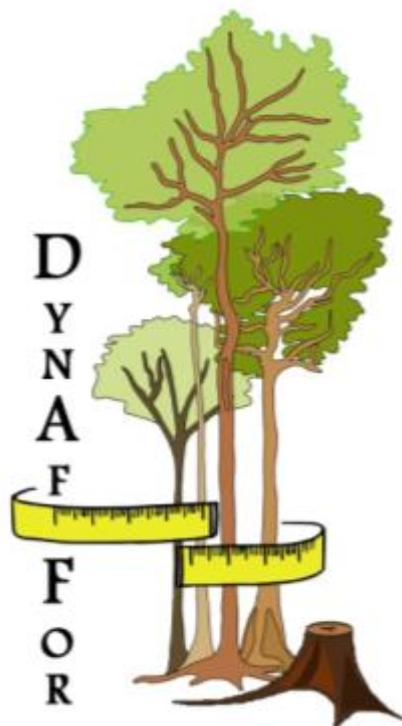


Rapport annuel - 2015

Projet DynAfFor

Février 2016



E. Forni⁽¹⁾, K. Dainou^(2,3), S. Gourlet-Fleury⁽¹⁾, S. Bauwens⁽³⁾, A. Biwolé⁽³⁾, C. Douh⁽³⁾, A. Donkpegan⁽³⁾, Q. Evrard⁽³⁾, A. Fayolle⁽³⁾, D.Y. Ouedraogo⁽³⁾, V. Rossi⁽¹⁾, F. Tosso⁽³⁾, V. Freycon⁽¹⁾, C. Bracke⁽²⁾, et J.L. Doucet^(2,3)



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège



(1) Cirad, Campus International de Baillarguet, TA C/DIR-B, 34398 Montpellier cedex 5, France

(2) Nature+ asbl, Rue Bourgmestre Gilisquet, 57, B-1457 Walhain-St-Paul, Belgique

(3) Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 2 passage des Déportés 5030 Gembloux, Belgique

Table des matières

1	Introduction	4
2	Synthèse relative aux sentiers :	5
2.1	Suivi de la croissance, de la mortalité et de la phénologie	5
2.2	Vers une meilleure compréhension des relations sols-végétation	7
3	Installation des dispositifs complets en République du Congo	9
3.1	Avancement sur le dispositif de CIB-Olam.....	9
3.2	Avancement sur le dispositif de Mokabi SA	11
3.3	Etat d'avancement du programme	12
4	Synthèse des travaux de recherche	13
4.1	Estimation de la biomasse aérienne des arbres à fût irrégulier.....	13
4.1.1	Contexte de l'étude.....	13
4.1.2	Résultats préliminaires	13
4.2	Les herbiers comme sources d'étude de la phénologie reproductive des arbres	15
4.3	Analyse rétrospective de la croissance et de la reproduction de l'Ayous	17
4.4	Influence des saisons sur la croissance du diamètre et la phénologie d'essences tropicales	19
4.4.1	Contexte de l'étude.....	19
4.4.2	Résultats préliminaires	20
4.5	Importance de la banque de graines dans la résilience des forêts du bassin du Congo 23	
4.5.1	Contexte de l'étude.....	23
4.5.2	Résultats préliminaires	23
4.6	Diversité morphogénétique et écologie reproductive des espèces du genre <i>Afzelia</i> .	25
4.6.1	Contexte de l'étude.....	25
4.6.2	Résultats préliminaires	25
4.7	Etudes génétiques et physiologiques du genre <i>Guibourtia</i>	27
4.7.1	Contexte de l'étude.....	27
4.7.2	Résultats préliminaires	28
4.8	Etude de l'écologie de l'azobé <i>Lophira alata</i>	29
5	Bilan des activités de modélisation et de simulation.....	30
5.1	Modélisation	30

5.1.1	Choix de modélisation.....	30
5.1.2	Calibration du modèle	31
5.1.3	Perspectives	31
5.2	Simulation.....	31
5.2.1	Cahier des charges.....	31
5.2.2	Données nécessaires	32
5.2.3	Sorties du simulateur	33
5.2.4	Validité des simulations	33
5.2.5	Etat d'avancement	33
5.2.6	Perspectives	34
6	Gouvernance et fonctionnement du projet	34
6.1	Réunion du comité de pilotage	34
6.2	Bilan financier au 31 décembre 2015	36
7	Programmation de la prochaine année (2016).....	40
7.1	Propositions de réorganisation des activités	40
7.2	Préparation de la suite du projet : le projet P3FAC	41
8	Références bibliographiques	42

1 Introduction

DynAfFor1 est un projet d'une durée de cinq ans, initié en 2013, qui s'inscrit dans le cadre général de la conservation de la biodiversité des forêts d'Afrique centrale. Il associe organismes de recherche, administrations forestières, exploitants forestiers et organisations régionale et internationale. Financé par le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) et l'Agence Française de Développement (AFD), il est actif dans cinq pays membres de la COMIFAC (Cameroun, Gabon, République Démocratique du Congo (RDC), République Centrafricaine (RCA) et République du Congo). Le maître d'ouvrage du projet est l'ATIBT, associé à la COMIFAC et les maîtres d'œuvre le CIRAD, Gembloux Agro- Bio Tech (Université de Liège) et Nature+. Ces trois institutions sont chargées d'encadrer et de mettre en œuvre les activités du projet en collaboration avec les sociétés forestières partenaires.

DynAfFor a trois objectifs généraux :

- **Améliorer les connaissances scientifiques et techniques sur la dynamique des forêts.** Le projet quantifiera les effets de l'environnement, de l'exploitation forestière et de l'interaction entre environnement et exploitation forestière sur : 1) les processus de croissance, de mortalité et de recrutement ; 2) le stockage de carbone.
- **Améliorer les outils d'aide à la décision en matière d'aménagement forestier.** Le projet constituera, en particulier, un réseau de sites de suivi et une base de données permettant de fournir des données synthétiques utiles aux décideurs. Il développera des outils appropriables par toutes les parties prenantes de la gestion forestière.
- **Mobiliser les acteurs pour améliorer les pratiques d'aménagement.** Le projet structurera un réseau d'acteurs engagés dans l'amélioration des pratiques, fournira une aide à l'utilisation des outils élaborés pour raisonner de nouvelles règles d'aménagement et diffusera largement les résultats obtenus au moyen d'ateliers, de conférences et de documents de tous types.

Le projet repose sur la mise en place et le suivi de deux types de dispositifs permanents :

(1) Des sentiers de suivi d'un certain nombre d'espèces d'intérêt prioritaire pour les entreprises forestières. Six sites principaux sont dédiés à ces sentiers. Ils sont localisés dans les concessions de trois sociétés forestières au Cameroun (Pallisco, SFID-Mbang, SFID-Djoum, Wijma-Mamfé et Wijma-Ma'an) et d'une société forestière au Gabon (Precious Woods Gabon CEB – Bambidie). Certains dispositifs sont déjà suivis depuis plusieurs années, tandis que d'autres ont été implantés dans le cadre du projet. Une synthèse des travaux réalisés en 2015 sur ces six sites est présentée dans le chapitre 2.

(2) Des dispositifs plus complets installés en République du Congo sur deux sites distincts correspondant à deux substrats géologiques très différents. Ils viennent renforcer les deux dispositifs déjà existants en RCA et en RDC. Chaque site est constitué de deux blocs de 400 ha. Dans chaque bloc, deux parcelles en plein de 9 ha sont installées pour recueillir des données

¹ Structure et dynamique des forêts d'Afrique centrale : vers des règles d'exploitation du bois intégrant le fonctionnement écologique des populations d'arbres et la variabilité des conditions environnementales

sur la structure du peuplement, la biomasse et le stock de carbone, ainsi que la composition floristique. Ces parcelles sont complétées par des sentiers de suivi des essences d'intérêt prioritaire, permettant de rassembler un effectif d'arbres plus élevé que dans les parcelles. Dans chacun des deux sites, un des deux blocs restera non exploité (bloc témoin), alors que l'autre sera exploité en cours de projet (Picard & Gourlet-Fleury, 2008). Le chapitre 3 du présent rapport est principalement consacré à la description des activités liées à l'installation de ces sites et aux premiers résultats obtenus. Les travaux de recherche développés dans le cadre du projet sont exposés aux chapitres 4 et 5 et la synthèse des activités administratives et financières au chapitre 7. Enfin les perspectives pour l'année 2016 sont présentées au chapitre 8.

Le site du projet est fonctionnel depuis le mois de septembre 2014 à l'adresse <http://www.dynaffor.org/>

2 Synthèse relative aux sentiers :

2.1 Suivi de la croissance, de la mortalité et de la phénologie

Le tableau 1 donne l'état actuel des sentiers ainsi que les avancées ou observations pertinentes. Le terme sentier désigne ici un réseau d'arbres sélectionnés afin d'étudier la croissance diamétrique et la mortalité d'une espèce. Le sentier peut être établi en zone perturbée ou non. Nous entendons par sentier « mixte » un sentier devant subir successivement les deux traitements de l'expérimentation, « non exploité » d'abord, puis exploité. Idéalement, un sentier mixte devrait être suivi pendant 3 années au minimum avant que l'exploitation ne survienne.

Les données actualisées permettent de totaliser 9.624 arbres suivis sur l'ensemble des 11 sentiers, eux-mêmes répartis sur les 6 sites. Il est à noter qu'au travers de partenariats spécifiques entre Nature+ et les sociétés forestières, sept de ces sentiers font également l'objet d'un suivi mensuel de la phénologie d'une centaine d'arbres par essence. A terme, il sera donc possible aussi d'évaluer l'impact de la phénologie sur la croissance des arbres, voire d'identifier les paramètres environnementaux affectant aussi la dynamique individuelle. Le chapitre 4 « synthèse des travaux de recherche » fournit déjà des données sur la phénologie d'arbres tropicaux en lien ou non avec la croissance diamétrique.

En ce qui concerne l'installation et le suivi des sentiers, les synthèses ou évolutions particulières par site sont décrites ci-dessous.

a) Pallisco (Cameroun)

Quatre sentiers sont opérationnels chez Pallisco, en étant deux à deux complémentaires : l'un comportant des espèces trop peu représentées dans l'autre et vice versa. Fin 2015, un remesurage avait été effectué sur les deux premiers sentiers.

Deux de ces sentiers sont suivis pour la phénologie depuis début 2015.

b) SFID-Djoum (Cameroun)

Pour diverses raisons, les mesures diamétriques initiales entamées en mai 2015 ont nécessité un délai beaucoup plus important que prévu. Compte tenu des difficultés récurrentes observées sur ce site, les remesurages annuels ont été fixés aux 3 premiers mois de l'année (Janvier-Mars), période où l'équipe est relativement disponible.

Le suivi phénologique de l'ensemble des sentiers a été initié en novembre 2015.

c) SFID-Mbang (Cameroun)

Le suivi annuel des deux sentiers complémentaires mixtes est toujours régulier. On dispose à ce jour de 6 années de mesure diamétrique, dont 5 avant exploitation pour l'un, et 3 pour l'autre.

Les deux circuits ont fait l'objet de suivis phénologique jusqu'en 2014, année à partir de laquelle le seul sentier de l'UFA 10.056 pouvait encore être mensuellement parcouru.

d) Wijma-Ma'an (Cameroun)

L'UFA 09.021 abritant l'essentiel du dispositif (65% des arbres) a subi une réorganisation totale des assiettes de coupe, et le sentier dans cette UFA est désormais réparti sur 3 assiettes différentes, dont l'une a été exploitée fin 2013, soit 2 ans "seulement" de données avant exploitation. Une seconde portion a été exploitée fin 2015, et enfin la 3ème portion devrait être exploitée en 2017. Dans l'UFA 09.022, l'exploitation de l'assiette contenant le sentier est désormais planifiée pour 2024 au moins. Il n'y a pas de changement dans l'assiette du sentier de l'UFA 09.024.

La situation est d'autant plus complexe que l'entreprise est actuellement en train de réviser l'aménagement de ces UFA dans le but de les regrouper afin qu'elles soient soumises à un seul plan d'aménagement. Cela provoquera une nouvelle délimitation des assiettes. Wijma promet de fournir le nouveau découpage dès que finalisé afin d'en mesurer les conséquences sur le dispositif.

Le suivi phénologique a été entamé en avril 2015 et est régulièrement effectué.

e) Wijma-Mamfe (Cameroun)

A l'image des bouleversements survenus à Ma'an, l'UFA 11.005 à Mamfe a également fait l'objet d'une révision de son plan d'aménagement. L'assiette de l'unique sentier, initialement catégorisé en « mixte » ne sera plus exploitée avant 2030 et devient donc un sentier « non exploité » pour DynAfFor. Afin de pallier cet inconvénient, la société a décidé d'installer un second circuit en zone exploitée, action en cours dans l'assiette 2.5 (exploitée en 2014). La finalisation de ce circuit est attendue pour mars 2016.

Le suivi phénologique du sentier de l'UFA 11.005 a été initié en avril 2015, mais n'est devenu régulier qu'à partir de novembre 2015.

f) Precious Woods Gabon (PWG ; Gabon)

Les mesures initiales ont été effectuées en janvier 2015. Le 1er remesurage a été réalisé en janvier 2016.

Aucun suivi phénologique n'est actuellement réalisé sur ce sentier.

2.2 Vers une meilleure compréhension des relations sols-végétation

Vincent Freycon, pédologue de l'unité de recherche " Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux " (Bsef) au Cirad, a effectué une mission dans les concessions de SFID-Djoug et SFID-Mbang, au sud du Cameroun du 9 au 30 novembre 2015. L'objectif de cette mission, effectuée avec Kasso Daïnou (Nature +), était de caractériser les sols de 4 sentiers de suivi phénologique installés sur les sites de Djoug et Mbang, au sein de la SFID.

Ont été effectués 32 sondages tarière et observés des chablis, talus, carrières latéritiques et affleurements rocheux pour estimer la distribution spatiale des sols à l'échelle des sentiers et plus globalement à l'échelle des UFA. Trois profils de sol représentatifs de 3 sentiers ont été décrits. Des échantillons de sols ont été prélevés en vue d'analyses physico-chimiques qui permettront de valider les observations de terrain et de classer les sols dans le système international WRB.

Dans les deux sites, la distribution spatiale des sols dépend fortement des paysages géomorphologiques qui eux-mêmes sont distribués suivant une ligne de partage des eaux entre deux grands bassins versants et/ou le substrat géologique.

A Djoug, une ligne de partage des eaux sépare les bassins du Congo et de l'Ogooué. Un paysage de collines à fortes pentes ou un escarpement en bordure de plateaux marquent la limite entre ces deux bassins. Au nord, se trouve un paysage de plateaux de 640-680 m d'altitude, à pentes longues et faibles, constitué essentiellement de Ferralsols. Au sud, se trouve un piedmont de 600-640 m d'altitude, qui est rompu par un relief résiduel de collines, marquées, soit par des savanes-roches de granite, soit par une cuirasse proche de la surface en leurs sommets. Les sols sont davantage variés : Ferralsols, Acrisols, Cambisols, Plinthosols.

A Mbang, une ligne de partage des eaux sépare le bassin de la Kadéy et celui de la Boumba, deux sous-bassins du bassin du Congo. Sur gneiss, se trouve un paysage de plateaux de 600-620 m d'altitude, constitué essentiellement de Ferralsols et, en haut de versant, de Plinthosols avec une cuirasse massive affleurant. Sur micaschistes, au moins à proximité de la ligne de partage des eaux, se trouve un paysage de collines fortement disséquées, constitué de Gleysols, Acrisols et de Régosols. Dans ce paysage, a souvent été observé une stone-line de cailloux de quartz proche de la surface du sol, qui est certainement le témoin d'une ancienne surface d'érosion.

