient les mêmes que ceux pertinents pour une classification MNV). Il conviendra aussi de préciser quelles zones agroécologiques sont concernées par le projet : forêts denses humides uniquement, ou aussi forêts claires (concernant au nord, une large partie du Cameroun et de la RCA et correspondant, au sud, aux miombos de RDC) et savanes (y compris inclusions de savane au sein de la forêt dense humide, telles que les plateaux batékés au Gabon, Congo, RDC).

Études complémentaires. Des études complémentaires pourront s'avérer nécessaires pour réaliser des bases de données d'occupation des terres conformément aux directives du GIEC, et pour uniformiser les définitions des types d'occupation de terre dans tous les pays du Bassin du Congo. Certains types forestiers très spécifiques, comme les tourbières dans les zones humides, devront peut-être faire l'objet d'études spécifiques (le carbone du sol, dans le cas des tourbières par exemple, étant plus important que le carbone dans la biomasse aérienne). Le cas des espèces pionnières qui séquestrent très rapidement le carbone après ouverture du couvert devra peut-être aussi être traité à part.

7.1.2 Plan d'échantillonnage

Dans le plan d'échantillonnage des arbres à mesurer, faut-il utiliser l'arbre ou la placette comme unité d'échantillonnage ? En plus du type de formation végétale, quelles variables doivent être utilisées pour structurer l'échantillonnage ? La taille des arbres (diamètre et/ou hauteur) et la densité spécifique du bois, qui sont les variables d'entrée classiques des tarifs de biomasse, doivent bien sûr être utilisées pour structurer l'échantillonnage. Mais quelle(s) autre(s) variable(s) explicative(s) susceptible(s) de réduire l'erreur résiduelle des modèles devraient être prises en compte dans le plan d'échantillonnage des arbres ?

L'échantillonnage par arbre consiste à choisir à l'avance les caractéristiques (diamètre, densité du bois...) des arbres dont on veut mesurer la biomasse, puis à aller rechercher dans le peuplement, arbre par arbre, les individus qui ont les caractéristiques requises et qui seront abattus. L'échantillonnage par placette consiste à choisir des placettes, puis à mesurer la biomasse de tous les arbres qui s'y trouvent. Chaque approche a ses avantages et ses inconvénients.



Échantillonnage par arbre. L'échantillonnage par arbre a l'avantage que le plan d'échantillonnage peut être optimisé par rapport au modèle statistique à ajuster (équilibre des effectifs de l'échantillon par classe de taille et par classe de densité du bois). Il a l'inconvénient de fournir une donnée individuelle, sans indication sur l'environnement de l'arbre. Ce dernier problème peut être toutefois résolu en prenant des mesures de l'environnement local de chaque arbre (mesure de l'espèce, du diamètre et la hauteur de chaque individu dans une placette centrée sur l'arbre à abattre).

Échantillonnage par placette. L'échantillonnage par placette s'apparente à un échantillonnage par grappe des arbres et permet donc un gain de temps (facilité d'atteinte des arbres). En outre, la placette est plus représentative d'un milieu qu'un arbre isolé (lien avec la télédétection). Selon certains auteurs comme [Clark and Kellner \(2012\)](#), seule l'approche par placette a d'ailleurs du sens car c'est au niveau de la placette que se situe la « vraie » mesure de la biomasse (sous-entendant que l'estimation de la biomasse d'une placette comme la somme des biomasses des arbres qui s'y trouvent est trop approximative, ce qui remet en cause le concept même d'équation allométrique). La placette donne immédiatement accès à la description de l'environnement des arbres. Au sein de chaque placette-échantillon, des sous-unités peuvent être définies pour évaluer les autres comportements de la biomasse (autres que la biomasse aérienne des arbres). L'échantillonnage par placette a cependant l'inconvénient que les observations individuelles ne sont pas forcément indépendantes (effet « parcelle » au sein des modèles) et, surtout, que l'échantillonnage des arbres qui en résulte est loin d'être optimal vis-à-vis des équations à ajuster : au lieu d'avoir un équilibre des effectifs d'arbres par classe de taille, on aura typiquement beaucoup de petits arbres et peu de gros.

Échantillonnage mixte arbre / placette. Un système d'échantillonnage mixte arbre/placette pourrait en définitive être adopté, pour profiter des avantages de chaque approche. L'échantillonnage serait basé sur des placettes, mais tous les arbres ne seraient pas coupés au sein de la placette : on identifierait les espèces en présence et leur dominance relative (sur la base de leur surface terrière), puis on abattrait uniquement les individus jugés représentatifs.

Choix des espèces. Dans l'optique d'un échantillonnage par arbre, le choix des individus à mesurer doit être raisonné par rapport à leur taille (équilibre du nombre d'individus par classe de taille) et par rapport à leur espèce. Le choix des espèces doit lui-même être raisonné par rapport aux variables explicatives du modèle (densité du bois, type architectural...), par rapport à l'abondance des espèces (pour des raisons pratiques évidentes de facilité de trouver dans la forêt les individus recherchés) et, bien sûr, par rapport au statut de protection des espèces. En ce qui concerne l'abondance des espèces, disposer d'un inventaire d'aménagement est un avantage évident. Cela est une raison de plus pour travailler dans des concessions forestières aménagées, en lien avec les exploitants. Si aucun inventaire d'aménagement n'est disponible pour renseigner sur la fréquence / abondance des espèces au sein de la zone d'étude, il faudra réaliser un pré-inventaire (ce qui soulève d'autres questions relatives à la forme de ce pré-inventaire : quelle taille et quelle forme de placettes ? comment les disposer au sein du massif à inventorier ?).

En ce qui concerne les variables à prendre en compte pour le choix des espèces à échantillonner, il ne faudrait pas s'en tenir à la seule densité du bois. Le type architectural de la couronne (une classification en types architecturaux est disponible d'après les travaux d'[Amougou, 1996](#)), la morphologie du tronc (présence/absence et forme des contreforts) et l'état sanitaire de



l'arbre (présomption d'arbre creux, houppier abîmé) devraient être pris en compte. Le nombre de classes de densité du bois devrait donc être réduit au profit de la prise en compte de nouveaux facteurs de classification des espèces.

7.1.3 Adaptation aux contextes nationaux

Comment adapter une méthodologie commune à la sous-région à chacun des contextes nationaux, sachant que l'avancement des travaux sur les équations allométriques est assez contrasté d'un pays à l'autre ?

Un état des lieux par pays doit d'abord être réalisé (bases de données d'inventaire forestier disponibles, données et métadonnées sur la biomasse, carte d'occupation de sol, identification des structures propriétaires — structures étatiques, projets, ou sociétés forestières —, des instituts de recherche et des établissements de formation). Dans la mesure où les mesures de biomasse seront grandement facilitées si elles se déroulent dans des concessions forestières, il faudra identifier les exploitants forestiers prêts à collaborer dans chaque pays, en particulier les exploitants avec des plans d'aménagement forestier, ou encore mieux des exploitants certifiés qui sont généralement plus réceptifs aux travaux de recherche. Par défaut, on recensera également les gestionnaires d'aires protégées. Un ancrage dans les administrations centrales sera aussi nécessaire, pour la délivrance des autorisations de coupe pour but de recherche. Afin d'assurer la compatibilité avec les futurs systèmes MNV nationaux, un point focal par pays pourra être impliqué dans les mesures.

7.2 Quelle approche pour la mesure et la prédiction de la biomasse ?

Le second ensemble de questions avait trait aux mesures à réaliser pour prédire la biomasse des écosystèmes forestiers. Si la mesure des variables d'entrée classiques des tarifs (diamètre, hauteur, densité du bois) et des variables susceptibles de réduire l'erreur résiduelle des modèles (type architectural, volume du houppier, morphologie du tronc, état sanitaire de l'arbre) fait consensus, il y a lieu de débattre des mesures additionnelles à faire pour renseigner des variables complémentaires. Comme toujours en pareille situation, un compromis doit être trouvé entre les variables supplémentaires à mesurer (pour pouvoir faire des études annexes) et le travail de terrain additionnel que cela induit.

Mesures complémentaires. Quels dispositifs (parcelle permanente, scan 3D au LiDAR terrestre...) devraient être mis en place en accompagnement des mesures de biomasse ? Pour réaliser quelles études ? Quelles variables, en plus de celles nécessaires à l'ajustement des modèles, devraient être mesurées pour anticiper les méthodes futures de mesure de la biomasse ?

La plupart des groupes ont souligné l'intérêt de compléter les mesures destructives de la biomasse par de l'imagerie 3D (stéréophotogrammétrie et/ou LiDAR terrestre), car ces méthodes non destructives sont très certainement l'avenir de l'estimation de la biomasse des arbres même si elles restent coûteuses. Disposer d'un jeu de données comportant à la fois des mesures directes (par pesée) de la biomasse et des mesures indirectes (stéréophotogrammétrie, LiDAR) de cette biomasse sur les mêmes individus sera essentiel pour caler les méthodes indirectes. Un protocole de prises de photos systématiques des arbres avant leur abattage pourra être établi, car cela est simple à mettre en œuvre et peu coûteux (un appareil photo standard est suffisant). Le traitement stéréophotogrammétrique des photos, qui est plus délicat, pourra être effectué par la suite par des équipes spécialisées. Il n'en va pas de même pour le LiDAR terrestre, qui est un appareil de mesure coûteux et délicat à manipuler. Le scan 3D par le LiDAR terrestre pourra



être effectué préalablement à l'abattage sur un sous-échantillon seulement des arbres. Cette opération serait réalisée directement par des équipes partenaires qui maîtrisent cette technique et qui viendraient ponctuellement en appui sur le terrain.

Les variables supplémentaires qui pourraient être mesurées sont : la surface d'un sous-échantillon de feuilles (passage au scanner des feuilles, pour l'estimation du LAI) ; un relevé schématique de l'architecture de l'arbre (même type de schéma que dans la figure 1 de [Henry et al., 2010](#)) ; prélèvement d'un échantillon d'ADN ; relevé pédologique ; phytopathologie ; hauteur et autres variables structurelles de la grume et du houppier de l'arbre sur pied, à mesurer à l'aide d'outils comme le LaserAce ou le Criterion (il faudrait prévoir une formation à l'utilisation de ces outils pour les utilisateurs dans les différents pays, en mettant à profit les projets locaux et les acteurs existants qui utilisent ce matériel). À partir des rondelles de bois prélevées comme aliquotes, des analyses complémentaires de cernes et de croissance pourraient être réalisées. Des études sur l'allométrie entre la taille de couronne et le diamètre du tronc devraient aussi être réalisées, notamment pour calibrer certaines méthodes de télédétection. Plus généralement, des parcelles permanentes pourraient être établies à proximité des sites d'abattage pour diverses études complémentaires (étude de la régénération, des flux de matière organique, calage de relation de biomasse par télédétection. . .).

Autres compartiments. Faut-il s'en tenir à la biomasse aérienne des arbres, ou faut-il élargir les mesures de biomasse aux autres compartiments : biomasse racinaire des arbres, biomasse du sol, biomasse du sous-bois (y compris lianes et épiphytes), nécromasse (litière et gros débris de bois) ?

L'idéal serait de s'intéresser à tous les compartiments, surtout dans une approche d'échantillonnage par parcelle. Le bois mort, notamment, représente une proportion de la biomasse totale qui varie fortement d'un type de forêt à l'autre. Les contraintes de coût, cependant, risquent d'empêcher de s'intéresser à tous les compartiments simultanément. Selon un groupe de discussion, la priorité serait, en plus de la biomasse aérienne des arbres, de s'intéresser à la biomasse des épiphytes et des lianes. Pour les deux autres groupes, la priorité serait plutôt de s'intéresser à la biomasse racinaire. Il faudrait développer des allométries pour les racines, mais cela nécessite des moyens budgétaires et logistiques importants. Il faudrait alors travailler avec les forestiers pour les facilités logistiques (bulldozers pour essoucher), ou anticiper l'installation de grandes plantations (où un essouchage des arbres sera fait à grande échelle).

Arbres qui sortent du modèle de l'allométrie. Quel traitement réserver aux arbres qui ne sont pas conformes au modèle de l'allométrie (arbres à contrefort ou à racines échasses, arbres à tronc creux. . .) ?

Les groupes ont recommandé d'aborder ce problème de façon pointue avec la stéréophotogrammétrie et le LiDAR terrestre (cf. travail de thèse en cours de Sébastien Bauwens). Il faudrait intégrer dans le protocole de mesure des contreforts des mesures physiques et des méthodes d'analyse simples.

7.3 Phase de mesures sur le terrain

Le troisième ensemble de questions avait trait au protocole opérationnel de mesure sur le terrain. L'idée principale était de voir comment trouver un compromis entre les mesures directes (pesées), sans biais mais fastidieuses, et les mesures indirectes (cubage, allométrie de branche), plus rapides mais moins précises. Les groupes de discussion ont tous souligné les problèmes que peut poser l'identification des espèces sur le terrain. Idéalement, un botaniste (à défaut,



un prospecteur forestier), si possible de l'herbier national, devrait être associé aux équipes de mesure. Dans tous les cas, un échantillon d'herbier (feuille et si possible, fleur et/ou fruits) devra être collecté sur chaque arbre abattu ; des photos de ces organes devront aussi être prises. Chaque espèce devra être identifiée par son nom scientifique et par son nom pilote.

Tronc et grosses branches. Faut-il les peser ou les cuber ?

Tous les groupes ont recommandé de combiner pesée directe et cubage. Pour les billons dont la forme s'apparente à un cylindre, le cubage est préférable (car nettement plus rapide et avec une perte négligeable de précision). Le fait qu'un billon de forme cylindrique soit creux n'est pas forcément un motif de rejet du cubage : il suffit de déduire du volume externe du billon le volume de son creux. Pour tous les billons de forme non cylindrique (en particulier les souches et culées), la pesée est préférable (prévoir une balance d'une capacité d'au moins 3 tonnes pour les plus gros arbres). Pour les branches en-dessous d'une certaine taille, la pesée est aussi préférable (le gain de temps du cubage étant alors moins net... voire, la pesée peut s'avérer plus rapide que le cubage pour les petites branches en grand nombre). L'étude réalisée par l'IRET (cf. exposé de Quentin Moundounga), où à la fois la pesée directe et le cubage ont été réalisés, permettra d'évaluer le biais engendré par le cubage par rapport à la pesée directe.

Quelle que soit la méthode utilisée (pesée ou cubage), il faudra prélever à différents niveaux du tronc et du houppier des aliquotes pour déterminer le taux d'humidité (ratio de la biomasse sèche sur la biomasse fraîche) et la densité du bois (ratio de la biomasse sèche sur le volume frais). La mesure de cette densité requiert elle-même un protocole approprié. Les rondelles de bois ont l'avantage d'intégrer toutes les variations radiales de densité du bois, mais elles sont très longues à sécher à l'étuve. Il peut être préférable de découper ces rondelles en parts de camembert, voire en éprouvettes de bois (à condition de prélever plusieurs éprouvettes à différentes distances du centre de la rondelle). La mesure du volume frais peut aussi poser problème. La méthode d'Archimède (la seule possible pour les rondelles et parts de camembert) est relativement peu précise. L'avantage des éprouvettes de bois est qu'elles peuvent être découpées selon une forme géométrique (un cube, par exemple) dont le volume est précisément connu. Mais cela nécessite de disposer à proximité du laboratoire d'une scierie avec des outils de découpe de précision. Alternativement aux rondelles, parts de camembert et éprouvettes, il est possible aussi d'utiliser des perceuses qui prélèvent une carotte de bois dans le tronc. L'avantage est que ces carottes ont une forme cylindrique de diamètre précisément contrôlé, et dont le volume est donc connu avec précision. L'inconvénient est que le perçage s'accompagne d'une chauffe importante du bois sur les bords, et donc d'une perte d'humidité. Cela induit un biais dans la mesure du ratio biomasse sèche / biomasse fraîche, ratio qui intervient dans le calcul de la biomasse sèche à partir de la biomasse fraîche.

Feuillage. La séparation du feuillage des parties ligneuses de l'arbre est (de loin) l'étape qui nécessite le plus temps lorsque l'on mesure la biomasse d'un arbre. Aussi, est-il nécessaire de séparer le feuillage des rameaux ? Faut-il sous-échantillonner le feuillage ou le collecter en plein ? Faut-il utiliser un tarif de biomasse de feuillage pour les branches en-dessous d'une certaine taille ?

Tandis qu'un groupe de discussion a recommandé de sous-échantillonner les branches et de construire un tarif de biomasse de branche pour le feuillage, un autre a recommandé de collecter le feuillage en plein pour le peser directement. Pour faciliter la collecte du feuillage et des petites branches, il a été recommandé de travailler dans des concessions forestières et de faire en sorte que le houppier de l'arbre abattu tombe sur une piste forestière. Lorsque le houppier tombe en forêt, les branches et feuilles de l'arbre abattu se mélangent avec celles



des arbres détruits collatéralement par la chute de l'arbre et il est très difficile d'identifier et retrouver toutes les branches et feuilles de l'arbre sujet.

La mesure de la biomasse foliaire (et des fruits) n'est par ailleurs pas déconnecté de la phénologie des arbres : la biomasse des fruits ne pourra être mesurée qu'en période de fructification et, pour les espèces caducifoliées, la biomasse des feuilles ne pourra être mesurée qu'en période de feuillaison. La phénologie des espèces n'étant pas synchrones, il semble toutefois difficile d'en tenir compte dans un protocole d'échantillonnage des espèces. Le carbone des fruits secs et des feuilles sèches au sol étant de toute façon comptabilisé dans le compartiment litière, ce n'est pas parce qu'un arbre est dépourvu de feuilles et de fruits au moment de la mesure que le carbone correspondant n'est pas comptabilisé (à condition de mesurer à la fois le compartiment aérien et la litière).

Contraintes logistiques et coûts. Quelles sont les contraintes logistiques majeures à anticiper ? Quel est le coût d'une campagne de mesures de la biomasse ?

Tous les groupes de discussion ont insisté sur le fait que les contraintes logistiques peuvent être nettement réduites en travaillant en association avec un exploitant forestier. Pour les mesures sur le terrain, le fait de travailler à proximité des pistes forestières procure un avantage logistique (facilité d'accès, facilité de collecte du feuillage et des branches lorsque le houppier de l'arbre abattu tombe sur la piste). Si les petits arbres sont collectés sur une piste forestière devant être ouverte par l'exploitant et si les gros arbres sont des arbres exploités, l'impact environnemental de ces mesures destructives est négligeable. L'inconvénient majeur de travailler à proximité des pistes forestières des exploitants est que cela conditionne le type de milieu échantillonné (les exploitants construisent leurs pistes en fonction de la topographie, le plus souvent sur des lignes de crête, et jamais dans les bas-fonds marécageux).

Le matériel disponible, et notamment le matériel lourd (bulldozer, fourchette de levage, balance de capacité de plusieurs tonnes), peut constituer une contrainte. Le logement et le confort de travail des équipes est à prendre en compte pour assurer la qualité des données (Réjou-Méchain et al., 2011) : il faut prévoir que les sites d'étude soient à proximité de bases-vie acceptables (il est complètement irréaliste de programmer des chantiers de mesures à plusieurs jours de marche en forêt). Tous les groupes de discussion ont aussi insisté sur les conditions de sécurité car la mesure destructive de la biomasse des arbres est dangereuse. L'abattage des arbres et la manipulation de morceaux de bois dont la masse peut couramment atteindre plusieurs tonnes peuvent engendrer des accidents si le matériel et le comportement des agents n'est pas approprié. Du matériel de sécurité est à prévoir et la formation des équipes de mesure devra comporter un volet sur la sécurité.

Le coût des mesures a été estimé de manière variable :

- 5000 € pour une campagne de mesures au Ghana ayant permis de mesurer 45 arbres (Henry et al., 2010) ;
- 5000 US\$ pour une campagne de mesures en RDC ayant permis de mesurer 160 arbres (cf. exposé d'Alidé Kidimbu) ;
- 200 000 € pour une campagne de mesures au Gabon ayant permis de mesurer 100 arbres (cf. exposé de Quentin Moundounga).

Ces montants ne couvrent pas cependant les mêmes frais : alors que les coûts au Ghana et en RDC ne couvrent que les mesures de terrain (sans l'achat du matériel, etc.), le coût au Gabon est un coût total, y compris l'achat du matériel (incluant un véhicule 4 × 4) et le coût des ateliers de formation des équipes de mesure.



8 Conclusion et prochaines étapes

Les communications orales présentées lors de cet atelier ont permis de faire un état des lieux sur les équations allométriques en Afrique centrale². La question de la validité des équations allométriques couramment utilisées aujourd'hui dans les études de biomasse semble particulièrement d'actualité. La mise en commun des données de biomasse collectées dans toutes les études ponctuelles effectuées en Afrique centrale permettrait déjà d'atteindre une taille de jeu de données intéressante pour une étude à plus grande échelle. En ce qui concerne la mesure de la biomasse des arbres, l'avenir semble appartenir aux méthodes non destructives basées sur l'imagerie 3D, même si les méthodes de mesure destructives directes sont encore nécessaires pour caler ces méthodes indirectes.

Les prochaines étapes sont les suivantes :

1. Création d'une plateforme virtuelle de collaboration scientifique sur la base des recommandations de la première table ronde. Pour préciser les termes de référence de cette plateforme de collaboration, un comité restreint composé d'Edith Inès Ayangma Abedie, Adrien Djomo, Suspense Averti Ifo, Jean Paul Kévin Mbamba Mbamba et Nicolas Picard a été constitué.
2. Définition d'une méthodologie régionale pour les équations allométriques en Afrique centrale. Cette méthodologie devra être validée et adaptée au contexte de chaque pays, ce qui pourra se faire à travers un atelier régional ou plusieurs ateliers nationaux.

Références

- Amougou, A., 1996. Biodiversité morphogénétique, exemples des plantes plagiotropes. In L. J. G. Maesen, X. M. Burgt, and J. M. Medenbach de Rooy, editors, *The Biodiversity of African Plants*, pages 131–139. Springer Netherlands.
- Boulvert, Y., 1986. République Centrafricaine : carte phytogéographique à 1 : 1 000 000. Number 104 in Notice explicative. ORSTOM, Paris, France.
- Caballé, G., 1978. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia* **17**:425–440.
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J. P. Lescure, B. W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra, and T. Yamakura, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* **145**:87–99.
- Clark, D. B. and J. R. Kellner, 2012. Tropical forest biomass estimation and the fallacy of misplaced concreteness. *Journal of Vegetation Science* **23**:1191–1196.
- Djomo, A. N., A. Ibrahima, J. Saborowski, and G. Gravenhorst, 2010. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management* **260**:1873–1885.
- Doumenge, C., J. E. Garcia Yuste, S. Gartlan, O. Langrand, and A. Ndinga, 2001. Conservation de la biodiversité forestière en Afrique centrale atlantique : le réseau d'aires protégées est-il adéquat ? *Bois et Forêts des Tropiques* **268**:5–28.

