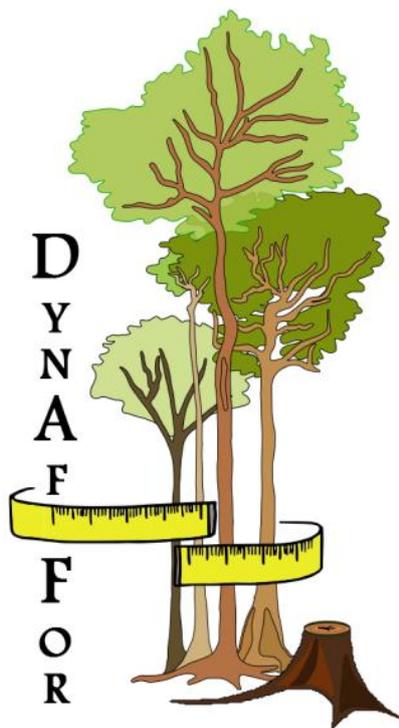




## Rapport annuel - 2014

### Projet DynAfFor

Février 2015



E. Forni<sup>(1)</sup>, K. Dainou<sup>(2,3)</sup>, S. Gourlet-Fleury<sup>(1)</sup>, S. Bauwens<sup>(3)</sup>, G.J. Loubota<sup>(3)</sup>, A. Fayolle<sup>(3)</sup>, C. Douh<sup>(3)</sup>, A. Biwolé<sup>(3)</sup>, V. Feycon<sup>(1)</sup>, C. Bracke<sup>(2)</sup>, et J.L. Doucet<sup>(2,3)</sup>



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

(2) Nature+ asbl, Rue Bourgmeestre 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

Table des matières .....	2
1 Introduction .....	3
2 Synthèse relative aux sentiers .....	4
3 Installation des dispositifs complets en République du Congo .....	7
3.1 Résultats de la mission de caractérisation pédologique des sites .....	7
3.2 Avancement sur le dispositif de CIB-Olam.....	8
3.3 Avancement sur le dispositif de Mokabi SA .....	9
3.4 Etat d'avancement du programme .....	11
4 Synthèse des travaux de recherche .....	11
4.1 Estimation de la biomasse aérienne des forêts sempervirentes et semi-décidues du Sud-Cameroun : importance de l'allométrie hauteur-diamètre .....	11
4.2 Estimation de la biomasse et du volume des arbres à fût irrégulier .....	14
4.3 Dynamique des populations d'azobé, <i>Lophira alata</i> , dans les forêts humides du sud du Cameroun .....	18
4.4 Vers une meilleure prise en compte de la banque de graines du sol dans la gestion forestière.....	23
5 Atelier de lancement.....	25
6 Actions futures .....	25
Références bibliographiques .....	27

# 1 Introduction

DynAfFor<sup>1</sup> 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 du bassin du Congo. 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). Les maîtres d'ouvrage du projet, la COMIFAC<sup>2</sup> et l'ATIBT, ont contractualisé les maîtres d'œuvre (CIRAD, Gembloux Agro-Bio Tech et Nature+) qui sont chargés du bon déroulement des activités au profit des bénéficiaires du projet que sont les entreprises et les administrations forestières.

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-Djourn, 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 2014 sur ces six sites est présentée dans le chapitre 2.

---

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Décision d'ajouter la COMIFAC dans les maîtres d'ouvrage lors de l'atelier de lancement du projet (voir point 5 du présent rapport)

(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 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 présent rapport sera principalement consacré à la poursuite des activités liées à l'installation de ces sites (chapitre 3).

Par ailleurs, les travaux de recherche développés dans le cadre du projet seront exposés au chapitre 4.

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

## 2 Synthèse relative aux sentiers

Les sentiers installés sur les six sites au Cameroun et au Gabon dans le cadre du projet avaient été décrits dans le rapport 2013 (Gillet et al, 2014). Le tableau 1 donne l'état actuel de ces sentiers ainsi que les observations les plus pertinentes, notamment en termes d'espèces, d'effectifs et de mesures initiales. 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 n'intervienne.

L'ensemble des 11 sentiers établis sur les six sites totalise actuellement 10.107 tiges. Les synthèses ou évolutions remarquables par site sont :

*i. Pallisco (Cameroun)*

Chez Pallisco, deux nouveaux sentiers totalisant 946 arbres ont été installés en 2014 afin de pallier au déficit en tiges de certaines essences des précédents sentiers.

*ii. SFID-Djoum (Cameroun)*

L'installation des deux sentiers a été achevée en octobre 2014. Du fait d'impératifs mobilisant l'équipe, les mesures initiales n'ont pu démarrer que vers fin décembre 2014, elles devraient être achevées vers la mi-février 2015.

*iii. SFID-Mbang (Cameroun)*

Le suivi annuel des deux sentiers complémentaires mixtes est toujours régulier. On dispose à ce jour de 5 années de mesure. L'exploitation surviendra en 2015 sur le sentier de l'UFA 10.056 tandis qu'elle a été opérée en 2013 (après 3 années de suivi sans exploitation) sur le sentier de l'UFA 10.038.

*iv. Wijma-Ma'an et Wijma-Mamfé (Cameroun)*

La réorganisation de la rotation des assiettes annuelles de coupe (AAC) perturbe fortement les planifications initialement établies. A Ma'an, l'exploitation a été opérée plus tôt que prévu – fin 2013 – dans la portion la plus importante du sentier (65% des tiges) située dans l'UFA 09.021, n'offrant plus "que" deux années de suivi sans exploitation. Inversement, la portion située dans l'UFA 09.022 ne sera plus exploitée avant 2024 au moins. Un problème similaire est apparu sur l'autre site, Mamfé, où l'exploitation initialement prévue pour 2017 a été reportée à 2030. Dans ces deux derniers cas, l'installation d'un nouveau sentier en zone exploitée a été discutée avec la direction de la société. L'accord a été donné à Mamfé où le nouveau plan d'aménagement est déjà validé par l'administration forestière camerounaise. Par contre, il faudra attendre la fin de la révision (en cours) de l'aménagement des UFA désormais regroupées 09.021-09.024-09.025 pour pouvoir décider de l'assiette où il faudrait installer un sentier complémentaire à Ma'an.

*v. Precious Woods Gabon (PWG ; Gabon)*

L'installation a été finalisée fin décembre chez PWG. Les mesures initiales se font au cours du mois de janvier, permettant de bénéficier de 3 années de suivi sans exploitation, cette dernière étant programmée pour fin 2017.

**Tableau 1 : Caractéristiques et état d'avancement des travaux des sentiers DynAffFor (dispositifs légers).**

Pays	Société/Site	Composante	Nombre essences	Essences suivies	Effectif	Temps zéro (t <sub>0</sub> )	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	1186	Mai-Juin 2014	1 <sup>er</sup> suivi annuel prévu pour Mai-Juin 2015
		Exploité – AAC 09 UFA 10.042	8	Iroko, kosipo, moabi, okan, padouk, pao rosa, sipo, tiama	526	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	1078	Mars-Avril 2014	1 <sup>er</sup> suivi annuel prévu pour Mars 2015
		Non exploité – AAC 25 UFA 10.042	9	Iroko, kosipo, moabi, mukulungu, okan, padouk, pao rosa, sipo, tiama	417	Février 2015	Sentier installé afin de pallier au déficit de tiges de certaines essences de l'AAC 11
	SFID/Djoum	Exploité – AAC 2013 UFA 09.003	12	Dabéma, eyong, fraké, moabi, movingui, mukulungu, niové, okan, otungui, padouk, sipo, tali	1250	Janvier-Février 2015	Mesures initiales en cours
		Non exploité – AAC 2025 UFA 09.005B	13	Ayous, dabéma, eyong, fraké, moabi, movingui, mukulungu, niové, okan, otungui, padouk, sipo, tali	1377	Janvier-Février 2015	Mesures initiales en cours
	SFID/Mbang	Mixte – AAC 2015 UFA 10.056	9	Ayous, bété, fraké, iroko, lotofa, mukulungu, otungui, padouk, tali	617	2009	5 ans de suivi sans exploitation, laquelle est prévue pour Mars 2015
		Mixte - AAC 2013 UFA 10-038	7	Assamela, fraké, iroko, otungui, padouk, sapelli, tali	629	2009	5 ans de suivi, dont 3 ans sans exploitation
	Wijma/Ma'an	Mixte – Diverses AAC UFA 09.021-09.022-09-024	9	Ayous, azobé, dibétou, dabéma, movingui, okan, otungui, padouk, tali <i>E. ivorensis</i>	1644	Décembre 2011	3 ans de suivi. Du fait d'autorisations spéciales, la portion du sentier dans l'UFA 09.021 a été exploitée en 2013 après 2 ans de suivi « témoin »
	Wijma/Mamfé	Mixte – AAC 2030 UFA 11.005	6	Acajou, azobé, movingui, okan, otungui, padouk, tali <i>E. ivorensis</i>	743	2011	3 ans de suivi sans exploitation. L'exploitation prévue en 2017 a été reportée à 2030. La société vient d'accepter l'installation d'un nouveau sentier en zone exploitée
Gabon	Precious Woods Gabon (PWG)	Mixte – AAC 2017	9	Béli, doussié, kévazingo, movingui, okan, ossabel, otungui, padouk, tali	640	Janvier 2015	Délai de suivi sans exploitation prévu pour quasi 3 ans

### 3 Installation des dispositifs complets en République du Congo

#### 3.1 Résultats de la mission de caractérisation pédologique des sites

L'objectif de cette mission réalisée par Vincent Freycon du CIRAD était de caractériser les sols des dispositifs de l'UFA de Loundougou-Toukoulaka (CIB-Olam) et de l'UFA de Mokabi-Dzanga (Mokabi SA). Les deux dispositifs sont situés sur deux substrats géologiques différents (alluvions pour le premier, grès de Carnot pour le second).

