

# Phénologie et diamètre de fructification du wengé, *Millettia laurentii* De Wild. : implications pour la gestion

Pisco MENG<sup>1</sup>  
Nicolas BAYOL<sup>2</sup>  
Robert NASI<sup>3</sup>  
Adeline FAYOLLE<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> Université de Kinshasa  
Faculté des sciences  
Département de biologie  
BP 190, Kinshasa XI  
République démocratique du Congo

<sup>2</sup> Forêt Ressources Management  
Espace Fréjorgues Ouest  
60, rue Henri Fabre  
34130 Mauguio-Grand Montpellier  
France

<sup>3</sup> Cifor  
PO Box 0113 BOCBD  
Bogor 16000  
Indonésie

<sup>4</sup> Cirad  
Upr Bsef  
Biens et services des écosystèmes  
forestiers tropicaux  
Campus international de Baillarguet  
34398 Montpellier Cedex 05  
France

<sup>5</sup> Université de Liège  
Laboratoire de foresterie des régions  
tropicales et subtropicales  
Unité de gestion des ressources  
forestières et des milieux naturels  
Gembloux Agro-Bio Tech  
Passage des Déportés, 2  
5030 Gembloux  
Belgique



**Photo 1.**  
*Millettia laurentii* De Wild. dans la région du lac Mai-Ndombe.  
Photo P. Menga.

## RÉSUMÉ

### PHÉNOLOGIE ET DIAMÈTRE DE FRUCTIFICATION DU WENGÉ, *MILLETIA LAURENTII* DE WILD. : IMPLICATIONS POUR LA GESTION

L'étude fait partie d'un effort de caractérisation de l'autoécologie du wengé, *Millettia laurentii* De Wild., une essence majeure de la filière bois en République démocratique du Congo (Rdc). Dans cet article sont présentés les éléments relatifs à la phénologie foliaire et reproductrice de l'espèce et les implications de ces résultats pour la gestion. La phénologie de 774 arbres, répartis dans trois concessions d'exploitation forestière de la Société de développement forestier (SODEFOR) dans la région de Mai-Ndombe (258 arbres par site) a été suivie mensuellement pendant 15 mois. *Millettia laurentii* présente une phénologie foliaire et reproductrice fortement saisonnière. La chute des feuilles et l'apparition des nouvelles feuilles se produisent deux fois par an, respectivement pendant les saisons sèches et au début des saisons pluvieuses. La phénologie reproductrice (floraison et fructification) présente également une forte saisonnalité, avec cependant des différences entre sites. La floraison se produit au début des saisons pluvieuses en même temps que l'apparition des feuilles. La maturité complète avec possibilité de récolte des semences (éclatement de gousses) a lieu durant l'intersaison (fin de la saison sèche et début de la saison pluvieuse). Le type de floraison est majoritairement annuel. Les individus fleurissent par groupe, mais chaque groupe ne fleurit qu'une fois par an. Toutefois, en dehors des pics s'observent des événements de floraison et de fructification occasionnels, en particulier dans le site le plus arrosé et le moins saisonnier. *Millettia laurentii* est une espèce à fructification précoce. Le diamètre minimal de fertilité est inférieur ou égal à 10 cm mais l'efficacité de la fructification dépend néanmoins du diamètre et du statut social des arbres. Le diamètre minimum d'exploitation (Dme) en vigueur en Rdc (60 cm) est supérieur au diamètre de fructification régulière (Dfr) qui se situe entre 40-50 cm, ce qui est nécessaire pour le maintien de semenciers dans les peuplements après le passage en exploitation.

**Mots-clés :** débourrement, défeuillaison, floraison, fructification, diamètre minimum d'exploitation, diamètre minimal de fructification, diamètre de fructification régulière, saisonnalité, statut social, République démocratique du Congo.

## ABSTRACT

### PHENOLOGY AND FRUCTIFICATION DIAMETER IN WENGE, *MILLETIA LAURENTII* DE WILD.: MANAGEMENT IMPLICATIONS

This study is part of a broader effort to characterise the autecology of the Wenge, *Millettia laurentii* de Wild., a tree species of major importance for the timber sector in the Democratic Republic of Congo (DRC). This article describes the relevant aspects of the foliar and reproductive phenology of the species and their management implications. The phenology of 774 trees distributed across three timber concessions licensed to the SODEFOR (*Société de Développement Forestier*) in the Mai-Ndombe region (258 trees in each site) was monitored on a monthly basis for 15 months. The foliar phenology of *Millettia laurentii* is highly seasonal. Leaf fall and the appearance of new leaves occur twice a year, during the dry season and at the start of the rainy season. Reproductive phenology (blossoming and fruiting) is also highly seasonal, although differences emerge between sites. The trees blossom at the start of the rainy season, at the same time as new leaves appear. Full maturity, when seed pods burst open and the seeds can be harvested, occurs between the end of the dry season and the start of the rainy season. Blossoming is typically annual. Individuals blossom in groups, but each group only blossoms once a year. However, blossoming and fruiting events are occasionally observed outside peak periods, especially in the wettest and least seasonal site. *Millettia laurentii* is an early fruiting species, at a minimum diameter of 10 cm or less, but effective fruiting nevertheless depends on the diameter and social status of each tree. The minimum legal felling diameter in the DRC (60 cm) is higher than the regular fruiting diameter of 40-50 cm, which is necessary to maintain seed trees in stands after felling.