2. À l'exception de la République Centrafricaine, dont aucun chercheur n'a pu faire le déplacement depuis Bangui à cause des événements politico-militaires qui s'y déroulaient.



- Ebuy Alipade, J., J. P. Lokombé Dimandja, Q. Ponette, D. Sonwa, and N. Picard, 2011. Biomass equation for predicting tree aboveground biomass at Yangambi, DRC. *Journal of Tropical Forest Science* **23**:125–132.
- Gourlet-Fleury, S., V. Rossi, M. Rejou-Mechain, V. Freycon, A. Fayolle, L. Saint-André, G. Cornu, J. Gérard, J. M. Sarrailh, O. Flores, F. Baya, A. Billand, N. Fauvet, M. Gally, M. Henry, D. Hubert, A. Pasquier, and N. Picard, 2011. Environmental filtering of dense-wooded species controls above-ground biomass stored in African moist forests. *Journal of Ecology* **99**:981–990.
- Hansen, M., S. Stehman, and P. Potapov, 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **107**:8650–8655.
- Henry, M., A. Besnard, W. A. Asante, J. Eshun, S. Adu-Bredu, R. Valentini, M. Bernoux, and L. Saint-André, 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management* **260**:1375–1388.
- Letouzey, R., 1968. Étude phytogéographique du Cameroun. P. Lechevalier, Paris.
- Potapov, P. V., S. A. Turubanova, M. C. Hansen, B. Adusei, M. Broich, A. Altstatt, L. Mane, and C. O. Justice, 2012. Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment* **122**:106–116.
- Réjou-Méchain, M., A. Fayolle, R. Nasi, S. Gourlet-Fleury, J. L. Doucet, M. Gally, D. Hubert, A. Pasquier, and A. Billand, 2011. Detecting large-scale diversity patterns in tropical trees: Can we trust commercial forest inventories? *Forest Ecology and Management* **261**:187–194.
- Saatchi, S. S., N. L. Harris, S. Brown, M. Lefsky, E. T. A. Mitchard, W. Salas, B. R. Zutta, W. Buermann, S. L. Lewis, S. Hagen, S. Petrova, L. White, M. Silman, and A. Morel, 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* page in press.
- Vancutsem, C., J. F. Pekel, C. Evrard, F. Malaisse, and F. Defourny, 2006. Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo au 1:3 000 000. Notice explicative. Presses Universitaires de Louvain, Louvain, Belgique.
- Verhegghen, A., P. Mayaux, C. de Wasseige, and P. Defourny, 2012. Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation. *Biogeosciences* **9**:5061–5079.
- Vieilledent, G., R. Vaudry, S. F. D. Andriamanohisoa, S. O. Rakotonarivo, Z. H. Randrianasolo, H. N. Razafindrabe, C. Bidaud Rakotoarivony, J. Ebeling, and M. Rasamoelina, 2012. A universal approach to estimate biomass and carbon stock in tropical forests using generic allometric models. *Ecological Applications* **22**:572–583.
- White, F., 1986. La végétation de l'Afrique. Number 20 in Recherches sur les ressources naturelles. Orstom/Unesco, Paris, France.



Annexes

- A Discours d'ouverture et de clôture de l'atelier**
- B Liste des participants**
- C Termes de référence de l'atelier**
- D Programme réalisé de l'atelier**
- E Résumé des communications**

Discours d'ouverture et de clôture de l'atelier

Mot d'ouverture

prononcé le mardi 2 avril par M. Étienne Masumbuko, représentant pour l'occasion le Secrétariat Exécutif de la COMIFAC

« Monsieur le Représentant du Ministère de l'Environnement de la Protection de la Nature et du Développement Durable du Cameroun,

« Messieurs les représentants des pays membres de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC)

« Mesdames et Messieurs les représentant des partenaires au développement,

« Monsieur le Coordonnateur du Projet Régional REDD+

« Distingués invités,

« Mesdames, Messieurs,

« C'est pour moi un honneur et un agréable devoir de présider la présente cérémonie d'ouverture des travaux de l'atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale. La Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) est heureuse d'organiser ces assises de Yaoundé et salue à cet effet votre présence massive dans cette salle de conférence de l'hôtel Tou'Ngou. Votre participation traduit sans nul doute l'intérêt que vous accordez à la problématique qui nous rassemble.

« À vous tous qui avez bien voulu faire le déplacement de Yaoundé, je vous souhaite une chaleureuse bienvenue et un agréable séjour dans la capitale Camerounaise, la ville aux sept collines.

« Distingués invités,

« Mesdames, Messieurs

« La Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation — ou REDD+ — est aujourd'hui un mécanisme en pleine construction, avec des enjeux à la fois politiques au niveau des négociations internationales et des enjeux techniques. La fiabilité des estimations des stocks de carbone forestier, qui sont à la base des crédits carbone qui pourront être émis sur le marché du carbone, est l'un de ces enjeux techniques pour lesquels les pays d'Afrique Centrale sont confrontés.

« Même si la vision que l'on a des quantités de carbone stockées dans les forêts tropicales d'Afrique centrale, et de l'évolution de ces quantités, est aujourd'hui plus nette, il n'en reste pas moins que de nombreuses zones d'ombre demeurent. La pierre angulaire de l'estimation des stocks de carbone sont les équations allométriques. Ces équations, qui prédisent la biomasse d'un arbre en fonction de ses caractéristiques dendrométriques, permettent en effet d'estimer de manière non destructive la quantité de biomasse stockée dans un peuplement. Cependant, un certain nombre de questions scientifiques restent posées pour ces équations allométriques. Par exemple, quelle est la validité pour l'Afrique centrale des équations allométriques établies ailleurs dans le monde ? Qui plus est, les équations allométriques existantes prédisent la biomasse avec une large erreur résiduelle. Cette erreur résiduelle reflète la variabilité individuelle de biomasse pour des arbres ayant pourtant les mêmes caractéristiques dendrométriques. Une autre question est donc de savoir, en plus des variables explicatives déjà utilisées (telles que le diamètre, la hauteur, la densité spécifique du bois), quelles nouvelles variables pourraient être introduire pour expliquer la part de variance résiduelle pas encore expliquée par les modèles actuels.

« Ces questions, très techniques, doivent être traitées par des experts scientifiques et techniques qui disposent des compétences avérées dans le domaine.

« C'est en vue d'apporter des réponses appropriées à ces questions que la COMIFAC avec l'appui financier du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et l'appui technique de la Banque Mondiale, a développé le projet régional de renforcement des capacités dans le domaine de la REDD+ . Ce projet a prévu un *Renforcement des capacités techniques de mesure et de suivi des stocks de carbone dans les forêts du bassin du Congo* qui se fera à partir d'un partenariat scientifique pour la mesure et le suivi du carbone forestier à établir et de la définition des équations allométriques pour les principaux types de forêts du bassin du Congo, afin de relever le défi actuel de la disponibilité de données fiables et précises pour l'évaluation des stocks de carbone forestier dans le bassin du Congo et de jeter les bases d'un système de MRV nécessaire à la mise en place d'un futur système d'incitations financières basé sur les résultats pour le REDD+.

« Distingués invités,

« Mesdames, Messieurs,

« L'atelier qui nous rassemble ce jour a pour objectif de faire un état des lieux sur les questions de mesure et de suivi des stocks de carbone forestier en Afrique centrale. Il a pour ambition de mettre ensemble vos savoirs et expertises pour permettre d'aborder ces questions cruciales pour la REDD+ en Afrique centrale. En plus, cet atelier vise à explorer les possibilités de mettre en place un réseau scientifique pour continuer à travailler ensemble sur ces questions.

« J'espère ainsi que le présent atelier constituera que le point de départ de futures rencontres et qu'il permettra l'émergence d'un pool d'experts de la sous-région sur ces questions. Mesdames et Messieurs, le choix de votre participation n'est pas le fait du hasard mais un choix spécifique à partir de vos différentes expériences et approches scientifiques sur ces questions citées ci-dessus.

« Au regard de votre expertise reconnue, je reste persuadé que vous saurez apporter des réponses aux nombreuses préoccupations inscrites à l'ordre du jour de cette rencontre.

« En souhaitant plein succès à vos travaux, je déclare ouvert l'atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale.

« Je vous remercie. »

Mot de clôture

prononcé le vendredi 5 avril par M. Étienne Masumbuko, représentant pour l'occasion le Secrétariat Exécutif de la COMIFAC

« Mesdames, Messieurs, distingués invités,

« Lors de l'ouverture de cet atelier scientifique sur les équations allométriques, il y a 3 jours, je rappelais la nécessité de faire un état des lieux sur les questions de mesure et de suivi des stocks de carbone forestier en Afrique centrale avec une ambition de permettre l'union de nos savoirs et de nos expertises pour permettre d'aborder les questions cruciales pour la REDD+ en Afrique centrale.

« À travers ces mots, une attente forte de la COMIFAC s'est portée sur la mise en place d'un réseau scientifique pour continuer à travailler ensemble sur ces questions.

« C'est avec satisfaction que les résultats de vos travaux, sont allés au-delà de nos attentes en ce qui concerne la mise en place de cette plate forme avec des orientations bien précises sur la faisabilité des échanges en partenariat avec l'OFAC pour avoir proposé une commission de production scientifique accélérée.

« D'autre part, la COMIFAC par ma voix, aimerait féliciter tous les efforts consentis, pour arriver à définir la méthodologie nécessaire pour la Planification, l'échantillonnage, les ap-

proches pour les mesures de terrain en lien avec les alternatives futures, mais surtout, la réflexion sur les protocoles opérationnels et leur lien possible avec les systèmes de mesures, rapportage et vérification (MRV) qui devront se faire par les pays de l'espace COMIFAC ainsi que les coûts nécessaires, afin d'avoir des équations fiables pour une meilleure estimation des stocks de carbone des différents types de forêts du bassin du Congo qui vont contribuer aux négociations sur le climat.

« Pour ma part, je reste persuadé que les bases que vous venez de jeter vont se poursuivre et qu'un accompagnement des projets régionaux REDD+ et MRV de la COMIFAC seront d'une utilité parfaite pour le succès de la mise en œuvre de la feuille de route que vous avez élaborée où un accent particulier devra être mis sur le renforcement de capacité.

« Mesdames, Messieurs, distingués invités,

« Aux participants qui sont venus de loin pour contribuer à cet atelier, je leur souhaite un bon retour et espère que nous allons nous revoir très prochainement pour apprécier les bases des travaux que vous venez de poser.

« Sur ce, je déclare clos les travaux de l'atelier scientifique sur les équations allométrique pour les forêts du bassin du Congo.

« Je vous remercie. »

UN-REDD
PROGRAMME



Liste des participants

Atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale

Yaoundé, Cameroun, 2-5 avril 2013

	Nom	Affiliation	Email
1	ALEMAGI Dieudonné	ICRAF	D.Alemagi@cgiar.org
2	AMOUGOU Achille	Université de Yaoundé 1	yvesndiachille@yahoo.fr
3	AYANGMA ABEDIE Edith Inès	Ecole pour la Formation des Spécialistes de la Coopération	aedithines@yahoo.com , ines_ayang2000@yahoo.fr
4	AZANGUE KEMMO Georges	Ministère des Forêts et de la Faune	ageorges22@yahoo.fr
5	BARBIER Nicolas	IRD / AMAP	nicolas.barbier@ird.fr
6	BASTIN Didier	Alpicam	didier.bastin@alpiwood.com
7	BAUWENS Sébastien	Gembloux Agro-Bio Tech	bauwens.sebastien@gmail.com
8	BEVAH Hélène	Université Yaoundé 1	bevhel2006@yahoo.fr, hbevah@gmail.com
9	BOYEMBA BOSELA Faustin	Université de Kisangani	faustinboyemba@yahoo.fr
10	CHEVILLOTTE Hervé	IRD / UMMISCO	herve.chevillotte@ird.fr
11	DEFO Nadine	Université Yaoundé 1	nadinekuetche@yahoo.fr
12	DIMI Jean Luc	Université Marien Ngouabi	jldimi@yahoo.fr
13	DJEAGOU Achille	Rainforest Alliance	adjeagou@ra.org
14	DJIONGO KENFACK Cedrigue Boris	Université Yaoundé 1	djiongocedrigue@gmail.com
15	DJOMO Adrien	University of Saskatchewan	adriendjomo@yahoo.com
16	DJOMO Léopoldine Clémence	Université de Yaoundé 1	leopoldineclemenced@yahoo.fr
17	DJUIKOUO KAMDEM Marie Noël	Université de Buea	kamdem_marienoel@yahoo.fr
18	DROISSART Vincent	IRD / univ. Yaoundé 1	vincent.droissart@ird.fr
19	DUBIEZ Emilien	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	emilien.dubiez@cirad.fr
20	EBUY Jérôme	Université de Kisangani	ebuyjerome@gmail.com
21	FONGNZOSSIE FEDOUNG Evariste	Université de Douala	fong_nzossie@yahoo.com
22	FONTON H. Noël	Université d'Abomey-Calavi	hfonton@gmail.com
23	FRAMBO TAMBINYUO Martin	Université de Dschang	fmt_realty@yahoo.com
24	GHOTSA MEKONTCHOU Claudele	Ministère des Forêts et de la Faune du Cameroun	ghotsaclaudele@yahoo.com
25	GOMAT Hugues Yvan	Centre de Recherche sur la Durabilité et la Productivité des Plantations Industrielles (CRDPI)	biblio_gomat@yahoo.fr

ANNEXE B : LISTE DES PARTICIPANTS

26	GONMADJE Christelle	Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD)	cgonmadje@yahoo.fr
27	HENRY Matieu	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)	Matieu.Henry@fao.org
28	HIOL HIOL François	Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale (OFAC)	fhiol-hiol@observatoire-comifac.net
29	IFO Suspense Averti	Université Marien Ngouabi	ifo.suspense@hotmail.fr
30	KASAI Risa	Japan International Cooperation Agency (JICA)	kasai.risa@gmail.com
31	KEMEUZE Victor Aimé	Université de Ngaoundéré	kemeuze@hotmail.fr
32	KENFACK FEUKENG Samuel Séverin	Université de Dschang	feukeng@yahoo.com
33	KIDIMBU NZENGA Alidé	Université de Kisangani	alidala2000@yahoo.fr
34	KONDAOULE Henriette Josiane	Agence de Gestion Durable des Ressources Forestières	jokondah@yahoo.fr
35	KOSSI DITSOUGA Alain Franck	Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM)	kossiditsougaa@yahoo.fr
36	LACHIO Nina	Université Yaoundé 1	lonavanness@yahoo.fr
37	LEBAMBA Judicaël	Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM)	ilebamba@yahoo.fr
38	LEJEUNE Philippe	Gembloux Agro-Bio Tech	p.lejeune@ulg.ac.be
39	LIEUNANG LETCHE Alain Rostand	Université de Dschang	alletche@yahoo.fr
40	LUCHA FONYIKEH Celestine	Université de Dschang	luchacelestine@yahoo.fr
41	MAIDOU Hervé	PREREDD / COMIFAC	herve_maidou@yahoo.fr
42	MAYAKA Theodore B.	Université de Dschang	theodoremayaka@yahoo.com
43	MBAMBA MBAMBA Jean Paul Kévin	Ministère des Forêts et de la Faune du Cameroun	mbambakev2003@gmail.com
44	MBILE Peter	World Resources Institute (WRI)	peter.mbile@wri.org
45	MONGA Olivier	Institut de Recherche pour le Développement (IRD)	olivier.monga@ird.fr
46	MOUNDOUNGA MAVOUROULOU Quentin	Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM)	moundoungaq@yahoo.fr
47	NDIKUMAGENGE Cleto	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)	Cleto.Ndikumagenge@fao.org
48	NGOMANDA Alfred	Institut de Recherches en Ecologie Tropicale (IRET)	ngomanda@yahoo.fr
49	NGUA AYECABA Gabriel	Instituto Nacional de Desarrollo Forestal y Manejo del Sistema Nacional de Areas Protegidas (INDEFOR)	boscuyami2005@yahoo.es
50	NGUEGUIM Jules Romain	Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD)	njules_roman@hotmail.com
51	NGUIMBOUS Lydie	PREREDD / COMIFAC	boumlydie@yahoo.fr
52	NGUINTCHOU NGAFE Dieudonné	Université Yaoundé 1	dnguintchou@yahoo.fr

ANNEXE B : LISTE DES PARTICIPANTS

53	NITCHEU Stéphane T.	Millennium Ecologic Museum	nitchiase@yahoo.com
54	NKEUMOE Frederick	World Agroforestry Centre (ICRAF)	f.nkeumoe@cgiar.org
55	NOIRAUD Boris	JMN	noiraudboris@yahoo.fr
56	NTONMEN YONKEU Amandine Flore	Université Yaoundé 1	yonaflore@yahoo.fr
57	NTSIEN Gérard	Université Yaoundé 1	gernstien@yahoo.fr
58	NVENAKENG Suzanne	University of York	nsa506@york.ac.uk
59	ONA NZE Nicanor	Ministerio de Pesca y Medio Ambiente, Guinée Equatoriale	nicanorona@gmail.com
60	PALLA Florence	Réseau des Aires Protégées d'Afrique Centrale (RAPAC)	pallaflorence@hotmail.com
61	PICARD Nicolas	PREREDD / COMIFAC	nicolas.picard@cirad.fr
62	PIETSCH Stephan Alexander	Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie	stephan.pietsch@boku.ac.at
63	PLOTON Pierre	Institut de Recherche pour le Développement (IRD)	p.ploton@gmail.com
64	RENARD Quentin	FAO-projet MRV	quentin.renard@fao.org
65	ROSSI Vivien	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	vivien.rossi@cirad.fr
66	SONKE Bonaventure	Université Yaoundé 1	bsonke_1999@yahoo.com
67	SONWA Denis Jean	CIFOR	D.Sonwa@cgiar.org
68	SUFO KANKEU Richard	CIFOR	sufo79@hotmail.com
69	TAKOUTSING Bertin	World Agroforestry Centre (ICRAF)	b.takoutsing@cgiar.org
70	TAYO GAMO Kevin	Université de Dschang	kevingamo@yahoo.fr
71	TENAGUEM Armelle Yannick	Université Yaoundé 1	tenarmelle@yahoo.fr
72	WAKU Jules	Université Yaoundé 1	jules.waku@gmail.com
73	ZAPFACK Louis	Université Yaoundé 1	lzapfack@yahoo.fr
74	ZEKENG Jules Christian	Université Yaoundé 1	juleschris006@yahoo.fr
75	ZONGANG NGONGANG Armand Asher	Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF), Cameroun	zongangarmand@yahoo.fr

UN-REDD
PROGRAMME



Note conceptuelle

Atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale

Yaoundé, Cameroun, 2-5 avril 2013



Contacts COMIFAC: Nicolas PICARD (nicolas.picard@cirad.fr)

Contacts FAO: Matieu HENRY (FOM – Matieu.Henry@fao.org)

Contexte

Les accords de Cancún ont apporté un fort soutien au mécanisme REDD+ (Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts) mis en œuvre dans la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC). Ce mécanisme devrait permettre aux pays en développement de tirer des bénéfices pour réduire leur déforestation, la dégradation forestière, augmenter leurs stocks de carbone forestier et la conservation de leurs forêts. Le mécanisme REDD+ a potentiellement la capacité d'alléger l'impact des changements climatiques tout en mettant en œuvre des moyens durables. Toutefois, pour que ce mécanisme puisse être mis en œuvre, les services forestiers nationaux dans la plupart des pays doivent fournir des estimations des stocks de carbone forestier et des changements de ces stocks de manière plus précise. Dans l'état actuel de l'art, les évolutions temporelles des stocks de carbone forestier sont au mieux évaluées par une combinaison de

méthodes associant la télédétection et les mesures de terrain. La plus grande part d'incertitude sur les émissions de carbone forestier provient des variations spatiales et temporelles des stocks de carbone épigé (Angelsen 2008, Pelletier *et al.* 2011). Les équations allométriques utilisées pour prédire la biomasse à partir du diamètre des arbres sont d'une grande importance, parce que la biomasse par unité de surface dans une parcelle d'inventaire est estimée comme la somme des biomasses individuelles des arbres situés dans cette parcelle, et que la biomasse individuelle d'un arbre est estimée à partir des caractéristiques dendrométriques de l'arbre (typiquement son diamètre, sa hauteur, sa densité de bois) à l'aide d'une équation allométrique. Ainsi, toute erreur systématique dans la prédiction individuelle de la biomasse par l'équation allométrique se propage au niveau de l'estimation de la biomasse de la parcelle, puis au niveau national.

Les modèles qui prédisent le volume, la biomasse ou la minéralomasse d'un arbre appartiennent à la même classe de modèles et les méthodes d'échantillonnage, d'ajustement et d'utilisation de ces modèles sont très similaires. Tous ces modèles visent à prédire une grandeur difficile à mesurer de l'arbre à partir de caractéristiques dendrométriques faciles à mesurer telles que le diamètre à hauteur de poitrine, la hauteur totale ou l'âge de l'arbre. En dépit de leur simplicité apparente, ces modèles doivent être construits avec soin, en utilisant les techniques de régression les plus à jour. Une utilisation incorrecte des équations allométriques peut conduire à un biais considérable dans l'estimation des stocks de carbone. L'allométrie des arbres (relation statistique entre leur biomasse et une autre caractéristique dendrométrique) varie systématiquement selon l'espèce considérée et le site (Saint-André *et al.* 2005, Nogueira *et al.* 2008, Henry *et al.* 2010, Fatemi *et al.* 2011). Ces différences d'allométrie induisent des différences importantes dans l'estimation de la biomasse : différentes équations allométriques appliquées aux mêmes mesures de diamètre et de hauteur des arbres sur le terrain conduisent à des différences marquées d'estimation de la biomasse (Kenzo *et al.* 2009, Henry 2010, Melson *et al.* 2011). Pour envisager de rapporter des réductions d'émission dans le mécanisme REDD+, les chercheurs forestiers dans les pays tropicaux n'ont pas à leur disposition suffisamment d'équations allométriques spécifiques aux espèces, aux sites ou aux écosystèmes. Ce déficit d'équations allométriques est encore plus vrai en Afrique centrale, où les mesures de biomasse d'arbres ont été relativement récentes (Deans *et al.* 1996, Djomo *et al.* 2010, Henry *et al.* 2010, 2011, Ebuy *et al.* 2011, Vielledent *et al.* 2012). Dans les forêts tropicales naturelles, il n'est pas rare que le nombre d'espèces d'arbres dépasse 300 espèces par hectare (Gibbs *et al.* 2007) et il n'est alors pas possible de développer des équations allométriques de biomasse pour chaque espèce.

La Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) a bénéficié d'un don du Fonds Mondial pour l'Environnement (FEM) pour la mise en œuvre du Projet régional de renforcement des capacités institutionnelles en matière de REDD pour la gestion durable des forêts dans le Bassin du Congo (en abrégé ci-après PREREDD+). L'objectif de ce projet est de renforcer les capacités des pays du bassin du Congo sur les questions liées à la REDD+. En particulier, la seconde composante du PREREDD+ a pour objectif de renforcer les capacités techniques de mesure et de suivi des stocks de carbone dans les forêts du bassin du Congo, avec un accent sur les équations allométriques.

Le programme des Nations Unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (programme UN-REDD) est un programme collaboratif entre l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Il s'appuie sur le rôle de rassembleur des agences des Nations Unies qui y participent, sur leur expertise diversifiée et leurs réseaux étendus, et s'inscrit dans l'initiative « Delivering as One » des Nations Unies. Au sein de ce partenariat, la FAO soutient les pays sur des questions techniques liées à la

foresterie et le développement de méthodes de Mesure, Rapports et Vérification (MRV) qui soient fiables et d'un bon rapport coût-efficacité.

Objectifs de l'atelier

L'objectif général de l'atelier est de faire un état des lieux des travaux scientifiques en Afrique centrale sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier, avec un accent particulier sur les équations allométriques, afin de préciser les besoins et manques en matière d'équations allométriques dans la sous-région.

Cet atelier s'inscrivant dans le projet PREREDD+ de la COMIFAC et du programme UN-REDD, ses objectifs spécifiques rejoignent également certains des objectifs du PREREDD+ et du programme UN-REDD. Un des objectifs du PREREDD+ est de mettre en place un partenariat scientifique pour la mesure et le suivi du carbone forestier afin de soutenir la coordination des nombreuses activités connexes dans le bassin du Congo et, donc, de maximiser l'impact pour les pays. En lien avec cela, un objectif spécifique de l'atelier sera de présenter la démarche pour la création d'une base de données d'experts nationaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier et d'initier cette base de données.

Un autre objectif du PREREDD+ est de définir des équations allométriques pour les groupes d'espèces d'arbres représentatives des grands types de forêts du bassin du Congo, afin de relever l'actuel défi de la disponibilité de données fiables et précises pour l'évaluation des stocks de carbone forestier dans le bassin du Congo. En lien avec cela, un objectif spécifique de l'atelier sera de présenter et de discuter une méthodologie de définition des équations allométriques à l'échelle sous-régionale de l'Afrique centrale.

Le programme UN-REDD a pour objectif de rassembler des équipes techniques du monde entier pour aider à développer des analyses et des recommandations sur des questions telles que les mesures, rapport et vérification (MRV) des bilans de carbone et des flux de gaz à effet de serre, tout en s'assurant que les forêts continuent à fournir des bénéfices multiples en termes de moyens d'existence et d'environnement, et tout en soutenant l'engagement des peuples autochtones et de la société civile à tous les stades de planification et de mise en œuvre des stratégies REDD+. Le programme UN-REDD vise également à construire un consensus et de la connaissance sur le REDD+, pour faire en sorte qu'un mécanisme REDD+ soit inclus dans un accord post 2012 sur les changements climatiques. Le programme UN-REDD fournit enfin des opportunités de dialogue entre les gouvernements, les organisations de la société civile et les experts techniques, pour faire en sorte que les efforts liés au REDD+ soient basés sur la science et prennent en compte tous les besoins et opinions de tous les acteurs.

En lien avec cela, des objectifs spécifiques de l'atelier seront (i) de rassembler des experts et des représentants de l'Afrique centrale afin de développer des initiatives communes de soutien aux équations allométriques, (ii) de fournir de l'information et de la documentation sur les équations allométriques et (iii) d'informer les experts des pays participants sur les conditions techniques et les actions institutionnelles requises pour estimer les stocks de biomasse et de carbone.

Résultats attendus

Les principaux résultats attendus sont les suivants :

1. Meilleure connaissance du stade de développement des équations allométriques en Afrique centrale : l'atelier fournira un état des lieux sur les équations allométriques en Afrique centrale, et plus généralement sur la mesure des stocks de carbone forestier.
2. Renforcement des capacités sur l'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers dans le contexte d'exigences de plus en plus poussées en termes de précision d'estimation : les capacités nationales en matière d'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers sont accrues, avec des conseils fournis pour le développement de modèles, l'estimation de la biomasse, les arrangements institutionnels, la gestion de base de données et le partage de données, et l'analyse de données.
3. Accroissement du réseautage et des accords cadre pour l'estimation des stocks de carbone et de biomasse forestiers : la connaissance des différentes initiatives en cours dans la sous-région pour l'estimation des stocks de carbone forestiers, et en particulier les équations allométriques, sera améliorée. Une opportunité sera fournie aux différents acteurs de partager leurs expériences respectives et de participer à une nouvelle initiative conjointe pour partager les données afin d'améliorer l'estimation des stocks de carbone forestiers à l'échelle nationale.

Organisation de l'atelier

L'atelier prendra la forme de présentations scientifiques classiques (exposés suivis de questions) et de discussions en table ronde. Les exposés permettront de mobiliser les acteurs identifiés comme étant des intervenants potentiels pour la définition des équations allométriques dans le cadre du PREREDD+. Ils permettront aussi de faire un état des lieux des résultats de recherche acquis ou en cours dans la sous-région sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier.

Une table ronde sera consacrée aux modalités de création d'une base de données d'experts, et plus généralement d'un réseau scientifique sur la mesure et le suivi des stocks de carbone avec les perspectives (a) de la création de la plateforme virtuelle de partage de l'information et (b) des mesures de biomasse d'arbres qui seront effectuées dans le cadre du PREREDD+. Plusieurs questions pourront être abordées, telles que : comment contribuer à la formation des étudiants pour favoriser l'émergence de compétences qui pourront alimenter le pool d'experts dans le futur ? Comment gérer et valoriser scientifiquement les données de biomasse d'arbres qui seront collectées dans le cadre du PREREDD+ ? Quel accès à la base de données d'experts ? Etc.

Une seconde table ronde sera organisée conjointement avec la firme responsable de la mise en œuvre de la composante 2.b du PREREDD+ et permettra de préparer les activités de terrain. La méthodologie qui aura été retenue pour la définition des équations allométriques à l'échelle régionale sera présentée et confrontée aux expériences locales. La réalisation de cette table ronde dépendra du stade d'avancement de la firme. Si la méthodologie sera déjà validée par le panel d'experts à cette date, les discussions porteront sur la façon d'adapter la méthodologie régionale aux contextes nationaux (cf. activité 2.a.3 du PREREDD+) ; si la méthodologie sera encore en cours d'élaboration, les discussions porteront plutôt sur la méthode elle-même.

Comité scientifique

La sélection des communications soumises à l'atelier sera effectuée par un comité scientifique composé comme suit :

- Luca BIRIGAZZI (FAO)
- Matieu HENRY (FAO)

- François HIOL HIOL (OFAC)
- Nicolas PICARD (PREREDD+)
- Gaël SOLA (FAO)

Le rôle du comité scientifique sera de classer les communications soumises selon quatre catégories : 1. Communication orale acceptée avec prise en charge financière du participant à l'atelier. 2. Communication orale acceptée sans prise en charge financière du participant. 3. Communication sous forme de poster sans prise en charge financière du participant. 4. Communication refusée. Le nombre de communications affectées à chacune de ces trois catégories devra être arbitré selon le budget disponible pour l'atelier. Les critères à prendre en compte pour cet arbitrage seront : la qualité scientifique du travail présenté ; priorité aux travaux traitant des équations allométriques ; priorité aux institutions de recherche de la sous-région ; équilibre du nombre de présentations entre les différents pays de la sous-région.

Comité d'organisation

L'organisation pratique de l'atelier sera confiée à un comité d'organisation :

- diffusion de l'annonce de l'atelier et suivi des soumissionnaires à l'appel à communications : programme UN-REDD et cellule de gestion du PREREDD+ ;
- organisation logistique de l'atelier : cellule de gestion du PREREDD+.

Participants ciblés

- Scientifiques et personnels techniques nationaux travaillant sur la mesure des stocks de carbone forestiers en Afrique centrale, et plus particulièrement sur les équations allométriques
- Coordonnateurs nationaux REDD des six pays concernés par le PREREDD+
- Universitaires
- Organisations internationales de recherche

Appel à communications

Tous les thèmes en lien avec la mesure des stocks de carbone et de biomasse forestiers en Afrique centrale pourront faire l'objet de proposition de communication, à l'exception des mesures par télédétection qui feront l'objet d'un autre atelier organisé par l'OFAC en juin 2013 :

- Méthodes pour la mesure de la biomasse des arbres (y compris mesure de la densité du bois)
- Développement d'équations allométriques (tarifs de biomasse, de cubage ou de minéralomasse)
- Facteur d'expansion de la biomasse (BEF) et facteur de conversion et d'expansion de la biomasse (BCEF)
- Estimation de la biomasse par inventaire dans des parcelles temporaires ou permanentes
- Mesure du flux de CO₂ par une tour à flux
- Mesure de la biomasse par compartiment (biomasse arborée épigée, biomasse arborée souterraine, biomasse du sous-bois, biomasse de la litière, biomasse du sol)
- Etat des lieux des équations allométriques dans une zone donnée
- Cas d'étude pratique mettant en œuvre des équations allométriques dans des inventaires forestiers en Afrique centrale

- Arbre de décision pour sélectionner et appliquer des équations allométriques dans un inventaire national de la biomasse forestière.

Une priorité sera donnée aux propositions de communication traitant des équations allométriques.

Les communications pourront être proposées en tant que communication orale ou murale (poster). Dans les deux cas, la soumission d'une communication sera faite par voie électronique, sous la forme d'un résumé n'excédant pas 450 mots (y compris les éventuelles références bibliographiques). Le résumé devra mentionner le prénom et le patronyme de chacun des co-auteurs ainsi que le contact (email) de l'orateur.

Date limite de soumission des communications : 15 février 2013.

Pays concernés

Pays concernés par le PREREDD+ : Cameroun, Congo, Gabon, Guinée Equatoriale, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo

Autres pays cibles du programme UN-REDD: Angola, Sao Tomé et Principe

Langue

La langue de l'atelier sera le français. Les communications orales pourront éventuellement être réalisées en anglais.

Références

Angelsen, A. (2008). Moving Ahead with REDD: issues, options and implications. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR).

Deans, J. D., Moran, J. and Grace, J. (1996). Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon. *Forest Ecology and Management* **88**: 215-225.

Djomo, A. N., Ibrahima, A. et al. (2010). Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management* **260**: 1873-1885.

Ebuy Alipade, J., Lokombé Dimandja, J. P. et al. (2011). Biomass equation for predicting tree aboveground biomass at Yangambi, DRC. *Journal of Tropical Forest Science* **23**: 125-132.

Fatemi, F., R. D. Yanai, et al. (2011). Allometric equations for young northern hardwoods: the importance of age-specific equations for estimating aboveground biomass. *Canadian Journal of Forest Research* **41**: 881–891.

Gibbs, H. K., S. Brown, et al. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letter* **2**: 13.

Henry, M. (2010). Carbon stocks and dynamics in sub-Saharan Africa. PhD thesis. AgroParisTech, Montpellier (France), University of Tuscia, Viterbo (Italy). 433 p.

Henry, M., A. Besnard, et al. (2010). Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management* **260**: 1375–1388.

Henry, M., Picard, N. et al. (2012). Estimating tree biomass of sub-Saharan African forests: a review of available allometric equations. *Silva Fennica* **45**: 477-569.

Kenzo, T., T. Ichie, et al. (2009). Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* **25**(04): 371-386.

Melson, S. L., M. E. Harmon, et al. (2011). Estimates of live-tree carbon stores in the Pacific Northwest are sensitive to model selection. *Carbon Balance and Management* **6**(2).

Nogueira, E. M., P. M. Fearnside, et al. (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management* **256**(11): 1853-1867.

Pelletier, J., N. Ramankutty, et al. (2011). Diagnosing the uncertainty and detectability of emission reductions for REDD + under current capabilities: an example for Panama. *Environmental Research Letters* **6**(2): 024005.

Saint-André, L., A. T. M'Bou, et al. (2005). Age-related equations for above and below ground biomass of a Eucalyptus hybrid in Congo. *Forest Ecology and Management* **205**(1-3): 199-214.

Vieilledent, G., Vaudry, R. et al. (2012) A universal approach to estimate biomass and carbon stock in tropical forests using generic allometric models. *Ecological Applications* **22**: 572-583.

UN-REDD
PROGRAMME



Programme

Atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale

Yaoundé, Cameroun, 2-5 avril 2013

Mardi 2 avril				
Session	Heure	Sujet	Orateur	Modérateur
1	8:00-9:00	Accueil et enregistrement		
1	09:45	Mot d'ouverture par le représentant du Secrétariat Exécutif de la COMIFAC	Etienne Masumbuko (COMIFAC)	
	10:00-10:30	Pause café + photo de groupe		
1	10:30-11:00	Présentation des objectifs de l'atelier	Nicolas Picard (PREREDD)	
2	11:00-12:04	Un état des équations allométriques en Afrique Centrale	Matieu Henry (FAO)	N. Picard
2	12:04-12:40	Les équations allométriques pan-tropicales plurispécifiques sont-elles valables en Afrique centrale ?	Philippe Lejeune (Gemboux Agro-Bio-Tech)	
2	12:40-13:15	Méthodologie d'établissement d'équations allométriques multispécifiques d'estimation des volumes bois total et fût	Noël Fonton (univ. Abomey-Calavi)	
	13:15-14:30	Pause déjeuner		
2	14:30-15:07	Tarifs de cubage localisés pour l'amélioration de la connaissance du potentiel des forêts du Sud Cameroun	Armand Zongang (MINFOF) et Claudele Ghotsa	N. Fonton
2	15:07-15:36	Evolution de la ressource ligneuse et des stocks de carbone dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa (RDC)	Emilien Dubiez (CIRAD)	
2	15:36-16:25	Calibration d'équations allométriques : le cas de quelques essences (abam, ayous, iroko, okan, sapelli) des forêts mixtes de l'est Cameroun	Pierre Ploton (IRD)	
	16:25-16:50	Pause café		
3	16:50-17:22	Non-destructive merchantable volume assessment of some indigenous timber species in south-western Cameroon	Frederick Nkeumoe (ICRAF)	

ANNEXE D : PROGRAMME DE L'ATELIER

3	17:22-17:48	Téledétection pour la typologie forestière et l'inversion de biomasse en Afrique centrale	Nicolas Barbier (IRD)	
4	17:48-18:20	Mesure et suivi de la biomasse épigée dans les forêts d'Afrique tropicale au moyen d'un réseau de parcelles (semi-)permanentes	Bonaventure Sonké (univ. Yaoundé 1)	
Mercredi 3 avril				
4	08:51-09:26	Deforestation and carbon stocks in the surroundings of Lobéké national park (Cameroon) in the Congo basin	Louis Zapfack (univ. Yaoundé 1)	P. Lejeune
3	09:26-09:54	La stéréophotogrammétrie : un procédé pour mesurer les arbres à troncs irréguliers	Sébastien Bauwens (Gembloux Agro-Bio Tech)	
4	09:54-10:30	Sequestration du carbone dans la forêt communautaire de la Copal (Batchenga-Cameroun)	Achille Amougou (univ. Yaoundé 1)	
	10:30-11:00	Pause café + session posters		
4	11:00-11:38	Phytomasse des ligneux dans trois stations a différents niveaux de perturbation de forêt dense humide du Cameroun	Jules Romain Ngueguim (IRAD)	
4	11:38-12:23	Effet des facteurs densités de plantation et de la fertilité des sols sur la partition de la biomasse aérienne des eucalyptus dans la région de Pointe-Noire, Congo	Hugues Yvan Gomat (CRDPI)	
4	12:23-13:00	Biomass assessment in temporary plots in the Kom-Mengamé forest conservation complex, South Cameroon: prospects and implication for REDD+	Evariste Fongzossie Fedoung (univ. Douala)	
	13:00-14:35	Pause déjeuner		
4	14:35-15:05	Evaluation des stocks de carbone épigé du bois d'œuvre commercialisable des mosaïques agricoles des régions du Centre (Tomba1) et du Sud (Biba-Yezoum) Cameroun	Léopoldine Clémence Djomo (univ. Yaoundé 1)	L. Zapfack
5	15:05-15:49	Estimation de la biomasse du sous-bois selon un gradient de dégradation dans la forêt dense humide de Makokou au Gabon (Afrique-Centrale)	Alain Franck Kossi Ditsouga (USTM)	
2	15:49-16:22	Développement des équations allométriques afin d'estimer les stocks de carbone séquestre dans la forêt primaire du Nord-Est du Gabon (Afrique Centrale)	Quentin Moundounga Mavouroulou (USTM)	

ANNEXE D : PROGRAMME DE L'ATELIER

5	16:22-16:53	Potentialités de séquestration de carbone par les jachères améliorées à base de Calliandra calothyrsus et Acacia angustissima	Alain Rostand Lieunang Letche (univ. Dschang)	
2	16:53-17:32	Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'INERA-Yangambi à Yangambi (R.D.Congo) : Cas d'Autranella congolensis (De Wild). A. Chev., de Gilbertiodendron dewevrei (De Wild) J. Léonard et « Drypetes likwa (J. Léonard. Nomen) »	Jérôme Ebuy Alipade (univ. Kisangani)	
2	17:32-17:55	Elaboration des équations allométriques dans la Reserve de Yangambi	Alidé Kidimbu Nzenga (univ. Kisangani)	
Jeudi 4 avril				
4	08:52-09:18	Diversité et biomasse aérienne dans les forêts matures de terre ferme du massif de Ngovayang (Cameroun)	Christelle Gonmadje (IRAD)	
4	09:18-10:01	Estimation de la biomasse par inventaire dans les Mavocas (anciens villages) de Kingunda dans le Bas Congo en république démocratique du Congo (RDC)	Edith Inès Ayangma Abedie (EFSC)	J.L. Dimi
5	10:01-10:50	Stocks de carbone dans les Monts Birougou, Gabon	Stephan Alexander Pietsch (URNSV)	
	10:50-11:31	Pause café + session posters		
5	11:31-12:07	Estimation of soil carbon using Mid Infrared (MIR) spectroscopy: A landscape approach for rapid assessment	Bertin Takoutsing (ICRAF)	
5	12:07-12:40	Stock et flux de carbone durant l'exploitation forestière à l'Est du Cameroun	Stéphane T. Nitcheu (Millennium Ecologic Museum)	A. Ngomanda
2	12:40-13:30	Allometric equations: implications for REDD, carbon stocks and the missing sink	Adrien Djomo (univ. Saskatchewan)	
	13:30-15:10	Pause déjeuner		
	15:10-15:40	Projet quantification des stocks de carbone et des émissions en République du Congo	Suspense Averti Ifo (univ. Marien Ngouabi)	
6	15:40-16:00	Présentation du projet régional REDD+ de la COMIFAC et du projet MRV de la FAO	Hervé Maïdou (PREREDD) et Cleto Ndikumagenge (FAO)	S. Ifo

ANNEXE D : PROGRAMME DE L'ATELIER

6	16:00-16:15	Table ronde : Vers un réseau d'experts nationaux sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier - présentation des questions à débattre	Nicolas Picard (PREREDD)	
	16:15-17:45	Discussion en groupes		L. Zapfack, F. Hiol Hiol, J.L. Dimi
	17:45-18:15	Mise en commun des résultats	P. Ploton, P. Lejeune, F. Palla	
Vendredi 5 avril				
	09:11-09:30	Communication sur le projet "Estimation du stock de carbone sur certains sites forestiers du bassin du Congo: de la mesure de terrain à la prédiction"	Jean-Luc Dimi (univ. Marien Ngouabi)	
7	9:30-10:00	Table ronde : Méthodologie pour la définition d'équations allométriques à l'échelle régionale du bassin du Congo - présentation des questions à débattre	Nicolas Picard (PREREDD)	
7	10:00-11:00	Discussion en groupes		L. Zapfack, F. Boyemba, J.L. Dimi
	11:00-11:30	Pause café		
7	11:30-12:45	Suite des discussions en groupes		L. Zapfack, F. Boyemba, J.L. Dimi
7	12:45-13:15	Mise en commun des résultats	P. Ploton, N. Picard, F. Palla	
	13:15-14:30	Pause déjeuner		
	14:30-15:00	Présentation d'une synthèse des résultats de l'atelier	N. Picard, E. Dubiez, C. Gonmadje	S. Ifo
	15:00-15:30	Discussion générale sur les résultats de l'atelier		
	15:30-15:45	Discours de clôture de l'atelier	Etienne Masumbuko (COMIFAC)	
Posters				
poster	1	Relation entre composition floristique et accumulation de biomasse dans deux types de forêts de la Reserve de Biosphère du Dja (Cameroun)	Marie Noël K. Djuikouo (univ. Buea)	
poster	2	Estimation de la biomasse forestière à partir de données images : applicaton aux forêts du Cameroun	Cedrigue Djiongo (univ. Yaoundé 1)	
poster	3	Méthodes pour la mesure de la biomasse des arbres (y compris mesure de la densité du bois)	Martin Frambo Tambinyuo (univ. Dschang)	

ANNEXE D : PROGRAMME DE L'ATELIER

poster	4	Ecologie de <i>Brachystegia laurentii</i> (De Wild.) Louis dans les peuplements monodominants de la réserve forestière de Yangambi (Province Orientale, RDC)	Thierry Kahindo Maliro (univ. Kisangani)	
Présentations annulées (présentateur absent)				
	4	Estimation et l'évaluation de l'impact de l'exploitation forestière sur la biomasse dans les parcelles permanentes au Gabon	Vincent Medjibe (ANPN)	
	4	Effet de densité sur la production en biomasse de deux légumineuses : le <i>Leucaena leucocephala</i> et le <i>Cassia spectabilis</i>	Thomas Célestin Mengui Togny (ICRA)	
	5	Forest biomass estimation in Guyana: a case study	Denis Alder	
poster		Le cas particulier des équations allométriques dans les écosystèmes de mangrove en Afrique : cas d'une étude sur <i>Rhizophora</i> spp. en Casamance	Thomas Dufour (ONFi)	
poster		Equations allométrique et agroforêts en zone de forêt dense humide au Cameroun : quelques réflexions pour mieux évaluer les stocks de carbone dans des systèmes hybrides	Nathalie S. Ewane Nonga (IITA)	
poster		Evaluation des stocks et flux de carbone dans zones semi-arides du Cameroun : approches méthodologiques et perspectives d'amélioration	Victor Kemeuze (CIFOR / univ. Ngaoundéré)	
poster		Évolution naturelle vers la forêt de savanes mises en défens sur le plateau des Bateke, RDC (à Ibi-village en République Démocratique du Congo)	Tolérant Lubalega Kimbamba (univ. Laval)	

Forest Biomass Estimation in Guyana: A Case Study

This presentation describes work in Guyana during 2009 to design and do a pilot study for a national biomass/carbon monitoring system for REDD, and a baseline assessment of carbon stocks using existing data sources. For the pilot study, permanent plots of 0.1 ha each arranged in clusters of 5 in a cross-shaped design with 100 m arms was used. Associated with each cluster were a number of quadrats of 3 m square for destructive sample of shrub and herbaceous biomass, litter (necromass) sampling, and soils samples at several depths for soil carbon estimation. The pilot study focussed on training, logistics and practical methodology, including establishment of a biomass laboratory for drying and weighing necromass samples, and a soil sample processing chain established in cooperation with the University of Guyana. The overall design of the system envisaged 900 plots in 180 clusters. The clusters themselves would be grouped into transects of three, each cluster 2 km apart, to be aligned across environmental gradients, a total of 60 transects. Transects would be located using classified imagery based on SAR, optical coverage of some critical parts of the high forest biome in Guyana being restricted due to near permanent cloud cover. An existing vegetation map based on forest inventories in conjunction with JERS-1 SAR imagery provides the initial basis for locating the transects.