Trente-trois sondages à la tarière ont été effectués pour estimer la variabilité spatiale des sols et trois profils de sol représentatifs de ces deux sites ont été décrits. Des échantillons de sols ont aussi 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 dispositifs a été observée une variation de la texture des sols en fonction de la topographie et de l'altitude, même à Mokabi où les pentes sont très faibles, ce qui suggère la présence d'un axe de drainage souterrain. La gamme de variabilité des sols de Loundougou (Acrisol-Arenosol-Gleysol), plus étendue que celle des sols de Mokabi (Acrisol-Arenosol), est à relier avec la présence de cours d'eau ou de bas-fonds proches du dispositif.

Les deux dispositifs sont très marqués par la présence de termitières épigées du genre *Macrotermes* (Figure 1). Même si ces termitières sont différentes par leur taille, espèce et activité, elles influencent localement les propriétés des sols et créent des micro-habitats qui pourraient occuper jusqu'à respectivement 15% et 8 % de la superficie de Loundougou et de Mokabi. Les deux dispositifs pourraient devenir des terrains d'étude privilégiés pour tester la théorie de la niche, une des théories qui est avancée pour expliquer la grande diversité floristique de la forêt tropicale humide.



© V. Freycon

**Figure 1** : Termitière géante rencontrée sur le site de Loundougou.

## 3.2 Avancement sur le dispositif de CIB-Olam

Deux parcelles de 9 ha (Figure 2) floristiquement comparables avaient été identifiées par l'équipe du CIRAD en novembre 2013 après analyse des données du pré-inventaire du bloc Ouest, ainsi qu'un sentier reliant plus de 2600 arbres appartenant à 22 espèces prioritaires pour la compagnie forestière.

		Parcelle 1 Ouest									Parcelle 2 Ouest								
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
19	39	59	79	99	119	139	159	179	199	219	239	259	279	299	319	339	359	379	399
18	38	58	78	98	118	138	158	178	198	218	238	258	278	298	318	338	358	378	398
17	37	57	77	97	117	137	157	177	197	217	237	257	277	297	317	337	357	377	397
16	36	56	76	96	116	136	156	176	196	216	236	256	276	296	316	336	356	376	396
15	35	55	75	95	115	135	155	175	195	215	235	255	275	295	315	335	355	375	395
14	34	54	74	94	114	134	154	174	194	214	234	254	274	294	314	334	354	374	394
13	33	53	73	93	113	133	153	173	193	213	233	253	273	293	313	333	353	373	393
12	32	52	72	92	112	132	152	172	192	212	232	252	272	292	312	332	352	372	392
11	31	51	71	91	111	131	151	171	191	211	231	251	271	291	311	331	351	371	391
10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390
9	29	49	69	89	109	129	149	169	189	209	229	249	269	289	309	329	349	369	389
8	28	48	68	88	108	128	148	168	188	208	228	248	268	288	308	328	348	368	388
7	27	47	67	87	107	127	147	167	187	207	227	247	267	287	307	327	347	367	387
6	26	46	66	86	106	126	146	166	186	206	226	246	266	286	306	326	346	366	386
5	25	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265	285	305	325	345	365	385
4	24	44	64	84	104	124	144	164	184	204	224	244	264	284	304	324	344	364	384
3	23	43	63	83	103	123	143	163	183	203	223	243	263	283	303	323	343	363	383
2	22	42	62	82	102	122	142	162	182	202	222	242	262	282	302	322	342	362	382
1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201	221	241	261	281	301	321	341	361	381

**Figure 2 :** Situation des deux parcelles de 9 ha dans le bloc Ouest du dispositif CIB-Olam

L'ensemble des deux parcelles a été installé par l'équipe de CIB-Olam au courant du premier trimestre 2014 : les arbres ont été positionnés, identifiés, et équipés d'un anneau de peinture. Les opérations ont pris davantage de temps que prévu car les arbres du site présentent de nombreux problèmes de conformation et il a fallu souvent rehausser les niveaux de mesure (Figure 3). Par ailleurs, suite à une mission effectuée en avril 2014 (Gourlet-Fleury et Forni, 2014a) il est apparu nécessaire de repasser sur l'ensemble des arbres identifiés dans les deux parcelles pour vérifier le bon positionnement de l'anneau de peinture et le corriger si nécessaire. Ce travail a été effectué au cours du second trimestre 2014.



© S. Gourlet-Fleury

**Figure 3 :** Pose d'un anneau de peinture à 4m50 sur un Tali (parcelle 1, carré 1 du bloc ouest).

L'équipe a ensuite démarré le pré-inventaire du bloc Est. Ce travail a occupé l'équipe pendant le second semestre 2014 et devrait s'achever au début de l'année 2015. Pour ce faire, le campement a été déplacé au bord de la rivière longeant le côté Est du bloc afin de minimiser le temps d'accès au lieu de travail.

### 3.3 Avancement sur le dispositif de Mokabi SA

Le pré-inventaire du bloc Nord entamé en 2013 s'est achevé en février 2014. L'équipe de Mokabi SA a immédiatement enchaîné par la réalisation du pré-inventaire du bloc Sud qui a été terminé fin août 2014.

Plus de 49 000 arbres appartenant à 36 espèces ont été repérés dans les 800 sous-parcelles de 1 ha constituant les deux blocs. L'équipe du CIRAD a analysé ces données pour identifier quatre parcelles de 9 ha chacune, à raison de deux parcelles dans chaque bloc, qui soient les plus semblables possible les unes des autres du point de vue de leur composition floristique (Figure 4).



### 3.4 Etat d'avancement du programme

On trouvera dans le Tableau 2 ci-dessous un récapitulatif des opérations d'installation réalisées depuis le démarrage du projet sur les deux sites de CIB-Olam et Mokabi-SA.

CIB-Olam	2013				2014			
Finalisation localisation	■							
Layonnage bloc 1		■	■	■				
Pré-inventaire bloc 1			■	■				
Installation Sentier bloc 1					■	■		
Inventaire Parcelles bloc 1					■	■		
Layonnage bloc 2				■				
Pré-inventaire bloc 2							■	■
Installation Sentier bloc 2								
Inventaire Parcelles bloc 2								
Mokabi S.A.	2013				2014			
Finalisation localisation			■					
Layonnage bloc 1			■	■				
Pré-inventaire bloc 1				■	■			
Inventaire Parcelles bloc 1								■
Installation Sentier bloc 1								
Layonnage bloc 2					■	■	■	
Pré-inventaire bloc 2					■	■	■	
Inventaire Parcelles bloc 2								
Installation Sentier bloc 2								

**Tableau 2 :** Récapitulatif des opérations effectuées depuis le démarrage du projet

N.B. Jean-François Gillet qui suivait de manière rapprochée l'installation des dispositifs depuis le démarrage a fini son contrat en mars 2014.