Enfin, bien que les termitières soient de taille modeste au-dessus de la surface du sol, l'activité des termites sur les deux sites semble être assez importante, au moins dans les Ferralsols.

Tableau 1. Caractéristiques et état d'avancement des travaux des sentiers Dynaffor (dispositifs légers). Les composantes mises en gras-italique indiquent les sentiers qui font aussi l'objet de suivi mensuel phénologique, en plus du suivi annuel de la croissance diamétrique et de la mortalité initialement prévue.

Pays	Société/Site	Composante	Nombre essences	Essences suivies	Effectif	Temps zéro (t ₀)	Commentaires
Cameroun	Pallisco	Exploité AAC 03 / UFA 10.030-10.031	15	Assamela, ayous, bété, doussié, fraké, iroko, kosipo, okan, otungui, padouk, pao rosa, sapelli, sipo, tali, tiama	1191	Février-avril 2014	1 remesurage effectué
		Exploité AAC 09 / UFA 10.042	8	Iroko, kosipo, moabi, okan, padouk, pao rosa, sipo, tiama	539	Janvier-février 2015	Sentier installé afin de pallier au déficit de tiges de certaines essences de l'AAC 03
		Non exploité AAC 11 / UFA 10.030-10.031	14	Assamela, ayous, bété, doussié, fraké, iroko, kosipo, okan, otungui, padouk, pao rosa, sapelli, sipo, tali	1079	Mars-mai 2014	1 remesurage effectué
		Non exploité AAC 25 / UFA 10.042	9	Iroko, kosipo, moabi, mukulungu, okan, padouk, pao rosa, sipo, tiama	419	Février-mars 2015	Sentier installé afin de pallier au déficit de tiges de certaines essences de l'AAC 11
	SFID-Djourn	Exploité AAC 2013 / UFA 09.003	12	Dabéma, eyong, fraké, moabi, movingui, mukulungu, niové, okan, otungui, padouk, sipo, tali	962	Mai-août 2015	Premier remesurage prévu en janvier-mars 2016
		Non exploité AAC 2025 / UFA 09.005B	13	Ayous, dabéma, eyong, fraké, moabi, movingui, mukulungu, niové, okan, otungui, padouk, sipo, tali	1161	Juillet-septembre 2015	Premier remesurage prévu en Février-mars 2016
	SFID-Mbang	Mixte AAC 2015 / UFA 10.056	9	Ayous, bété, fraké, iroko, lotofa, mukulungu, otungui, padouk, tali	617	2009	5 remesurages avant exploitation 1 remesurage après exploitation
		Mixte AAC 2013 / UFA 10.038	7	Assamela, fraké, iroko, otungui, padouk, sapelli, tali	629	2009	3 remesurages avant exploitation 3 remesurages après exploitation
	Wijma-Ma'an	Mixte Diverses AAC / <i>UFA 09.021-09.022-09.024</i>	9	Ayous, azobé, dibétou, dabéma, movingui, okan, otungui, padouk, tali <i>E. ivorensis</i>	1644	Décembre 2011	4 remesurages au total. Situation d'exploitation complexe ici car redécoupage des assiettes en 2013 (cf. texte)
	Wijma-Mamfé	Mixte AAC 2030 / UFA 11.005	6	Acajou, azobé, movingui, okan, otungui, padouk, tali <i>E. ivorensis</i>	743	2011	4 remesurages sans exploitation. Installation en cours d'un circuit en zone exploitée suite à la révision du plan d'aménagement (cf. texte)
Gabon	Precious Woods Gabon (PWG)	Mixte – AAC 2017	9	Béli, doussié, kévazingo, movingui, okan, ossabel, otungui, padouk, tali	640	Janvier 2015	Premier remesurage sans exploitation prévu en Janvier 2016

3 Installation des dispositifs complets en République du Congo

L'année 2016 a vu la poursuite et pratiquement la fin de l'installation des deux dispositifs complets du Nord-Congo. L'ensemble des parcelles a pu être installé et mesuré et il restait en fin d'année à terminer l'installation d'une partie des sentiers, ce qui devrait être achevé au courant du premier semestre 2016.

3.1 Avancement sur le dispositif de CIB-Olam

Le pré-inventaire du bloc Est a été achevé en février 2016. Les données ont été analysées par Vivien Rossi en suivant la méthode décrite dans le rapport de novembre 2013², de telle sorte à obtenir des parcelles dont la composition floristique soit la plus semblable possible sur les 4 parcelles du dispositif total. Par « composition floristique », nous entendons l'abondance des 34 espèces pré-inventoriées (jugées importantes par CIB-Olam), après avoir exclu le Limbali, très abondant sur tout le site. Les deux parcelles finalement sélectionnées sur le bloc Est sont représentées en figure 1.

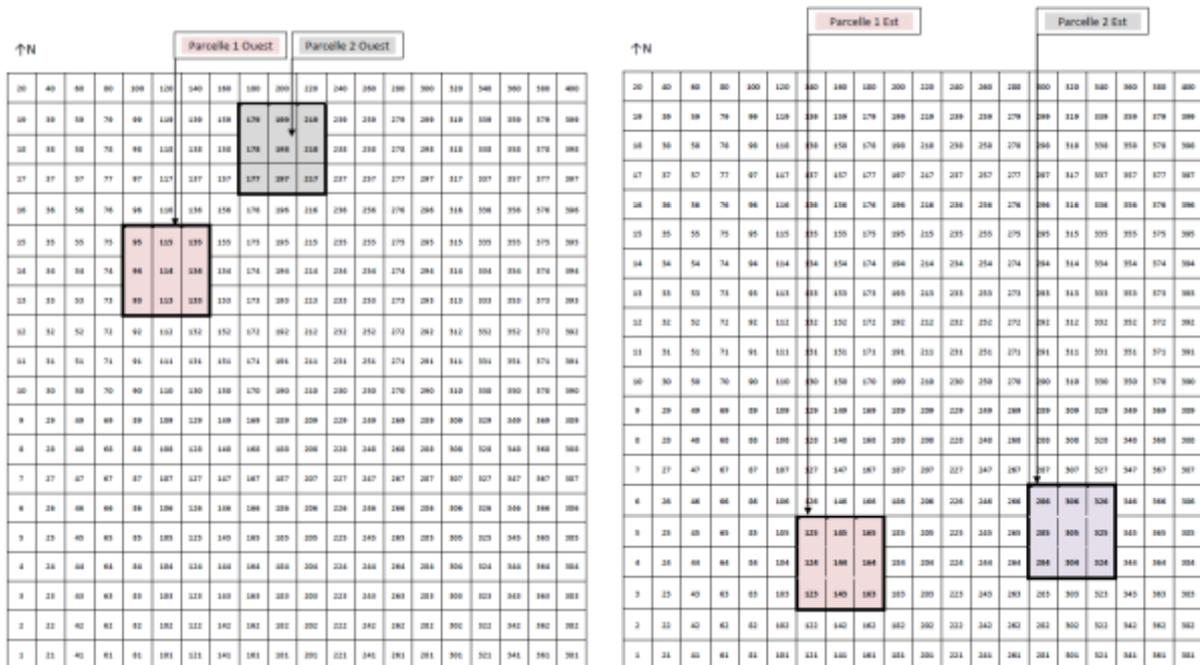


Figure 1 : Situation des parcelles dans les blocs Ouest et Est du dispositif de CIB à Loundoungou

Il a ensuite été procédé à la mesure des parcelles et du sentier du bloc Ouest (avril à juin 2015) puis à l'installation et à la mesure des deux parcelles du bloc Est (juillet à novembre 2015). Le sentier du bloc Est était en cours d'installation en décembre 2015.

² Gourlet-Fleury S., Rossi V., Forni E. (2013). Accompagnement à la mise en place des dispositifs de suivi de la dynamique forestière. Rapport de mission au Congo chez CIB-Olam et Mokabi SA (Groupe Rougier) et au Cameroun chez Alpicam, du 01/11/2013 au 20/11/2013, 13 p.

Les caractéristiques des parcelles de Loundoungou sont les suivantes :

Tableau 2 : caractéristiques des parcelles du dispositif de Loundoungou

LOUNDOUNGOU	Nbre tiges	Nbre tiges/ha	Nbre espèces
Bloc Ouest			
Parcelle 1	3 236	360	199
Parcelle 2	3 280	364	198
S-total Ouest	6 516	362	220
Bloc Est			
Parcelle 1	3 010	334	190
Parcelle 2	3 402	378	194
S-total Est	6 412	356	218
Total	12 928	359	244

Un total de 244 espèces a été rencontré sur l'ensemble du dispositif. Une mission d'expertise botanique prévue au courant du premier semestre 2016 aura pour objectif de parcourir les quatre parcelles pour confirmer les déterminations.

Tous les arbres des parcelles ont été géoréférencés et les bases de données constituées. Il est ainsi possible d'établir une cartographie détaillée des parcelles (figure 2) qui servira de base aux travaux ultérieurs.

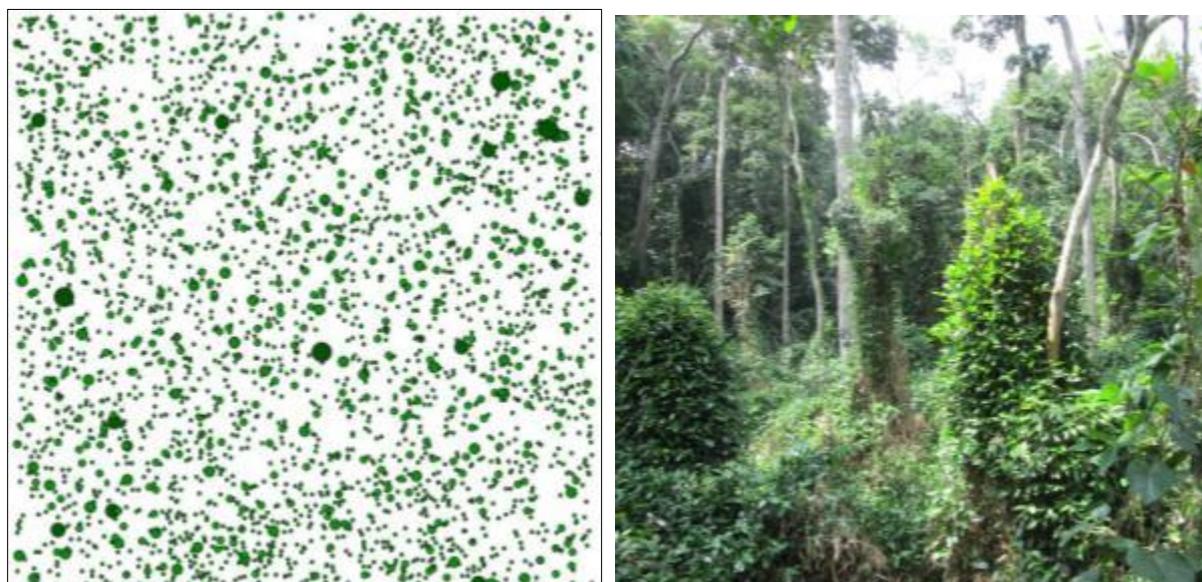


Figure 2 : Répartition des tiges dans la parcelle 1 du bloc Ouest du dispositif de Loundoungou et illustration des zones de trouées assez fréquentes dans le dispositif

Quatre missions de suivi réalisées pendant l'année ont permis de constater la qualité du travail effectué par l'équipe de CIB-Olam et de préciser certains choix de mesure face à des configurations de tiges particulières.

3.2 Avancement sur le dispositif de Mokabi SA

L'inventaire des parcelles du bloc Sud entamé en 2014 s'est achevé en avril 2015. L'équipe de Mokabi SA a immédiatement enchaîné par la réalisation de l'inventaire des parcelles du bloc Nord qui s'est terminé mi-décembre.

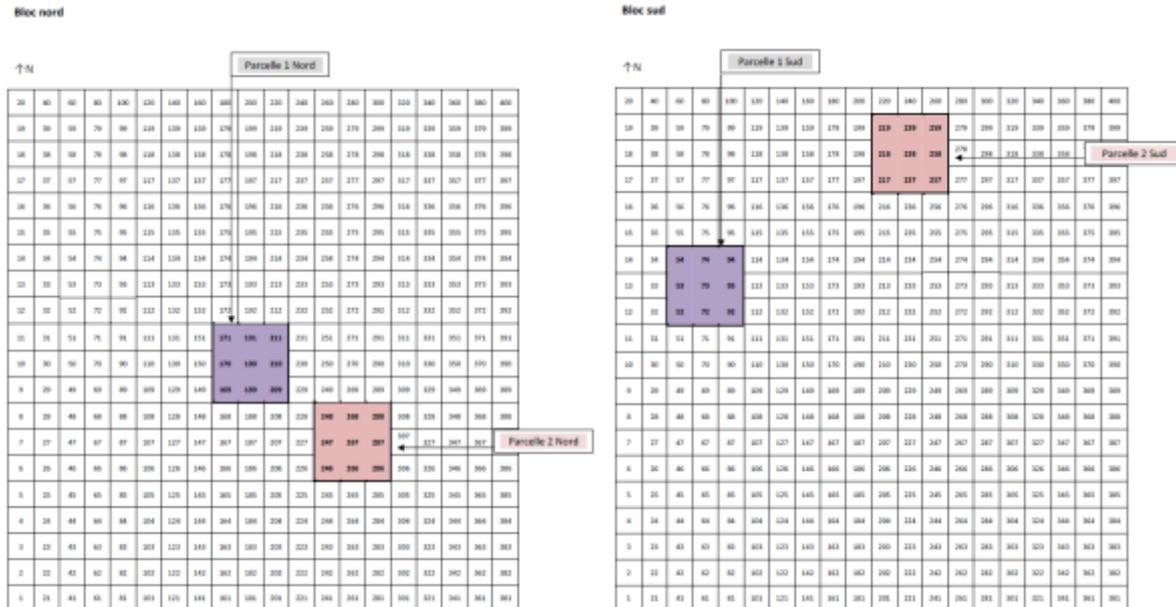


Figure 3 : Situation des parcelles dans les blocs Nord et Sud du dispositif de Mokabi SA

L'équipe de Mokabi SA a alors démarré l'installation du sentier du bloc Sud qui se prolongera début 2016. Restera ensuite à installer le sentier du bloc Nord pour compléter l'installation du dispositif.

Les caractéristiques des parcelles du dispositif de Mokabi sont les suivantes :

Tableau 3 : caractéristiques des parcelles du dispositif de Mokabi SA

MOKABI	Nbre tiges	Nbre tiges/ha	Nbre espèces
Bloc Sud			
Parcelle 1	3 778	420	195
Parcelle 2	3 950	439	181
S-total Sud	7 728	429	215
Bloc Nord			
Parcelle 1	3 943	438	176
Parcelle 2	3 814	424	178
S-total Nord	7 757	431	201
Total	15 485	430	232

Un total de 232 espèces a été rencontré sur l'ensemble du dispositif soit un peu moins que sur celui de Loundoungou, alors que la densité de tiges à Mokabi est de 20% plus importante. Ici aussi, la mission d'expertise botanique viendra confirmer les identifications.

La figure 4 donne un exemple de répartition des tiges dans une des parcelles du dispositif.