The logistics and costing for operating the system are discussed, based on a 4-year remeasurement cycle for each transect, with 15 transects per year being measured.

Associated with each transect it was proposed there should be a automated weather station with data reporting by SMS. These would be located near villages, with a designated person in each village being appointed to have responsibility for the weather station transect maintenance between measurement periods. A collaborative process would be instituted to feed back results and train and employ local staff as far as possible. The villages would be able to monitor, geo-reference and report deforestation drivers such as fire events, unauthorised or unplanned logging, mining, agriculture, settlements, and so on.

The REDD baseline study used existing forest inventories, together with the pan-tropical allometric equations of Chave et al (2005) and soil carbon estimates available from French Guyana. The Chave equation was tested against existing volume equations and found to correspond closely if constant expansion factors for crown ratio were applied. Allometry work from French Guyana was also compared but found to correspond less exactly than the Chave equation, with wood density assumptions being a likely reason for the variance. The plot data was expanded to give national estimates using the SAR-derived vegetation map of Guyana. This provided estimates of current stock. To determine a baseline deforestation rate, historical maps available from 1950's forest surveys were used, these being based on national aerial photogrammetric coverage and API were considered quite reliable, and gave long-term results consistent with recent estimates based in changes in coverage from classified LANDSAT products

SEQUESTRATION DU CARBONE DANS LA FORET COMMUNAUTAIRE DE LA COPAL (BATCHENGA-CAMEROUN)

Auteurs : Amougou Achille¹ (1) ; Mbololo Marie² (1) ; Amougou Akoa³ (1)

(1) Laboratoire d'écologie forestière, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Université de Yaoundé I. BP : 812.

¹ email : ayvesndiachille@yahoo.fr **RESUME**

Dans l'optique de doter la COPAL d'un outil permettant de quantifier les stocks de carbone séquestrés par sa forêt communautaire (FC) et ainsi bénéficier des crédits de carbone dans le cadre de la mise en œuvre du processus REDD+, une étude a été menée dans cette forêt d'octobre 2009 à septembre 2010.

La méthode destructive a été utilisée et les mesures dendrométriques ont été obtenues en suivant les abatteurs. L'échantillonnage concerne six espèces des sites à HVC de la FC de COPAL et par espèce 30 observations. L'analyse des données collectées couplée à l'utilisation d'équations allométriques (Brown, 1989 ; Brown 1997 ; Ibrahima 2002 ; Chave₁, 2005 ; Chave₂ 2005) a permis d'estimer la biomasse épigée et surtout de quantifier le carbone séquestré par chacune de ces six espèces retenues, et par conséquent les crédits carbone auxquels pourrait prétendre la COPAL dans ces sites à HVC. En plus, pour les six espèces étudiées, les équations de régression spécifiques diamètre – hauteur totale sont obtenues et les volumes de bois exploités connus.

L'interprétation des résultats obtenus montre que chez *Piptadeniastrum africanum* (*Mimosaceae*), la biomasse épigée pour 30 individus est de 86.1×10^3 t soit 26.5×10^3 t de carbone séquestré ; pour *Milicia excelsa* (*Moraceae*) 56.4×10^3 t de biomasse soit 26.5×10^3 t de carbone ; *Eriobroma oblongum* (*Sterculiaceae*) 43.3×10^3 t de biomasse soit 20.3×10^3 t de carbone ; *Sterculia rhinopetala* (*Sterculiaceae*) 30.8×10^3 t de biomasse soit 14.4×10^3 t de carbone ; *Triplochyton scleroxylon* (*Sterculiaceae*) 26.9×10^3 t de biomasse soit $12,6 \times 10^3$ t de carbone et finalement pour *Terminalia superba* (*Combretaceae*) $20,7 \times 10^3$ t soit $9,7 \times 10^3$ t de carbone. Au total 124.3×10^3 t de carbone sont séquestrées, par un échantillon de 180 individus appartenant à 6 espèces commerciales. Ainsi les méthodologies développées et les résultats obtenus lors de cette étude seront applicables à d'autres titres (FC, UFA, Forêt communale...) afin de valoriser cette nouvelle approche et positionner le Cameroun sur le marché du carbone en plein développement.

Mots clés : séquestration, carbone, biomasse épigée, FC, relation diamètre-hauteur totale

Ebolowa le 12 février 2013

AYANGMA ABEDIE Edith Inès
Ecole pour la Formation des
Spécialistes de la Coopération
BP : 123
aedithines@yahoo.com
+23799485685/22727914

Estimation de la biomasse par inventaire dans les Mavocas (anciens villages) de Kingunda dans le Bas Congo en république démocratique du Congo (RDC)

Les combustibles tirés de la biomasse sont utilisées par 2,5 milliard de personnes dans le monde pour résoudre leurs problèmes d'approvisionnement en énergie (CIFOR, 2010). Les besoins en bois énergie de Kinshasa (capital de la RDC) sont estimés à 4,9 millions de tonnes par an (Schure j., 2011) et le prélèvement de ces sources d'énergies contribue à l'une des causes de déforestation/dégradation et contribue aux émissions de gaz à effet de serre. Selon le GIEC, la déforestation et la dégradation des forêts contribuent à 20% des émissions de gaz à effet de serre, ce qui a des effets non négligeables sur les changements climatiques.

La prise de conscience mondiale des problèmes environnementaux a poussé les gouvernements à engager des négociations qui ont conduit les pays en voie de développement vers les initiatives Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation (REDD+). Ces dernières ont abouti en 2009 à des accords d'expérimentations pilotes et la RDC est l'un des 8 pays qui ont été choisis pour expérimenter la stratégie REDD+ à l'échelle nationale. La présente étude a été réalisée dans l'optique de contribuer à l'élaboration de la stratégie nationale REDD+ en RDC et elle part du constat selon lequel il n'existe pas de données de références fiables pour l'élaboration des projets REDD+ en RDC.

Dans l'optique de contribuer à la mise à disposition des données de référence, plusieurs objectifs spécifiques étaient poursuivis dont, déterminer les différentes occupations de sol (1); estimer les stocks de carbone des *Mavoka*(2) ; estimer la contribution du charbon de bois au revenu des ménages (3).

Les données pour l'estimation des stocks de carbone ont été collectées à partir de la littérature et à l'aide des relevés de mesures dans 2 *Mavoka* (voka de Marie Nkenda et Mbemba) choisis systématiquement. La méthode d'inventaire en blocs contigus a été appliquée. Des données géo-référencées ont été collectées avec un GPS de marque Garmin Map 60 pour l'évaluation des superficies inventoriées. Les analyses d'inventaires forestiers, les graphes et les tableaux ont été réalisés grâce au logiciel EXCEL. Le logiciel ArcGis a permis de réaliser la cartographie. Les surfaces terrières ont été calculées par la formule $S = R^2 \times 3,14 = D^2 \times 3,14/4$. La biomasse a été évaluée par l'équation allométrique de MALIMBWI

Roots + all stems = 0.1* DBH^{1.916} H^{0.74} (Malimbwi, R.E., et al, 1994) et le carbone organique a été déduit par la relation **Carbone= 1/2biomasse**.

Les résultats obtenus révèlent qu'il existe quatre principaux types d'occupation de sol à Kingunda : les zones non forestières, les savanes arborés, la forêt tropicale et la forêt secondaire avec respectivement 54324 ha, 2484 ha, 72 ha et 144 ha. Les surfaces terrières obtenues sont respectivement de 4,53 m² pour 0,34 ha et de 6,86 m² pour 0,37 ha dans le voka de Marie Nkenda et celui de Mbemba. La biomasse estimée est respectivement de 67,04 t/ha et 66,82 t/ha pour un stock de carbone organique moyen estimé à **45 t/ha** dans les anciens villages. La contribution du *makala* aux revenus des ménages a été estimée à **60,48 %**.

L'étude s'intègre dans la dynamique REDD+ en RDC. Elle est une illustration de ce qui devrait se faire sur l'ensemble du bassin d'approvisionnement de Kinshasa, et dans la sous-région pour avoir des informations représentatives de la réalité locale et régionale. C'est une étape importante qui permet de prendre en compte les informations à plusieurs échelles (terroir, ville, pays, région) dans l'analyse de la faisabilité de la REDD+.

Mots clés : projets REDD+, données de références, évaluation des stocks de carbone

TELEDETECTION POUR LA TYPOLOGIE FORESTIERE ET L'INVERSION DE BIOMASSE EN AFRIQUE CENTRALE

Barbier N.¹, Bastin J.F., Ploton P., Viennois G., Droissart V., Sonké B., Stévant T., Dauby G., Pélissier R., Couteron P.

¹. Nicolas.barbier@ird.fr

Une difficulté majeure existe en matière d'estimation régionale des stocks de carbone. En effet, les relevés de terrain, en raison de leur coût et de leur difficulté, ne permettent pas à eux seuls d'assurer un échantillonnage représentatif, que ce soit à l'échelle de la région ou même du paysage. Il est indispensable de disposer d'outils permettant une extrapolation fiable des paramètres forestiers.

Les approches de télédétection traditionnelles sont efficaces pour la segmentation des zones déforestées, mais elles ont montré leurs limites pour des discriminations plus fines au sein des forêts à biomasse épigée élevée (>200 Mg MS AGB ha⁻¹).

Nous présentons le bilan de plusieurs études récemment menées en Afrique Centrale qui illustrent le potentiel de la télédétection hypertemporelle (e.g. MODIS), hyperspatiale (i.e. optique métrique) ainsi que du LiDAR aéroporté pour obtenir des informations quantitatives précises sur la structure et la dynamique des forêts denses à l'échelle régionale.

Dans un premier temps, nous présentons une cartographie régionale (paysage TRIDOM, Cameroun, Gabon, Congo) des types forestiers. Nous montrons sur base d'une approche multi-résolutions qu'il est possible d'obtenir une estimation quantitative de la proportion de couronnes décidues sur de grandes étendues, en conservant une résolution de 250m.

Nous présentons ensuite les derniers développements de la méthode FOTO (Fourier Transform Textural Ordination) permettant la caractérisation de la structure de la canopée à partir d'images optiques métriques (GeoEye, WorldView, etc.), pour une calibration et une application régionale sur la RDC, le Gabon, le Cameroun, le Congo et la RCA. Cette application est une première, qui a nécessité de surmonter des contraintes physiques (perturbations instrumentales) et biologiques (types forestiers de structure de canopée contrastés) jusqu'alors méconnus.

Enfin nous illustrons une application du LiDAR aéroporté au Gabon (échelle du paysage) pour la distinction de types forestiers sur base de la hauteur de canopée et d'indices du régime hydrique dérivés du modèle numérique de terrain.

Nous discutons l'intégration de ces résultats dans un ensemble cohérent d'approches alliant la mesure de terrain (allométrie, architecture des arbres, structure forestière, propriétés optiques), la modélisation physique (transfert radiatif) et biologique (modèles de plantes et de peuplements), et la combinaison de signaux de télédétection de différents types.

La stéréophotogrammétrie : un procédé pour mesurer les arbres à troncs irréguliers

Sébastien Bauwens¹, Adeline Fayolle, Alide Kidimbu Nzenga, Sylvie Gourlet-Fleury et Philippe Lejeune

Au sein des écosystèmes forestiers tropicaux, de nombreuses espèces d'arbres présentent des caractéristiques morphologiques particulières à la base du tronc : des contreforts, des cannelures ou encore des racines échasses. Ces irrégularités sont d'autant plus prononcées sur des arbres de diamètres importants. Ces derniers détiennent une part importante de la biomasse ligneuse de ces écosystèmes, or peu d'entre eux sont mesurés pour l'établissement des équations allométriques. La biomasse des gros arbres utilisés dans les équations allométriques est déterminée de manière indirecte en associant d'une part le volume des compartiments les plus importants de l'arbre avec la densité moyenne du bois obtenue en prélevant des échantillons et d'autre part, par la pesée des compartiments plus petits. Dans le cas des arbres à troncs irréguliers, leur volume est estimé en simplifiant leur morphologie et en considérant le diamètre au dessus de la déformation comme variable d'entrée, ce qui augmente les incertitudes liées aux équations allométriques.

Cette étude a pour objet d'évaluer une méthode alternative et non-destructive pour mesurer ces arbres : la stéréophotogrammétrie. Ce procédé consiste à reconstituer en trois dimensions un objet à partir d'images qui convergent sur celui-ci et qui se chevauchent entre elles. La stéréophotogrammétrie servira à déterminer (i) le volume de la base des troncs irréguliers et (ii) la surface du tronc à différentes hauteurs. Ce deuxième objectif permettra d'établir ultérieurement des équations de défilement qui serviront notamment à estimer un diamètre théorique à 1,3 m de haut.

Le travail a été réalisé dans une forêt mixte semi-décidue à *Scorodophloeus zenkeri*, à la périphérie de la réserve de Yangambi, en République Démocratique du Congo. Trois arbres présentant de vastes contreforts ont été étudiés (deux *Celtis mildbraedii* et un *Cynometra hankei*). Leurs diamètres au dessus des contreforts étaient respectivement de 57 cm, 91 cm et 95 cm.

Un protocole d'acquisition des images du tronc des arbres sur pied a été développé pour la stéréophotogrammétrie. Des mesures destructives ont également été réalisées afin de calibrer la méthode.

La combinaison des outils actuels de traitement photogrammétriques et de gestion des données 3D permet un traitement semi-automatique des images dont le produit est un nuage de points en 3D. Les nuages de points obtenus comportent du bruit (points aberrants) dont il est possible d'éliminer en grande partie avec des filtres. La reconstitution du tronc est possible jusqu'à 10 m de haut. Des treillis ajustés à chaque nuage de points ont été générés ce qui permet l'estimation du volume de la base du tronc. Les sections du tronc obtenues par ajustement B-spline sont en cours de confrontation avec les informations obtenues de manière destructive.

¹ Centre International de Recherche sur la Forêt (CIFOR) & Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, GxABT – Université de Liège, Gembloux, Belgique. Bauwens.sebastien@gmail.com

Allometric equations: implications for REDD, Carbon stocks and the Missing sink

Adrien Djomo

Moist tropical forests in Africa and elsewhere store large amounts of carbon and need accurate allometric regressions for their estimation. In Africa the absence of species-specific or mixed-species allometric equations has led to broad use of pan moist tropical equations to estimate tree biomass. This lack of information has raised many discussions on the accuracy of these data, since equations were derived from biomass collected outside Africa. Also, many scientists believe now that missing sink could be attributed to tropical forests. However, it is inappropriate to estimate this with inadequate tools.

Mixed-species regression equations with 71 sample trees using different input variables such as diameter, diameter and height, product of diameter and height, and wood density were developed to estimate total aboveground biomass and biomass of leaves and branches for a Cameroon forest. Our biomass data was added to 372 biomass data collected across different moist tropical forests in Asia and South America to develop new pan moist tropical allometric regressions. Species-specific and mixed-species height diameter regression models were also developed to estimate heights using 3833 trees.

With site-specific allometric equations, we estimated biomass and aboveground and belowground carbon pools. We used GIS technology to develop a carbon biomass map of our study area. The current annual increment (CAI) was estimated using the growth rates obtained from tree rings analysis. The carbon biomass was on average $264 \pm 48 \text{ Mg ha}^{-1}$. This estimate includes aboveground carbon, root carbon and soil organic carbon down to 30cm depth. This value varied from $231 \pm 45 \text{ Mg ha}^{-1}$ of carbon in Agro-Forests to $283 \pm 51 \text{ Mg ha}^{-1}$ of carbon in Managed Forests and to $278 \pm 56 \text{ Mg ha}^{-1}$ of carbon in National Park. The carbon CAI varied from $2.54 \pm 0.65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in Agro-Forests to $2.79 \pm 0.72 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in Managed Forests and to $2.85 \pm 0.72 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in National Park.

We modelled how changes in the minimum felling diameter affect stem density, basal area and the related carbon biomass at the end of the felling cycle (30 years) in a semi-deciduous natural forest in Cameroon. With new MFDs estimates, at 7% logging damage rate, we found that the stem density of initially harvestable trees reduces from 12.3 ($50.4 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$) to 6.7 ($32.5 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$) trees per ha and the number of initial residual trees increases from 80 ($18.9 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$) to 85.7 ($36.8 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$) trees per ha. This corresponds to an avoided damage estimated at $17.9 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$. We also found that increasing mortality and damage intensity also increases the damage on carbon biomass estimated to be $8.9 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ at 10% or to be $17.4 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ at 15% logging damage. Overall, our study shows that proper determination of MFD of logged species taking into consideration their capacity of reconstitution and the Reduced Impact Logging can avoid the loss of up to $35 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Evaluation des stocks de carbone épigé du bois d'œuvre commercialisable des mosaïques agricoles des régions du Centre (Tomba1) et du Sud (Biba-Yezoum) Cameroun

Valentina ROBIGLIO, William MALA.

DJOMO Léopoldine Clémence (leopoldineclemenced@yahoo.fr)

Résumé

Au Cameroun, les recherches sur la séquestration du carbone sont effectuées sur des usages de terres fixes (cacaoyères, forêts ou jachères) comme si le carbone est une entité figée. Ces recherches ne permettent donc pas de comprendre les réelles dynamiques du carbone dans le cycle de conversion forêt-champ-jachère-forêt typique de l'agriculture itinérante sur brûlis.

La connaissance des quantités de carbone séquestrées dans le bois des mosaïques agricoles des régions aux marges de la forêt fournirait un guide de travail qui permettrait de mieux comprendre et d'apprécier la gestion du carbone ceci en vue de donner sa contribution à la réduction des émissions des GES. C'est ainsi qu'une étude a été menée dans les régions du Centre et du Sud Cameroun où des évaluations de stocks de carbone épigé du bois d'œuvre commercialisable ont été faites. La méthode d'échantillonnage stratifiée à surfaces variables de Sheil et *al.*, 2004, et les équations allométriques développées par Chave, 2005 et Akindele, 2005 ont permis d'estimer les stocks de carbone épigé. Les résultats suivants sont obtenus avec l'équation de Chave: $124,59 \pm 38,95$ tC/ha; $64,92 \pm 17,45$ tC/ha ; $61,35 \pm 17,63$ tC/ha; $60,99 \pm 10,83$ tC/ha; $45,39 \pm 15,32$ tC/ha; $36,04 \pm 11,32$ tC/ha, respectivement pour les forêts dégradées, les cacaoyères, les moyennes jachères, les vieilles jachères, les champs vivriers et les jeunes jachères à Biba-Yezoum et $155,66 \pm 54,82$ tC/ha; $110,63 \pm 15,51$ tC/ha; $88,44 \pm 12,63$ tC/ha; $72,85 \pm 5,38$ tC/ha; $45,43 \pm 15,68$ tC/ha; $37,85 \pm 9,37$ tC/ha, respectivement pour les forêts dégradées, les cacaoyères, les moyennes jachères, les vieilles jachères, les champs vivriers et les jeunes jachères à Tomba 1.

L'équation développée par Akindele a conduit aux résultats suivants : $70,64 \pm 17,50$ tC/ha; $66,72 \pm 20,64$ tC/ha; $61,60 \pm 17,12$ tC/ha; $50,58 \pm 19,62$ tC/ha; $42,54 \pm 17,09$ tC/ha; $38,49 \pm 12,28$ tC/ha respectivement pour les vieilles jachères, les cacaoyères, les forêts dégradées, les moyennes jachères, les jeunes jachères et les champs vivriers à Biba-Yezoum et $201,46 \pm$

61,30 tC/ha; $184,99 \pm 43,45$ tC/ha ; $117,95 \pm 33,87$ tC/ha; $72,33 \pm 17,91$ tC/ha; $52,83 \pm 23,38$ tC/ha; $47,56 \pm 15,56$ tC/ha respectivement pour les forêts dégradées , les cacaoyères, les moyennes jachères, les vieilles jachères, les champs vivriers et les jeunes jachères à Tomba1.

Les résultats ainsi obtenus montrent l'urgence de mettre sur pied une politique visant à maximiser la séquestration du carbone dans les mosaïques agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

Matieu Henry, 2010. Carbon stocks and dynamics in Sub Saharan Africa. PhD Thesis.

AgroParisTech. 397p.

Relation entre composition floristique et accumulation de biomasse dans deux types de forêts de la Réserve de Biosphère du Dja (Cameroun)

Marie Noel K. Djuikouo^{1*}, Jean-Louis Doucet, Charlemagne K. Nguembou,
Simon L. Lewis and Bonaventure Sonké

¹ kamdem_marienoel@yahoo.fr

Format: Poster

Thème: Estimation de la biomasse par inventaire dans des parcelles temporaires ou permanentes

Résumé :

Ce travail permet de comprendre la relation existant entre la composition spécifique et l'accumulation de la biomasse dans deux types de forêts au Cameroun.

Les inventaires sont réalisés dans la Réserve de Biosphère du Dja (Cameroun) et dans deux types de forêts: les forêts hétérogènes de terre ferme et les forêts monospécifiques à *Gilbertiodendron dewevrei*. Le dispositif choisi sont des parcelles permanentes de 100 x 100 m soit une surface d'un ha chacune subdivisées en sous-quadrats de 20 x 20 m. Tous les ligneux sont recensés, étiquetés et mesurés à 1,30 cm au-dessus du sol.

La richesse spécifique recensée dans les forêts monospécifiques et les forêts hétérogènes de terre ferme sont respectivement $46,67 \pm 14,38$ espèces et $108,67 \pm 8,75$ espèces à l'hectare.

La biomasse des arbres supérieurs à 10 cm de diamètre est estimée pour les types de forêts de la). La valeur moyenne obtenue est d'environ 466 t/ha (CV=24,72) soit 233 t/ha de carbone. Les forêts monospécifiques enregistrent une biomasse de $501,3 \pm 69,8$ t/ha alors que les forêts hétérogènes totalisent $327,7 \pm 48,8$ t/ha. Seules quelques espèces contribuent fortement à la biomasse de ces forêts. Bien que peu fréquentes (exception faite pour le *G. dewevrei*), le nombre d'arbres de ces espèces ayant de gros diamètres semble être une des raisons principales. Les valeurs élevées de biomasse, caractéristiques des forêts tropicales font de cet écosystème un potentiel à long terme de séquestration du carbone.