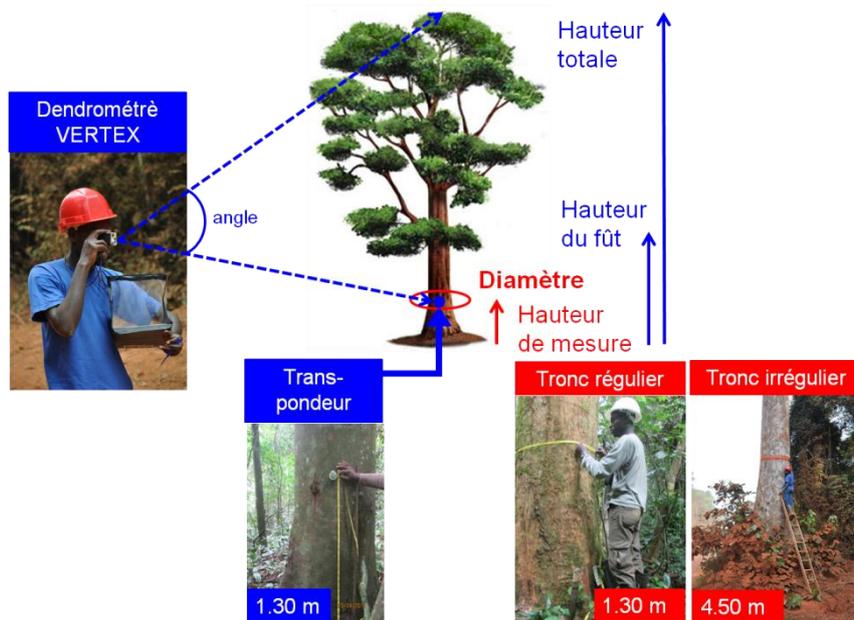
## 4 Synthèse des travaux de recherche

### 4.1 Estimation de la biomasse aérienne des forêts sempervirentes et semi-décidues du Sud-Cameroun : importance de l'allométrie hauteur-diamètre

Plusieurs méthodes existent pour estimer les stocks de biomasse et de carbone contenus dans les forêts tropicales. Toutes ces méthodes reposent à un moment sur l'utilisation de données d'inventaires forestiers combinées à des équations allométriques générales, ou dans la mesure du possible, locales (Gibbs et al. 2007). Les scientifiques s'accordent aujourd'hui pour utiliser une équation allométrique générale et pour ajuster un modèle allométrique reliant la hauteur totale des arbres au diamètre avec des données locales non-destructives (Chave et al., 2014). L'objectif de cette étude, menée par Grace Jopaul LOUBOTA PANZOU a été d'évaluer les variations de l'allométrie hauteur – diamètre entre les types de forêts tropicales du sud du Cameroun et les conséquences de ces variations allométriques sur les estimations de biomasse.

i. Données collectées

Des mesures non-destructives de la hauteur et du diamètre des arbres ont été réalisées respectivement au VERTEX et au mètre ruban, sur un total de 521 arbres appartenant à 12 espèces commerciales exploitées pour le bois d'œuvre (Figure 6). Il s'agit de *Pericopsis elata*, *Lophira alata*, *Piptadeniastrum africanum*, *Lovoa trichilioides*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Distemonanthus benthamianus*, *Cylicodiscus gabunensis*, *Pterocarpus soyauxii*, *Entandrophragma cylindricum*, *Erythrophleum ivorense*, et d'*Erythrophleum suaveolens*. Ces mesures non-destructives ont été réalisées sur une large gamme de diamètres sur les deux sites d'étude : arbres de DHP<sup>3</sup> = 10 à 240 cm pour le site de Wijma-Ma'an (UFA 09.021, 09.022 et 09.024) dominé par la forêt dense humide sempervirente ; et arbres de DHP = 11 à 182 cm dans les concessions de Pallisco-Mindourou (UFA 10.030, 10.031, 10.041, 10.042, 10.044 et 10.047b) dominées par la forêt dense humide semi-décidue.

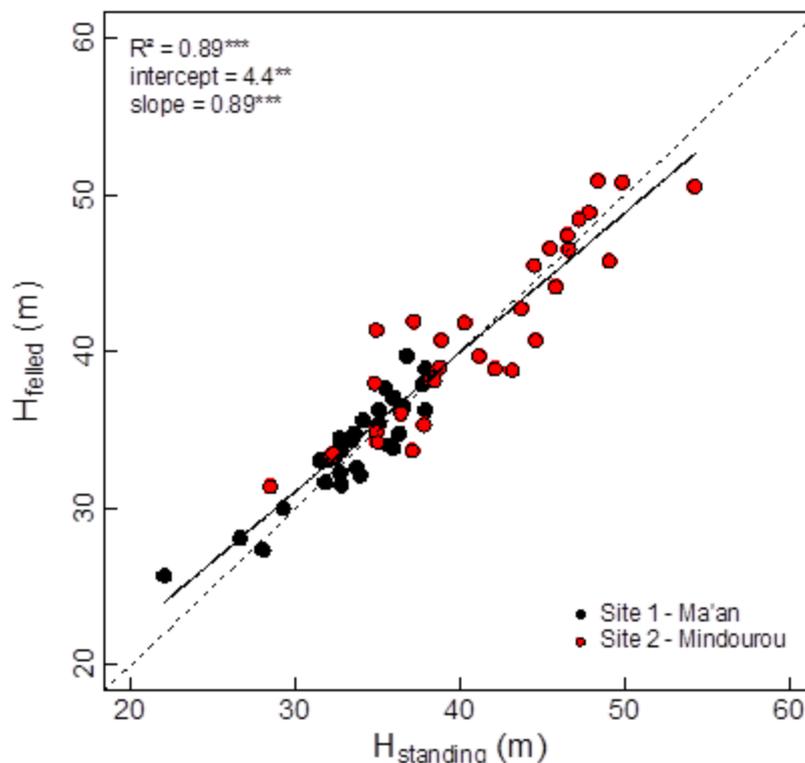


**Figure 6** : Protocole de mesures de la hauteur (bleu) et du diamètre des arbres (rouge).

ii. Calibration des mesures non-destructives

Les mesures non destructives de hauteur ont tout d'abord été calibrées avec des mesures destructives sur un total de 30 arbres dans chaque site. Les mesures non destructives de hauteur sont fortement corrélées aux mesures réalisées sur les arbres abattus. Bien que les arbres utilisés pour la calibration soit plus grands chez Pallisco, la calibration ne diffère pas entre les deux sites. Bien que la calibration ne soit pas parfaite, les mesures non-destructives réalisées au VERTEX sont fiables pour établir les modèles allométriques hauteur-diamètre locaux (Figure 7).

<sup>3</sup> DHP = diamètre à hauteur de poitrine, soit 1m30



**Figure 7** : Relation entre les mesures non destructives de hauteur ( $H_{\text{standing}}$ ) et les mesures destructives réalisées sur les arbres abattus ( $H_{\text{felled}}$ ). La droite de régression est indiquée en plein trait, la droite 1:1 est indiquée en pointillée.

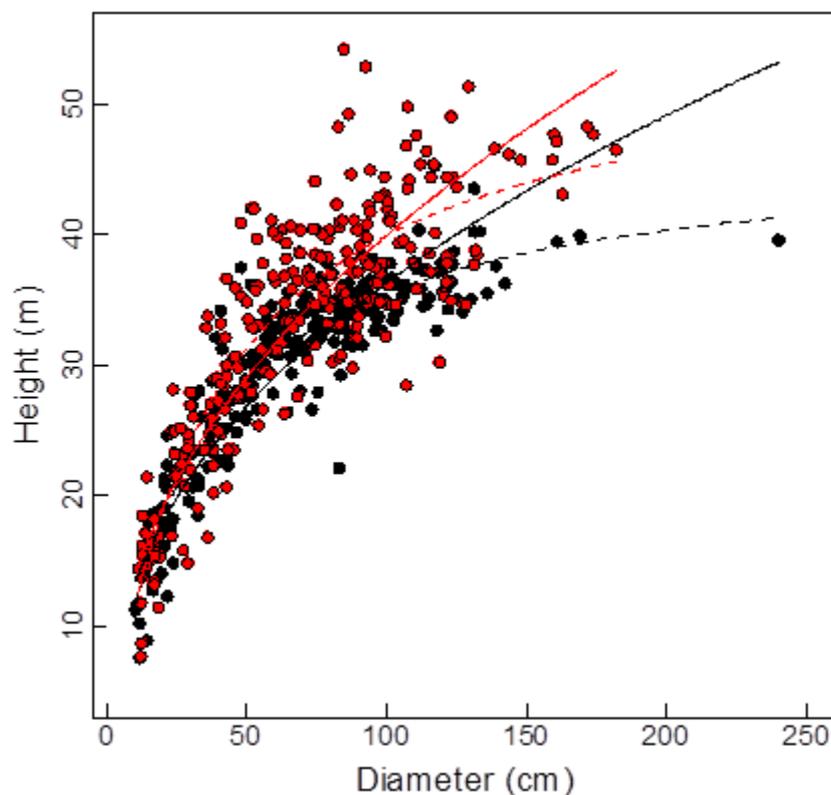
*iii. Ajustement des modèles allométriques*

Dix modèles allométriques différents (incluant des modèles monotones comme le modèle puissance et des modèles asymptotiques comme le modèle de Michaelis-Menten) ont été ajustés aux données de hauteur et de diamètre des arbres pour chaque site et pour chaque espèce séparément. Les résultats de ces ajustements montrent que la relation entre la hauteur et le diamètre des arbres est asymptotique à l'échelle des espèces, et dans une moindre mesure à l'échelle du site. Il est difficile de conclure sur une forme unique de modèle allométrique même si le modèle Michaelis-Menten se comporte bien pour l'ensemble des espèces et des sites (AIC faible). S'il existe des variations allométriques entre espèces au sein d'un même site, les différences entre sites sont plus fortes, et sont maintenues pour les espèces communes aux deux sites. Pour un même diamètre, les arbres sont plus hauts dans les forêts semi-décidues du site de Mindourou que dans les forêts sempervirentes du site de Ma'an (Figure 8).