4 Synthèse des travaux de recherche

DynAfFor représente un terrain d'étude pour de nombreuses autres recherches, que celles-ci traitent directement des problématiques de dynamique abordées par le projet (travaux de Sébastien Bauwens), qu'elles se penchent sur des questions en amont de la dynamique démographique des arbres (travaux phénologiques de Dakis Ouédraogo, Emile Fonty, Fousseni Feteke et Chauvelling Douh), ou qu'elles répondent aux questions taxonomiques dans les complexes d'espèces (travaux de Armel Donkpégan et Félicien Tosso). Nous les passons ci-dessous en revue.

4.1 Estimation de la biomasse aérienne des arbres à fût irrégulier

4.1.1 Contexte de l'étude

La variable la plus communément relevée sur les arbres est le diamètre à hauteur de poitrine (diamètre à 1,3 m au-dessus du sol : DHP). Outre sa facilité de mesure, cette variable a l'avantage d'être fortement corrélée à d'autres paramètres plus difficiles à mesurer comme le volume du tronc ou la biomasse de l'arbre. De plus, le DHP informe également sur le statut social de l'arbre dans le peuplement.

La mesure du DHP se base sur l'hypothèse que la section du tronc est circulaire à cette hauteur. La présence d'irrégularités à la base du tronc, relativement fréquentes dans les forêts humides tropicales, rend la mesure du DHP critiquable. Dans le cas d'arbres à contreforts, les mesures du diamètre sont réalisées au-dessus des contreforts ; la hauteur de mesure est alors variable. Le déplacement de cette hauteur de mesure peut entraîner des erreurs et des biais sur l'estimation de la surface terrière, du volume, de la biomasse et de la croissance. Les biais peuvent s'avérer importants, surtout dans des forêts constituées d'arbres de grosses dimensions, car ces derniers contribuent de manière significative à la surface terrière et à la biomasse aérienne totale du peuplement. L'amélioration des estimations de biomasse des forêts denses humides passe donc par une meilleure prise en compte de ces irrégularités. L'objectif de la recherche doctorale de Sébastien Bauwens vise à tester des méthodes de mesure 3D pour modéliser l'irrégularité des troncs de gros arbres.

Les outils utilisés pour modéliser en trois dimensions les irrégularités du tronc de certaines espèces sont le LiDAR terrestre et la photogrammétrie terrestre. Ces outils génèrent des nuages de points 3D des troncs. Ces nuages de points sont ensuite traités pour en extraire des paramètres morphologiques et le défilement du tronc. Ces informations sont finalement utilisées pour améliorer les estimations de biomasse au travers de facteurs de correction ou en utilisant des équations de défilement.

4.1.2 Résultats préliminaires

Plus de 300 arbres ont été mesurés par l'approche photogrammétrique ou LiDAR terrestre sur trois sites : Alpicam au Sud-Est du Cameroun, CIB (OLAM) à Loundoungou au Nord du Congo et Biaro au Nord de la RDC. Au sein du dispositif DynAfFor de Loundoungou, parmi la centaine d'arbres mesurés par photogrammétrie, 34 arbres de deux espèces ont totalement été

traités : *Celtis mildbraedii* et *Entandrophragma cylindricum*. Une publication³ est soumise sur les résultats de ces 34 arbres.

A titre d'illustration, la figure 5 présente le type d'information qui peut être extrait de ces arbres mesurés par photogrammétrie. La meilleure appréhension de la morphologie et du volume de ces arbres irréguliers permet le développement de facteurs de correction qui sont évoqués dans l'article en cours de soumission.

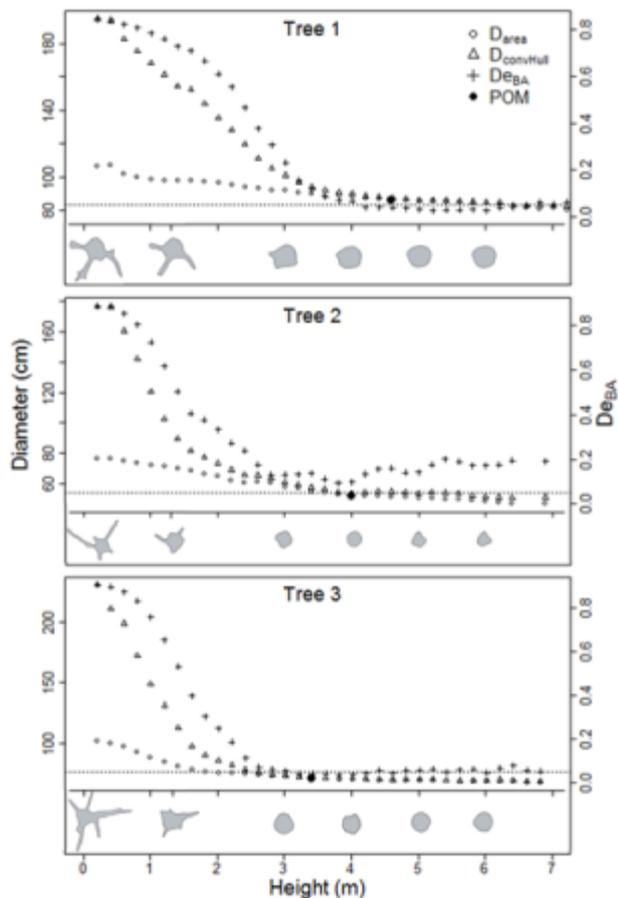


Figure 5. Défilement du diamètre le long du tronc de 3 arbres mesurés dans la Réserve de Yangambi en RDC. Arbre 1 et 2 : *Celtis mildbraedii* et Arbre 3 : *Cynometra hankei*. Le diamètre D_{area} est le diamètre d'un cercle de surface équivalente à la surface de la section du tronc ; le Diamètre $D_{convHull}$ est le diamètre du cercle de périmètre équivalent à la mesure de l'enveloppe convexe du tronc (mesure qui équivaut à passer le mètre ruban autour des contreforts ou des cannelures). L'indice De_{BA} définit l'irrégularité de la section : plus il est proche de 0, plus la section est circulaire et plus il est proche de 1, plus la section est irrégulière. POM désigne la hauteur de mesure du diamètre.

Des traitements préliminaires ont également été réalisés sur certains arbres scannés par LiDAR terrestre. Le volume commercial de 12 arbres a notamment été comparé au volume estimé par des mesures successives de diamètres au ruban (figure 6). Contrairement à une étude antérieure, cette comparaison montre que la méthode d'élaboration classique de tarif de cubage de la bille commerciale avec le mètre ruban donne des résultats comparables aux mesures précises faites

³ Bauwens S., Fayolle A., Gourlet-Fleury S., Mengal C., Ndjole L., Lejeune P. Terrestrial photogrammetry: a non-destructive method to model irregularly shaped trees in tropical forests. Soumis dans "*Methods in Ecology and Evolution*".

par LiDAR terrestre, aucun biais n'est observé. L'estimation de la biomasse du tronc (contreforts compris) et la biomasse aérienne totale à partir des données LiDAR terrestre est en cours de réalisation. Ces travaux feront l'objet d'une prochaine publication.

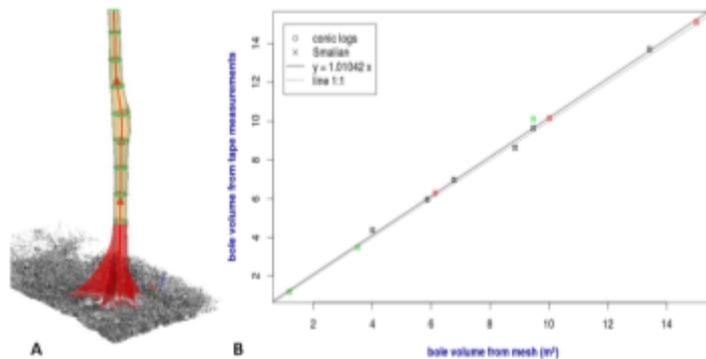


Figure 6. (A) Représentation en 3D du tronc d'un arbre dont des mesures de circonférence ont été réalisées tous les 2 m (traits verts) pour estimer le volume de la tige commerciale (partie jaune). Ce volume est comparé au volume estimé par maillage du nuage de points LiDAR de cet arbre. (B) Comparaison des volumes de 12 tiges commerciales estimées par billons successifs de 2 m aux volumes déduits des scans LiDAR de ces mêmes arbres. Le volume des billons a été estimé par la formule de Smalian et la formule de tronc de cône. Les espèces étudiées sont *Piptadeniastrum africanum* (noir), *Pterocarpus soyauxii* (vert) et *Pycnanthus angolensis* (rouge).

Des essais d'un nouveau type de scanner LiDAR ont également été réalisés pour en évaluer la performance en milieu forestier. Cet appareil, le ZEB1, a l'avantage d'être portable et de scanner tout en se déplaçant. L'aspect mobile de ce scanner a l'avantage d'augmenter les points de vue de mesure de chacun des arbres qui constituent une parcelle. Une publication sur les performances de cet appareil en milieu forestier sera soumise en début d'année 2016⁴. Les premiers résultats de cette étude ont été présentés lors de la conférence FORESTSAT⁵ de novembre 2014 en Italie. Les résultats prometteurs permettent d'envisager de futures études sur la structure 3D des peuplements présents dans les parcelles du réseau DynAfFor.

Enfin, l'ensemble des données 3D collectées sur les trois sites seront traitées pour proposer des facteurs de correction et des équations de défilement, par groupe d'espèces, pour améliorer les estimations de biomasse de ces espèces à tronc irrégulier.

4.2 Les herbiers comme sources d'étude de la phénologie reproductive des arbres

Le projet de recherche « *Exploitation interdisciplinaire de l'Herbarium et du Xylarium fédéraux en appui à l'aménagement des forêts tropicales* » (HERBAXYLAREDD), financé par BELSPO, a démarré en 2015 pour une durée de 4 ans. Un des objectifs de ce projet est de montrer que les collections d'herbier constituent une importante source d'informations permettant d'approfondir et d'élargir les connaissances sur les espèces d'arbres des forêts

⁴ Bauwens S., Bartholomeus H., Calders K., Lejeune P. Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile LiDAR. A soumettre dans "Forest".

⁵ Bauwens, S., Bartholomeus, H., Piboule, A., Claders, K., & Lejeune, P. (2014, November 05). Forest inventory with Terrestrial LiDAR: what about Hand-Held Mobile LiDAR? Paper presented at ForestSat 2014, Riva del garda (TN), Italy. <http://hdl.handle.net/2268/174325>

d’Afrique centrale. En effet, les spécimens d’herbiers sont souvent récoltés avec des fleurs ou des fruits et leur récolte est localisée et datée, ce qui permet de caractériser la phénologie reproductive des espèces. Cette méthode doit toutefois être validée par des suivis phénologiques sur le terrain, ce que les dispositifs DynAfFor rendent possible.

Dakis-Yaoba Ouédraogo, post-doctorante pour le projet HERBAXYLAREDD à Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) va au cours de l’année 2016 réaliser l’homogénéisation des données de suivi phénologique des différents dispositifs DynAfFor. Elle comparera ensuite le patron phénologique observé sur le terrain pour les espèces *Autranella congolensis*, *Entandrophragma cylindricum*, *Erythrophleum suaveolens*, *Lophira alata*, *Mansonia altissima*, *Milicia excelsa*, *Pericopsis elata*, *Pterocarpus soyauxii*, *Sterculia rhinopetala*, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon*, au patron phénologique de ces mêmes espèces déterminé à partir des herbiers.

Les résultats préliminaires montrent que les suivis mensuels de la phénologie reproductive de l’espèce *Milicia excelsa* réalisés entre 2004 et 2010 sur le site de la société Pallisco (figure 7A) valident le patron phénologique de l’espèce observé à partir des spécimens d’herbier (figure 7B).

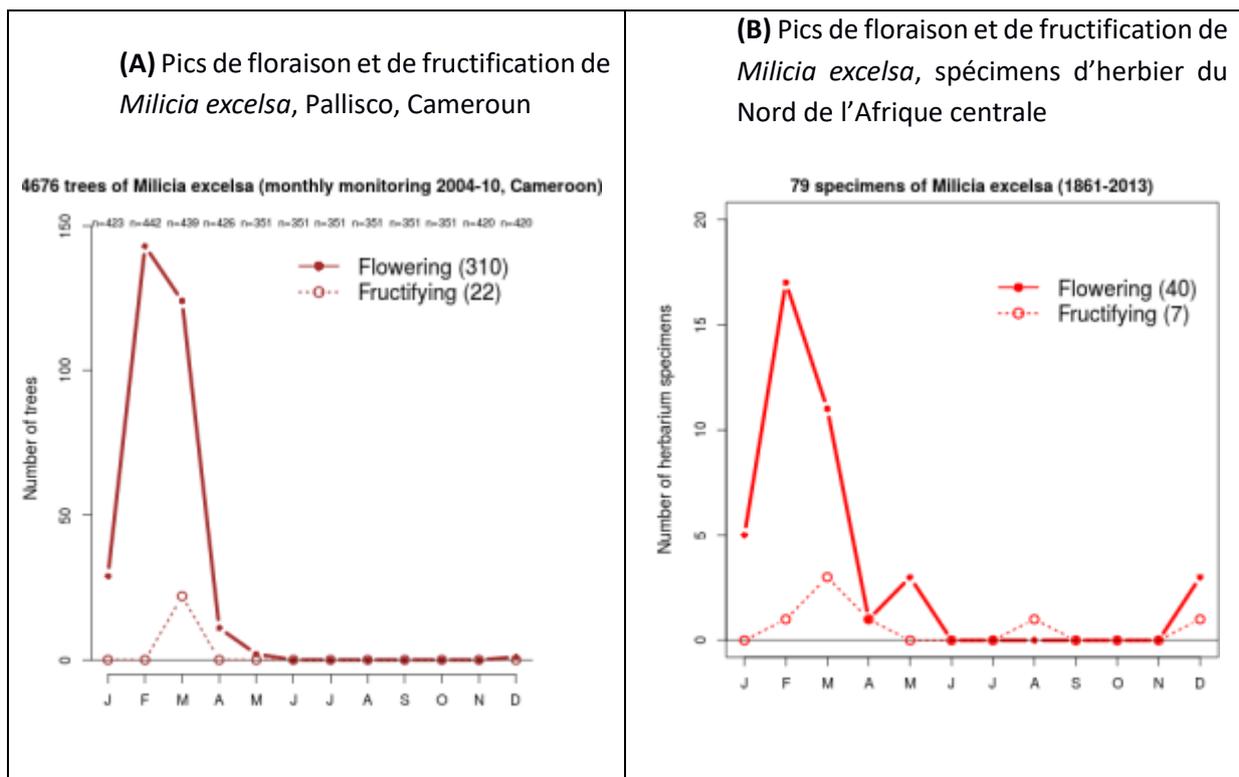


Figure 7. Diagrammes phénologiques de *Milicia excelsa* au Cameroun établis sur base d’observations de terrain (A) et via des herbiers (B).