Mots clés. Diversité, accumulation de biomasse, forêt de terre ferme et à *Gilbertiodendron dewevrei*, Réserve de Biosphère du Dja.

Bibliographie :

Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Fölster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.-P., Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riera B. & Yamakura T. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87–99.

Djuikouo Kamdem M.N. (2012) Diversité et dynamique forestière dans la Réserve de Biosphère du Dja. Thèse de doctorat Ph.D, Université de Yaoundé I. Cameroun. 193 p.

Lewis L.S., Lopez-Gonzalez G., Sonké B., Affum-Baffoe K., Baker T.R., Ojo L.O., Phillips O.L., Reitsma J., White L., Comiskey J., Ewango C., Feldpausch T.R., Hamilton A.C., Gloor

M., Hart T., Hladik A., Djuikouo Kamdem M.N., Jon L., Lovett J., Makana J.-R. Malhi Y., Mbago F.M., Ndangalasi H.J., Peacock J., Peh K. S.-H., Sheil D., Sunderland T., Swaine M.D., Taplin J., Taylor D., Sean C.T., Votere R. & Hannsjörg W. (2009a) Increasing Carbon Storage in Intact African Tropical Forests. *Nature* 457: 1003-1006.

Soumission d'une communication à l'atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale

Evolution de la ressource ligneuse et des stocks de carbone dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa (RDC)

Emilien Dubiez : emilien.dubiez@cirad.fr

Valéry Gond

Régis Peltier

Adrien Péroches

Morgan Gigaud

Marine Boulogne

Jean Noël Marien

Dans le cadre du projet Makala, un travail à l'échelle du bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa, République Démocratique du Congo, a permis de caractériser l'évolution des états de surface entre 1984 et 2012 à l'aide de relevé de terrain et de l'analyse des images satellites Landsat (Lu, 2006 ; Sader *et al.*, 1989 ; Helmer *et al.*, 2012). La télédétection a été utilisée pour l'estimation de la biomasse des stocks de C hors sol (Patenaude *et al.*, 2004), conjointement à l'utilisation de données de biomasse mesurée. Des inventaires forestiers ont été réalisés dans les jachères forestières, les forêts galeries de la rivière Lufimi au plateau Batéké situées à 170 km de Kinshasa. En parallèle des tarifs de cubage ont été élaborés sur cinq principales essences utilisées pour la production de charbon de bois dans cette zone d'étude (*Albizia adianthifolia*, *Hymenocardia ulmoides*, *Markhamia tomentosa*, *Oncoba welwitschii*, *Pentaclethra eetveldeana*), un tarif de cubage commun pour six essences secondaires (*Draceana manii*, *Macaranga monendra*, *Millettia eetveldeana*, *Millettia laurentii*, *Vitex congolensis* et *Sapium cornutum*) a également été construit. La présence de plantations agroforestières d'*Acacia auriculiformis* sur le plateau Batéké et l'engouement actuel autour de cette essence, nous ont amené à établir un tarif de cubage pour cette essence. Les deux paramètres retenus pour la construction des tarifs de cubage sont la hauteur et la circonférence à 130 cm. Ces deux paramètres ont déjà été décrits comme explicatifs par d'autres auteurs (Henry *et al.*, 2010 ; Chave *et al.*, 2005). Pour chaque essence retenue, deux tarifs de cubage ont été construits par la méthode statistique de régression pondérée. Un premier tarif à une entrée pour lequel $V = f(C130^2)$ et un second tarif à deux entrées pour lequel $V = f(C130^2H)$ ont été construits. Des régressions de la forme $V=a+b(C130^2$ ou $C130^2H)^c$ ont été privilégiées.

Les superficies des forêts dégradées et des anciennes jachères, entre 1984 et 2012, sont passées de 100 000 ha à 30 000 ha. En 28 ans, la diminution globale du stock de carbone sur le bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa est de 20% (0,7%/an). Elle atteint plus de 35% pour le stock de carbone des forêts dégradées. Des études de cas, ont été réalisées dans des terroirs villageois d'intervention du projet. Dans le village de Kinduala, situé à 120 km au sud de la capitale Kinshasa, en 20 ans, les stocks de carbone ont diminué de 75%.

Ces premiers résultats montrent l'urgence d'aménager le bassin d'approvisionnement en bois énergie de Kinshasa que se soit pour le carbone, pour les biens et services que peuvent fournir les écosystèmes forestiers ou pour la sécurisation alimentaire des populations rurales et urbaines.

Bibliographie

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J. P., Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riéra B. & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99.

Helmer H., Ruzycki T.S., Benner J., Voggesser S.M., Scobie B.P., Park C., Fanning .W., Ramnarine S., 2012. Detailed maps of tropical forest types are within reach : Forest tree communities for Trinidad et Tobago mapped with multiseason Landsat and multiseason fine-resolution imagery. *Forest Ecology and Management*, vol.279, pp. 147-166.

Henry M., Besnard A., Asante W.A., Eshun J., Adu-Bredu S., Valentini R., Bernoux M. & Saint André L., 2010. Wood density, phytobiomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*, vol.260 (8), pp.1375-1388.

Lu D., 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27 (7), pp. 1297-1328.

Patenaude G., Hill R.A., Milne R., Gaveau D.L.A., Briggs B.B.J., Dawson T.P., 2004: Quantifying forest above ground carbon content using LiDAR remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, vol.93, pp. 368-380

Sader S.A., Waide, R.B., Lawrence W.T. and Joyce A.T., 1989. Tropical forest biomass and successional age class relationships to a vegetation index derived from Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, vol.28, pp. 143-156.

Thomas Dufour, ONF International

2013

En vue de la réalisation d'un poster

Le cas particulier des Equations allométriques dans les écosystèmes de mangrove en Afrique : cas d'une étude sur Rhizophora spp. en Casamance

"ONFI a réalisé un étude au sud du Sénégal, en Casamance, dans des plantations de *Rhizophora* spp. L'objectif était de produire les équations allométriques appropriées et estimer la biomasse aérienne (houppier et tronc) stockée dans des mangroves plantées entre 1987 et 2010. L'étude a fourni un premier type d'équations, basées sur la définition officielle de la biomasse aérienne (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) 2003), n'incluant donc pas les racines échasses, et un second type d'équations, qui permettent une estimation de la « biomasse totale hors sol » (BTHS), incluant cette fois-ci la partie aérienne, hors sol, des racines échasses. Il a été choisi de travailler sur la BTHS afin d'adapter l'équation allométrique à l'architecture de *Rhizophora* spp., et notamment à la présence de racines aériennes, qui jouent un rôle reconnu dans la nutrition et la stabilisation des individus mais qui impose peut être de nouvelles lois allométriques. Or il est possible que les lois architecturales classiques ne rendent pas compte de cette spécificité du genre *Rhizophora*.

L'étude s'est inscrite dans le cadre d'une valorisation carbone d'un projet de reboisement, et traduit donc un début d'intérêt porté sur les mangroves dans un contexte de lutte contre les changements climatiques. Le second objectif a été d'améliorer la compréhension du cycle biogéochimique, du fonctionnement et de la structure des écosystèmes de mangrove. Il prétend fournir ainsi des informations répondant à d'autres objectifs : protection des littoraux, durabilité des ressource bois et halieutiques, apport de produits forestiers non ligneux. Deux types de modèles allométriques ont été élaborés : les premiers, rudimentaires, contiennent peu de variables explicatives, et sont destinés à être appliqués à des inventaires à grande échelle. Les seconds contiennent plus de variables explicatives et imposent une base de données conséquente, mais ils sont plus précis et peuvent être mobilisés dans des travaux de recherche."

Titre : *Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'I.N.E.R.A.-Yangambi à Yangambi (R.D.Congo) : Cas d'Autranella congolensis (De Wild). A. Chev., de Gilbertiodendron dewevrei (De Wild) J. Léonard et « Drypetes likwa (J. Léonard. Nomen) »*

Auteur (s) : Jr. Jérôme EBUY (UNIKIS)* 1 ; Prof. Jean Pierre LOKOMBE (IFA/YBI) 2 ; Prof. QUENTIN PONETTE(UCL) 3 ;

Dr. Denis SONWA(CIFOR) 4 ; et Dr. Nicolas PICARD(CIRAD) 5

Les enjeux liés au carbone vont devoir être analysés de près dans les années à venir, afin que les pays et entreprises du bassin du Congo puissent bénéficier de ces opportunités et se montrer compétitifs par rapport à d'autres régions du monde. En Afrique, comme partout ailleurs, le changement climatique affecte déjà le rythme saisonnier, occasionne les chablis dans la plupart des écosystèmes forestiers et favoriserait les déplacements des populations du nord vers le centre (*phénomène Mbororo en R.D.Congo*) à la recherche de pâturage et de l'eau. Cette étude avait pour objectif de quantifier les stocks de biomasse dans trois plantations âgées, de trois espèces différentes, afin d'identifier celle qui stocke le plus de carbone. Notre étude a été réalisée dans la région de Yangambi, un territoire situé à 100 km à l'ouest de la ville de Kisangani dans le centre de recherche de l'I.N.E.R.A (*Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques*). L'INERA s'étend sur une concession d'environ 6 297 km². Elle correspond à une étendue comprise entre: 24°16'95" et 25°08'48" longitude Est, 0°38'77" et 1° 10'20" latitude Nord. Ce travail a mobilisé une équipe de vingt personnes. Nous avons utilisé la méthode directe (*méthode destructive*) pour mesurer la biomasse aérienne des arbres. Douze arbres moyens ont été abattus à raison d'un arbre par parcelle. La biomasse aérienne a été compartimentée par catégorie : fruit, feuille, rameau, branche (houppier), tronc (fût), et écorce. Pour chaque catégorie, des échantillons destinés au laboratoire ont été prélevés, pesés à l'état vert, séchés, puis repesés à l'état sec. L'échantillon du bois était séché à la température de 105°C et l'échantillon de feuille était séché à 70°C. Les mesures faites sur l'arbre moyen ont été extrapolées à la parcelle en les multipliant par le nombre de tiges à l'hectare. Nous avons obtenu les résultats ci-après : cas d'*Autranella congolensis* 373,9 tonnes de carbone à l'hectare (plantation de 70 ans) ; *Gilbertiodendron dewevrei* 229,3 tC ha⁻¹ (70 ans) ; *Drypetes likwa* 113,3 tC ha⁻¹ (71 ans). Nous avons mesuré les densités moyennes suivantes (densité du bois à 12 % d'humidité) : 0,98 g cm⁻³ pour *Autranella congolensis* ; 0,96 g cm⁻³ pour *Gilbertiodendron dewevrei* ; 0,71 g cm⁻³ pour *Drypetes likwa*. Cette étude nous a permis de valider nos hypothèses du départ selon lesquelles l'âge de plantations ; la densité de plantations ; les modes de gestions ont influencé différemment les stockages de carbone dans les plantations. Surtout, les stocks du carbone dépendent de l'espèce plantée : les caractéristiques anatomiques propres à l'espèce amènent, à âge égal, à des quantités de carbone stocké différentes.

Equations allométrique et agroforêts en zone de forêt dense humide au Cameroun : Quelques réflexions pour mieux évaluer les stocks de carbone dans des systèmes Hybrides

Nathalie S. Ewane Nonga¹ et Denis J. Sonwa²

1. International Institute of Tropical Agriculture, Alternative to Slash and Burn (ASB), IITA-Cameroon, PO. Box 2008 (Messa) Yaoundé-Cameroon. Email: nathewane@yahoo.fr
2. Centre for International Forestry Research (CIFOR). CIFOR-Cameroon

Les systèmes agroforestiers occupent des superficies importantes en Afrique Centrale et font partie des différents types d'utilisation de sol et de changements d'utilisation de sol. Dans le MRV ('Measurement/Monitoring, Reporting and Verification') et dans le cadre du REDD+ ('Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation and enhancing forest Carbon stocks'), les agroforêts ne sauraient être donc laissées de côté. La spécificité des systèmes agroforestiers est d'être des systèmes hybrides intégrant des composantes agronomiques et forestières. Les efforts pour avoir des équations allométriques semblent mettre l'accent sur les composantes forestières et moins sur les composantes agronomiques et/ou agroforestières. Dans le cadre de cette présentation, nous revenons sur (1) Les systèmes agroforestiers existant en zones humides du Cameroun, (2) les équations allométriques régulièrement utilisées pour estimer les stocks de carbone dans ces agroforêts, (3) les réflexions sur les contraintes relatives à l'utilisations des équations allométriques dans les systèmes agroforestiers, (4) des pistes de réflexion pour mieux développer des équations allométriques spécifiques aux systèmes agroforestiers du Cameroun et de l'Afrique Centrale.

Mots Clés: agroforêts, Cameroun, équations allométriques, stock de carbone.

Titre

Les équations allométriques pan-tropicales plurispécifiques sont-elles valables en Afrique centrale ?

Auteurs

Adeline Fayolle¹, Jean-Louis Doucet¹, Jean-François Gillet¹, Nils Bourland¹, Philippe Lejeune¹

¹ Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés, 2 – B-5030 Gembloux – BELGIUM

Résumé

Il y a aujourd'hui encore beaucoup d'incertitudes sur les stocks de biomasse et de carbone forestiers en Afrique centrale, en partie car peu d'équations allométriques sont disponibles pour les arbres africains. Les équations existantes sont restreintes à quelques sites et à quelques espèces particulières. Les équations allométriques pan-tropicales plurispécifiques développées par Chave *et al.* (2005) sont donc utilisées pour estimer la biomasse à partir des inventaires forestiers. Bien que ces équations aient été calibrées sur un jeu de données conséquent (n=2410 arbres) provenant de 27 sites de la zone intertropicale exceptée l'Afrique, leur validité en Afrique centrale n'a encore jamais été testée rigoureusement. Le but de cette étude est de tester la validité des équations allométriques pan-tropicales en Afrique centrale et/ou de développer des équations spécifiques.

Cette étude a été conduite dans le Sud Est du Cameroun dans une forêt de transition entre le type sempervirent et semi-décidu. La biomasse aérienne ligneuse de 138 arbres appartenant à 47 taxa (42 déterminés à l'espèce et 5 au genre) et répartis sur une large gamme de diamètre (5.30-192.50 cm) et de densité du bois (0.284-1.152 g.cm⁻³) a été obtenue par échantillonnage destructif. Différents types de modèles « locaux » spécifiques au site ont été ajustés pour l'ensemble des données et pour trois espèces cibles séparément : *Entandrophragma cylindricum* (Meliaceae), et *Erythrophleum suaveolens* et *Pericopsis elata* (Fabaceae). Le meilleur modèle local a été identifié par une approche de sélection de modèle.

Le diamètre et la densité du bois sont des prédicteurs importants pour estimer la biomasse des

arbres. Les modèles spécifiques à l'espèce ne sont pas meilleurs que les modèles plurispécifiques incluant la densité du bois dans les variables explicatives. Le meilleur modèle local a la même structure que l'équation pantropicale de Chave *et al.* (2005) pour les forêts de type « moist », et les valeurs des paramètres locaux et pantropicaux ne sont pas significativement différentes. Les estimations de biomasses sont valables sur toute la gamme de diamètre et de biomasse. Enfin, utiliser la densité du bois extraite des bases de données internationales n'augmente que légèrement les erreurs d'estimation.

Nous avons donc pu montrer que les équations allométriques pan-tropicales plurispécifiques sont valides dans le Sud Est du Cameroun. Ces équations peuvent être utilisées pour estimer de façon précise les stocks de biomasse et de carbone forestier à partir des données de diamètre contenues dans les inventaires forestiers et les valeurs de densité du bois des espèces dans les bases de données internationales.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T. & others. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, **145**, 87–99.

Mots clés

Allométrie, Bassin du Congo, Biomasse aérienne ligneuse, Carbone, Densité du bois

Biomass assessment in temporary plots in the Kom-Mengamé forest conservation complex, South Cameroon: prospects and implication for REDD+.

Fongzossie Fedoung Evariste^{1*}, Sonwa Denis Jean², Kemeuze Victor^{2,3}, Nkongmeneck Bernard-Aloys⁴ and Auzel Phillippe⁵.

1. University of Douala, fong_nzossie@yahoo.com
2. Center for International Forestry Research (CIFOR), Yaoundé, d.sonwa@cgiar.org
3. University of Ngaoundéré, kemeuze@hotmail.fr
4. University of Yaoundé 1, bnkongme@yahoo.fr
5. Quebec Centre for Biodiversity Science, philippe.auzel@mcgill.ca

*** presenting author**

Abstract

Forest protected areas (PAs) are currently recognized as critically important element of tropical forest countries' efforts to implement and benefit from REDD+. In this process, knowledge of their carbon stock is essential for the monitoring, reporting and verification (MRV) system. This study was conducted to measure biomass and carbon sequestration in above ground standing biomass in different forest types in the Kom-Mengamé forest complex. A total of 1366 plots of 100mx5m covering 63.8 ha were established in different forest types including cocoa agroforests, crop fields; swamp forests, periodically flooded forests, *Raphia* forests, riparian forests, young secondary forests, old secondary forests and marshy grasslands. The assessment was based on an inventory of forest trees at 10 cm DBH and above. Aboveground biomass was estimated using Chave *et al* (2005) species-specific allometric equation and aboveground carbon stock was calculated by multiplying the 0.5 conversion factor to the biomass.

Mean carbon stocks were different for forest types and tree species. Mean values varied between 139.68 Mg.ha⁻¹ and 245.69 Mg.ha⁻¹. Size class distribution of aboveground biomass showed evidence of biomass reduction in larger size classes. Carbon sequestration in the different forest types were positively correlated to species richness. The top five tree species with high potentials for carbon sequestration are *Petersianthus macrocarpus*, *Pycnanthus angolensis*, *Desbordesia glaucescens*, *Pentaclethra macrophylla* and *Distemonanthus benthamianus*.

Carbon stock was different in managed areas and terra firm forests, but, no significant difference was found between carbon stocks of managed and swamp areas.

As implication, biomass assessment in tropical forest should consider the diversity of forest types and specific methodologies should be developed for specific forest types like *Raphia* forest which are important component of landscapes. Ultimately, the results show great potentials for joint carbon and biodiversity management in this protected area. Any further reforestation of the areas classified as degraded will be of significance for increasing carbon levels in the complex. Development of pilot REDD+ initiative could be an opportunity for improving biodiversity and livelihood management in this protected area.

Key words: allometric equation, biomass assessment, Cameroon, forest structure, forest type, REDD+.

Méthodologie d'établissement d'équations allométriques multispécifiques d'estimation des volumes bois total et fût

Noël H. FONTON

Laboratoire d'étude et de recherche en statistique appliquée et biométrie, Université d'Abomey-Calavi, Bénin; hfonton@gmail.com

Contexte : Le facteur d'émission de carbone recourt à plusieurs espèces à partir des inventaires forestiers. La difficulté de disposer d'équations allométriques individuelles réside surtout dans le nombre élevé d'arbres à abattre pour obtenir un modèle d'une bonne précision de même que les moyens matériels et financiers nécessaires. Les équations multispécifiques deviennent une meilleure alternative pour convertir les données d'inventaire forestier en biomasse aérienne ligneuse comme c'est le cas des équations allométriques pantropicales développées par Chave *et al.*(2005).

But : Nous développons ici une méthodologie pour mettre en évidence des facteurs pouvant influencer la qualité des modèles multispécifiques.

Méthode : Les données de cubage de 14 espèces forestières ont permis le choix de la meilleure équation allométrique par espèce. La taille de l'échantillon d'arbres de diamètre \geq à 10 cm a été de 60 par espèce répartis dans 6 classes de grosseur. Six (6) modèles de tarif de cubage à une et à deux entrées les plus couramment utilisés sont comparés. Avec les valeurs des coefficients, la méthode de classification hiérarchique ascendante a été utilisée pour réaliser le regroupement des espèces. Les caractéristiques de ressemblance ont été par la suite identifiées et les meilleurs modèles de groupes d'espèces établis.

Résultats : Avec un coefficient de détermination de l'ordre de 70 %, quatre groupes d'espèces sont identifiés à savoir :

- Groupe 1 composé de 4 espèces ; *Azelia africana*, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra* et *Diospyros mespiliformis*. Il s'agit d'espèces dont les arbres sont assez grands de 20 à plus de 30 m de hauteur et utilisés pour la plupart comme bois d'œuvre ;
- Groupe 2 composé de 3 espèces ; *Isobertinia spp*, *Lophira lanceolata* et *Albizia zygia*. Ce sont des espèces de hauteur totale variant de 20 et 27 m ;
- Groupe 3 composé de 5 espèces ; *Burkea africana*, *Crossopteryx febrifuga*, *Terminalia spp*, *Uapaca togoensis* et *Vittelaria paradoxa*. Ces espèces sont des arbustes ;
- Groupe : 4 composé de 2 espèces ; *Khaya senegalensis* et *Pseudocedrela kotschy*.

Les groupes 1 et 4 sont constitués de grands arbres (mégaphanérophyte). Le groupe 4 est formé des arbres de hauteurs moyennes. Le groupe 3 est dominé par les petits arbres

(nanophanérophyte). La hauteur de l'arbre que peut atteindre l'espèce apparaît comme un facteur discriminant.

Conclusion : Le facteur hauteur que peut atteindre l'espèce est l'élément discriminant pour la catégorisation des espèces pour l'établissement des équations allométriques multispécifiques. Les équations possèdent de très bonnes qualités d'ajustement et peuvent être utilisées pour l'estimation des volumes de groupe d'espèces.

CONTRIBUTION TOWARDS UN REDD WORKSHOP

➤ ***Méthodes pour la mesure de la biomasse des arbres (y compris mesure de la densité du bois)***

Acknowledging the fact that harvested methods are the best and most reliable in the measurement of biomasses, we need to reconsider whether these measurements are above or below the ground level to minimize percentage error.

Conversely, should we completely remove the entity from the ground ? If so then, should the product be dried or left with water ? For it is proven scientifically that these measurements do vary because of sample size and water content although these variables do differ with changing moments.

Also it is most probable that the density of individual trees be intrinsically measured if and only if they are rooted in the same quadrat if not different proportions will alter the final derivatives.

Considering the three most effective methods for estimating biomass densities, i have some scientific propagation to propose, these involves the measurements including tree-barks, now if we remove or exclude the barks from the biomasses to be examined, there is a likelihood that the new size will consequently bring about a new volume which at the same time can redetermine the density of same biomass without necessarily drying because these hypothesis accounts for almost the same value (pre or post measurements) but for the fact that it is most appropriate than drying because these drying methods also entails some considerable form of uncertainties.