*iv. Estimation de la biomasse*

Des estimations de biomasse à l'échelle parcelle ont ensuite été réalisées à partir des données d'inventaire forestier d'aménagement ( $n = 7.253$  parcelles de 0,5 ha avec  $DHP \geq 20$  cm, avec  $n = 2.101$  parcelles pour le site de Ma'an et  $n = 5.152$  parcelles pour le site de Mindourou) et

des équations allométriques générales. Les estimations de biomasse basées sur l'équation allométrique à trois prédicteurs (densité du bois, diamètre et hauteur) développées par Chave et al. (2014) combinée au modèle allométrique local développé dans cette étude montre que la biomasse aérienne est plus élevée sur le site de Mindourou (140.8 t par parcelle) que dans le site de Ma'an (106.5 t par parcelle). La différence de biomasse aérienne entre les deux types de forêts s'explique en partie par les variations de l'allométrie hauteur – diamètre observées, mais aussi par les différences de structure des peuplements (Densité = 82,4 tiges avec DHP  $\geq 20$  cm, Surface terrière = 7.58 m<sup>2</sup> par parcelle de 0,5 ha pour le site de Ma'an, contre Densité = 71,4 tiges, Surface terrière = 8,77 m<sup>2</sup> à Mindourou). Il a également été montré que les choix des modèles allométriques de biomasse et de hauteur ont un impact sur les estimations de biomasse.



**Figure 8** : Relation allométrique entre la hauteur et le diamètre pour le site Ma'an (en noir) et le site Mindourou (en rouge). La courbe en plein représente l'ajustement du modèle non asymptotique (puissance) et la courbe en pointillée l'ajustement du modèle asymptotique (Michaelis-Menten).

## 4.2 Estimation de la biomasse et du volume des arbres à fût irrégulier

### i. Problématique

Plusieurs espèces ligneuses tropicales sont pourvues de caractéristiques morphologiques particulières à la base du tronc : contreforts, empattements, cannelures. Ces singularités morphologiques complexifient l'étude de ces arbres. La présence d'irrégularités à la base du

tronc rend impossible la mesure standard du diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de ces arbres en utilisant les outils dendrométriques classiques (ruban, compas). Or, le DHP est la variable la plus communément prise en forêt pour caractériser les arbres. Elle a l'avantage, outre la facilité de mesure, d'être corrélée à d'autres paramètres plus difficiles à mesurer comme le volume du tronc ou la biomasse de l'arbre, et d'être indicatrice de son statut social dans le peuplement.

L'alternative habituelle à la mesure du DHP, dans le cas des arbres avec contreforts, est de mesurer le diamètre au-dessus des contreforts. Les irrégularités du tronc, ainsi que le déplacement de la mesure du diamètre le long du tronc, entraînent des biais sur l'estimation de la surface terrière, du volume, de la biomasse et de la croissance. Ces 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 ou la biomasse aérienne totale. Améliorer les estimations de biomasse aérienne et des stocks de carbone dans les forêts denses humides par la modélisation de troncs irréguliers de gros arbres dans les trois dimensions constituerait donc une avancée. C'est précisément l'objectif poursuivi par S. Bauwens dans le cadre de sa recherche doctorale placée sous la co-promotion de Philippe Lejeune (Gembloux Agro-Bio Tech) et de Sylvie Gourlet-Fleury (CIRAD).

#### ii. Méthodes

La modélisation portera plus particulièrement sur la forme des troncs dans leur partie basse, sur les cinq premiers mètres. Elle engendrera la construction de courbes de défilement traduites en diamètre théorique ou en surface terrière. Ces courbes permettront (i) d'améliorer le calcul du volume du tronc (et indirectement la biomasse de ce compartiment) et, (ii) de corriger les mesures de diamètre prises à des hauteurs différentes et donc d'améliorer les estimations de croissance.

Pour ce faire, deux méthodes d'acquisition de données 3D sur des arbres irréguliers sont testées : le LiDAR terrestre et la photogrammétrie terrestre. Sur le terrain, les acquisitions sont réalisées en deux phases : (1) repérage des espèces et des individus à scanner et/ou à photographier et (2) scan et/ou prise de plusieurs images en périphérie immédiate (sous le houppier) et tout autour de chaque individu retenu.

#### iii. Missions de collecte de données (2013)

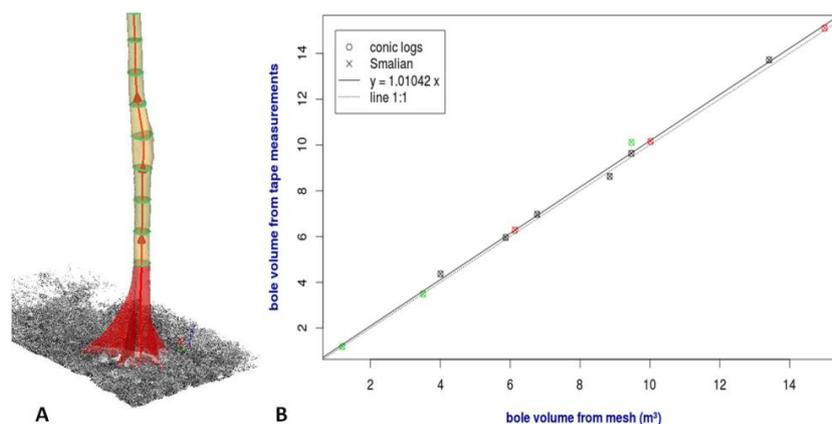
Chaque mission de collecte de données en Afrique centrale a été suivie d'un rapport de mission.

- Mission au Cameroun (avril 2013). Les premières données LiDAR terrestre sur des arbres à troncs irréguliers ont été récoltées au sein des concessions de la société Alpicam (UFA 10-051). Elles ont porté sur 54 arbres dont principalement l'ayous (*Triplochiton scleroxylon*), l'iroko (*Milicia excelsa*), le fraké (*Terminalia superba*), *Celtis* spp. et le bété (*Mansonia altissima*).
- Mission en RDC (août 2013). Dans la forêt de Biaro, 104 arbres ont été scannés. Avec 4 à 6 scans par arbre, le rendement effectif a été de 13 arbres scannés par jour. Huit espèces ont majoritairement été scannées : *Julbernardia seretii*, l'ohia (*Celtis mildbraedii*), l'emien

(*Alstonia boonei*), *Trilepisium madagascariense*, l'avodiré (*Turreanthus africanus*), l'ako (*Antiaris toxicaria*), le padouk (*Pterocarpus soyauxii*) et le dabéma (*Piptadeniastrum africanum*).

iv. *Traitement des données et résultats préliminaires*

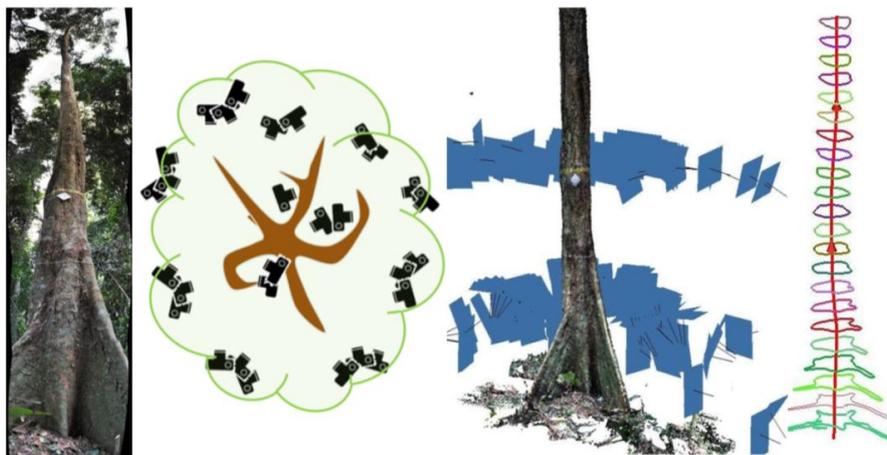
La fusion des multiples scans de chaque arbre et l'extraction du nuage de points ont été réalisées pour les 54 arbres scannés au Cameroun et les 104 arbres scannés à Biaro. Le nettoyage des nuages de points de chaque tronc, pour ensuite extraire semi automatiquement le défilement et le volume des troncs, est en cours. Vingt arbres ont d'ores et déjà été totalement traités. Le volume de la grume commerciale a été déterminé sur 12 des 20 arbres (8 arbres n'ont pas été scannés jusqu'à la première grosse branche). Les estimations du volume de ces derniers ont été comparées à des estimations basées sur des mesures de circonférence de billons de 2 m (Figure 9). Ce premier jeu de données sera valorisé dans un article portant sur l'analyse des erreurs liées à la construction des équations allométriques de biomasse aérienne.