4.3 Analyse rétrospective de la croissance et de la reproduction de l'Ayous

Le projet de recherche « *Forêt d'Afrique centrale : une Analyse Rétrospective dans un contexte de changement global (FAAR)* » mené par Émile Fonty au sein de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) vise à étudier la croissance primaire et secondaire ainsi que la reproduction d'une espèce largement exploitée en Afrique centrale : *Triplochiton scleroxylon* (Ayous). Les mesures diamétriques effectuées au sein des dispositifs installés dans les UFA de la société SFID-Mbang font état de valeurs plus faibles qu'escomptées, ce qui incite à étudier la croissance sur une plus longue période de temps. Par ailleurs, les suivis phénologiques effectués sur ces mêmes dispositifs révèlent une floraison erratique. En utilisant les méthodes d'analyse rétrospective (i.e. : reconstitution a posteriori des phénomènes étudiés), à savoir la dendrochronologie pour l'étude de la croissance secondaire et l'architecture pour l'étude de la croissance primaire et de la reproduction, ce projet se propose de produire de plus longues séries temporelles que celles obtenues sur les dispositifs de suivis mis en place depuis 2009. La conformité entre les séries produites par analyses rétrospectives et celles des suivis dendrométriques et phénologiques du projet DynAfFor sera vérifiée, puis ces séries seront confrontées à des données environnementales afin d'identifier des facteurs déclenchant la floraison et optimisant l'accroissement.

Une première mission de collecte de données de 2 mois environ a eu lieu en 2015 sur le site DynAfFor de Mbang. La première phase a consisté à préparer 25 rondelles d'ayous collectées sur des arbres suivis depuis 2009 pour la phénologie et la croissance diamétrique. Le diamètre de ces arbres varie entre 85 cm et 115 cm. Ils ont tous fait l'objet de piqûres cambiales par Julie Morin (doctorante à Gembloux Agro-Bio Tech) en 2012. Une dizaine de ces piqûres ont été prélevées juste après abattage des arbres et conservées dans de l'alcool à 20°. Sur chaque rondelle, trois barreaux radiaux ont été prélevés (figure 8), poncés, puis scannés. Les images de ces barreaux serviront à l'analyse dendrochronologique de la croissance secondaire après digitalisation des cernes.



Figure 8. Rondelles d'ayous d'où seront prélevés les barreaux qui seront poncés et scannés pour l'analyse dendrochronologique.

Plusieurs variables environnementales ont également été relevées pour chaque arbre avant abattage, et interviendront comme variables explicatives de la croissance diamétrique observée. Ainsi :

- Un échantillon composite de sol, de 500 ml, a été récolté autour de l'arbre d'intérêt. Ces échantillons ont ensuite été séchés à l'air libre avant d'être conditionnés en sac étanche. Ils ont été rapportés en Belgique en vue de leur analyse texturale et chimique ;
- Le diagnostic du houppier de chaque arbre a également été réalisé : (i) le nombre total de charpentières, (ii) le nombre de charpentières mortes ; (iii) l'ouverture de canopée ; (iv) le taux de couverture par des lianes, (v) la présence de rejets le long du tronc ;
- Enfin, des placettes circulaires de 15 m de rayon ont été installées autour de chaque arbre et inventoriées. Tous les arbres de DHP ≥ 20 cm ont été identifiés, mesurés (diamètre) et positionnés par rapport à l'ayous de référence (distance et azimut) et leur indice de Dawkins a été évalué.

Au cours de cette mission, des marqueurs de la croissance primaire (en hauteur) et de la reproduction ont été identifiés sur l'ayous. Les entrenœuds sont nettement visibles par la trace que laisse le capuchon stipulaire sur les axes. Ces entrenœuds se groupent en unité de croissance (UC) délimitées par les cicatrices des écailles des bourgeons (figure 9). Ces marques, inscrites dans l'écorce, persistent près d'une dizaine d'années et permettent de reconstituer la croissance primaire des branches. Par ailleurs, l'association entre une mort d'apex et la présence de rejets « en baïonnette » permet d'identifier avec certitude un événement de floraison se traduisant par la transformation du méristème apical en grappe (figure 10).



Figure 9. Marqueurs des unités de croissance ; les flèches indiquent les cicatrices des écailles des bourgeons.



Figure 10. Rejet « en baïonnette » caractéristique de la reprise de croissance après la floraison. Le reste de l'unité de croissance ayant porté les fleurs ne subsiste ici que par une sorte de cal entre deux unités de croissance.

Les marqueurs ayant été déterminés, des branches du houppier de 7 arbres ont fait l'objet d'un diagnostic architectural. Afin de pouvoir contrôler la justesse des marqueurs de la reproduction, l'échantillonnage s'est porté sur les arbres ayant fleuri durant le suivi phénologique. Les variables suivantes ont été mesurées sur les axes constitués de plus de 4 UC successives :

- Nombre d'entrenœuds feuillés,
- Longueur totale de chaque UC,
- Longueur de la base des UC constituées d'entrenœuds à cataphylle,
- Diamètre mesuré à la base de l'UC,
- Nombre de bourgeons vivants et morts,
- Nombre et position (système de ramification) des branches vivantes et mortes,
- Caractérisation de la transition entre deux UC ou du bourgeon terminal.

De plus, il a été prélevé une rondelle de bois à la base de chaque UC afin de pouvoir déterminer le nombre de cernes après ponçage des échantillons. L'acquisition et le traitement des données sont en cours.

4.4 Influence des saisons sur la croissance du diamètre et la phénologie d'essences tropicales

4.4.1 Contexte de l'étude

La rythmicité intra-annuelle de la croissance des arbres, essentielle pour l'interprétation écologique des facteurs de croissance et de productivité des forêts, n'est connue que pour très peu d'espèces tropicales africaines. La saisonnalité de la croissance et de la phénologie en lien avec le climat local de trois essences fortement exploitées en Afrique centrale est examinée

dans le cadre des travaux doctoraux de Fousseni Feteke (Gembloux Agro-Bio Tech) : *Baillonella toxisperma* (moabi), *Entandrophragma cylindricum* (sapelli) et *Erythrophleum suaveolens* (tali).

A partir d'un dispositif de 12 arbres installés à Pallisco, la méthode développée combine le marquage cambial séquentiel sur les arbres, l'analyse anatomique et la mesure des cernes de croissance sur des échantillons de bois marqués et préalablement poncés.

4.4.2 Résultats préliminaires

Pour les trois espèces étudiées, il ressort que :

- Les cernes sont annuels, visibles et discernables dans le bois. La limite anatomique entre cernes est marquée par une ligne discontinue de cellules de parenchyme disposées en chaînette et associées à peu de vaisseaux de petite taille (moabi), ou par une fine bande continue de parenchyme marginal (3 à 4 rangées de cellules) associée à très peu de vaisseaux de petite taille (sapelli) ou enfin par une fine bande discontinue (moins visible) de parenchyme formant de courtes ailes autour des vaisseaux de petite taille (tali) ;
- La croissance diamétrique varie entre arbres d'une même espèce et d'une année à l'autre. Cette variation n'est toutefois statistiquement significative dans aucun cas (ANOVA répétée, $F_{2,2} = 0,393$, $P = 0,718$ pour le moabi ; $F_{2,12} = 0,521$, $P = 0,607$ pour le sapelli ; et $F_{2,11} = 0,047$, $P = 0,954$ pour le tali). Au cours d'une année, la croissance des arbres est continue sur l'ensemble des saisons, suggérant ainsi l'absence de période de repos végétatif prononcé pour ces trois espèces (figure 7).
- Par contre, la différence de croissance entre les saisons est statistiquement significative pour le moabi ($F_{4,5} = 9,62$ et $P = 0,014$) et le sapelli ($F_{5,25} = 7,74$ et $P < 0,001$), la croissance en petite saison pluvieuse (PSP) étant généralement la plus importante. Pour le tali, les variations de croissance entre les saisons ne sont globalement pas significatives ($F_{5,22} = 2,074$ et $P = 0,107$).
- Le comportement phénologique des trois espèces étudiées est similaire, le cycle est annuel et fortement calqué sur les saisons. L'activité est globalement synchrone pour le moabi et le sapelli, asynchrone pour le tali. La perte des feuilles a généralement lieu en début de grande saison sèche et leur renouvellement ainsi que l'apparition de fleurs en fin de la même saison (figure 7).
- Le climat de la zone, bien que faiblement variable sur la période 2010 - 2013, influence significativement la croissance et la phénologie des trois espèces. Sur la croissance des trois espèces, les précipitations, les températures moyennes mensuelles et les radiations exercent globalement un effet significatif. La croissance saisonnière des trois espèces est significativement corrélée avec la température moyenne (entre 30 et 60% de la variance expliquée) et avec les radiations moyennes saisonnières dans le seul cas du moabi (R^2 ajustée = 62%). La croissance est globalement ralentie lors des phases de renouvellement des feuilles, de floraison et de maturation des fruits. Dans le cas spécifique du moabi, seule la phase de floraison n'influence pas négativement la croissance.
- Le climat conditionne également la phénologie des trois espèces. Si le recouvrement foliaire des arbres et la fructification semblent liés aux variations des précipitations, le

renouvellement des feuilles et des fleurs quant à eux semble davantage conditionné par la disponibilité de la lumière (radiations).

Une perspective à l'analyse dendrochronologique s'ouvre ainsi en vue d'acquérir des données de croissance sur le long terme, nécessaires à la définition des paramètres de gestion des populations naturelles de ces espèces. Les relations observées entre le climat, la phénologie et la croissance de ces espèces soulignent également la nécessité d'explorer davantage de déterminants potentiels en vue d'améliorer la stratégie de prédiction de la croissance et de la productivité forestière.

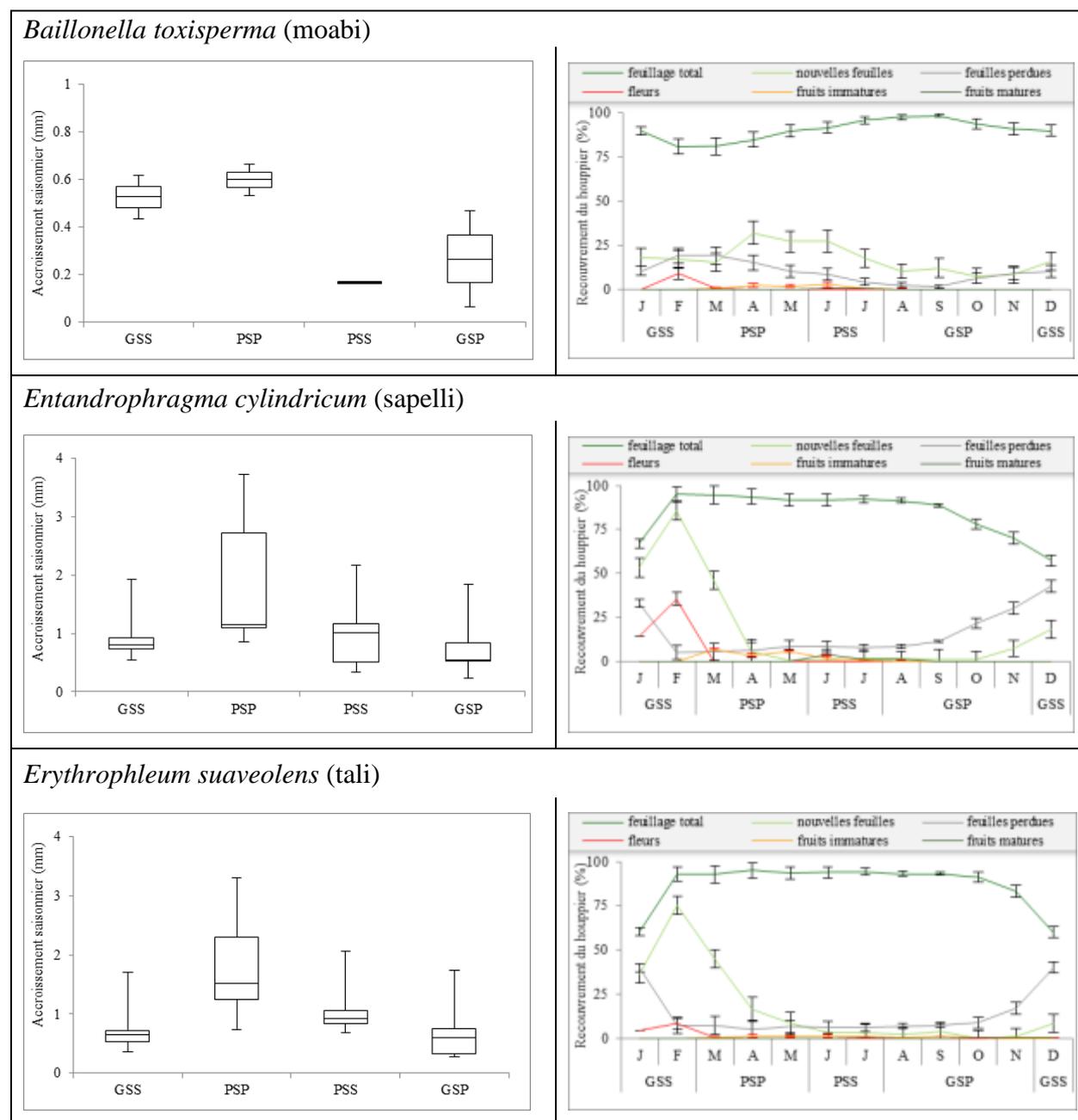
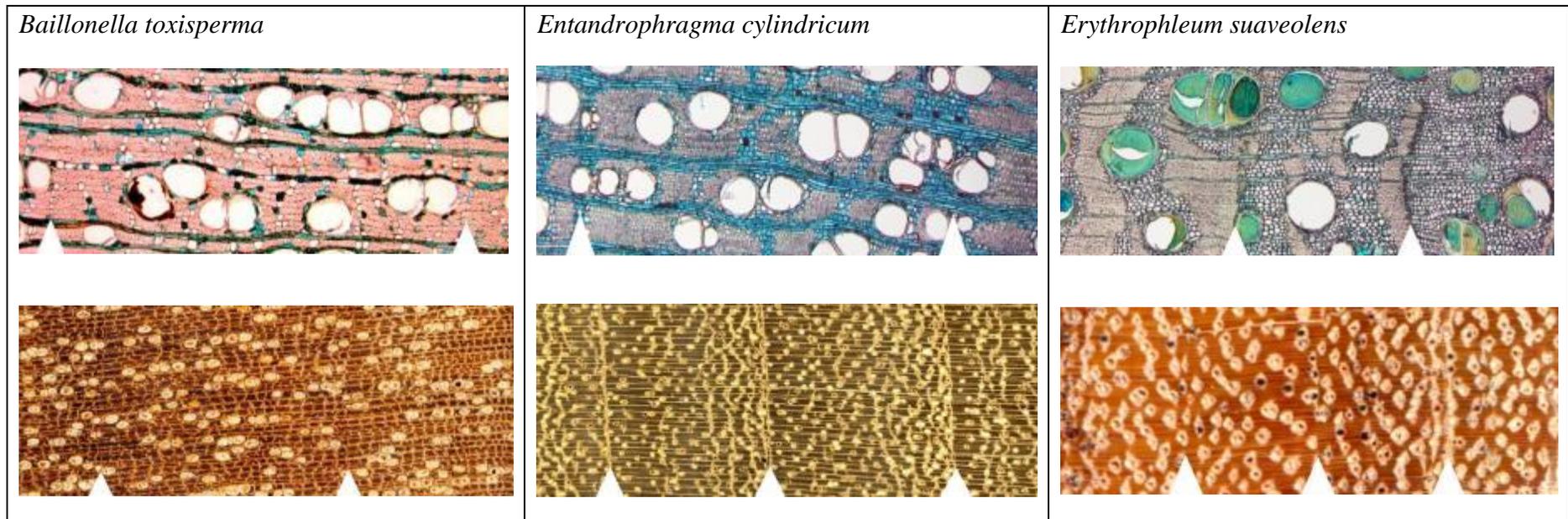


Figure 11. Evolution de l'accroissement du diamètre des arbres en fonction des saisons de l'année (gauche ; boîtes à moustaches) et diagramme phénologique des espèces (droite ; les barres verticales représentent l'intervalle de confiance) observés sur la période 2010 - 2013. GSP : grande saison pluvieuse, GSS : grande saison sèche, PSP : petite saison pluvieuse et PSS : petite saison sèche.