Finally, i can recommend that some scientific experiments be officially conducted to rationalise the contrasting views simply aimed at appreciating the end volumes which will serve as differential calculus on existing biomass measurements because it is important to also reconsider the time-frame factor for partially-viable or completely-viable biomasses which will definitely present different situations at the end of envisaged measurement exercises.

Dr FRAMBO Martin TAMBINYUO , PhD Forest Law, Policy and Governance.

Senior Scientist within consortia, Lecturer of State Universities and Member of Cameroon National Civil Society Platform on REDD processes.

Mobile Phone: +237 78656684/96837896,

Email: fmt_realty@yahoo.com

Hugues Yvan Gomat¹, Ulrich Mayinguidi¹, Ruben Pambou¹, Laurent Saint-André²

¹ CRDPI (ex UR2PI) UR Plante et Milieux, BP 1291 Pointe-Noire République du Congo
e-mail : biblio_gomat@yahoo.fr

² CIRAD UPR 80, Ecosystèmes de Plantation, 34398 Montpellier, France

Effet des facteurs densités de plantation et de la fertilité des sols sur la partition de la biomasse aérienne des eucalyptus dans la région de Pointe-Noire, Congo.

La nécessité de développer des instruments pouvant aider à l'estimation du volume et de la biomasse des arbres et des peuplements est un enjeu majeur en foresterie. Le succès à long terme de la gestion durable des plantations forestière réside principalement dans l'établissement des tarifs de cubage et de biomasse (Brienen and Zuidema, 2006). L'objectif de la présente étude vise à quantifier les impacts de la fertilisation, de la densité de plantation et des régimes d'éclaircies sur la production de bois et la structure des peuplements. Et de comprendre si ces différences de production de bois sont expliquées par des différences de production primaire nette ou des différences dues à la compétition entre les arbres ou des différences dans l'allocation de biomasse. Dans cette étude nous présentons uniquement les résultats sur la partition.

Trois niveaux de densités de plantation 833 et 10000 plants.ha⁻¹ sans éclaircie et 10000 plant.ha⁻¹ éclaircis à 2500 plant.ha⁻¹. Le dispositif expérimental est constitué de blocs complètement randomisés avec quatre répétitions et deux régimes de fertilisation (fertilisation courante et fertilisation non limitante).

Les résultats indiquent que la fertilisation, la densité de plantation et les clones ont un impact sur la partition de la biomasse : meilleure efficacité des peuplements fertilisés avant 2 ans (en proportion, plus de bois pour moins de feuille), puis l'inverse (moins de bois pour plus de feuilles après deux ans); les peuplements à 10000 plants.ha⁻¹ ont en proportion plus de bois et moins de branches que les peuplements à 833 plants.ha⁻¹ et ce en interaction avec les clones (inversement du classement entre clones selon la densité). L'effet de la densité et du clone sont également très marqués sur la biomasse individuelle : plus de biomasse individuellement pour les arbres à 833 plants.ha⁻¹ qu'à 10000t.ha⁻¹, et plus de biomasse, quel que soit le compartiment pour le 18-147 à 833 plants.ha⁻¹. Mais au final, la biomasse sur pied à l'hectare n'est pas différente entre clones ou densité de plantation ou régime de fertilisation, du fait des différentes densités et différences de distribution en taille (phénomènes de compensation).

Mot clés : biomasse, compartiment, eucalyptus, densité de plantation, fertilisation, clone

Résumé pour communication orale

Diversité et biomasse aérienne dans les forêts matures de terre ferme du massif de Ngovayang (Cameroun)

AUTEUR(S) : Christelle. Gonmadje¹, Charles. Doumenge², Nicolas. Picard² et Doyle. Mckey¹

Adresse(s) : ¹IRAD – Herbar National, BP 1601, Yaoundé, Cameroun,

²Cirad, Campus International de Baillarguet, TA C-105/D, F-34398 Montpellier cedex 5, France

E-mail : cgonmadje@yahoo.fr

Objectifs -- Le massif de Ngovayang (Sud-Cameroun) fait partie des petits sommets qui longent le golfe de Guinée. Cette région est connue pour sa forte richesse floristique et son taux d'endémicité élevé en Afrique. Le présent travail a pour objectif d'estimer la biomasse aérienne des forêts de ce massif et d'évaluer les relations qui existent entre la biomasse, la richesse spécifique et les facteurs environnementaux.

Méthodes – L'analyse concerne les arbres à dbh ≥ 10 cm, issus de 15 parcelles permanentes de 1-ha établies dans les forêts matures de terre ferme du massif de Ngovayang.

Résultats-clés -- Les forêts du massif de Ngovayang sont dominées par les Leguminosae-Caesalpinioideae. Cinq groupements végétaux ont été identifiés parmi les forêts de basse et moyenne altitude ou submontagnardes occupant le site. La flore de ce massif est riche avec 586 d'espèces d'arbres. La richesse spécifique attendue (S_{451}) moyenne est de 103 ± 10 espèces.ha⁻¹. Il n'y a pas de différence significative de richesse spécifique attendue (test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,22$) entre les groupements végétaux identifiés. La surface terrière moyenne est $33,8 \pm 5,4$ m².ha⁻¹, et varie de $27,5 \pm 0,2$ m².ha⁻¹ dans les forêts submontagnardes à $38,2 \pm 5,4$ m².ha⁻¹ dans les forêts de basse et moyenne altitude. Cependant, il n'y a pas de différence significative de surface terrière entre les groupements végétaux (Kruskal-Wallis, p -value = 0,08).

La densité moyenne du bois des arbres du massif de Ngovayang est de $0,63 \pm 0,11$ g.cm⁻³. La biomasse aérienne totale estimée varie de 289,63 à 657,29 Mg.ha⁻¹ dans les 15 parcelles inventoriées, avec une valeur moyenne de $447,6 \pm 113,4$ Mg.ha⁻¹. Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de biomasse des groupements végétaux (Test de Kruskal-Wallis, p -value = 0,06). Dans tous les groupements végétaux identifiés, ce sont les arbres de grand diamètre qui contribuent le plus à la biomasse aérienne, malgré leur faible densité. C'est le cas de *Santiria trimera* (9,84 %), *Guibourtia tessmannii* (8,8 %), *Brachystegia cynometroides* (18,6 %), *Tetraberlinia bifoliolata* (13,7 %) et *Carapa macrantha* (9,3 %) qui ont des valeurs de biomasse les plus élevées, respectivement dans les groupements G1, G2, G3, G4 et G5.

Il existe une corrélation négative entre la biomasse et S_{451} ($r = - 0,654$; $p = 0,008$). La biomasse aérienne dans le massif de Ngovayang diminue significativement avec l'altitude ($r = - 0,796$; p -value = 0,0006).

Conclusion -- La compréhension des relations qui existent entre la biomasse aérienne, la richesse spécifique et les facteurs environnementaux est nécessaire aussi bien à l'échelle locale que régionale dans le but d'informer les politiques impliqués dans la REDD+.

Mots clés : diversité, biomasse aérienne, altitude, REDD+, parcelle de 1-ha, forêts tropicales

Ecologie de *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis dans les peuplements monodominants de la réserve forestière de Yangambi (Province Orientale, RDC)

Promoteur : Pr. LOKOMBE DIMANDJA (ISEA/Bengamisa, RD Congo)

Co-Promoteur Pr. Quentin PONETTE (UCL)

Par Thierry Kahindo Maliro

E-mail : th.kahindomaliro@yahoo.fr
maliroth2@yahoo.fr

Résumé

L'espèce *Brachystegia laurentii* forme parfois des peuplements monodominants. C'est sur ces derniers que porte cette étude dans la réserve forestière de Yangambi (RDC).

En vue de faire le suivi régulier de l'espèce, un dispositif permanent constitué de 6 parcelles de 16 ha chacune (choisies aléatoirement à travers la réserve forestière) a été installé (depuis novembre 2011).

L'étude a généralement pour objet de comparer et évaluer, à l'échelle de différents sites, les indices de diversité (la densité, la composition floristique), les caractéristiques dendrométriques (structures diamétriques, surface terrière (ST)), la régénération ainsi que la phénologie de l'espèce *B. laurentii*. Il vise spécialement à estimer le volume sur pied, la biomasse aérienne à l'hectare par des tarifs spécifiques (ou des tarifs existants) puis caractériser le sol en identifiant les exigences pédologiques ainsi que les caractéristiques pédoanthracologiques de l'espèce (*B. laurentii*) sous les différents peuplements monodominants.

Les résultats partiels montrent actuellement que dans un peuplement à *B. laurentii* la densité moyenne s'élève à 400 à 430 pieds (dhp ≥ 10 cm) à l'hectare dont 95,75 à 110 pieds de *Brachystegia* avec une ST moyenne estimée de 15,842 m² (soit 45,2%) par ha.

Quant à la régénération, ils s'en est suivi que sur un total de 1 7427 jeunes plants dénombrés dans 2 ha environ 91,08% se retrouvent au stade S2 (30 - 150 cm), les stades S1 (< 30cm de haut) et S3 (≥ 150 cm de hauteur) représentent respectivement 7,95% et 0,95% en raison de 169,25 à 244,74 plantules en moyenne par semencier (pied mère de dhp ≥ 30 cm).

Trois équations ont été retenues spécifiquement pour l'espèce *B. laurentii*, à savoir : Volume fût = $0,00031271 \times D^{2,068864}$; Biomasse fût = $0,10912 \times D^{4,7632}$ et Biomasse totale = $0,1326 \times D^{4,7632}$

Référence

Thierry Kahindo Maliro, Jean-Pierre Lokombe Dimandja, Nicolas Picard – 2010 -Volume equations and biomass estimates for three species in the Orientale Province, Democratic Republic of Congo- *Southern Forests 6p- (1416-146)*.

Mots clés: *Brachystegia laurentii* /forêts monodominantes / Yangambi-RDC

Evaluation des stocks et flux de carbone dans zones semi-arides du Cameroun : approches méthodologiques et perspectives d'amélioration

Kemeuze V. A.^{1,2}, Sonwa D. J.¹, Nkongmeneck B.-A.^{3,4}, Mapongmetsem P. M.²

1. CIFOR Cameroon P.o.Box: 2008 (Messa) Yaoundé
2. Department of Biological Sciences, University of Ngaoundéré, Po Box: 454 Ngaoundéré
3. Millennium Ecologic Museum, Po Box: 8038 Yaoundé
4. University of Yaoundé 1 Po Box: 812 Yaoundé

Résumé

En Afrique centrale, le Cameroun présente une diversité importante de paysage forestier qui permet de distinguer en fonction du degré d'humidité croissant, une zone semi-aride (steppes et Yaérés), subhumide (forêt sèche et savane) et humide (forêt denses humides). Bien que potentiellement ne séquestrant pas une grande quantité de carbone par unité de surface au-dessus du sol (comparativement aux zones humides), les types d'utilisation des terres des régions semi-arides du Cameroun, de par leur grande occupation spatiale, peuvent constituer un puits important de carbone à ne pas à négliger. Il est possible d'établir des parcelles de boisement/reboisement pour stocker le carbone dans les efforts pour réduire les émissions de GES. Nous effectuons en ce moment des évaluations de stock et flux de carbone dans cette partie du Cameroun dans une perspective REDD+ (réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts et augmentation du stock du carbone forestier). En vue de développer un système MRV/MNV (Mesure Notification et Vérification) fiable, les efforts pour avoir des équations allométriques semblent pour le moment mettre l'accent sur les forêts humides naturelles et moins/pas sur les systèmes anthropisées et les zones semi-arides. Pourtant, l'Afrique Centrale n'a pas que les zones forestières humides. Dans le cadre de cette présentation, nous (1) Revenons sur les principaux types d'utilisations rencontrées dans les zones semi-arides, (2) les approches méthodologiques (y compris les équations allométriques) pour évaluer les stock et les flux de carbone, (3) les contraintes relatives aux approches méthodologiques actuelles, (4) des pistes de réflexion pour mieux évaluer les stock de carbone dans les zones semi-arides d'Afrique Centrale.

Mots clés : Semi-aride, steppe, méthodologie, équation allométrique, carbone, REDD+

Elaboration des équations allométriques dans la Reserve de Yangambi

Kidimbu, N. A(2)(3), Badjoko, D.H(2) Nshimba, H.(3) , Beeckman, H.(1), Picard, N.(4)

(1)Royal Museum for Central Africa, (2) INERA/YANGAMBI, (3)University of Kisangani,(4)COMIFAC

Les pays en développement peuvent tirer des bénéfices dans la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques (UNFCCC) en réduisant leurs déforestations et dégradations forestières et aussi en augmentant leurs stocks de carbone forestier et en conservant les forêts. Toutefois pour entrer dans le mécanisme REDD+, ces pays sont obligés de fournir des estimations des stocks de carbone forestier et aussi leur changement. Faut-il encore continuer à utiliser les équations pantropicales à partir des paramètres aisément mesurables (Diamètre, hauteur, densité) ? L'objectif de cette étude est d'élaborer les équations allométriques des arbres du milieu d'étude afin d'éviter la sous ou la sur estimation du stock de carbone dans nos forêts. L'étude est réalisée dans la réserve de biosphère de Yangambi. Cent soixante arbres (DHP > 10cm) ont été abattus. Quarante quatre espèces importantes (abondance, dominance et fréquence) ont été choisies à partir d'un inventaire de 5520 arbres dans 14 parcelles de forêts matures avec 220 espèces. L'arbre à peser étant identifié, on mesure son diamètre à 1,30 m puis l'arbre est abattu et sa longueur est mesurée au sol, l'arbre est divisé en compartiments (souche ; tronc ; branches vivantes (avec différentes classes de taille) ; branches mortes ; feuillage ; fruits ; fleurs). Les parties ligneuses (tronc, souche, branches) sont tronçonnées en billons. La biomasse fraîche totale de chaque compartiment est pesée. Pour les gros morceaux de bois qui ont été tronçonnés en billons (tronc, grosses branches), on mesurera également la longueur et la circonférence aux deux extrémités de chaque billon. Une aliquote est prélevée dans chaque compartiment et la biomasse fraîche de l'aliquote est aussitôt pesée puis amené à l'étuve pour séchage.

Les calculs consistent à appliquer la règle de trois, compartiment par compartiment. Nous avons utilisé la formule suivante :

$$\text{biomasse sèche totale} = \frac{\text{biomasse sèche de l'aliquote}}{\text{biomasse fraîche de l'aliquote}} \times \text{biomasse fraîche totale}$$

La biomasse sèche de l'arbre est finalement obtenue en additionnant les biomasses sèches de tous les compartiments qui le composent. Les équations allométriques sont obtenues à partir de la modélisation des trois paramètres (Biomasse, diamètre, hauteur et la densité) dans le logiciel R.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

Résumé

Estimation de la biomasse du sous-bois selon un grand de dégradation dans la forêt dense humide de Makokou au Gabon (Afrique-Centrale)

Alain Franck Kossi Ditsouga^{1,2} Alfred Ngomanda¹, Nicaise Lepengue², Nestor Laurier Engone-Obiang¹, Donald Iponga Midocko¹, Judicaël Lebamba², Bertrand M'Batchi², Nicolas Picard¹

¹ Institut de recherche en Ecologie Tropicale (IRET), CENAREST BP : 13354, Libreville Gabon

² Université des Sciences et Techniques de Masuku, Département de Biologie, BP 913, Franceville, Gabon.

Le massif forestier du bassin du Congo stocke entre 24 et 39 milliards de tonnes de carbones et séquestre près de 0.34 milliards de tonnes de carbone/an (Lewis et *al.*, 2009). Mais, ces estimations globales de stocks de carbone prennent en compte seulement la végétation arborée, constituée des arbres de canopée ayant un dbh > à 10 cm laissant de coté les autres compartiments susceptibles de séquestrer le carbone, par exemple la végétation de sous-bois. De plus, ces estimations sont faites essentiellement dans les forêts tropicales primaires et non dans les forêts secondaires laissant m'inconnue les stocks de carbone séquestrés dans les forêts dégradées.

Afin d'estimer le stock global du carbone dans une forêt, il est nécessaire de tenir compte de toutes ces composantes afin d'avoir une bonne estimation de la biomasse. Ainsi, ce travail préliminaire s'est focalisé sur la biomasse de la végétation du sous-bois, en utilisant la méthode destructive le long d'un gradient de dégradation. En effet, les arbustes de diamètre ($1 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 5 \text{ cm}$) ont été coupés dans plots de 5 m × 5 m, mesurés et pesés. Les données ainsi obtenues ont permis d'estimer la biomasse de sous-bois. Ces résultats montrent que la biomasse en sous-bois est plus importante en forêt secondaire qu'en forêt primaire. De plus, ces travaux montrent que les arbres de la conopée ont une influence négative sur la biomasse du sous-bois en forêt secondaire alors qu'ils ont un effet positif sur la biomasse du sous-bois en forêt primaire.

Mots clés : Biomasse, forêt secondaire, forêt primaire, la végétation du sous-bois, changement climatique.

**POTENTIALITES DE SEQUESTRATION DE CARBONE PAR LES JACHERES AMELIOREES A
BASE DE *Calliandra calothyrsus* ET *Acacia angustissima***

Lieunang A. R.¹ ; Tchoundjeu Z.² ; Asaah E.² ; Avana M. L.¹ ; Alemagi D.²

¹ Université de Dschang [Email : alletche@yahoo.fr]

² World Agroforestry Centre

Le processus REDD+ et le projet REALU (Reducing emissions from all Land Uses) en cours tient compte de toutes les formes d'utilisation des terres dans la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts. Parmi les formes d'utilisation de terres, les jachères améliorées occupent une place de choix pour les petits fermiers. Il s'avérait donc nécessaire d'évaluer les capacités de séquestration de carbone par ce type d'utilisation de terre. Cette étude a été conduite dans les hautes terres du Cameroun d'avril à Septembre 2012. Les jachères améliorées en question étaient à *Calliandra calothyrsus* et *Acacia angustissima* auxquels nous avons associé les jachères naturelles ne reposant pas sur les espèces biofertilisantes. La méthode s'est basée sur des mesures dendrométriques à l'intérieur des placettes d'échantillonnage et l'utilisation des équations allométriques pour évaluer la biomasse des ligneux, des Musaceae et des Arecaceae. La biomasse des herbacées, de la litière, des racines fines, de la nécromasse et du sol a également été estimée. Il ressort des résultats que le stock moyen de carbone séquestré est de 364.94 ± 215.85 tonnes/ha dans la jachère à *Calliandra* ; 167.38 ± 24.88 tonnes/ha dans la jachère à *Acacia* ; 256.30 ± 95.82 tonnes/ha dans la jachère mixte et 193.55 ± 57.13 tonnes/ha dans la jachère naturelle. L'analyse n'a décelé aucune différence significative entre les quatre types de jachère. Les stocks de carbone estimés se répartissent principalement dans la biomasse ligneuse et le sol. Soit environ 71,18% et 27,78% respectivement pour les ligneux et le sol des jachères à *Calliandra* ; 20,38 % et 54,54% respectivement pour les ligneux et le sol des jachères à *Acacia* ; 47,36% et 32,17% pour les ligneux et le sol des jachères améliorées mixtes, enfin 68,91% et 30,15% pour les ligneux et le sol des jachères naturelles. Les herbacées, la litière et les racines fines avaient des stocks de carbone réduits. Le CO₂ séquestré est susceptible de produire une valeur écologique de 4017962,18 ± 2376455,41 Francs CFA pour les jachères à *Calliandra* ; 1842877,26 ± 273955,21 Francs CFA pour les jachères à *Acacia* ; 2821883,39 ± 1054973,45 Francs CFA pour les jachères mixtes et enfin 2131037,78 ± 628964,87 Francs CFA pour les jachères naturelles. La principale recommandation de l'étude est celle adressée aux scientifiques, à savoir l'établissement des équations allométriques propres aux espèces *Calliandra* et *Acacia*.

Mots clés : Réchauffement climatique, REDD++ ; Jachère améliorée ; Séquestration du carbone ; PSE.

UNIVERSITÉ LAVAL

Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique

Département des sciences du bois et de la forêt

**Évolution naturelle vers la forêt de savanes mises en défens sur le plateau des Bateke,
RDC (à Ibi-village en République Démocratique du Congo)**

Par

Ph.D candidat. Tolérant LUBALEGA KIMBAMBA.

Les savanes couvrent près de 33% le territoire de la République Démocratique du Congo(DRC). Soit 76,84 millions d'hectares (Lubini, 1997). Ces formations herbeuses dites ouvertes sont composées principalement de plantes herbacées vivaces (formant un tapis continu de poaceae atteignant 80cm de haut à maturité); elles peuvent être parsemées ou non des arbustes ou des arbres. La proportion des ligneux au sein des savanes détermine le qualificatif terminologique de savane herbeuse, savane arbustive, savane arborée et savane boisée. 70% de la population de la RDC est rurale et 90% dépend de formation végétale comme la savane. Kinshasa la métropole et ses environs connaissent une pénurie en approvisionnement d'énergie électrique. La population de Kinshasa et de la périphérie se rabattent sur les formations végétales pour résoudre ce problème d'insuffisance d'énergie. Les savanes du plateau des Bateke de par leur proximité à la métropole sont soumises à une pression anthropique importante pour satisfaire le besoin en énergie domestique. Le feu de brousse est très récurrent dans ces formations végétales en plus de l'agriculture itinérante sur brûlis pratiquée par la population riveraine (FAO, 1996) et la carbonisation des essences qui la compose. Nous avons mis en défens les savanes arbustives du plateau des Bateke à Ibi-village pour étudier leur transformation naturelle vers une forêt et en déterminer le taux de séquestration du carbone. Trois formations végétales (l'îlot forestier, la galerie forestière et la plantation d'*Acacia auriculiformis*) sont en études, les inventaires en plein des parcelles d'échantillonnage ont déterminé la composition floristique, soit leur richesse, la diversité spécifique, la vitesse de croissance de la forêt en transformation naturelle et la quantification du carbone qui passe par l'estimation de la biomasse aérienne en utilisant les équations allométriques de Chave, 2005. L'approche géomorphologique permettra la quantification du carbone dans différentes couches du sol jusque 120 cm de profondeur. Une mise en relation sol-végétation est très importante pour comprendre la réponse des îlots forestiers, la galerie forestière en défens. Ceci anticipe la mise en défens comme stratégie d'augmentation des surfaces forestières dans la lutte contre le changement climatique. La communauté scientifique reconnaît depuis l'accord de Marrakech la pertinence de formation végétale dans cette lutte et à la conférence de Bali « une possibilité d'accorder une rémunération pour la bonne gestion des stocks forestiers par le mécanisme REDD+. Une analyse Multivariée et la régression nous révéleront la différence entre les trois types de formation végétale et leur capacité à la séquestration du carbone.