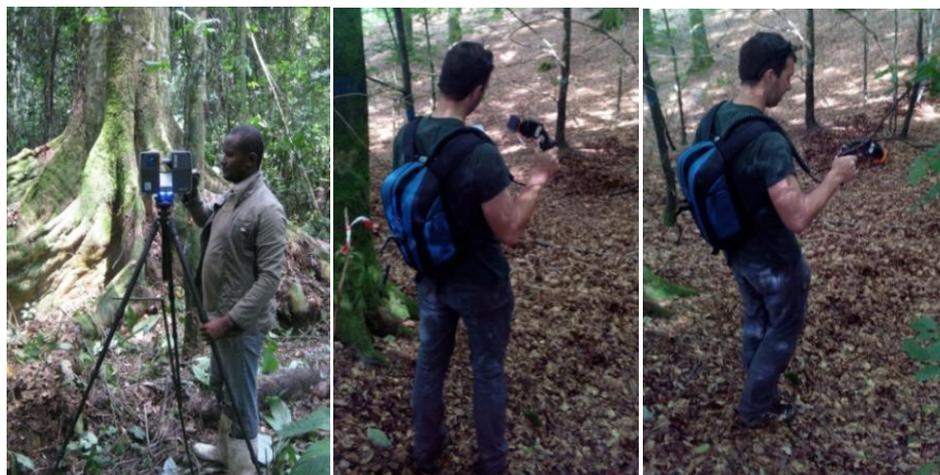
**Figure 9 :** A) Circonférences (traits verts) mesurées par billons de 2 m pour estimer le volume de la tige commerciale (partie jaune). Volume qui a été comparé au volume estimé sur base du maillage (surface jaune) du nuage de points LiDAR. B) Comparaison des volumes de 12 tiges commerciales estimées par billons successifs au volume déduit du maillage de la tige. Le volume des billons a été estimé par la formule de Smalian et la formule du tronc de cône. Les espèces étudiées sont *Piptadeniastrum africanum* (noir), *Pterocarpus soyauxii* (vert) et *Pycnanthus angolensis* (rouge).

Des traitements photogrammétriques de séries d'images prises sur trois arbres à Yangambi en décembre 2012 ont été réalisés (Figure 10). Un article portant sur la méthodologie utilisée sur ces trois arbres est en cours de finalisation. Il sera soumis durant ce premier trimestre 2015.

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 portatif et de scanner tout en se déplaçant (Figure 11). Une publication sur l'évaluation du fonctionnement de cet appareil en milieu forestier est en cours de rédaction.



**Figure 10** : Chaîne de traitement de la modélisation 3D d'arbres sur base d'images. En partant de la gauche, 1) *Celtis mildbraedii* étudié, 2) méthode d'acquisition des photos, 3) Nuage de points 3D généré à partir des photos (rectangles bleus), 4) Sections le long de l'axe de l'arbre permettant d'étudier le défilement du tronc.



**Figure 11** : 1ère photo à gauche : LiDAR terrestre statique utilisé pour scanner les arbres en Afrique Centrale (FARO Focus 3D). Les deux autres photos illustrent le LiDAR mobile (ZEB1) testé et comparé au LiDAR statique en milieu tempéré.

En 2013, deux communications orales scientifiques ont été présentées par S. Bauwens. La première communication a été réalisée dans le cadre d'un atelier sur les équations allométriques de biomasse en Afrique Centrale qui s'est tenu à Yaoundé en mars 2013. La seconde communication a eu lieu lors du 4<sup>ème</sup> atelier sur le LiDAR terrestre à Marseille. Les présentations sont disponibles sur ORBi<sup>4</sup> ([présentation atelier COMIFAC](#) et [présentation atelier T-LiDAR](#)).

En 2014, S. Bauwens a à nouveau réalisé deux communications orales. La première a été présentée lors de l'atelier DynAfFor qui s'est tenu à Brazzaville et la seconde a été présentée lors de la conférence internationale FORESTSAT de 2014 en Italie ([présentation DynAfFor](#) et [présentation FORESTSAT](#)).

<sup>4</sup> Orbi : Open Repository Bibliography : <http://orbi.ulg.ac.be>

### 4.3 Dynamique des populations d'azobé, *Lophira alata*, dans les forêts humides du sud du Cameroun

Cette étude est réalisée dans le cadre de la thèse de doctorat d'Achille Biwolé sous la co-promotion de Jean-Louis Doucet (Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège) et de Beti Jean Lagarde (Université de Douala). Un volet de la thèse consiste à modéliser la dynamique à long terme de populations d'azobé dans les forêts de production attribuées aux sociétés Wijma (sites de Ma'an et Mamfé) et Pallisco (Boumba) et à leurs partenaires, par une approche matricielle prenant en compte l'impact de l'exploitation forestière. L'effet de l'environnement sur la croissance des arbres est également étudié, mais uniquement dans les forêts non exploitées.

#### i. Dispositifs et données collectées

Deux types de dispositifs permanents (sentiers et parcelles) ont été installés entre 2008 et 2011 dans deux types de forêts : forêts humides sempervirentes et forêts mixtes (Tableau 3), afin de mesurer les principaux paramètres démographiques (croissance, mortalité et recrutement) de l'azobé. La vocation des sentiers était de fournir les données relatives à la croissance et à la mortalité. Les parcelles étaient destinées à estimer le recrutement. Un total de quatre sentiers, trois en zone non exploitée (Mamfé, Ma'an UFA 09.021, et Boumba) et un dans une zone exploitée en 2011 (Ma'an UFA 09.024), a permis le suivi annuel de 675 arbres. Quant aux parcelles, deux totalisant 18 ha ont été installées à Ma'an UFA 09.021 et 09.024, respectivement en zone exploitée et en zone non exploitée.

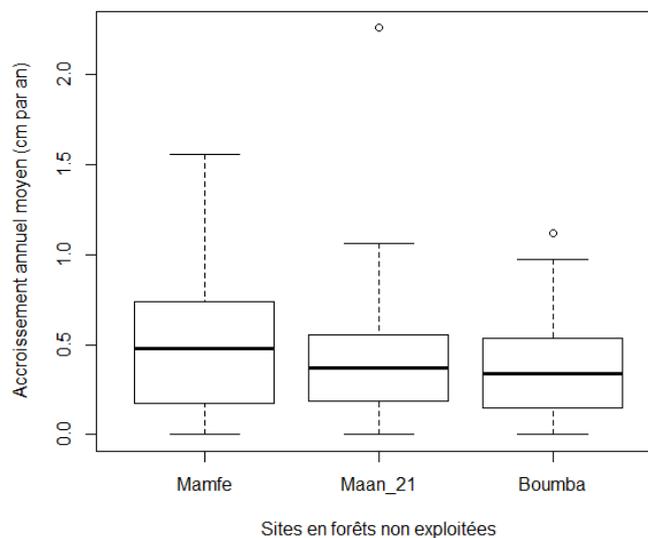
**Tableau 3** : Effectifs suivis (croissance) ou relevés (mortalité, recrutement) dans les dispositifs d'étude de la dynamique d'azobé, et caractéristiques environnementales des sites étudiés. Les effectifs sont exprimés en nombre d'arbres. La durée de suivi est de 3 ans pour chaque dispositif. \* = les données n'ont pas été collectées. FE = forêt exploitée, FNE = forêt non exploitée, N init = effectif initial, Recr = effectif recruté

Site	Recrutement			Croissance			Précipitation (mm/an)	Climat	Sol	Forêt
	N init.	Recr. FE	Recr. FNE	N init. FE	N init. FNE	N mort				
Mamfé	*	*	*	*	200	3	2477	Equatorial avec mousson équatoriale	Nitisol (rouge foncé)	Sempervirente, guinéo-congolaise
Ma'an UFA 09.021	63	*	2	*	213	1	1705	Equatorial guinéen	Ferralsol (jaune)	Mixte : sempervirente et semi-caducifoliée
Ma'an UFA 09.024	77	2	*	151	*	3	1705	Equatorial guinéen	Ferralsol (jaune)	Mixte : sempervirente et semi-caducifoliée
Boumba	*	*	*	*	111	1	1550	Equatorial guinéen	Ferralsol (rouge)	Semi-caducifoliée

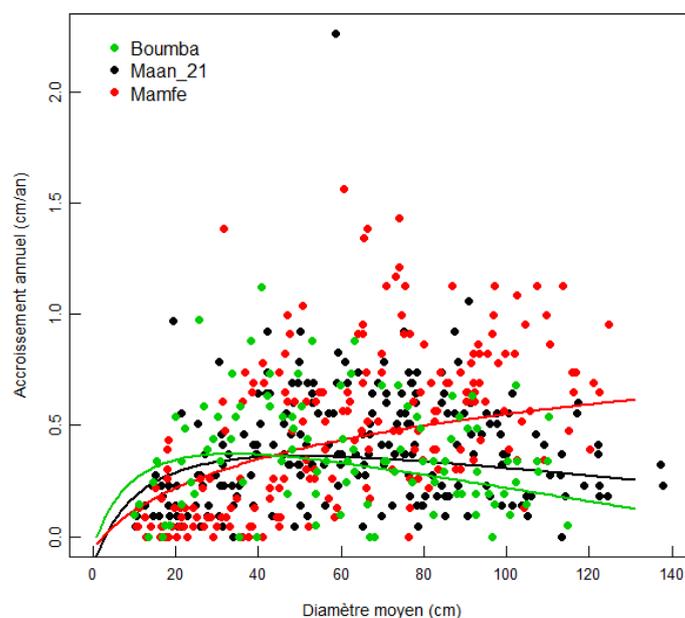
Les données collectées sur les sentiers en zone non exploitée ont permis de tester l'effet de l'environnement sur la croissance des arbres. L'impact de l'exploitation sur le taux de reconstitution du stock a été étudié à partir des données collectées à Ma'an UFA 09.021 et 09.024, en raison des similitudes dans leurs conditions environnementales et de leur historique de perturbation.