Tableau 5. Profils microscopiques (images au-dessus) et macroscopiques (images au-dessous) de la section transversale poncée de fragments de bois montrant les limites des cernes annuels (triangles blancs).



4.5 Importance de la banque de graines dans la résilience des forêts du bassin du Congo

4.5.1 Contexte de l'étude

La dynamique des peuplements forestiers dépend en partie de la composition et de l'intensité de la régénération naturelle souvent directement caractérisées au stade de la banque de plantules. Les phénomènes en amont de cette banque de plantules sont peu étudiés. La banque de graines fait partie de l'ensemble des processus susceptibles d'influencer la régénération naturelle.

La recherche doctorale menée par Chauvelin Douh (Gembloux Agro-Bio TEch & Marien Ngouabi) ambitionne de combler ce défaut d'information en caractérisant la banque de graines de deux sites DynAffFor du bassin du Congo dont les sols sont très différents : les grès de Carnot situés dans l'UFA Mokabi-Dzanga (SFID), et les alluvions dans l'UFA Loundoungou-Toukoulaka (CIB-Olam).

Trois missions de terrain ont déjà eu lieu sur ces sites. Les deux premières ont permis d'initier la caractérisation concrète de la banque de graines, par la collecte et la mise en germination d'échantillons de sols (du 15/05 au 15/11/2014, puis du 03/01/2014 au 04/06/2015). La troisième mission de terrain (du 11/06 au 11/07/2015) avait un double objectif : approfondir l'étude de la banque de graines du tali (*Erythrophleum suaveolens*) des deux sites (abondance des graines par niveau de profondeur, datation ultérieure), et constituer une réserve de graines de diverses espèces destinées à définir ultérieurement des signatures spectrales spécifiques. L'utilisation des signatures spectrales peut en effet permettre d'étudier plus rapidement la banque de graines, en annulant les longs délais de germination des graines contenues dans le sol.

4.5.2 Résultats préliminaires

Environ 521 plantules ont émergé des échantillons de sol mis à germer (figure 12). Les cortèges floristiques sont sensiblement différents en termes d'espèces dominantes. *Macaranga* spp. et *Musanga cecropioides* sont dominants dans les forêts de Loundoungou, qui, rappelons-le, ont connu une longue histoire de perturbations. Dans les forêts de Mokabi plus âgées et sur des sols plus sableux, *Harungana madagascariensis* et *Nauclea diderrichii* sont les espèces dominantes.

En ce qui concerne le tali spécifiquement, la plupart des graines ont été obtenues dans la couche 0-10 cm de profondeur (tableau 6). Aucune graine n'a été observée entre 20 et 30 cm. Cela pourrait s'expliquer soit par les dimensions relativement importantes des graines de tali, les rendant peu propices à l'enfouissement par des agents biologiques, soit par une mortalité par dégradation des graines les plus âgées.

Les quantités de graines récoltées diffèrent fortement selon le site, le site de Loundoungou concentrant la quasi-totalité des semences trouvées (tableau 6). Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées pour expliquer la plus grande abondance des graines à Loundoungou : (i) une production de graines nettement plus importante, et/ou (ii) des qualités physico-chimiques des sols favorisant la conservation.

Enfin, pour concevoir des signatures spectrales via l'analyse spectroscopique, les graines de parasolier, bilinga et tali (≥ 50 graines par espèce) ont été prélevées dans les forêts de Loundoungou. Elles seront rapportées en Belgique à des fins d'analyses durant le premier semestre 2016.

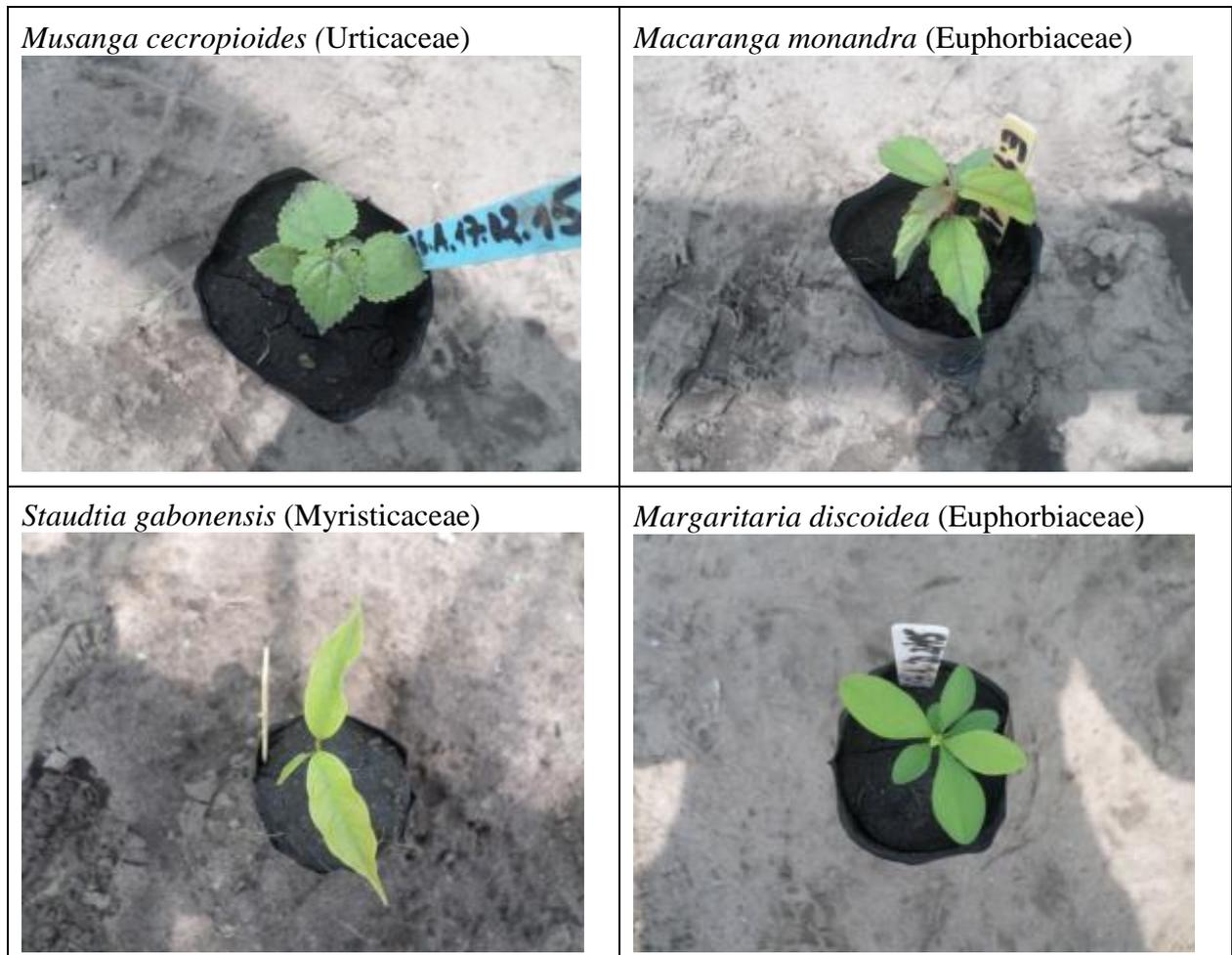


Figure 12. Quelques spécimens de plantes ayant germé dans les sols collectés sur les deux sites d'étude au Nord-Congo.

Tableau 6. Bilan des récoltes de graines au pied de 10 talis par site d'étude (Loudoungou et Mokabi).

Profondeur (cm)	Tali 1	Tali 2	Tali 3	Tali 4	Tali 5	Tali 6	Tali 7	Tali 8	Tali 9	Tali 10
Site de Loudoungou										
0-10	30	115	84	31	26	14	19	3	8	6
10-20	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
20-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	30	118	84	34	26	14	19	3	8	6
Site de Mokabi										
0-10	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
10-20	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
20-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0

4.6 Diversité morphogénétique et écologie reproductive des espèces du genre *Afzelia*

4.6.1 Contexte de l'étude

L'objectif de la thèse d'Armel Donkpegan (Gembloux Agro-Bio TEch) est de caractériser l'histoire évolutive du genre *Afzelia*, comprenant entre autres les espèces regroupées sous la dénomination "doussié". Spécifiquement, cette étude vise à : (i) Evaluer le niveau de divergence morphologique au sein du genre *Afzelia* et décrire les relations phylogénétiques entre les taxons d'*Afzelia* en mettant en évidence le rôle des gradients écologiques et des refuges forestiers dans la spéciation du genre ; (ii) Procéder à une analyse approfondie de la diversité et de la structuration génétique d'*A. bipindensis* afin de tester l'hypothèse des refuges forestiers ; (iii) Identifier et décrire les facteurs écologiques, biotiques et abiotiques, susceptibles d'influencer les flux géniques à l'échelle des populations d'*A. bipindensis* : phénologie reproductive et déterminisme des événements de reproduction, disperseurs du pollen et des graines.

Les échantillons ayant servi à ces études proviennent d'une multitude de régions africaines, y compris de sites DynAfFor. De plus, cette problématique répond à la nécessité de déterminer exactement les espèces étudiées par DynAfFor, *Afzelia* comprenant des espèces très similaires morphologiquement et régulièrement confondues par les prospecteurs. Or ces espèces pourraient se singulariser par des paramètres démographiques qui leur sont propres.

4.6.2 Résultats préliminaires

D'après les premiers résultats en rapport avec les deux premiers objectifs, il apparaît que les espèces de forêts claires, *A. africana* et *A. quanzensis*, bien que vivant dans des régions phytogéographiques différentes et spatialement distantes, présentent plus d'affinités morphologiques entre elles qu'avec les espèces de forêts denses localisées dans des zones intermédiaires, *A. bella*, *A. bipindensis*, *A. parviflora*. Ces dernières correspondent toutes à des morpho-espèces bien distinctes.

Sur le plan phylogénétique, mis à part la confirmation du statut des deux espèces de forêts claires, toutes les espèces forestières sont paraphylétiques et ne correspondent pas à des clades spécifiques (figure 13). Au vu de ces résultats, seules des études de flux géniques à courte et large échelles à l'aide de marqueurs microsatellites notamment pourraient permettre de statuer définitivement sur les espèces au sein du genre. Ces analyses ont débuté, et l'observation préliminaire la plus importante est la découverte de ce qui semble être une nouvelle espèce d'*Afzelia*, établie sur une ligne allant de l'Est du Cameroun (concessions Pallisco) vers Lastourville au Gabon. Ce groupe, bien qu'en sympatrie dans certaines localités avec *A. bipindensis* (auquel il est alors confondu), en est génétiquement isolé (quasiment aucun hybride observé à ce stade). Une meilleure délimitation de l'aire de distribution de cette nouvelle espèce, ainsi que des observations morphologiques pointues sont nécessaires. Ce "nouveau" taxon d'*Afzelia* semble présenter un fût vert et lisse (parfois sinueux) contrairement au "classique" *A. bipindensis* qui a un fût rouge écaillé (figure 14), mais ceci devra être confirmé.

La recherche doctorale, s'appuyant sur un mémoire réalisé par Q. Evrard (Gembloux Agro-Bio Tech), s'est attelée aussi à identifier les disperseurs de *A. bipindensis*. Après plus de 100 heures d'observation directes et 3.000 heures de prise d'images par piège photographique, il ressort que quatre taxa s'intéresseraient aux graines du doussié : *Cricetomys emini*, *Epixerus wilsoni*, *Protoxerus stangeri* et quelques Muridae indéterminés. Ils prélèveraient plus de 90% des graines et seraient essentiellement des prédateurs. Toutefois, ces rongeurs, en enfouissant les graines dans des cachettes, pourraient aussi participer accessoirement à la dispersion.

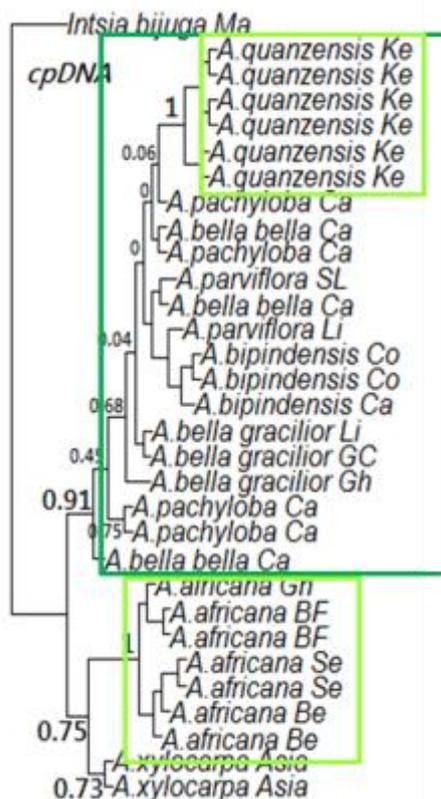


Figure 13. Arbre phylogénétique d'espèces d'*Afzelia*, établi à partir de séquences chloroplastiques. Pour les espèces forestières, la paraphylie est évidente (individus imbriqués dans des lignées d'autres espèces) ou les clades spécifiques sont faiblement résolues (nombres au nœud des branches) reflétant des doutes sur la

séparation des groupes. Les morpho-groupes de savane, *A. quanzensis* et *A. africana* sont monophylétiques et représentent donc des espèces bien délimitées.

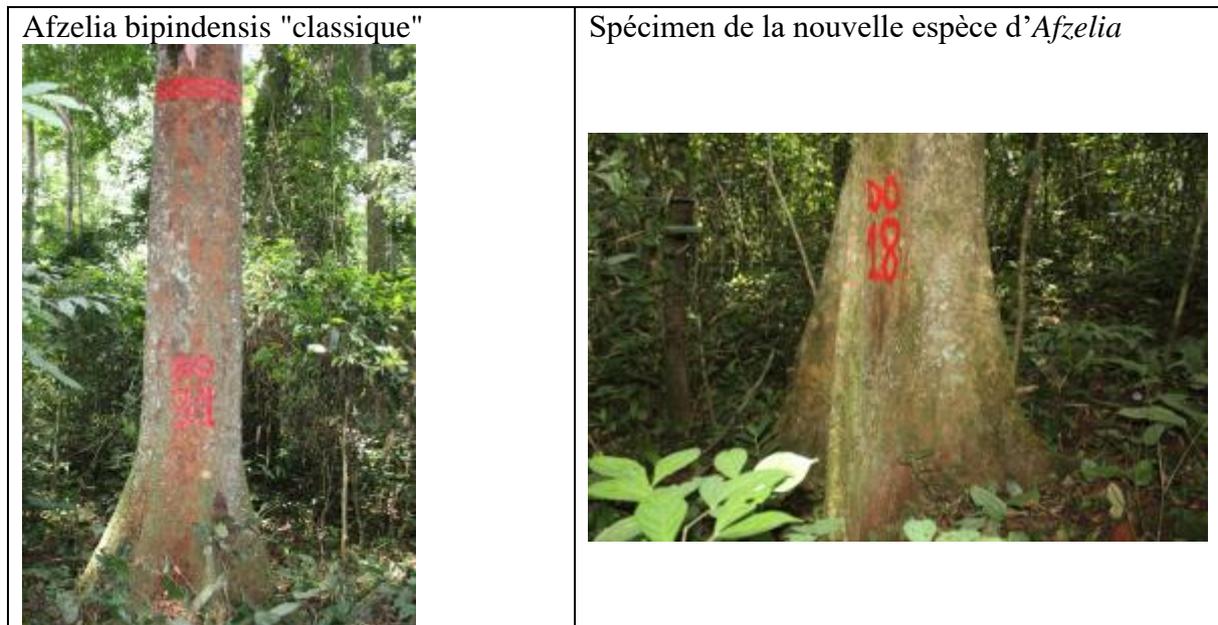


Figure 14. Spécimen d'*A. bipindensis* (photo de gauche) et d'un individu appartenant à ce qui pourrait être une nouvelle espèce d'*Afzelia* (photo de droite) sur un sentier léger DynAfFor de Pallisco. Des études complémentaires sont toutefois nécessaires pour bien distinguer ces deux espèces cryptiques.