Thème de l'Atelier : Estimation de la biomasse par inventaires dans les parcelles temporaires ou permanentes

Titre de la Communication : Estimation et l'évaluation de l'impact de l'exploitation forestière sur la biomasse dans les parcelles permanentes au Gabon.

Vincent P. Medjibe

Résumé : Comme un réservoir important du carbone, les forêts du bassin du Congo constituent une ressource vitale pour l'humanité et le développement des pays d'Afrique centrale. Vu le rôle de ces forêts, les gouvernements de ces pays, à travers la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC), se sont dévoués à la gestion durable des massifs forestiers afin de réduire les émissions du carbone liées à la déforestation et à la dégradation, la séquestration du carbone (REDD+) et aussi de diversifier les sources de croissance économique. Cela nécessite l'estimation et l'évaluation temporelle et spatiale du carbone forestier à travers des dispositifs permanents.

En vue de contribuer aux efforts de la COMIFAC, des dispositifs permanents ont été mis en place dans les forêts gabonaises dans trois concessions forestières pour estimer le stock en carbone et de faire un suivi temporel de la dynamique du carbone. 42 parcelles de 1-hectare ont été aléatoirement installées dans ces sites. Dans chacune des parcelles, tous les arbres ≥ 10 cm de diamètre à hauteur poitrine ont été mesurés, identifiés au niveau de l'espèce, étiquetés, et marqués pour le suivi après exploitation. Une équation allométrique pantropicale (voir Chave et al. 2005) a été utilisée pour estimer la biomasse des arbres en fonction de leur diamètre et densité en bois.

Au premier site, la biomasse initiale ($420,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) a diminué de 4,1 % avec une émission commise de $17,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ résultant de l'application des techniques d'exploitation forestière à impact réduit (EFIR). Sur le second site qui détient une certification du Forest Stewardship Council avec l'application des techniques EFIR, la biomasse ($380,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) a baissé de 2,9 %, avec des émissions commises de $11,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Sur le site 3 appliquant la technique d'exploitation non planifiée, la biomasse ($387,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) a diminué de 6,3 % avec des émissions commises de $24,6 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Deux ans après l'exploitation sur le premier site, basé sur un modèle matriciel avec un cycle de rotation de 25 ans et l'intensité de l'exploitation forestière observée, le volume des peuplements est censé atteindre la valeur initiale à environ 21 ans après la coupe. Par contre la biomasse pourrait atteindre la valeur initiale juste à la fin du cycle. Mais l'abondance des arbres après coupe et l'accroissement de la biomasse sont sensibles à la mortalité des arbres due à l'exploitation et ceci varie avec l'intensité. Le suivi de la dynamique du carbone sur ces dispositifs permanents est en cours d'exécution pour permettre de déterminer le flux du carbone dans ces concessions exploitées avec différentes techniques. Les informations issues de cette étude pourraient contribuer aux développements des stratégies d'application du mécanisme REDD+ dans les pays du bassin du Congo.

COMMUNICATION (449 Mots)

Le Programme de Développement des savanes Vivrières (PDSV) et l'Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR) ont mis en place un projet sur la recherche des essences forestières adaptables pour l'agroforesterie avec thème de recherche « **Effet de densité sur la production en biomasse de deux légumineuses : le *Leucaena leucocephala* et le *Cassia spectabilis*** » de 1999 à 2001.

Le dispositif expérimental installé sur split plot avait deux facteurs expérimentaux

- 1- **Les essences forestières** : *Leucaena leucocephala* , *Cassia spectabilis*
- 2- **Le Traitement** : la densité à l'hectare_

Un test germination a été réalisé sur les graines des deux essences cibles du projet. Deux ans après le planting, arrivées à une hauteur moyenne de 5,6m toutes les tiges ont été coupées et pesées. Les biomasses ainsi obtenues des parcelles expérimentaux ont servi à l'analyse des résultats démontrant que la différence entre la production en biomasse des deux espèces est non significative bien que la biomasse du *Cassia spectabilis* est légèrement supérieure à celle du *Leucaena leucocephala*.

Remarque : Les biomasses obtenues de la matière fraîche et la matière sèche des deux espèces peuvent servir pour l'estimation du carbone.

PRESENTATION DES DONNEES (TERRAIN)

Nombre de blocs : trois (3)

Nombre de parcelles par bloc : six (6) parcelles,

Nombre total de parcelles : dix-huit (18) parcelle

MATIERE FRAIHE

Tableau 1 : total des biomasses après extrapolation des résultats pour le *Leucaena leucocephala*.

	R1	R2	R3	$\sum X$	x	Rang
E1	753,97kg/ha	2277,77kg/ha	2126,98kg/ha	5158,72kg	1719,57kg/ha	1
E2	611,11kg/ha	182,54kg/ha	563,49kg/ha	1357,14kg	452,38kg/ha	2
E3	309,52kg/ha	666,66kg/ha	460,32kg/ha	1436kg	478,83kg/ha	3
$\sum X$	1674,6 kg	3126,97kg	31,51kg	7952,36kg		

Tableau 1 : Biomasses après extrapolation des résultats pour le *Cassia spectabilis*.

	R1	R2	R3	ΣX	x	Rang
E1	6531,75kg/ha	7063,49kg/ha	1793,65kg/ha	15388,89kg	5129,63Kg/ha	1
E2	2865,08kg/ha	7555,55kg/ha	1944,44kg/ha	12365,05kg	4121,69Kg/ha	2
E3	3904,76kg/ha	4523,81kg/ha	722,22kg/ha	9150,79kg	3050,26Kg/ha	3
ΣX	13301,59kg	19142,85kg	4460,31kg	36904,73kg		

MATIERE SECHE

Tableau 1 : Biomasses après extrapolation des résultats pour le *Leucaena leucocéphala*.

	R1	R2	R3	ΣX	x	Rang
E1	203,97kg/ha	616,67kg/ha	576,19kg/ha	1396,83kg/ha	465,61kg/ha	1
E2	165,08kg/ha	59,52kg/ha	152,38kg/ha	376,98kg/ha	125,66kg/ha	2
E3	83,33kg/ha	179,37kg/ha	124,60kg/ha	387,30kg/ha	129,10kg/ha	3
ΣX	452,38kg	855,56kg	853,17kg	2161,11kg		

Tableau 1 : Biomasses après extrapolation des résultats pour le *Cassia spectabilis*.

	R1	R2	R3	ΣX	x	Rang
E1	2088,89kg/ha	2253,17kg/ha	572,22kg/ha	4914,28kg	1638,09kg/ha	1
E2	917,46kg/ha	2410,32kg/ha	620,63kg/ha	3948,41Kg	1316,14kg/ha	2
E3	1246,03kg/ha	1442,86kg/ha	230,16kg/ha	2919,05Kg	973,02Kg/ha	3
ΣX	4252,38kg	6106,35kg	1423,01kg	11781,74Kg		

EQUIPE DE TRAVAIL

Directeur de l'ISDR : Mr ZANGA Ambroise actuellement Directeur Général de l'environnement au Ministère des Eaux, Forêt, Chasse et Pêche, chargé de l'environnement.

Email : ayzanga@yahoo.fr

Directeur du PDSV : (Décédé)

Travaux de terrain : MENGUI TOGNY Thomas Célestin ; Ingénieur des Eaux et Forêts.

m.togny@yahoo.fr

Résumé

Développement des équations allométriques afin d'estimer les stocks de carbone séquestre dans la forêt primaire du Nord-Est du Gabon (Afrique Centrale)

Quentin Moundounga Mavouroulou^{1, 2} Guénolé Mankou³ Alfred Ngomanda¹, Clency Mickala Okouy², Roland Nzinga-Koumba¹, Karl Henga Botsika Bobé¹, Nestor laurier Engone-Obiang¹, Judicaël Lebamba², Nicaise Lepengue², Hugh Gomat⁴, Joël Loumeto³, Bertrand M'Batchi², Nicolas Picard¹

¹ Institut de recherche en Ecologie Tropicale (IRET), CENAREST, BP : 13354, Libreville Gabon

² Université des Sciences et Techniques de Masuku, Département de Biologie, BP 913, Franceville, Gabon.

³ Université de Marien-Ngouabi faculté de science, Département de Biologie végétale BP : 69 Brazaville, Congo

⁴ UR2PI, BP : 1291, Pointe-Noire, république du Congo

Ce travail s'inscrit dans le cadre des activités du projet Cross-continental (intitulé "Assessment of forest biomass and carbon stocks for REDD preparation in ACP member countries") du réseaux ACP-FORENET dont l'objectif est de mesurer, par la méthode destructive, la biomasse des arbres d'espèces caractéristiques des forêts primaires du nord-est du Gabon (Bélinga, Ogoouée-Ivindo). Les données ainsi obtenues ont permis d'élaborer des modèles allométriques spécifique la forêt primaire du nord-est du Gabon, comparer ces modèles allométriques à ceux existant dans la littérature afin de déterminer leurs biais et donc leurs pouvoirs prédictifs de la biomasse à une échelle plus large (régionale à nationale) ;

Ainsi, soixante quinze arbres dont les diamètres sont compris entre 10 et 100cm, issus de 10 espèces ont été coupés, mesurés et pesés entièrement. Les données de biomasse acquises ont permis d'ajuster les modèles prédictifs de la phytomasse en fonction du diamètre, de la hauteur et de la densité du bois.

A cet effet, dix modèles prédictifs de la biomasse ont été élaborés dont six modèles qui tiennent compte de du diamètre et quatre modèles qui tiennent compte du diamètre et de la hauteur. Parmi lesquels deux modèles le modèle 5 : $B = \exp \{(-3,5656 \times D^{3,7868} (D^2)^{-0,2015} \times \rho^{1,0831}) \times (0,2989^2/2)\}$ et le modèle 10 : $B = \exp \{(-2,42144 \times (D^2 \times H)^{0,92771}) \times \rho^{0,96378}\} \times (0,2669^2/2)\}$ produisent statistiquement les meilleures prédictions par rapport à quelques modèles publiés dans la littérature.

Mots clés: Biomasse, Equation allométrique, Forêts tropicales, Carbone, forêt primaire.

PHYTOMASSE DES LIGNEUX DANS TROIS STATIONS A DIFFERENTS NIVEAUX DE PERTURBATION DE FORET DENSE HUMIDE DU CAMEROUNNgueguim J.R^{1,3}, Yemadje L.P², Riéra B³¹Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 219 Kribi, CamerounEmail : njules_romain@hotmail.com²CIRAD, UPR SCA, TA B-102/02, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France.³CNRS – MNHN, UMR 7179, 4 av. du Petit Château, 91800 Brunoy (France)

La connaissance de la biomasse ligneuse en forêt dense humide tropicale est indispensable dans le cadre des politiques d'aménagements forestiers. C'est dans ce cadre que s'effectue cette étude réalisée dans trois stations forestières ayant des niveaux de perturbations élevées dans le site de Mangombé, intermédiaires à Bidou et anciennes à Campo. La méthode destructive a servi à l'estimation de la biomasse des petites tiges (dhp < 10 cm), des racines et de la litière, tandis que les équations allométriques (Chave et *al.*, 2005 ; De Wasseige et *al.*, 2009) ont permis de mesurer la biomasse des grands arbres (dhp ≥ 10 cm).

La densité moyenne du bois est de $0,63 \pm 0,15 \text{ gcm}^{-3}$; elle est faible à Mangombé ($0,61 \pm 0,14 \text{ gcm}^{-3}$), intermédiaire à Campo ($0,63 \pm 0,15 \text{ gcm}^{-3}$) et relativement élevée à Bidou ($0,65 \pm 0,15 \text{ gcm}^{-3}$). La biomasse et le carbone dans les stations de Campo (1291,61 t/ha ; 645,81 tC/ha), Bidou (767,7 t/ha ; 383,85 tC/ha) et Mangombé (657,04 t/ha ; 328,52 tC/ha) sont 1,5 à 4 fois supérieurs aux valeurs moyennes estimées dans de nombreuses forêts tropicales. Les valeurs élevées de biomasse à Mangombé sont dues à quelques grands arbres ayant des grosseurs exceptionnelles ($238 \text{ cm} \leq \text{dhp} \leq 382 \text{ cm}$). Moins de 20 familles constituent plus de 90% de la biomasse épigée. Les Fabaceae - Caesalpinioïdeae ont la biomasse la plus importante à Bidou (24,24%) et Campo (29,14%), à Mangombé, les Olacaceae sont dominants (39,54%).

La biomasse des racines est élevée à Bidou (26,06 t/ha) par rapport à Mangombé (21,82 t/ha) et Campo (19,01 t/ha). Elle décroît avec le gradient de profondeur et a tendance à se concentrer à moins de 20 cm de profondeur où les racines bénéficient des nutriments issus de la décomposition de la litière. La biomasse des petites tiges (dhp ≤ 10 cm) est faible ($0,71 \pm 0,05 \text{ t/ha}$ à Campo et $3,35 \pm 0,40 \text{ t/ha}$ à Mangombé) comparée à la litière ($4,02 \pm 0,13 \text{ t/ha}$ à Campo et $7,10 \pm 1,34 \text{ t/ha}$ à Bidou).

La variabilité de la biomasse est induite par la dégradation des forêts et l'hétérogénéité dans la répartition spatiale des types de forêts, la diversité floristique, le taux d'échantillonnage et les équations de prédiction de biomasse. Ces remarques doivent être prises en compte dans l'élaboration des techniques de suivi mises en œuvre dans le cadre du REDD.

Mots clés : Biomasse, carbone, densité du bois, forêt dense humide, Cameroun.

Titre : Stock et flux de carbone durant l'exploitation forestière à l'Est du Cameroun

Stéphane T. NITCHEU¹, et Denis J. Sonwa²

1. Millennium Ecologic Museum. Po Box: 8038 Yaoundé. Email: nitchiasse@yahoo.com
2. CIFOR Cameroon. P.o.Box: 2008 (Messa) Yaoundé

Résumé

L'exploitation forestière en Afrique Centrale se dote graduellement des outils de gestion durable visant à préserver les ressources ligneuses et à préserver la biodiversité (Végétal, animale et le milieu forestier). Il est généralement estimé que les pertes sont évitées le long de la filière de la forêt à la scierie. Mais l'on n'a pas toujours de manière précise l'information sur les stocks de carbone à différents stades de la filière. Dans le cadre de cet étude, nous (1)Présentons les étapes de la gestion durable de la forêt en partant de l'inventaire à la scierie, (2)Partageons les méthodologies et les équations allométriques qui ont été utilisées à chacune des étapes pour calculer les stock de carbone et les flux de carbone entre deux étapes, (3)Présentons les résultats qui ont été obtenus à l'Est du Cameroun dans une concession forestière qui applique la gestion durable des forêts. Nous terminons par une discussion sur la prise en compte de l'exploitation forestière dans le cadre du REDD+ et la place que le Monitoring forestier peut avoir pour le MNV des paysages forestiers.

Mots Clés : Exploitation forestière, carbone, équation allométrique, gestion durable,

Non-Destructive Merchantable Volume Assessment of some Indigenous Timber Species in South-Western Cameroon

Frederick Nkeumoe, Julius Anchang, George Chuyong, Charles Bongjoh, Nicholas Songwe, Ebenezar Asaah.

Corresponding author; f.nkeumoe@cgiar.org

Abstract

In tropical forest areas, tree standing volume and form are two very important parameters in evaluating forest stands for commercial purposes. However, both parameters are greatly influenced by forest establishment and management practices. In addition, equations used to estimate wood volume are ecologically-unfriendly and destructive. Allometric equations often applied in the determination of volume of individual trees are based on variables as DBH, height and rely on the Huber and Smalian methods which do not integrate actual stem tapering (form), a factor influenced by genetics and environmental stress. A study was therefore designed to ascertain equations for estimating the merchantable volume of three timber species (*Nauclea diderrichii*, *Mansonia altissima*, and *Microberlinia bisulcata*) in monotypic stands in Southern-Bakundu Forest of Cameroon. Secondly to assess growth performance at respective ages of 25, 24, and 27 yrs. Tree selection was based on diameter class (10 – 45 cm, 12 – 42 cm, and 10 – 50 cm). DBH, total height, and bole height of 80, 54, and 60 standing trees respectively were sampled for each species. Diameters at 5 different positions (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, and 0.9) of bole height were measured from which Hohenadl volumes (V_{ho}) were estimated and compared using paired T-tests (at $\alpha=0.05$) to that obtained through Huber (V_{hu}) and Smalian (V_s) methods. Volume and yield equations were fitted to the data through regression models testing, and appropriate equations for the study species derived based on level of statistical significance, coefficient of determination (R^2), and low root mean square error (RMSE). The V_{ho} (m^3) differed significantly with others for all study species; For *N. diderrichii* was 1.0094 ± 0.0680 which differed with V_{hu} by -0.8675 ± 0.0456 ($t=-19.014$, $df=79$, $p=0.0000$) and V_s by -0.1797 ± 0.01450 ($t= -12.395$, $df=79$, $p=0.0000$); for *M. altissima* was 0.6258 ± 0.0614 varying accordingly by -0.4479 ± 0.0427 ($t= -10.488$, $df=53$, $p=0.0000$) and -0.0569 ± 0.0103 ($t= -5.5135$, $df=53$, $p=0.0000$); and *M. bisulcata* was 0.6543 ± 0.0840 also varying by -0.3073 ± 0.0440 ($t=-6.980$, $df=59$, $p=0.0000$) and -0.0364 ± 0.0110 ($t= -3.318$, $df=59$, $p=0.0016$). All the 12 equations tested showed significant result $p < 0.001$ (at $\alpha=0.05$) in estimating merchantable volume of study species for the range of data. Based on stand densities, merchantable volume (yield) was estimated at 420.7 - 805.7 m^3/ha for *N. diderrichii* and 104.5 - 355.4 m^3/ha for *M. altissima*, and 292.74 m^3/ha of *M. bisulcata*. The Hohenadl method yielded lower and more reasonable estimate of the actual volume with consideration of environmental stress. With increased and varied sampling intensity this could be presented as a non-destructive and repeatable method for estimating merchantable volume of different species especially in forest conditions with limited access to crown characteristics.

Keywords: Biomass, Diameter, Merchantable Volume, Taper

References

- Abayomi, J. O. (1983): Volume table for *Nauclea diderrichii* in Omo Forest Reserve. *Nigerian Journal of Forestry* 13 (1 &2) 46-52
- Adeoye, A. O. and Waigh, E. D. (1985). Secoiridoid and triterpenic acid from stems of *Nauclea diderrichii*, an evergreen rainforest species. *Phytochemistry* 22(4): 975 – 978
- Akinnifesi, F. K., Akinsanmi, F. A. (1995): Linear equations for estimating the merchantable wood volume of *Gmelina arborea* in Southwest Nigeria. *Journal of Tropical Forest Science* 7(3): 391 – 397 pp 7
- Brazier J.D. (1997): The effect of forest practices on the quality of the harvested crop. *Forestry* 50:50-66pp
- Bulchoz Thomas, (2003): Silvicultural potential of *Museopsis eminii* in Uganda – a study on tree quality. I-TOO Working paper No. 12. pp 85
- Chuyong, G.B., Newbery, D.M. and Songwe, N.C. (2000): Litter nutrients and retranslocation in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees *New Phytol.* 148: 493–510.
- Evans, J. (1999): Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance, *New Forests* 17 (1-3).
- Fonweban, J. N.; Dondjang, J. P.; Chapajong, T. N. (1994): Growth and quality response of *Bilinga* (*Nauclea diderrichii*) to spacing. *New Forests* 8: 387- 395.
- Fonweban, J.N. & Houllier, F. (1997): Volume equations and taper functions for *Eucalytus saligna* in Cameroon [Article in French] *Annals of Forest Sciences*, 54 (6): 513 - 528.
- Fuwape, J.A., Onyekwelu, J.C. and Adekunle, V.A.J., (2001): Biomass equations and estimation for *Gmelina arborea* and *Nauclea diderrichii* stands in Akure Forest Reserve, Nigeria. *Biomass and Bioenergy* vol. 21, issue 6: pp 401-405
- Larson, P.R. (1965): Stem form of young *Larix* as influenced by wind and pruning. *For. Sci.* **11**: 412–424
- Long, J.N., Dean J. Thomas, Scott D, Roberts, (2004): Linkages between silviculture and ecology: examination of several important conceptual models. *ELSEVIER, Forest Ecology and Management* 200, pp 249-261
- Masera, O.R., J.F. Garza Caligaris, M. Kanninen, T. Karjalainen, J. Liski, G.J. Nabuurs, A. Pussinen, B.H.J.d. Jong, G.M.J. Mohren, and B.H.J. de Jong, (2003): Modelling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach. *Ecological modeling*, 164, pp. 177-199.
- Mayaka, T.B., Fonweban, J.N., Tchanou Z., Lontchui P (1994): An assessment of edge effect on growth and timber external quality of ayous (*Triplochiton*

- sclerexylon* K Schum) under Cameroon rainforest conditions. *Elsevier/INRA, Ann Sci For* 52 p 81-88
- Newbery DM, Chuyong GB, Zimmermann L. (2006a): Mast fruiting of large ectomycorrhizal African rain forest trees: importance of dry season intensity, and the resource-limitation hypothesis. *New Phytologist* 170:561-579
 - Newbery DM, Chuyong GB, Zimmermann L. and Praz C. (2006b): Seedling survival and growth of three ectomycorrhizal caesalpinaceae tree species in a Central African rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 22:499 – 511
 - Newbery DM, Schwan S, Chuyong GB and van der Burgt XM (2009): Buttress form of the central African rain forest tree *Microberlinia bisulcata* and its possible role in nutrient acquisition. *Tree* Original paperonline DOI 10.1007/s00468-0270-3
 - Nwoboshi Louis Chelunor, (1982): Tropical Silviculture, Principles and Techniques. Ibadan University Press Publishing House, ISBN: 978 121 098 2. pp 70– 161 of 333
 - Okojie, J. A. (1980): Stand Volume Table for *Gmelina arborea* plantation in the Omo and Awi Forest Reserve Nigeria. *Nigerian Journal of Forestry*. 13 (152) 64-79
 - Perez, C. L. D. and M. Kanninen. (2003): Provisional equations for estimating total and merchantable volume for *Tectona grandis* trees in Costa Rica. *Forests, Trees and Livelihoods* 13:345 – 359
 - Perez, C. L. D. and M. Kanninen. (2003): Provisional equations for estimating total and merchantable volume for *Tectona grandis* trees in Costa Rica. *Forests, Trees and Livelihoods* 13:345 – 359
 - Persson, B. and B. Downie. (1992): Variation in bark thickness of young *Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm. in Sweden. *Scan. J. For. Res.* 7: 99-106.
 - Purdy John and Stewart Mclean (1977): Constituents of *Nauclea diderrichii*. Part IX. Conversion of sweroside to naucleal and 3-epinaucleal. *Can. J. Chem.* 55, 4233 p5
 - Quirine M.K., Richard C., Meine V.N., Yakub A., Cheryl A.P. (2001): Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management* 146:199 – 209
 - Richards, P.W. (1963): Ecological notes on West African vegetation II. Lowland forest of the Southern Bakundu Forest Reserve. *Journal of Ecology* 51:123- 149
 - Schmidt, R. (1987): Tropical rain forest management, a status report. *UNASYLVA* No. 156, Vol. 39, pp 17
 - Sedjo, R., and D. Botkin (1997): Forest plantations to spare natural forests, *Environment* 39(10): 14–20.