*ii. Synthèse des résultats*

Croissance diamétrique. Une analyse des données obtenues après 3 ans en zone non exploitée montre que le taux de croissance moyen des arbres diffère significativement entre les sites, le site Mamfé dominé par une forêt humide sempervirente se distingue avec la valeur la plus élevée, soit 0,49 cm par an (Figure 12). De plus, la croissance dépend du diamètre initial des arbres, mais cette relation est aussi affectée par les conditions environnementales des sites. En forêt sempervirente, le taux de croissance des arbres augmente de façon continue avec l'augmentation du diamètre. Par contre, dans les forêts mixtes et semi-caducifoliées, les arbres montrent un taux de croissance qui atteint un maximum (environ 0,4 cm par an) pour des diamètres compris entre 30 et 40 cm (Figure 13).

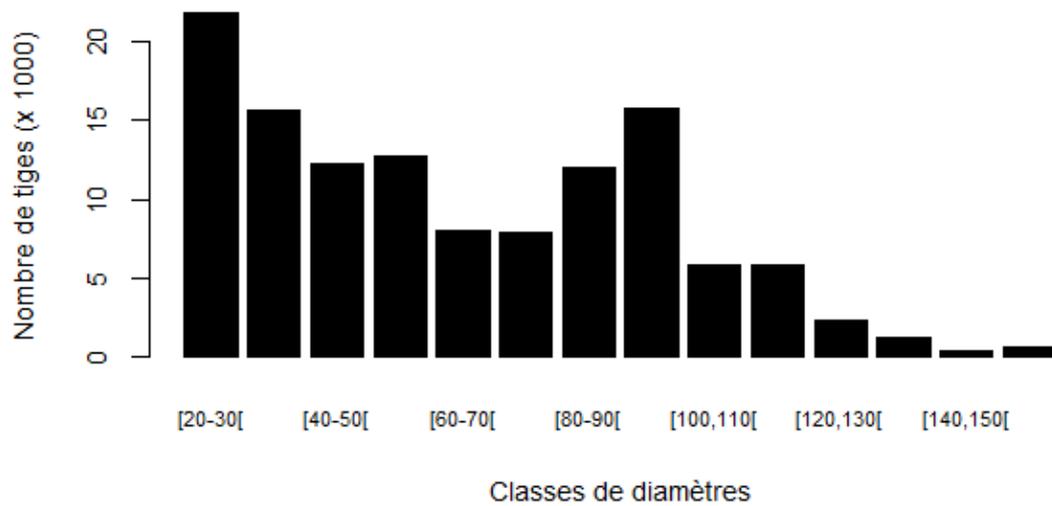


**Figure 12 :** Accroissement annuel moyen de l'azobé dans les deux types de forêts naturelles non exploitées : forêt sempervirente à Mamfé et forêt mixte (entre sempervirente et semi-décidue) à Ma'an UFA 09.021 et Boumba.



**Figure 13 :** Variation des accroissements observés (points) et prédits (lignes) de l'azobé en fonction du diamètre moyen des arbres dans les trois sites situés en forêts non exploitées.

Modélisation du taux de reconstitution pour divers scénarios. Un total de 315 arbres de diamètre à hauteur de poitrine,  $DHP \geq 20$  cm, a été utilisé pour prédire l'évolution de l'accroissement individuel des arbres en fonction du diamètre moyen tout en considérant l'impact de l'exploitation forestière. Ces arbres proviennent des deux forêts mixtes de Ma'an UFA 09.021 et 09.024 au sud du Cameroun. L'accroissement individuel prédit pour chaque arbre a permis de construire un modèle matriciel de Usher. Les données du recrutement et de la mortalité obtenues dans ces forêts ont été intégrées dans ce modèle matriciel sous la forme d'un indice ( $turnover = 0,016$ ) traduisant le taux de renouvellement du peuplement. La structure diamétrique des arbres avant exploitation dans les forêts sélectionnées est donnée par la Figure 14. Le stock exploitable initial (nombre d'arbres de  $DHP \geq DME$ ) varie entre 45,7% et 21,3% de l'effectif total, respectivement pour les DME de 60 cm et 80 cm. En retenant six scénarii d'exploitation (DME = 60 ou 80 cm; taux de prélèvement = 40 %, 60% ou 80%), le modèle matriciel de Usher a permis de simuler l'impact de l'exploitation sur la reconstitution du stock d'azobé sur trois rotations de 30 ans (30, 60 et 90 ans).



**Figure 14 :** Distribution diamétrique de l'azobé à Ma'an UFA 09.021 et UFA 09.024 au sud du Cameroun avant exploitation.

Les enseignements majeurs à tirer de ces résultats sont (

Tableau 4) :

- par rapport au stock initialement disponible (N0), le stock exploitable diminue dramatiquement au terme de la troisième rotation, où on ne retrouve plus que 6,5 à 11,5% du stock ;
- sur la première rotation, en considérant un DME de 60 cm, seule l'intensité de coupe de 40% fournit un taux de reconstitution qui satisfait les exigences légales au Cameroun, soit 56,9%. Par contre, un DME de 80 cm ne pose aucun souci de légalité jusqu'à 80% de taux de prélèvement ;
- en seconde rotation, les taux de reconstitution demeurent meilleurs avec un DME de 80 cm qu'avec 60 cm, mais les exigences légales d'au moins 50% du taux de reconstitution ne sont plus respectées quel que soit le scénario considéré. Il est alors probable qu'une légère réduction du taux de prélèvement en dessous de 40% pour un DME = 80 cm arrange la situation.

En somme, même si les taux de reconstitution sont respectés dans certains cas, la réduction rapide du stock exploitable au fil des rotations démontre que ni la durabilité des populations d'azobé, ni la rentabilité de l'activité économique autour de cette exploitation ne sont garanties sur le long terme. L'effet positif de l'exploitation forestière, favorisant la régénération naturelle, reste insuffisant (recrutement trop faible) pour assurer une exploitation soutenue de l'azobé. Seule une sylviculture intensive via la régénération assistée ou les éclaircies pourrait accroître la densité de populations d'arbres à venir.

**Tableau 4 :** Evolution du taux de reconstitution de l'azobé durant trois rotations (30, 60, 90 ans) pour les six scénarii d'exploitation considérés en termes de DME (60 et 80 cm) et d'intensité de coupe (40%, 60%, 80%). N0 est le nombre de tiges disponibles au début de la première rotation.

DME - Intensité de coupe	N0	% N0			Taux de reconstitution (%)		
		30 ans	60 ans	90 ans	30 ans	60 ans	90 ans
60 - 40%	144	56,9	17,8	11,5	56,9	32,1	63,0
60 - 60%	144	44,8	11,5	8,3	44,8	26,0	69,7
60 - 80%	144	33,2	7,8	6,2	33,2	24,7%	75,6
80 - 40%	67	78,5	34,9	10,9	78,5	46,4	32,1
80 - 60%	67	66,2	25,3	8,0	66,2	39,8	32,7
80 - 80%	67	54,2	19,2	6,3	54,2	37,2	34,4

#### 4.4 Vers une meilleure prise en compte de la banque de graines du sol dans la gestion forestière

Chauvelin Douh a entamé une thèse de doctorat sur la banque de graines du sol à Gembloux Agro-Bio Tech sous la co-promotion de JL. Doucet (GxABT) et de J. Loumeto (Université Marien Ngouabi).

La banque de graines du sol désigne l'ensemble des graines viables présentes dans le sol. Il s'agit de graines non germées mais capables de remplacer des plantes adultes qui ont éventuellement disparu, pour différentes raisons. La banque de graines du sol comprend également les graines viables présentes dans la litière et dans l'humus. L'intérêt d'étudier la banque de graines du sol en vue d'appréhender la dynamique forestière a été expliqué dans une publication (Annexe 1).