4.7 Etudes génétiques et physiologiques du genre *Guibourtia*

4.7.1 Contexte de l'étude

Suivant une démarche et une finalité analogues à celles de l'étude sur *Afzelia*, le travail entrepris par Félicien Tosso (Gembloux Agro-Bio Tech) a pour objectif global de comprendre les mécanismes historiques, biologiques et environnementaux, à l'origine de la diversité des écosystèmes forestiers tropicaux. Cette étude utilise comme modèle biologique le genre *Guibourtia* (Fabaceae, Caesalpinioideae), qui comprend 13 espèces africaines dont certaines ont une forte valeur commerciale.

Plus particulièrement, la recherche doctorale s'attèle à : (i) démêler les relations phylogénétiques au sein du genre *Guibourtia* sur la base de caractérisations physiologiques et morphogénétiques ; (ii) inférer l'histoire évolutive au sein du genre *Guibourtia* grâce aux outils récents d'analyse phylogéographique et de datation moléculaire ; et (iii) étudier les flux de gènes à fine échelle et l'écologie de reproduction de *Guibourtia tessmannii*. A l'instar des travaux sur *Afzelia*, d'importantes implications pratiques peuvent découler de ce travail. Parmi celles-ci, figure la différenciation des deux espèces de kévazingo, *G. tessmannii* et *G. pellegriniana*, confondues par les prospecteurs. Le Gabon désirant inscrire le kévazingo à l'annexe 2 de la CITES, les résultats des recherches intéressent au plus haut niveau l'administration forestière.

Les travaux de terrain ont été menés principalement à Wijma et à CEB-Precious Woods.

4.7.2 Résultats préliminaires

Afin de différencier les espèces, une étude des groupes morphologiques a été initiée et a permis de démontrer que les caractères reproductifs et qualitatifs permettent de délimiter correctement les espèces du genre *Guibourtia*. En mettant en relation les caractéristiques morphologiques et écologiques des espèces du genre, il ressort que les espèces morphologiquement proches occupent des niches écologiques similaires. A travers une approche basée sur le séquençage massif du génome chloroplastique, l'histoire phylogénétique du genre *Guibourtia* a été reconstituée (figure 15) confirmant les travaux de délimitation taxonomique précédents qui subdivisaient le genre *Guibourtia* en trois sous-genres : *Pseudocopaiva*, *Guibourtia* et *Gorskia*.

Dans le but de caractériser les différences physiologiques interspécifiques, une étude de réponse à la lumière des plants de trois espèces, *G. tessmannii*, *G. ehie* et *G. coleosperma*, est en cours. Les plants sont soumis à 6 niveaux d'éclaircissement (1%, 4%, 10%, 25%, 45%, 60%, 100%). Plusieurs paramètres sont mensuellement mesurés. Les premiers résultats montrent que les espèces phylogénétiquement différentes ont également des réponses fonctionnelles différentes. En effet, après six mois de suivi, *G. coleosperma* (espèce de forêt sèche et savane) a de bonnes performances à 100 % d'éclaircissement contrairement à *G. tessmannii* (espèce adaptée aux forêts denses sempervirentes) qui a un meilleur développement à 10-25 % d'éclaircissement. Quant à *G. ehie* (espèce des forêt denses sempervirentes), ses meilleures performances de croissance ont été enregistrées à 25 % d'éclaircissement.

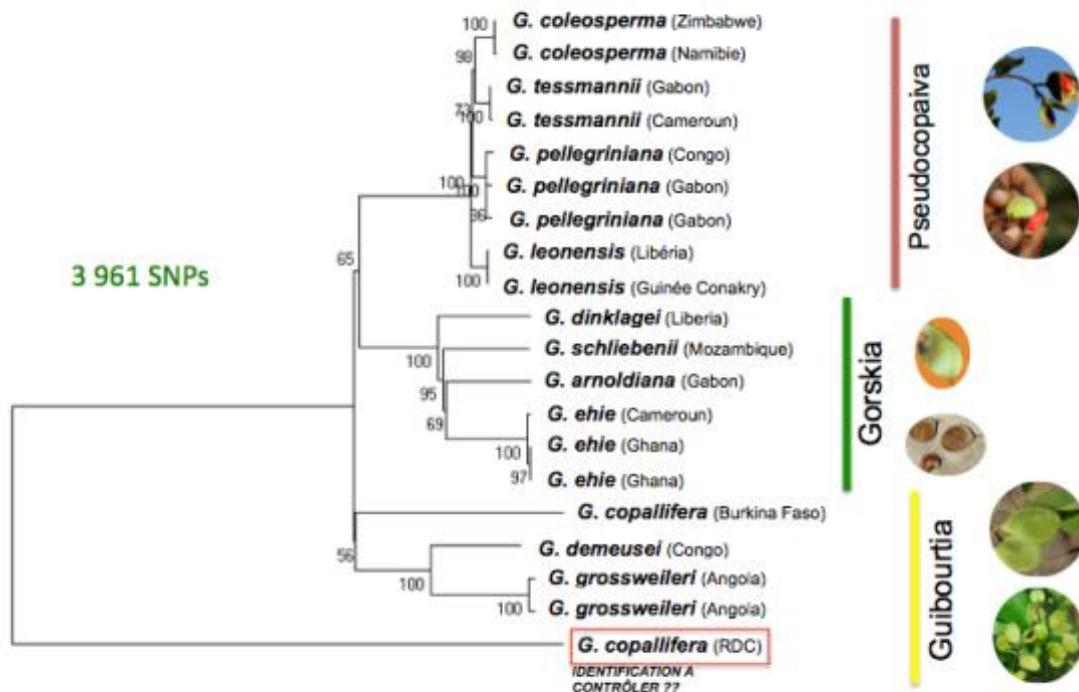


Figure 15. Arbre phylogénétique des *Guibourtia* établi à partir de séquences chloroplastiques. Les nombres au nœud des branches représentent les probabilités postérieures (en %).

Enfin, une étude de la dispersion/prédation de *G. tessmannii* a permis d'identifier plusieurs disperseurs/prédateurs : l'écureuil *Funisciurus anerythrus*, le mandrill *Mandrillus sphinx*, la pintade noire *Agelastes niger*, le rat d'Emien *Cricetomys emini*, les calaos *Ceratogymna atrata* et *Tockus camurus*, le Touraco géant *Corythaeola cristata*. Comme pour les *Azelia*, on note aussi une très forte prédation des graines de *G. tessmannii* par le rongeur *Cricetomys emini*. Une analyse chimique des arilles entourant les graines de *Guibourtia tessmannii* a montré la présence en concentration importante d'une molécule volatile, la Sulcatone (6-méthyl-5-hepten-2-one) qui attirerait les rats (cela a été par la suite confirmé par une autre expérimentation menée en collaboration avec l'USTM, Franceville).

4.8 Etude de l'écologie de l'azobé *Lophira alata*

Achille Biwolé (Gembloux Agro-Bio Tech & Université de Douala) a soutenu sa thèse de doctorat sur l'écologie de l'azobé en 2015. Une partie de ses travaux concernait la définition du tempérament de l'espèce et l'adaptation de différentes provenances à des gammes d'éclairement différentes. La provenance "Okondja" collectée dans la concession de PWG-CEB a été utilisée avec trois autres provenances du Cameroun : Nyabissan, Mamfé (Wijma) Boumba (Pallisco). Cette dernière provenance est située à la limite de la distribution de l'espèce et se cantonne à la bordure des cours d'eau.

La croissance relative de la provenance Nyabissan a été testée sous sept valeurs d'éclairement relatif : 1 %, 4 %, 10 %, 24 %, 33 %, 43 %, 100 %. La figure 15 montre un optimum de croissance entre 24 et 43 % et une croissance positive même à faible éclairement. Ces deux observations plaident pour la classification de l'azobé parmi les "héliophiles modérées", c'est-à-dire des espèces capables de supporter temporairement un faible éclairement à l'état de semis mais nécessitant rapidement une ouverture du couvert pour poursuivre leur développement.

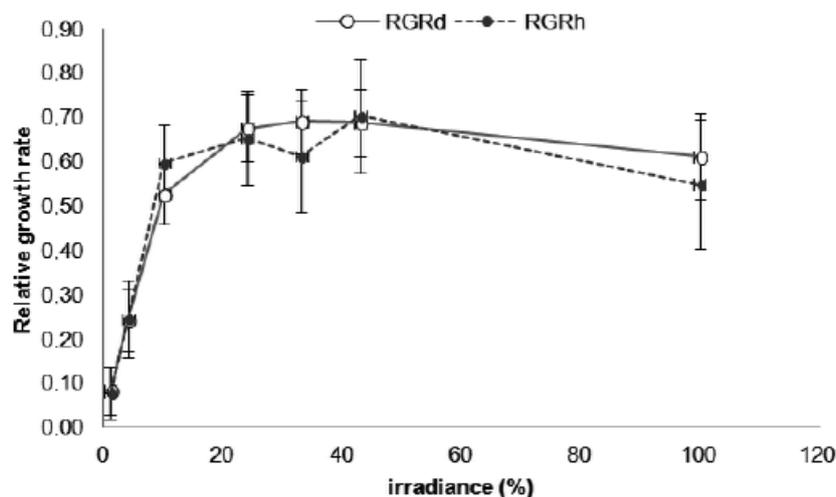


Figure 16. Croissance relative en diamètre (RGRd en mm/mm/an) et en hauteur (RGRh en cm/cm/an) de l'azobé (provenance Nyabissan) sous sept valeurs d'éclairement relatif.

Des différences significatives entre provenances ont en outre été observées (figure 17). La provenance Boumba, qui se développe sous un climat plus ensoleillé que les autres provenances, témoigne d'une bonne adaptation à la croissance en milieu complètement ouvert avec des accroissements non significativement différents entre 43 % et 100 %. Cette provenance est donc à recommander pour des reboisements en milieu ouvert. La provenance Okondja affiche par contre des performances significativement supérieures à 43 %, ce qui pourrait expliquer le bon comportement de l'espèce dans les trouées de large dimension à PWG-CEB.

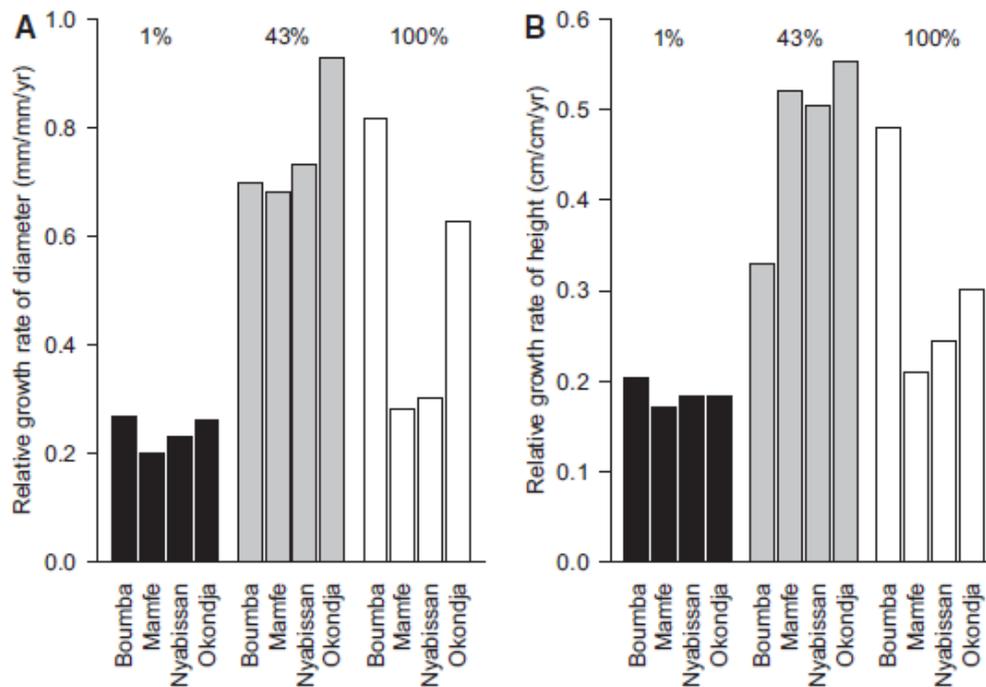


Figure 17. Comparaison des croissances relatives en diamètre (en mm/mm/an) et en hauteur (en cm/cm/an) de trois provenances d'azobé sous trois valeurs d'éclairage relatifs.

5 Bilan des activités de modélisation et de simulation

5.1 Modélisation

Construction du modèle de dynamique forestière DafMod pour appréhender la réponse de la forêt face à l'exploitation.

5.1.1 Choix de modélisation

Structure du modèle

Le modèle reproduit les trois processus de la dynamique forestière : la régénération, la croissance et la mortalité. Il est composé de trois sous-modèles, un pour chaque processus. Les sous-modèles sont autonomes, ce qui permet de les calibrer, de le modifier ou même d'en créer de nouveaux indépendamment des autres éléments du modèle.

Représentation du peuplement forestier dans le modèle

Le peuplement est représenté par une distribution des effectifs d'arbres dans des classes de diamètre, sur une surface donnée. Cette distribution peut être calculée pour l'ensemble du peuplement, ou par groupe d'espèces, ou par espèce. Le modèle fait évoluer les arbres de chaque classe de diamètre (ils peuvent rester dans leur classe, passer dans la classe suivante ou bien mourir, sur un pas de temps donné). Techniquement, par ce fonctionnement en classe ce modèle s'apparente aux modèles matriciels. Cependant, il intègre une dimension stochastique et fonctionne à l'échelle de la communauté, il n'est donc pas possible de le formaliser avec une matrice.

Prise en compte de l'exploitation forestière

Pour que le modèle soit en mesure de reproduire aussi bien la dynamique post-exploitation que la dynamique des forêts non perturbées, des variables caractérisant la structure du peuplement sont intégrées dans les sous-modèles décrivant les processus. Plus précisément, le sous-modèle de recrutement est un modèle GLM-Poisson et les sous-modèles de croissance et de mortalité sont des GLM-Binomiaux avec les surfaces terrières des classes diamétriques comme variables explicatives.

5.1.2 Calibration du modèle

Des inventaires réguliers (au moins deux) sont nécessaires pour produire des données permettant de calibrer les sous-modèles. Pour que le modèle soit en mesure de reproduire le comportement de la forêt non perturbée, il faut suivre des arbres en situation non perturbée. Pour qu'il soit en mesure de reproduire le comportement de la forêt après exploitation, il faut suivre des arbres après exploitation.