- Silva, J.N.M., Benno Pokorny, Cesar Saboga, Olegario J.P. de Carvalho, Johan Zweede (2006): Partnership for good forest management. *ITTO Journal of Tropical Forest*, Vol. 19, No. 4 pp 31
- Sjolte-Jorgensen, J. 1967: The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. *Int. Rev. For. Res.* 2: P 34-94
- Smith, R.G.B., Dingle, J., Kearney, D., and Montagu, K. (2006): Branch occlusion after pruning in four contrasting sub-tropical eucalypt species. *J. Trop. For. Sci.* **18**: 117–123.
- Songwe, N.C., Fasehun, F.E., Okali, D. U. U. (1995): Litter decomposition and nutrient release in a tropical rainforest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon: *J. Trop. Ecol.* 11: 333–350.
- Songwe, N.C., Fasehun, F.E., Okali, D. U. U. (1997): Leaf nutrient dynamics of two tree species and litter nutrient content in Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon, *Journal of Tropical Ecology* 13: 1-15.
- Tewari V. P., Bilas Singh (2006): Total and Merchantable Wood Volume Equations for Eucalyptus hybrid Trees in Gujarat State, India. *Arid Land Research and Management*, Vol.20:147–159p,
- Vanclay, J.K., (1992): Modelling regeneration and recruitment in a tropical rainforest. *Can. J. For. Res.* 22:1235-1248.
- Vanclay, J.K., (1993): Sustainable timber harvesting: simulation studies in the tropical rainforests of north Queensland. *For. Ecol. Manage.* 69:299-320.
- Zeide B. (2004): Optimal stand density: a solution. *Can. J. For. Res.* 34: 846 – 854
- Zhang Jianwei, William W. Oliver, Robert F. Powers. (2005): Long-term effects of thinning and fertilization on growth of fir in north-eastern California. *Can. J. For. Res.* 35: 1285 – 1293

Stephan Alexander Pietsch

Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie
Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienne, Autriche

/
Ecole Nationale des Eaux et Forêts
B.P. 3960 Libreville, GABON

/
C.E.G.A. – Conseil Environnemental Gabonais

B.P. 1002 Libreville, GABON

Email : stephan.pietsch@boku.ac.at

Résumé

La perte quantitative et qualitative des forêts tropicales a incité les politiques internationales à ralentir la perte des forêts par le mécanisme REDD+, par le biais de systèmes de paiements pour les réductions des émissions de GES dans les pays non-Annex I. Pour l'instant, beaucoup de pays africains ne disposent pas de données de carbone des forêts et des systèmes de surveillance nécessaires pour la mise en place du mécanisme REDD+. Dans ce papier, des valeurs de carbone d'un paysage naturellement boisé non affecté par l'impact humain direct sont présentés. Les données ont été collectées sur 34 parcelles distribuées à travers le Parc national des Mts. Birougou (690 km²) dans le Sud du Gabon. Les calculs des stocks de carbone aériens, souterrains ont été effectués à partir des données suivantes : espèce, diamètre, hauteur, densité spécifique et fraction de carbone du bois, bois mort, sol et la litière. Les stocks de carbone mesurés pour la biomasse aérienne vivante, souterraine, le bois mort, le sol et la litière sont 146, 28, 14, 186, 7 Mg ha⁻¹, respectivement. L'effet des équations allométriques sur les résultats obtenus sera discuté.

Les résultats peuvent servir de point de référence sur la capacité de stockage du carbone pour des sites dont les conditions de climat sont semblables. Les modèles biogéochimiques (BGC) considèrent explicitement les impacts de site et de conditions de climat et peuvent évaluer des niveaux de point de référence sur les régions dépourvues de conditions non troublées. Les applications du modèle aux sites avec différentes capacités de stockage du carbone, différentes intensités d'impacts humains et sous différents régimes climatiques sont présentées pour évaluer la dynamique et la stabilité des stocks de carbone sous différents climats et activités humaines.



CALIBRATION D'ÉQUATIONS ALLOMETRIQUES : LE CAS DE QUELQUES ESSENCES (ABAM, AYOUS, IROKO, OKAN, SAPELLI) DES FORETS MIXTES DE L'EST CAMEROUN

PLOTON PIERRE^{1,2}, MOMO STEPHANE^{3,6}, BARBIER NICOLAS², DEMENOIS JULIEN⁴, ZAPFACK LOUIS⁵, NGUETSOP FRANCOIS VICTOR⁶, BASTIN DIDIER³, PELISSIER RAPHAËL².

¹ IRD, Institut de Recherche pour le Développement, UMR AMAP, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

² IRD, UMR AMAP, F-34000 Montpellier, France

³ ALPICAM, ALPI S.A.R.L., 2130 Douala, Cameroun

⁴ ONFi, Office National des Forêts International, 75570 Paris, France

⁵ Université de Yaoundé I, Département Biologie et de Physiologie Végétale, Laboratoire d'Ecologie Végétale, BP : de Yaoundé, Cameroun

⁶ Université de Dschang, Département de Biologie Végétale, Laboratoire de Botanique Appliquée, BP : 377 Dschang, Cameroun

Contact : Barbier Nicolas, nicolas.barbier@ird.fr

Format : Présentation

Résumé :

Le développement de méthodes pour quantifier, de façon fiable et précise, les stocks et flux de carbone dans les écosystèmes forestiers tropicaux conditionne le succès des programmes de lutte contre les Changements Climatiques tel que REDD+. A l'échelle de l'arbre, le stock de carbone se calcule depuis la masse ou « biomasse » de l'individu, généralement estimée grâce à des allométries avec des paramètres d'inventaire classiques tel que le diamètre à hauteur de poitrine (DBH). Typiquement, une équation mathématique est utilisée et combine une estimation grossière du volume de l'individu via son DBH et sa hauteur (H) à une valeur générique ou spécifique de la densité de son bois (WSG). La qualité de l'estimation repose alors partiellement sur le bon établissement de l'équation allométrique. En effet, celle-ci doit avoir été calibrée sur un jeu de données représentatif du ou des individus visés i.e. comprenant un nombre suffisamment important d'arbres dont les relations entre paramètres physiques (DBH, H, WSG) et masse sont homogènes avec ces derniers. Par ailleurs, l'état de l'art montre que les limites principales des modèles actuels tiennent à leurs formes plutôt qu'à la précision des paramètres qu'ils utilisent. En d'autres termes, il nous faut améliorer la description du volume et de variabilité de la densité du bois au sein et entre les individus dans les modèles en ajoutant des variables supplémentaire. Pour ce faire, l'ajout de mesures architecturales individuelles (e.g. diamètres des branches maîtresses) ou spécifique (e.g. archétype reflétant une densité en branche) semble bien indiqué.

Face au manque critique d'équations allométriques adaptées aux arbres tropicaux d'Afrique centrale, une campagne de collecte de données de terrain a débuté dans les



concessions de l'entreprise d'exploitation forestière ALPICAM basée au Sud-Est Cameroun. Un protocole de mesure « standard » a été établi qui combine des pesées indirectes (i.e. estimations de volume et de densité) pour les organes dont la manipulation est fastidieuse (souche, grume, branches maitresses), des pesées directes (petites et moyennes branches) et des allométries (feuilles et brindilles). En juillet-août 2012, 34 individus parmi les essences commerciales Abam, Ayous, Iroko, Okan et Sapelli ont été échantillonné dans le cadre du stage de Master 2 de Stéphane Momo, étudiant de l'université de Dschang. Afin pouvoir explorer la pertinence de nouveaux descripteurs simples de la structure et du volume des arbres, chaque individu a été décrit en détail à l'aide d'un LiDAR terrestre (Riegl VZ-400, Riegl, Austria) ainsi que de techniques de stéréophotogrammétrie et de mesures au télémètre.

Nous présentons ici les résultats préliminaires de cette étude, et en particulier une étude de sensibilité portant sur les erreurs d'estimation du volume et de la densité dans les protocoles classiques, ainsi que les apports des descripteurs de l'architecture des couronnes.

448 mots / 450.



MESURE ET SUIVI DE LA BIOMASSE EPIGEE DANS LES FORETS D'AFRIQUE TROPICALE AU MOYEN D'UN RESEAU DE PARCELLES (SEMI-)PERMANENTES

Sonké B., Droissart V., Ploton P., Barbier N., Taedoumg H., Kamdem M.-N., Simo M., Zemagho L., Kamdem N., Kouob B., Lewis S.L.

Contact: Bonaventure Sonké, bsonke_1999@yahoo.com

Format: Poster/Présentation orale

Résumé:

Les forêts tropicales couvrent 7-10 % de la surface globale terrestre et stockent 40-50 % du carbone dans la végétation terrestre. Elles traitent approximativement six fois plus de carbone via la photosynthèse et la respiration que les humains n'en émettent par utilisation d'énergie fossile. Le carbone des forêts tropicales est ainsi une composante critique mais jusque là très peu quantifiée. Les forêts du bassin du Congo constituent le deuxième massif forestier après celui de l'Amazonie. Ces forêts sont des écosystèmes très riches et très diversifiés qui procurent à l'homme de multiples services. Malheureusement depuis quelques décennies, ces forêts sont intensivement exploitées ou abattues et les sols sont affectés à d'autres usages. Les forêts africaines et surtout celles du bassin du Congo sont relativement mal connues comparées à celles de l'Amazonie ou celles de l'Asie du Sud-est. De nombreuses études comparatives relatives à la de biomasse existent en Amérique Latine et en Asie, mais très peu de littératures est disponible pour les forêts du bassin du Congo. Les forêts d'Afrique sont également peu étudiées en termes de dynamique forestière (accroissement de diamètre, mortalité des arbres) et de nombre d'individus à l'hectare. Plusieurs questions importantes restent donc en suspens: Quelle quantité de biomasse est stockée dans les forêts du bassin du Congo? Comment se répartit la surface terrière dans ces forêts? Quel est le nombre d'individus à l'hectare dans les forêts africaines?

Pour répondre à ces interrogations, un réseau de parcelles permanentes a été mis en place : «African Tropical Rainforest Observatory Network» (AfriTRON; www.afritron.org). Les parcelles retenues dans le cadre de cette contribution ont été sélectionnées sur la base des critères suivants: forêts tropicales à canopée fermée; géoréférencées; avoir au moins 0,2 ha de superficie; la majorité des arbres identifiés à l'espèce, matures sans impacts récents de l'activité anthropique ou d'incendie. Dans ces parcelles d'inventaires, tous les arbres de diamètre supérieur ou égal à 10 cm (mesuré à 1,3 m au-dessus du sol ou à 30 cm au-dessus des contreforts) ont été identifiés et géoréférencés. Dans la majorité des parcelles, le point de mesure du diamètre de chaque arbre est marqué avec de la peinture afin de permettre un suivi temporel de la dynamique de ces forêts.



Il ressort d'analyses récentes que la biomasse aérienne moyenne des forêts d'Afrique tropicale est supérieure à celle de l'Amazonie. En Afrique, celle-ci semble également plus élevée dans les forêts du bassin du Congo par rapport à celle observé dans les forêts d'Afrique de l'Ouest. Par contre, la densité moyenne des arbres dans les forêts du bassin du Congo est plus faible que celle observée dans les forêts amazoniennes et certaines forêts de l'île de Bornéo.

444 mots / 450.

Estimation of soil carbon using Mid Infrared (MIR) spectroscopy: A landscape approach for rapid assessment

Takoutsing Bertin*¹, Tchoundjeu Zacharie¹, Shepherd Keith², Betemariam Ermias², Sila Andrew², Weullow Elvis²

¹World Agroforestry Centre (ICRAF), West and Central Africa BP 16317 Yaoundé Cameroon

²World Agroforestry Centre (ICRAF), Headquarters, Nairobi, Kenya

Corresponding author: Bertin Takoutsing, World Agroforestry Centre, ICRAF-West and Central Africa, PO Box 16317, Yaoundé, Cameroon, E-mail: b.takoutsing@cgiar.org

Abstract

Current conventional laboratory analysis methods for quantifying soil carbon are slow, expensive and time consuming. A rapid and inexpensive method for estimating total and organic carbon in the soil has been successfully developed and tested particularly when dealing with large number of soil samples or when soil information is needed at landscape level. These values are consistently being needed for the application of allometric equations in estimating carbon stock.

The objective of this study was to assess the applicability and the usefulness of the Mid Infrared diffuse reflectance spectroscopy to estimate total and organic carbon in the humid forest of the Southern Cameroon. 192 soil samples were collected across four types of land use systems (forest, Mixed cropping, fallow, Cocoa plantation) and analyzed by Mid infrared (MIR) diffuse reflectance spectroscopy. Soil carbon estimates obtained using conventional methods for a randomly selected sub-set of 58 (30%) samples were used for model calibration while the remaining (134) 60% were used for model validation. The laboratory results were calibrated to reflectance measurements using partial least square of regression (PLSR). A calibration model, with the equations developed using Principal Component Analysis and PLSR was developed on the samples for which laboratory analysis were obtained. The known values were then used as training data and to predict the values for the independent spectra in the remaining samples. The predictive ability of the PLSR model was assessed on predicted and measured values of soil attributes using the coefficient of determination (r^2) and the root mean square error (RMSE).

The shapes of reflectance spectra obtained for the 192 soil samples exhibited broadly similar patterns and are affected by the organic matter content that varies across the different land use systems from which soil samples were collected. The results obtained from the calibration

procedure inveterate the practicability of MIR in predicting soil parameters. Good calibrations ($r^2 = 0.92$ and $RMSP = 0.14$; $r^2 = 0.94$ and $RMSP = 0.13$) were obtained for total Carbon and organic Carbon respectively. This indicated that the infrared spectra could explain 92% of organic Carbon (while $\pm 13\%$ error) and 94% of Total Carbon (while $\pm 14\%$ error). The study demonstrated and confirmed that the MIR-PLS method can be used to estimate soil carbon and other soil properties based on calibrations of MIR values. These results are highly encouraging and form the basis for developing national scale frameworks for assessment and monitoring of soil carbon. However, predictions of unknown samples should always be handled with caution in order to maintain the high accuracy of the calibrations.

Keywords: Root Mean Square Error; Calibration; Model; Diffuse Reflectance; Spectra; Partial Least-Squares Regression; Soil quality

**Deforestation and carbon stocks in the surroundings of Lobéké national park
(Cameroon) in the Congo basin**

Zapfack L.^{1&}, Noiha Noumi V.^{2&*}, Dziedjou Kwouossu P. J.³, Zemagho L.¹ & Fomete Nembot T.⁴

¹University of Yaoundé I, Faculty of Science, Department of Plant Biology, P. o. Box 812 Yaoundé

²University of Ngaoundéré, Faculty of Science, Department of Biological Sciences, P. o. Box 454 Ngaoundéré

³University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences

⁴ Executive Director of « Fondation de la Tri-Nationale de la Sangha (FTNS) »

[&]Research Unit on Climate Change

* Author for correspondence: noiha64@yahoo.fr ; Phone: (00237) 70835813.

Abstract

The study was carried out in the Lobéké national park located in Congo Basin with disturbed ecosystems. Five types of land uses were identified using transects; plantations, fallows, secondary forest, primary forest and wetland, covering respectively 9.84 ha, 26.66 ha, 2.07 ha, 25.17 ha and 1.32 ha. We use allometric equation of Brown to calculate carbon stocks. The most significant aboveground biomass was in primary forest (172.60 t C/ha). This value became 94.10 t C/ha when converting primary forest into plantations; for a loss of nearly 78.5 t C/ha representing more than 50 % of the initial stocks. In secondary forest we had 169.26 t C/ha; 84.74 t/ha in young fallows and 140.86 t/ha in old fallows. So, deforestation and degradation are harmful to the environment; the conversion of a forest into a plantation can causes a loss of considerable stock of carbon per hectare of land converted. Even though agro forestry systems can lead to stock carbon, the best way of preserving our environment remain the preservation of the natural ecosystems.

Key words: Carbon lost, carbon stocks, carbon wells, Lobéké national park

Tarifs de cubage localisés pour l'amélioration de la connaissance du potentiel des forêts du Sud Cameroun

Armand ZONGANG¹, Jules PETTANG², Claudele GHOTSA MEKONTCHOU, Guy Tardivel DJOMGOUE YOUBI⁴

¹ Point focal Changements Climatiques et REDD+ MINFOF Youndé, zongangarmand@yahoo.fr, ² Directeur Forêt FIPCAM Yaoundé pettangjules@yahoo.fr, ³ Cadre d'appui DRE MINFOF Bertoua, ghotsaclaudele@yahoo.com, ⁴ Société Forestière WIJMA-Cameroun

La réussite d'une bonne planification de la gestion d'un massif en zone de forêt tropicale passe par une bonne connaissance des possibilités forestières et volumiques, ainsi que les stocks de carbone forestier (Lanly, 1976; Fonweban et Houllier, 1987). Le gouvernement camerounais a pris l'initiative dès les années 1980, à réaliser plusieurs inventaires qui ont permis d'élaborer des tarifs de cubages élaborés pour de vastes régions au cours des différentes phases de l'inventaire national (ONADEF, 1992). L'analyse de ces tarifs par certaines études récentes laisse apercevoir que plusieurs essences ayant les caractéristiques différentes telles que la hauteur fût, la décroissance métrique et la qualité du fût pour ne citer que celles-ci, ont des tarifs identiques (Mfou'ou, 1996 ; Fonweban *et al.*, 1998 ; Nnanga, 2002 ; Nguend, 2008 ; Ambara, 2010).

Par une étude de cas récente réalisée par le concessionnaires FIPCAM dans le Sud Cameroun (Djomgoue, 2012 et GHOTSA, 2013), nous présenteront l'établissement des tarifs de cubage locaux pour le Tali (*Erythrophleum ivorense*), l'Okan (*Cyclicodiscus gabonensis*) et le Wengé (*Millettia laurentii*) dans L'UFA 09 017 et le Movingui (*Distemonanthus benthamianus*), de l'Okan (*Cyclicodiscus gabonensis*) et le Tali (*Erythrophleum ivorense*) dans l'UFA 09 004 B. La formule de volume Smallian a permis l'élaboration du volume de 578 arbres abattus. Le test de contrôle de validité des tarifs ONADEF a révélé qu'ils ne sont pas fiables pour l'estimation du volume brut des arbres sur pied. Les tarifs ONADEF surestiment le volume réel pour le Tali et le Wengé, respectivement environ de 21 % et 61 % pour l'UFA. En revanche, ce même tarif ONADEF sous-estime le volume réel de l'Okan d'environ 11,54%. Au vu de ce qui précède, la méthode de régression non linéaire a été utilisée afin d'établir des nouveaux tarifs. Le test par paire de Student au seuil de probabilité de 95% a permis de valider des nouveaux tarifs ainsi que les équations allométriques des essences étudiées.

Au vue de ces résultats, il est indispensable que l'administration forestière engage le processus d'élaboration de nouveaux tarifs de cubages localisés afin de réduire les conflits avec les exploitants forestiers. Ce chantier facilitera la mise en œuvre du MRV du processus REDD+ au Cameroun.

Résumé

L'évaluation de la contribution des écosystèmes forestiers au cycle du carbone dépend des méthodes et de la qualité des modèles allométriques utilisés. L'atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale a eu pour objectif de faire l'état des lieux des travaux dans la seconde région la plus forestière au monde. L'atelier fut organisé autour de six sessions. La première session a eu pour objectif de faire l'état des lieux des équations allométriques, que ce soit des tarifs de cubage ou des tarifs de biomasse. La seconde session portait sur les besoins en termes de précision d'estimation et les nouveaux outils pour estimer la biomasse. Les nouveaux outils présentés concernent les technologies de stéréophotogrammétrie et le LiDAR terrestre qui permettent d'obtenir une image 3D de l'arbre. La troisième session concernait l'estimation de la biomasse et le passage de l'échelle de l'arbre à l'échelle du paysage. Cette session a montré l'impact des équations allométriques sur les facteurs d'émission. La quatrième session portait sur les différents compartiments du carbone forestier. La cinquième session tendait vers la création d'un réseau d'experts sur la mesure et le suivi des stocks de carbone forestier. C'est autour de tables rondes que les participants ont discuté des modalités de création d'un réseau régional, d'identification des experts et de la création de bases de données commune. La sixième et dernière session portait sur l'identification d'une méthodologie pour la définition des équations allométriques à l'échelle régionale. Autour d'une seconde table ronde, les discussions ont essentiellement porté sur les recommandations pour l'élaboration d'une méthodologie, le besoin d'un système de classification et stratification forestière adapté au niveau régional, l'élaboration d'un plan d'échantillonnage qui permette l'acquisition de données qui soient représentatives de la diversité forestière de la sous-région, la nécessité de systèmes qui s'adaptent aux contextes nationaux, la considération du couts des mesures de terrains, l'exploration de nouvelles méthodes complémentaires, l'adéquation entre les méthodes proposés et les recommandations émanant des conventions internationales. Ce premier atelier régional forme la pierre d'angle des efforts à venir pour l'amélioration des équations allométriques dans la sous-région, renforçant les initiatives régionales en matière d'amélioration de la gestion de l'environnement.

Abstract

The evaluation of the contribution of forest ecosystems in the carbon cycle depends on the methods and quality of allometric models. The Regional Scientific Workshop on allometric equations in Central Africa has aimed to make the inventory of work in the second most forested region in the world. The workshop was organized in six sessions. The first session was intended to make the inventory of allometric equations, either volume or biomass. The second session focused on the needs in terms of estimation accuracy and new tools to estimate biomass. The new tools are presented for technology and terrestrial LiDAR Stereophotogrammetry that achieve a 3D image of the tree. The third session involved the estimation of biomass from trees to landscapes. This session showed the impact of allometric equations on emission factors. The fourth session focused on the different compartments of forest carbon. The fifth session was moving towards the creation of a network of experts on measuring and monitoring forest carbon stocks. It is around roundtables that participants discussed how to create a regional network, identifying experts and creating common databases. The sixth and final session focused on the identification of a methodology for the definition of allometric equations at regional level. Discussions focused on recommendations for the development of a methodology, the need for a system of classification and forest stratification adapted to the regional level, the development of a sampling strategy allowing acquisition of data that are representative of forest diversity, the need for systems that adapt to national circumstances, consideration of the costs of measurements, exploration of new complementary methods and adequacy of the proposed methods with recommendations from international conventions. The first regional workshop forms the cornerstone of future efforts to improve the allometric equations in the sub-region, strengthening regional initiatives to improve environmental management.