C. Douh a réalisé en 2014 une première mission de terrain dans les concessions de CIB-Olam et Mokabi SA. L'objectif était de collecter des échantillons de sols dans deux blocs de 400 ha (un à Loundoungou, un à Mokabi) afin de tester la variabilité spatiale de la banque de graines du sol des deux sites installés sur deux substrats géologiques différents : les grès de Carnot dans l'UFA Mokabi-Dzanga et les alluvions dans l'UFA Loundoungou-Toukoulaka. Une telle comparaison permettra d'évaluer la résilience des deux types de forêts aux perturbations. Concrètement, cela permettrait de vérifier si la vitesse de recolonisation des milieux perturbés par l'exploitation (trouées, bords de routes, débardage) est influencée par le type de forêt.

Lors de la mission, 240 échantillons de sols (120 à Loundoungou et 120 à Mokabi) ont été prélevés. Chaque échantillon de sol (litière ; 0-5 cm ; 5-10 cm et 10-20 cm) était composite

c'est-à-dire issu du mélange de trois prélèvements unitaires réalisés sur les sommets d'un triangle équilatéral de 1 m de côté.

Les échantillons ont été rapatriés à Brazzaville afin d'éviter la « contamination » par la végétation environnante. Les graines qu'ils contenaient ont été mises dans des conditions favorables à leur germination afin que les plantules puissent être identifiées et dénombrées (Figure 15). Les résultats sont en cours de traitement.



**Figure 15 :** Quelques plantules issues de la banque de graines du sol

## 5 Atelier de lancement

Organisé par l'ATIBT avec l'appui de la COMIFAC, l'atelier de lancement du projet s'est tenu à Brazzaville les 20 et 21 octobre 2014. Il avait pour thème : « Comment intégrer des résultats scientifiques dans la prise de décision des Gouvernements des pays d'Afrique centrale pour améliorer la durabilité de la gestion forestière » ?

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 (CIB/OLAM, PALLISCO, ROUGIER MOKABI SA), 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.

Cet atelier a d'abord permis d'informer et d'impliquer dans le projet un nombre important d'acteurs d'origines géographiques et professionnelles très diversifiées, dont la COMIFAC. C'était son principal objectif et il a été pleinement atteint.

Ensuite, l'Etat d'avancement de chacune des actions du projet, lancées début 2013, a été présenté et discuté. Enfin, la gouvernance et l'organisation du projet ont été débattues et adoptées. On trouvera en annexe 3 la configuration des instances de gouvernance du projet définies lors de l'atelier.

Les documents relatifs à l'atelier sont téléchargeables sur le site de l'ATIBT :

<http://www.atibt.org/>

## 6 Actions futures

L'année 2015 verra la fin de l'installation du dispositif de CIB-Olam et sa première mesure prévue pendant la saison sèche en décembre 2015. Une mission d'appui sera organisée au moment du démarrage de l'installation des parcelles du bloc Est en mars 2015.

Les travaux d'installation se poursuivront sur le dispositif de Mokabi SA et l'ensemble des 4 parcelles devrait être équipé pendant l'année 2015. Débutera alors l'installation des sentiers qui se poursuivra jusqu'en 2016.

Une reprise du dispositif lourd de Yoko (dispositif situé au sud de Kisangani en RDC) est prévue : reprise des deux parcelles de 9 ha installées en 2008 et en 2011, et une mission d'appui doit avoir lieu en février 2015. Cette reprise devrait permettre de disposer d'informations sur la dynamique des forêts du site, à condition que les informations du premier inventaire soient exploitables.

Le chronogramme prévisionnel des activités à réaliser sur les dispositifs lourds est présenté dans le Tableau 5.

L'organisation du premier comité de pilotage du projet DynAfFor sera un des évènements importants de l'année 2015. Il est prévu qu'il se tienne à Yaoundé les 7 et 8 mai 2015 et sera l'occasion de réunir les instances de gouvernance du projet.

**Tableau 5** : Chronogramme prévisionnel de la suite de l'installation des dispositifs lourds jusqu'à la fin du projet. En rouge, campagne de mesure des dispositifs.

<b>CIB-Olam</b>	2013	2014	2015	2016	2017
Finalisation localisation					
Layonnage bloc 1					
Pré-inventaire bloc 1					
Installation Parcelles bloc 1					
Inventaire Sentier bloc 1					
Layonnage bloc 2					
Pré-inventaire bloc 2					
Installation Parcelles bloc 2					
Inventaire Sentier bloc 2					
<b>Mokabi S.A.</b>	2013	2014	2015	2016	2017
Finalisation localisation					
Layonnage bloc 1					
Pré-inventaire bloc 1					
Inventaire Parcelles bloc 1					
Installation Sentier bloc 1					
Layonnage bloc 2					
Pré-inventaire bloc 2					
Inventaire Parcelles bloc 2					
Installation Sentier bloc 2					
<b>RDC -Yoko</b>	2013	2014	2015	2016	2017
Reprise Parcelle Sud					
Reprise Parcelle Nord					

## Références bibliographiques

Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., et al., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20: 3177–3190

Douh C. 2014. Rapport de mission n°1. Projet DynAfFor, août 2014. Nature+, 17p.

Douh C., Daïnou K., Loumeto J.J., Fayolle A. et Doucet J.L. 2014. Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnol.Agron.Soc.Environ.* 18(4) 1-8

Freycon V., 2014. Caractérisation des sols de Loundoungou et de Mokabi (Congo). Rapport de mission DynAfFor, 2 au 24 avril 2014, CIRAD, 64 p.

Gibbs H.K., Brown S., Niles J.O., & Foley J.A., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2

Gillet J.F., Gourlet-Fleury S., Gorel A., Forni E., Rossi V., Bauwens S., Dainou K., Federspiel M., et Doucet J.L. 2014. Rapport annuel 2013. Projet DynAfFor. Nature+, CIRAD et Gx-ABT-ULg, 82 p.

Gourlet-Fleury S. et Forni E. 2014a. DynAfFor - Accompagnement à la mise en place des dispositifs de suivi de la dynamique forestière. Rapport de mission au Congo chez CIB-Olam. 10/04/2014 au 19/04/2014. CIRAD, 13 p.

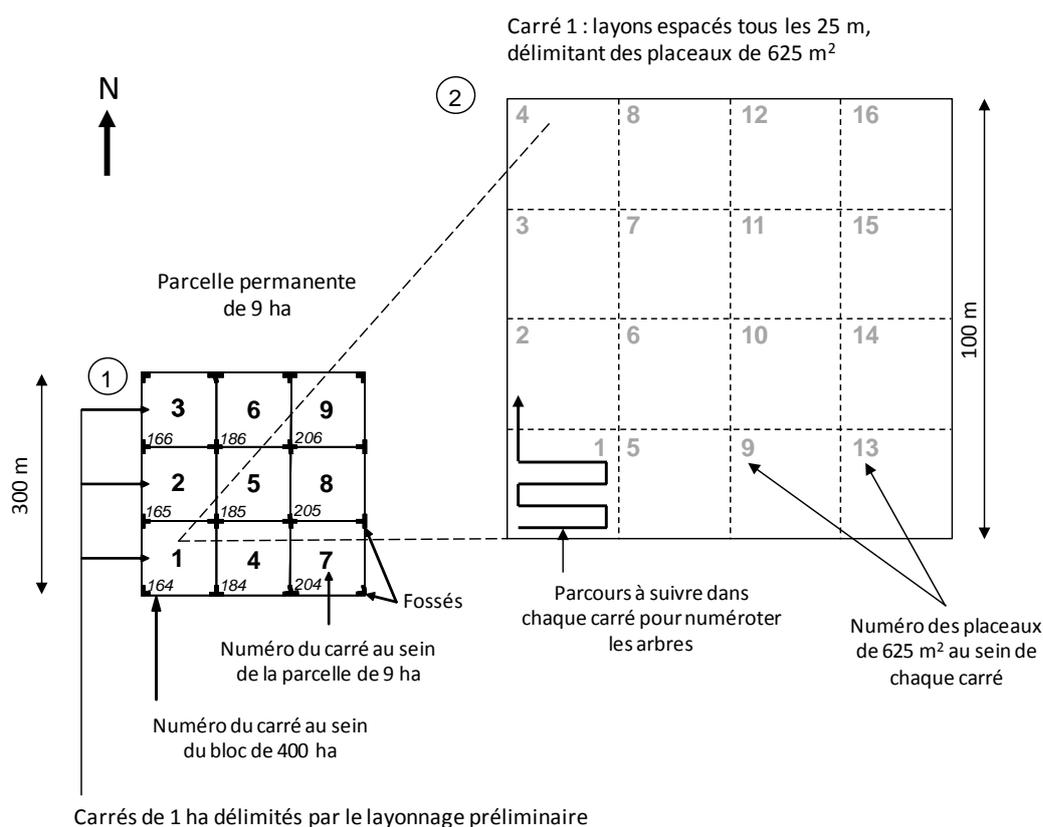
Gourlet-Fleury S. et Forni E. 2014b. DynAfFor - Accompagnement à la mise en place des dispositifs de suivi de la dynamique forestière. Rapport de mission au Congo chez Mokabi SA (Groupe Rougier). 11/07/2014 au 26/07/2014. CIRAD, 18 p.