Afin que le modèle soit en mesure de reproduire une grande diversité de comportements avec un minimum de paramètres des groupes d'espèce, purement statistiques, sont construits. Ainsi pour chacun des processus et pour chacune des classes de diamètre des groupes d'espèces sont calculés. Ces groupes sont déterminés de façon automatique avec l'algorithme EM (Expectation Maximisation). Le programme permettant de faire les groupes et d'estimer les paramètres a été codé en R en s'appuyant sur le package FlexMix.

5.1.3 Perspectives

Le programme fonctionne mais il nécessite d'avoir des données d'inventaire à intervalles de temps réguliers. Cette restriction étant assez contraignante, les prochaines activités en modélisation de DynAfFor vont donc avoir pour objectif de lever cette contrainte.

5.2 Simulation

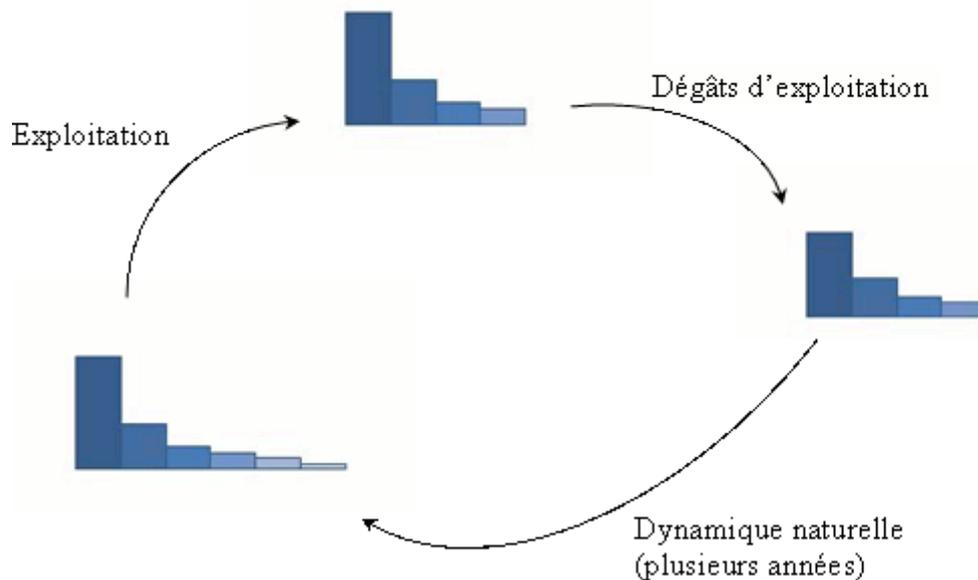
Construction du simulateur d'exploitation forestière, DafSim, pour explorer les réponses des forêts face aux différentes pratiques d'exploitation.

5.2.1 Cahier des charges

Le simulateur **DafSim** est basé sur le modèle DafMod. Il présente donc certaines caractéristiques liées à ce choix : le peuplement, le groupe d'espèces ou l'espèce d'intérêt sont

représentés par une distribution des effectifs d'arbres dans des classes de diamètre, sur une superficie donnée (celle de l'inventaire).

Le simulateur reproduit l'évolution du peuplement forestier avec un pas de temps fixe choisi (par exemple annuel) en appliquant des exploitations à une périodicité fixée (par exemple tous les 30 ans).



Le simulateur est composé de trois modules : exploitation, dégâts d'exploitation et dynamique naturelle. Chacun des modules agit sur le peuplement au moment déterminé par le simulateur : le module « exploitation » est exécuté périodiquement (par exemple tous les 30 ans), le module « dégâts d'exploitation » est exécuté juste après l'exploitation et le module « dynamique naturelle » est exécuté à tous les pas de temps.

5.2.2 Données nécessaires

Plusieurs informations sont nécessaires pour être en mesure d'utiliser le simulateur :

1. Il faut avoir calibré le modèle DafMod avec des données issues de parcelles ou de sentiers, représentatifs du peuplement ou de la population à simuler.
2. Il faut avoir une représentation du peuplement ou de la population qui servira comme point de départ aux simulations, c'est-à-dire la distribution des effectifs par classe de diamètre du peuplement, du groupe d'espèces ou de l'espèce sur lesquels les simulations doivent être réalisées.
3. Il faut caractériser l'exploitation : liste des essences exploitées et de leur DMA respectif, intensité de coupe, durée des rotations ...
4. Il faut définir la proportion d'arbres morts par classe de diamètre due aux dégâts d'exploitation

5.2.3 Sorties du simulateur

Le simulateur permettra d'obtenir l'évolution, sur la durée de la simulation, de différents indicateurs avec leurs intervalles de confiance. Tout indicateur calculable à partir de la représentation du peuplement peut être obtenu, par exemple : la biomasse ou la surface terrière pour le peuplement, le groupe d'espèces ou une espèce particulière, ou encore les proportions d'espèces selon leur tempérament ...

5.2.4 Validité des simulations

La confiance que l'on peut accorder aux simulations est d'autant plus grande que beaucoup de données, suivies longtemps, ont été utilisées pour calibrer le modèle. Elle est d'autant plus grande que les simulations n'amènent pas le peuplement dans un état éloigné de celui des données de calibration. Par exemple, si une coupe à blanc est simulée alors que les données utilisées pour calibrer le modèle correspondent à une exploitation conventionnelle, les prédictions du modèle risquent de n'être pas réalistes. DafSim assortira ses prédictions d'un intervalle de confiance.

5.2.5 Etat d'avancement

Un prototype de simulateur a été développé en R. Il a été testé à partir des données de M'Baiki et donne des résultats prometteurs (voir 18 et Figure 19).

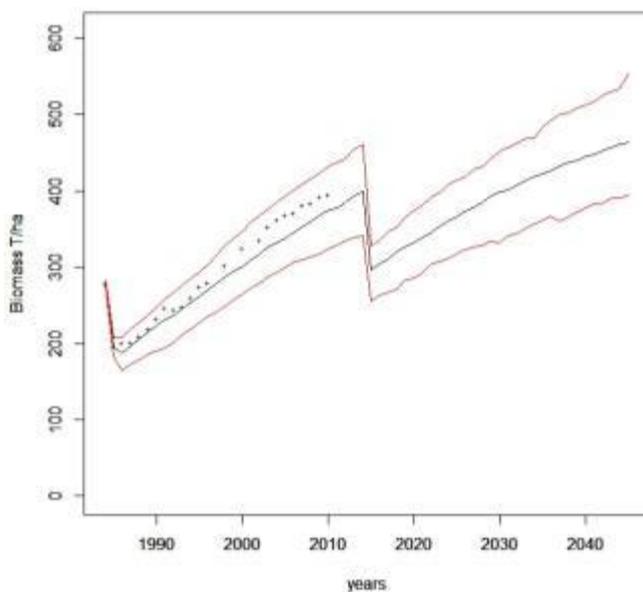


Figure 18 : Simulation de la reconstitution de la biomasse des parcelles exploitées de M'Baiki. (-- médiane, -- intervalle de confiance à 95 %, + vraies valeurs)

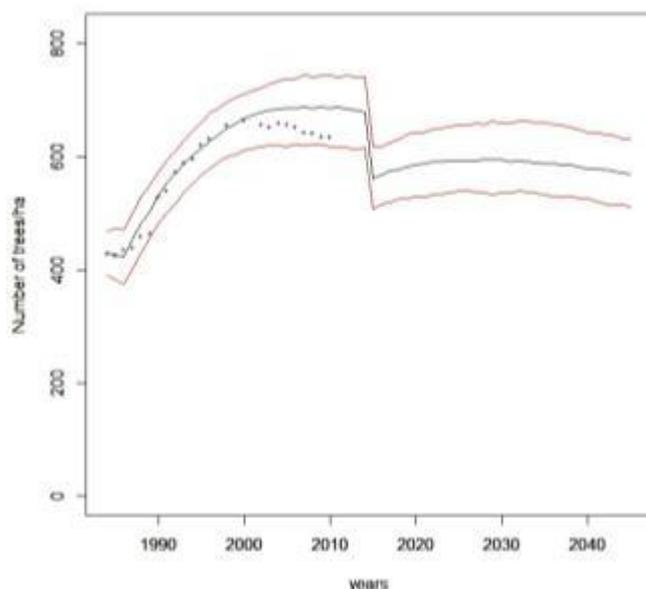


Figure 19 : Simulation de la reconstitution des effectifs des parcelles exploitées de M'Baiki. (--- médiane, -.- intervalle de confiance à 95 %, + vraies valeurs)

5.2.6 Perspectives

Le prototype de simulateur développé en R, respecte bien le cahier des charges mais son utilisation nécessite la connaissance du logiciel R. Les prochaines activités en matière de modélisation pour le projet Dynaffor vont viser à développer une interface graphique au simulateur afin que son utilisation soit accessible à un large public.

6 Gouvernance et fonctionnement du projet

6.1 Réunion du comité de pilotage

Le premier comité de pilotage du projet DynAffor s'est tenu à Yaoundé les 7 et 8 mai 2015.

L'atelier a mobilisé pendant deux jours une soixantaine de participants provenant des cinq pays du bassin du Congo concernés par le projet (Cameroun, Congo, Gabon, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo), représentant la COMIFAC, les administrations forestières, les entreprises privées, la recherche et les universités nationales et internationales (dont le CIRAD, Gembloux et Nature+ les trois partenaires du projet), et les organisations professionnelles des pays.

La matinée de la première journée a été consacrée à la présentation de l'état d'avancement du projet avec un rappel de son principe, de ses objectifs, des résultats attendus et des principales recherches développées. La première session de l'après-midi a permis aux représentants des administrations forestières, des universités et des instituts de recherche de présenter les actions de gestion durable et de recherches menées dans leurs pays respectifs : Cameroun, Gabon, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo, République du Congo. Puis s'est tenu le comité de pilotage avec un bref rappel sur les activités réalisées en 2014 et les dépenses associées ainsi que la présentation du programme de travail 2015. Une discussion a

ensuite été engagée sur la composition du comité scientifique et technique (CST) du projet. On trouvera le compte-rendu du comité de pilotage en annexe 1.

La journée du 8 mai, organisée par le dispositif de recherche et d'enseignement en partenariat « forêts d'Afrique centrale » (DP FAC) du CIRAD avait comme thème « Quelle stratégie de recherche sur les forêts d'Afrique centrale pour les 10 ans qui viennent ? Comment co-construire le futur ? ». L'objectif de la journée était de réfléchir avec les participants à la valeur ajoutée possible que pourrait apporter le DP FAC aux différentes parties prenantes et de convenir d'une feuille de route.

La journée s'est déroulée en quatre temps : 1) Présentation de l'instrument DP et exemple de trois DP opérant en Afrique : le DP Agroforesterie (Cameroun), le DP CRDPI (Congo) et le DP PCP (Zimbabwe) ; 2) illustration de ce que devrait (pourrait) être le DP FAC et exposé de 5 grands projets/thématiques qui pourraient aider à le structurer ; 3) brainstorming sur les attentes des partenaires potentiels vis à vis du DP FAC ; 4) synthèse des attentes et feuille de route pour les activités du DP.

Ces deux journées ont été précédées par une visite de terrain sur le site de la PALLISCO qui a permis aux maîtres d'œuvre du projet de présenter *in situ* aux représentants du FFEM, de l'administration camerounaise et de l'ATIBT, les dispositifs mis en place au sein de la société.

6.2 Bilan financier au 31 décembre 2015

Seules sont présentées les lignes budgétaires concernant le CIRAD, Gembloux et Nature+

B : Budget D : Dépenses S : Solde										
Activités	Détail	Avancement activités - CIRAD (%)	Avancement activités - GxABT-N+ (%)	CIRAD		Gembloux		Nature +		
				Co-financement	Subv. AFD	Co-financement	SUBV AFD	Co-financement	SUBV AFD	
1.12 –Caractérisation des potentialités des sols dans les différents sites expérimentaux retenus et production d'une carte de potentialité des sols	1 mission Etude pédologique + traitement par bloc de 400 ha	100		B	20880	38200				
				D	14790	5372				
				S	6 090	32 828				
	1 mission pédo 20 j pour caractériser 2 sentiers. VF	50		B	26 100	27 000				
				D	13 000	3 345				
				S	13 100	23 655				
1.13 – Sélection des entreprises et évaluation des dispositifs de suivi des entreprises existants	Prise de contact +analyse critique + convention		100				B	4 000	B	8 000
							D	4 000	D	8 000
							S	0	S	0
1.14 – Mise en place de 2 dispositifs lourds (DL, soit 4 parcelles de 400 ha) et 4 à 6 dispositifs légers (DI) + première mesure	Installation site 400 ha (délimitation, layonnage, inventaire préliminaire). Au total 4 blocs de 400 ha (2 témoins+2 exploités)	90								
	Installation des 2 placettes de 9 ha. SGF/NP			B	78 960	143 000				
				D	78 960	67 000				
	installation du sentier sur site lourd (inventaire et positionnement des 20 espèces). 1 sentier sur chaque bloc de 400 ha.									
	apurement des données. Sélection des itinéraires, analyse du positionnement des blocs de 9 ha, gestion de BD et test cohérence. Dispositif lourd									
	Installation des 6 sentiers supplémentaires + premiers inventaires + formation interne		90				B	12 000	B	16 000
							D	12 000	D	15 000
							S	0	S	1 000
	Apurement + analyse donnée dispositifs léger		50				B	6 000	6 000	
							D	6 000	0	
							S	0	6 000	

B : Budget D : Dépenses S : Solde										
Activités	Détail	Avancement activités - CIRAD (%)	Avancement activités - GxABT-N+ (%)	CIRAD		Gembloux		Nature +		
				Co-financement	Subv. AFD	Co-financement	SUBV AFD	Co-financement	SUBV AFD	
1.15 – Réalisation des prises de mesures N+2, N+4 (DI) et N+5 N+6 (DL)	Inventaire Dispo LOURD (3 inventaires par site)	30		B	39 480	46 500				
				D	13 000	5 000				
				S	26 480	41 500				
	Inventaire du recrutement N+4 et n+6. 1 mission par bloc de 400 ha soit 4 inventaires	0		B	26 320	69 000				
				D		0				
				S	26 320	69 000				
	Remesure 6 Dispo Légers. 2 campagnes de remesures		80				B	12 000	B	36 000
							D	12 000	D	28 000
							S	0	S	8 000
	Entretien annuel régulier des dispositifs légers (accès, marques...) sur 5 ans		50						B	60 000
									D	27 444
									S	32 556
	campagne de mesure sur MBAIKI	100		B		10 000				
				D		10 000				
				S		0				
	campagne de mesure sur KISANGANI	50		B		18 250				
				D		9 000				
				S		9 250				
1.16 – Analyse comparative des facteurs environnementaux entre les différents sites	Synthèse cartographie pédologique. VF BUREAU	0		B		6 525				
				D		0				
				S		6 525				
1.17 – Analyse de l'effet des facteurs environnementaux sur les PFNL et la biodiversité végétale sur les DL	comparaison des sites en terme de richesse PFNL. SGF BUREAU	0		B		10 000				
				D		0				
				S		10 000				
1.21 – Mise en œuvre de l'exploitation forestière sur les dispositifs lourds	Définition protocole et process expérimental	0		B	3 290					
				D	0					
				S	3 290					
1.22 – Mesure des impacts de l'exploitation forestière sur le dynamique forestière	Analyse de donnée. Post Doc + encadrement. Dernier inventaire	0	0	B	20 000	10 000	B	8 000	10 000	
				D	0	0	D	0	0	
				S	20 000	10 000	S	8 000	10 000	
2.11 – Compilation et synthèse des résultats issus des 2 types de dispositifs mis en œuvre dans les concessions pilotes	Compilation et comparaison des inventaires au fur et à mesure. 15 jours de travail/site/inventaire. Dispositifs Lourds	20		B		45 000				
				D		9 000				
				S		36 000				
	Compilation des données et comparaison des résultats dispositifs légers		15				B	4 000	14 000	
							D	3 356	0	
							S	644	14 000	

B : Budget D : Dépenses S : Solde											
Activités	Détail	Avancement activités - CIRAD (%)	Avancement activités - GxABT-N+ (%)	CIRAD			Gembloux			Nature +	
				Co-financement	Subv. AFD		Co-financement	SUBV AFD		Co-financement	SUBV AFD
2.21 – Développement d'un logiciel de calcul des paramètres de l'aménagement	Développement conceptuel de l'outil	80		B	36 320						
				D	26 320						
				S	10 000						
	Atelier de formation vulgarisation/information/calibration pour chaque pays partenaire	0	0	B		25 000	B	16 000		B	20 000
				D		0	D	0		D	0
				S		25 000	S	16 000		S	20 000
2.31 – Etude des conditions de conciliation entre production et préservation de la biodiversité		0	100	B	5 000		B	8 000			
				D	0		D	8 000			
				S	5 000		S	0			
2.32 – Elaboration de nouvelles règles d'aménagement, d'exploitation et de sylviculture		0	20	B	6 580	5 000	B	8 000	5 000		
				D	0	0	D	8 000	0		
				S	6 580	5 000	S	0	5 000		
3.11 – Information et mobilisation de nouvelles entreprises	Travail collectif et informel. Action des bureaux d'étude	100	100	B	1 316		B	6 000			
				D	1 316		D	6 000			
				S	0		S	0			
3.12 – Etude de faisabilité de la création d'un observatoire de la dynamique forestière	Consultant extérieur, mission courte . Présentation lors de l'atelier sous régional	0	0	B	1 316		B	2 000			
				D	0		D	0			
				S	1 316		S	2 000			
3.21 – Formation du personnel des entreprises à la prise de mesures selon le protocole associé aux dispositifs légers	Déjà prévu dans 1.14										
3.22 – Renforcement des opportunités de collaboration avec les organismes de recherche	Prise de contact avec recherche et instituts. activité transversale		30	B	6 580		B	8 000			
				D	0		D	2 563			
				S	6 580		S	5 437			
3.23 – Les dispositifs et les protocoles sont présentés et validés par les administrations forestières	Visite de terrain avec l'administration forestière. Exposé des méthodes et des résultats. 1 visite dans chaque	40	85	B	26 320		B	8 000			
				D	12 000		D	7 000			
				S	14 320		S	1 000			
3.24 – Un guide d'installation des dispositifs légers est fourni à toute entreprise intéressée	Réalisation du guide + édition, publication	0	0	B	5 264		B	8 000			
				D	0		D	0			
				S	5 264		S	8 000			
3.31 – Organisation d'ateliers nationaux en partenariat avec l'OFAC	5 jours pour 30 personnes + 2 missionnaires CIRAD GEMBLoux		0				B	4 000			
							D	0			
							S	4 000			
3.32 – Organisation d'une conférence sous-régionale.			0				B	2 000			
							D	0			
							S	2 000			
3.33 – Participation deux chercheurs à conférence internationale		0	0	B		5 000	B		5 000		
				D		0	D		0		
				S		5 000	S		5 000		

7 Programmation de la prochaine année (2016)

L'installation des dispositifs complets du Nord-Congo s'achèvera au premier semestre 2016 avec la fin de la mise en place des sentiers sur les deux sites de Loundougou et Mokabi. Une mission d'exertise botanique interviendra sur l'ensemble des quatre parcelles de chaque dispositif avec comme objectifs de :

- déterminer les espèces non reconnues par les équipes des sociétés,
- fournir le nom scientifique des tiges identifiées uniquement par leur nom vernaculaire,
- valider ou corriger la détermination des espèces réalisée par les équipes,
- constituer un herbier avec les espèces restant inconnues, pour détermination ultérieure.

L'expert devra en outre former les équipes des sociétés à

- la constitution de l'herbier et au remplissage des fiches correspondantes,
- la reconnaissance des espèces qui étaient indéterminées.

Les bases de données seront alors complétées et apurées et une campagne de mesure de l'ensemble des dispositifs sera réalisée au courant du second semestre 2016, permettant les premières analyses.

Les activités de mesures des différents sentiers des dispositifs légers ainsi que les travaux de recherche en cours se poursuivront aussi en 2016.

Enfin, il sera demandé un avis de non objection au maître d'ouvrage et au bailleur de fonds pour développer de nouvelles activités non prévues initialement. Ces activités sont présentées au point suivant.

7.1 Propositions de réorganisation des activités

Les nouvelles activités proposées seront développées à budget constant par réaffectation de fonds prévus pour les activités 1.14 et 1.15 « mise en place de 2 dispositifs de références et réalisation des mesures » de l'objectif opérationnel 1 « Les facteurs environnementaux sont identifiés et leurs effets sur la dynamique forestière sont mieux appréhendés », du projet.

Ces activités consistent en :

- l'installation et le suivi de deux stations météo standardisées (stations Campbell, figure 20) pour les sites de CIB et Mokabi, (février-mars 2016) ;

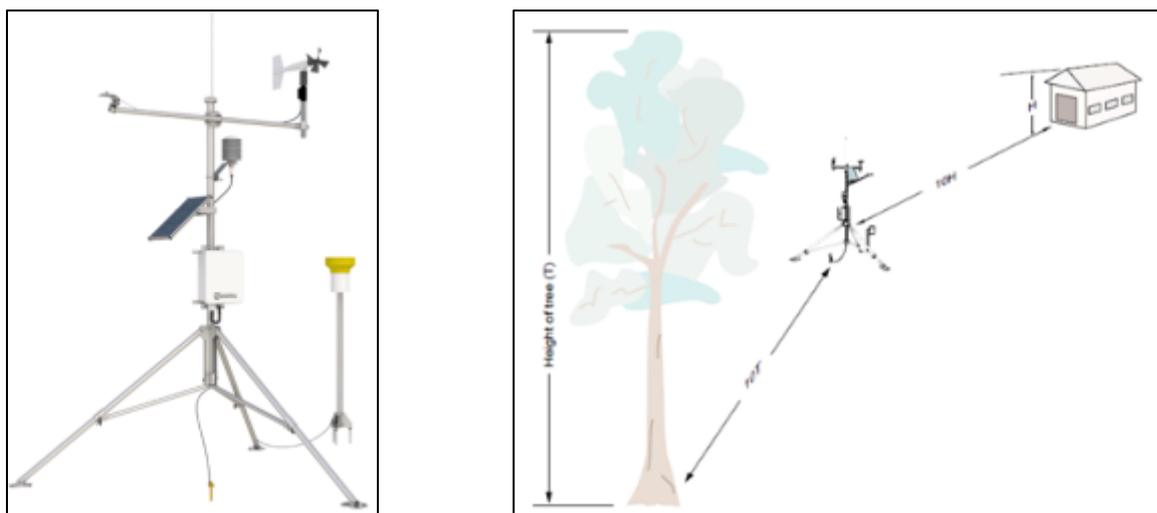


Figure 20 : station météorologique Campbell : mesure de température, précipitations, vent, pression, humidité relative, rayonnement solaire totale. La station a une autonomie énergétique grâce à une alimentation par panneau solaire. Elle possède un système de télétransmission des données et une capacité de stockage des données pour plusieurs mois.

- la collecte de matériel génétique sur les principales espèces commerciales pour caractériser l'impact de l'exploitation sur les flux de gènes (avril-mai et juillet-août 2016)
- la prise d'images par vols de drone pour caractériser la structure de la forêt dans les dispositifs en complément de caractérisations qui seront faites au sol par l'équipe de Gembloux AgroBioTech, (mai 2016) ;
- l'installation de caméras pièges dans les dispositifs, pour évaluer la densité de la faune et commencer à étudier l'effet de l'exploitation sur les disperseurs de graines, (dernier trimestre 2016).

Ces opérations permettront d'ancrer de nouvelles équipes de recherche avec comme ambition de pouvoir ainsi développer de nouveaux projets sur les dispositifs établis par DynAfFor.

7.2 Préparation de la suite du projet : le projet P3FAC

La formulation d'un projet qui prendra le relais du projet DynAfFor débutera en janvier 2016. L'intitulé provisoire du projet est « Partenariat public-privé pour gérer les forêts d'Afrique centrale » (P3FAC). Il comportera 5 composantes :

- **C. 1** : Capitalisation des données de la dynamique forestière et renforcement du réseau DynAfFor.
- **C. 2** : Impact des activités anthropiques (exploitation forestière/chasse/récolte de PFNL) sur les mécanismes écologiques et biologiques affectant la dynamique démographique des populations de bois d'œuvre et des PFNL.
- **C. 3** : Proposition d'itinéraires de sylviculture adaptés à différents types de forêts.
- **C. 4** : Intégration des résultats des recherches (C1, C2 et C3) dans les décisions politiques.
- **C. 5** : Echange entre les 3 bassins tropicaux (Afrique, Asie, Amérique).

Il sera présenté au comité du FFEM courant 2016 et devrait débuter, s'il est accepté, en début d'année 2018.

8 Références bibliographiques

Articles dans des revues scientifiques avec peer reviewing

Publiés

Biwolé, A. B., Daïnou, K., Fayolle, A., Hardy, O. J., Brostaux, Y., Coste, S., Delion, S., Betti, J. L., & Doucet, J.-L. (2015). Light Response of Seedlings of a Central African Timber Tree Species, *Lophira alata* (Ochnaceae), and the Definition of Light Requirements. *Biotropica*, 47(6), 681-688.

Latte, N., Colinet, G., Fayolle, A., Lejeune, P., Hebert, J., Claessens, H., & Bauwens, S. (2013). Description of a new procedure to estimate the carbon stocks of all forest pools and impact assessment of methodological choices on the estimates. *European Journal of Forest Research*, 132, 565-577. <http://hdl.handle.net/2268/151321>

Douh, C., Daïnou, K., Loumeto, J. J., Fayolle, A., & Doucet, J. L., (2014). Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *BASE*, 18(4).

En cours

Bauwens S., Fayolle A., Gourlet-Fleury S., Mengal, C., Ndjele, L., Lejeune P., (soumis) Terrestrial photogrammetry: a non-destructive method to model irregularly shaped trees in tropical forests

➤ *soumis une première fois le 28/08/2015 à la revue Methods in Ecology and Evolution (IF =6.55) et rejeté (mais invité à resoumettre) et resoumis le 17/11/2015 après de profondes modifications.*

Michez A., Bauwens, S., Bonnet, S., Lejeune, P., Caractérisation des forêts à l'aide de la technologie LiDAR

➤ *Co-premier auteur du chapitre d'un livre Elsevier sur la télédétection. Il est accepté et le livre sera édité au courant de cette année 2016.*

Bauwens S., Bartholomeus, H., Calders, K., Lejeune P., Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile LiDAR

➤ *Finalisation d'une dernière version à soumettre aux co-auteurs avant soumission dans l'issue spéciale « Forest Ground Observations through Terrestrial Point Clouds » de la revue Forest (IF=1.7)*

Bauwens S., Fayolle A., Gourlet-Fleury S., Raumonon, P., Ploton, P., Ngomanda, A., Lejeune P. Biomass of big irregular trees: allometric relationships based on non destructive measurements.

➤ *Premières analyses, article qui sera réalisé et soumis au courant de cette année 2016. Les revue identifies: Remote Sensing of Environment (IF=7.7), Biogeoscience (IF=4.7), Forest (IF=1.7)*

Latte, N., Beeckman, H., Bauwens, S., Bonnet, S., & Lejeune, P. (2015). A novel procedure to measure shrinkage-free tree-rings from very large wood samples combining photogrammetry,

high-resolution image processing, and GIS tools. *Dendrochronologia*, 34, 24-28. <http://hdl.handle.net/2268/180420>

Articles dans des revues scientifiques sans peer reviewing

Bonnet, S., Dedry, L., Bauwens, S., De Jaegere, T., & Lejeune, P. (2014, April). Quantifier la ressource forestière grâce au Lidar, quelques applications concrètes. *Forêt Wallonne*, (129), 42-43. <http://hdl.handle.net/2268/170396>

Thèse de doctorat

Biwole, A. (2015). *Origine et dynamique des populations d'arbres des forêts denses humides d'Afrique Centrale, le cas de Lophira alata Banks ex Gaertn CF (Ochnaceae)*. Thèse de doctorat. Université de Liège, Liège, Belgique

Rapports d'expertise

Bauwens, S., Fayolle, A., Dubiez, E., & Peroche, A. (2015). Fiches techniques de mesure de la biomasse. <http://hdl.handle.net/2268/182616>

Bauwens, S., & Fayolle, A. (2014). Protocole de collecte des données sur le terrain et au laboratoire nécessaires pour quantifier la biomasse aérienne des arbres et pour l'établissement d'équations allométriques (029/COMIFAC/SE/PREREDD+/ SPM/2013). Walhain, Belgique: Nature +. <http://hdl.handle.net/2268/170397>

Communications orales

Bauwens S., (2015, December). Biomass of big irregular shaped trees. Séminaire du laboratoire de foresterie tropicale

Bauwens S., (2015, December). Stocks de carbone : vers une amélioration des estimations par la modélisation 3D du tronc des arbres irréguliers. Dans le cadre du cours de "Géomatique Appliquée" dispense par P. Lejeune

Bauwens, S., Bartholomeus, H., Piboule, A., Claders, K., & Lejeune, P. (2014, November 05). Forest inventory with Terrestrial LiDAR: what about Hand-Held Mobile LiDAR? Paper presented at ForestSat 2014, Riva del garda (TN), Italy. <http://hdl.handle.net/2268/174325>

Bauwens, S. (2014, October 20). Stocks de carbone : vers une amélioration des estimations par la modélisation 3D du tronc des arbres irréguliers. Paper presented at Atelier DynAfFor, Brazaville, Congo. <http://hdl.handle.net/2268/176588>

Bauwens, S. (2014, December 9). Affiner les paramètres dendrométriques par la modélisation 3D des arbres. Dans le cadre du cours de "Géomatique Appliquée" dispense par P. Lejeune -. <http://hdl.handle.net/2268/176589>

Bauwens, S., (2014, June). La photogrammétrie: un outil de mesure non-destructive des arbres. Séminaire du Département Forêt, Nature et Paysage.

Bauwens, S. (2013, October 08). Le LiDAR-t et la photogrammétrie pour modéliser des troncs irréguliers. Paper presented at Utilisation du système LiDAR terrestre en écologie forestière (4ème édition), Marseille, France. <http://hdl.handle.net/2268/159158>

Bauwens, S. (2013, November 28). La forêt dans la lutte des changements climatiques. -. Dans le cadre du cours “Actualité des forêts” dispense par Prof. J-L Doucet <http://hdl.handle.net/2268/176590>

Bauwens, S., Fayolle, A., Nzenga, A. K., Gourlet-Fleury, S., & Lejeune, P. (2013, April). La photogrammétrie: un procédé pour mesurer les arbres à troncs irréguliers. Paper presented at Atelier scientifique régional sur les équations allométriques en Afrique Centrale, Yaoundé, Cameroune. <http://hdl.handle.net/2268/149448>

Annexe 1 : Compte-rendu du comité de pilotage du 7 mai 2015