Picard N. et Gourlet-Fleury S. 2008. Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le bassin du Congo. Commission des Forêts d'Afrique Centrale.

## Annexe 1 : Protocole d'installation des parcelles de 9 ha

1) reprise de la-délimitation de l'ensemble des 9 ha, avec re-positionnement rigoureux, à la boussole et au décamètre, des layons sud-nord et ouest-est délimitant les carrés de 1 ha. (Fig.1)

2) positionnement, à la boussole et au décamètre, de layons sud-nord et ouest-est tous les 25 m au sein du carré, délimitant ainsi 16 placeaux de 625 m<sup>2</sup> (Fig.1). Le tracé de ces layons doit être fait en limitant au maximum les dégâts à la végétation ligneuse ; l'usage des machettes doit ensuite être proscrit dans le carré (Fig.3) ;

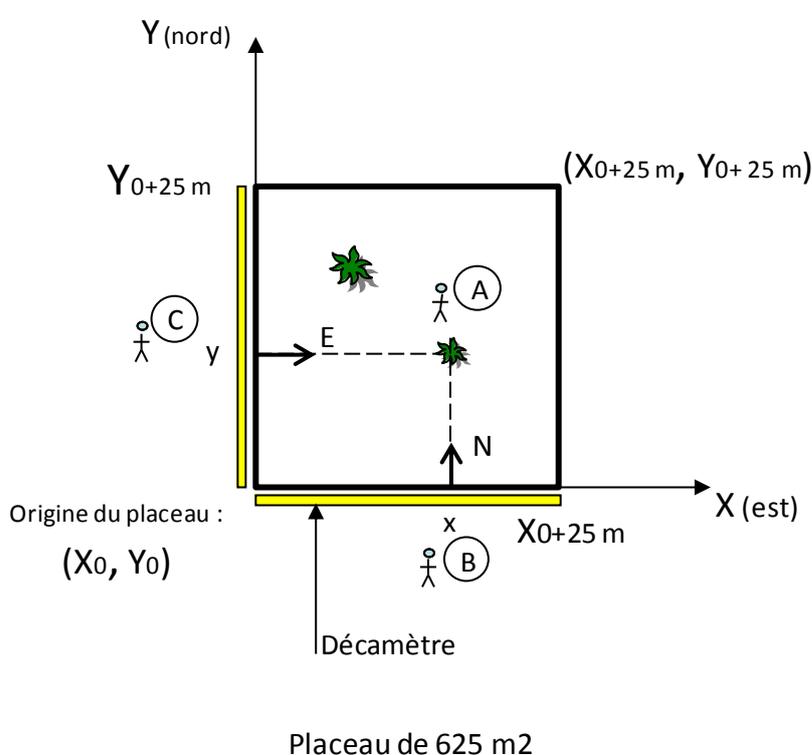


**Fig.1.** Schéma d'installation d'une parcelle permanente. Etape 1 : repositionnement rigoureux de la parcelle et des layons séparant les 9 carrés de 1 ha. Etape 2 : ouverture de légers layons intermédiaires tous les 25 m, séparant 16 placeaux de 625 m<sup>2</sup>. Le positionnement, la numérotation et la mesure des arbres se font placeau par placeau. La numérotation des arbres est continue au sein de chaque carré (on repart à 0 en changeant de carré).

3) pour chaque placeau de 625 m<sup>2</sup> (Fig.2) il faut :

- Positionner deux triples décamètres au sol le long des layons sud et ouest qui représentent respectivement l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées ;
- Se déplacer d'arbre en arbre suivant le cheminement indiqué Fig.3. Pour chaque arbre :
  - attribuer un numéro. La numérotation va de 1 au nombre d'arbres présents sur l'ensemble du placeau ;

- L'identifier botaniquement si possible. Une vérification sera faite ultérieurement par un botaniste ;
- Lui attribuer des coordonnées en utilisant les triples décimètres. Afin d'éviter les erreurs de positionnement, les coordonnées sont attribuées en considérant que l'origine de chaque plateau a pour coordonnées (0,0). Ainsi, sur les fiches de terrain, les arbres auront toujours des coordonnées comprises entre 0 et 25 m. Au bureau, il faudra ensuite affecter aux arbres leurs coordonnées définitives, c'est-à-dire dans un repère dont l'origine est située au coin sud-ouest de la parcelle permanente de 9 ha. Il faut pour cela soigneusement noter le numéro du carré et du plateau sur la fiche d'inventaire (voir annexe 3) ;
- Poser un anneau de peinture à l'endroit où seront faites les mesures de circonférence (voir ci-dessous et Fig.6).



**Fig.2.** Schéma de numérotation des arbres au sein de chaque plateau. Les deux triples décimètres, posés au sol, permettent de se repérer dans l'espace. L'observateur A se positionne près de l'arbre. L'observateur B se déplace le long de l'axe des abscisses (axe des X, direction ouest-est), vers l'est, jusqu'à pouvoir viser plein nord l'arbre près duquel se tient A. Il peut alors lire directement l'abscisse X sur le décimètre. Pour obtenir Y, l'observateur C, se déplace le long de l'axe des ordonnées (direction sud-nord) vers le nord, jusqu'à pouvoir viser plein est l'arbre près duquel se tient A. Il peut alors lire directement l'abscisse Y sur le décimètre. Une autre solution consiste à tirer un décimètre entre A et C (direction ouest-est) pour obtenir directement X, et entre A et B (direction sud-nord) pour obtenir directement Y. Lorsque l'arbre est trop éloigné des axes, il faut le positionner relativement à un autre arbre déjà positionné (dont les coordonnées servent d'origine temporaire).



**Fig.3.** Machettes déposées avant le travail sur les placeaux. Il faut éviter au maximum les dégâts à la végétation, en particulier ligneuse, au sein des parcelles permanentes.

### Rappel des consignes concernant la pose des anneaux de peinture

Lors de la pose des anneaux de peinture, il est impératif de respecter les consignes suivantes.

- 1) Chercher au maximum à conserver la hauteur de référence : 1m30. Il est en effet important de limiter les rehausses de peinture : ces rehausses rendent nécessaires une correction ultérieure de la circonférence pour la ramener à 1m30, et entraînent donc une diminution de la précision de la mesure. La position peut être déplacée sans problème de  $\pm 5$  cm pour éviter un petit défaut localisé. **Les méplats du tronc ne doivent pas être considérés comme des défauts entraînant une rehausse : tant que la courbure reste à peu près concave, on peut poser l'anneau.**
- 2) Ne pas oublier que la mesure peut être remontée **mais aussi descendue** par rapport à 1,30 m. Il vaut cependant mieux limiter cette descente dans la mesure où elle conduira à une surestimation du diamètre réel (par principe de précaution, il est préférable de sous-estimer les diamètres réels que de les surestimer).
- 3) Comme spécifié dans le protocole COMIFAC, lorsqu'il faut rehausser l'anneau pour faire face à des défauts importants ou au développement rapide de contreforts, la hauteur visée doit être 4,50 m. Il ne faut s'écarter de cette nouvelle référence qu'en cas de défaut important constaté à 4,50 m. Il est par ailleurs possible, **lorsqu'il n'y a pas d'autre solution**, de viser d'autres hauteurs de mesure entre 1,80 m et 4,50 m, les circonférences seront ensuite corrigées grâce aux équations de défilement.
- 4) Poser le jalon servant à déterminer la hauteur de mesure comme indiqué dans le protocole COMIFAC, **en gardant toujours le jalon parallèle au tronc.**
- 5) Bien respecter la pose d'un **anneau rectiligne et perpendiculaire au tronc**. Deux solutions possibles : (i) poser le ruban, faire vérifier par d'autres co-équipiers la bonne position et rectitude du ruban (en prenant du recul par rapport au tronc, dans toutes les directions), tracer un trait à la craie forestière de part et d'autre du ruban, puis peindre l'anneau entre les deux traits de craie ; (ii) utiliser un ruban adhésif, procéder aux mêmes vérifications que ci-dessus, puis peindre le tronc sur le ruban (ce qui laissera un espace non peint sur lequel il faudra positionner ultérieurement le ruban de mesure).

Pour estimer le diamètre à 1m30 des arbres sur lesquels un anneau a été posé à 4m50, il sera possible de faire appel à des équations de défilement. Cependant, on gagnera en précision si le défilement est calculé sur l'arbre lui-même. Si la configuration du tronc le permet (= tronc à peu près circulaire), il faut poser un deuxième anneau vers 2m50 (hauteur à adapter) et récupérer les mesures de circonférence aux deux hauteurs.

**NB.** Il est très important de vérifier régulièrement que les rubans mesureurs utilisés ne se déforment pas, en les comparant les uns aux autres.



## Annexe 3 : Instances de gouvernance du projet DynAfFor