**Keywords:** bud-break, leaf fall, blossoming, fruiting, minimum felling diameter, minimum fruiting diameter, regular fruiting diameter, seasonality, social status, Democratic Republic of Congo.

## RESUMEN

### FENOLOGÍA Y DIÁMETRO DE FRUCTIFICACIÓN DEL WENGUÉ, *MILLETIA LAURENTII* DE WILD.: REPERCUSIONES PARA EL MANEJO

El estudio forma parte de un esfuerzo de caracterización de la autoecología del wengué, *Millettia laurentii* de Wild., una importante especie del sector maderero en la República Democrática del Congo (RDC). En este artículo se presentan los elementos relativos a la fenología foliar y reproductiva de la especie y las repercusiones de estos resultados en su manejo. Durante 15 meses, se realizó un seguimiento mensual de la fenología de 774 árboles, distribuidos en tres concesiones de explotación forestal (258 árboles por sitio) de la Société de Développement Forestier (SODEFOR), en la región de Mai-Ndombe. *Millettia laurentii* presenta una fenología foliar y reproductiva altamente estacional. La caída de hojas y la aparición de hojas nuevas se producen dos veces al año, respectivamente, durante la temporada seca y al inicio de la temporada de lluvias. La fenología reproductiva (floración y fructificación) muestra también una fuerte estacionalidad, aunque existan diferencias entre los sitios. La floración sólo se produce al principio de la temporada de lluvias, al mismo tiempo que la aparición de las hojas. La madurez completa, con la posibilidad de cosechar las semillas (dehiscencia de las vainas), se produce en la temporada intermedia (final de la temporada seca e inicio de la húmeda). El tipo de floración es principalmente rítmica anual. Los individuos florecen por grupo, pero cada grupo sólo florece una vez al año. Sin embargo, fuera de los picos descritos, se observan episodios de floración y fructificación ocasionales, especialmente en el sitio con mayores precipitaciones y menor estacionalidad. *Millettia laurentii* es una especie de fructificación temprana. El diámetro mínimo de fertilidad es inferior o igual a 10 cm, pero la eficiencia de fructificación no sólo depende del diámetro sino también de la posición social de los árboles. El diámetro mínimo de aprovechamiento (DMA) vigente en la RDC (60 cm) es superior al diámetro de fructificación regular (DFR), que se sitúa entre 40 y 50 cm, esto es necesario para el mantenimiento de árboles semilleros en los rodales una vez que se comience el aprovechamiento.

**Palabras clave:** desborre, caída de las hojas, floración, fructificación, diámetro mínimo de aprovechamiento, diámetro mínimo de fructificación, diámetro de fructificación regular, estacionalidad, posición social, República Democrática del Congo.

## Introduction

La diversité, la structure et le fonctionnement des forêts tropicales humides sont particulièrement complexes et insuffisamment connus. Cette méconnaissance est un obstacle à la définition de règles de gestion durable (BLANC, 2002). La connaissance de l'autoécologie des espèces est une étape essentielle à la gestion durable de ces écosystèmes, et plus particulièrement à la gestion des populations d'espèces exploitées.

La plupart des essences africaines exploitées pour le bois d'œuvre produisent de nouvelles feuilles et fleurs par pics plutôt que de manière continue au cours de l'année (DOUCET, 2003 ; YALIBANDA, 1999). Pour les feuilles, il a été montré que la phénologie des arbres tropicaux varie avec la saisonnalité des conditions environnementales, essentiellement les précipitations (REICH, BORCHERT, 1984 ; NEWBERRY *et al.*, 2006) et les radiations solaires dans les forêts très arrosées (WRIGHT, VAN SCHAİK, 1994). Pour les fleurs et les fruits, les comportements phénologiques diffèrent largement entre espèces. Plusieurs auteurs ont proposé des classifications de phénologie reproductrice des espèces d'arbres tropicaux. HECKETSWEILER (1992) distingue neuf types de floraison, selon la rythmicité (épisodique ou continue, rythmique, apériodique), et selon le synchronisme entre individus. La classification de NEWSTROM *et al.* (1994), plus simple et plus synthétique, comprend quatre types de floraison seulement : continue (floraison permanente ponctuée de brefs arrêts), subannuelle (plusieurs cycles par an), annuelle (un cycle unique par an) et supra-annuelle (les cycles s'étalent au-delà d'une année).

Si les caractéristiques phénologiques des arbres ont été largement étudiées dans la zone tempérée, elles sont encore méconnues pour un grand nombre d'espèces tropicales. Leur connaissance est pourtant essentielle à la compréhension de l'écologie et de la dynamique des espèces et des communautés (NEWSTROM *et al.*, 1994).

Par ailleurs, la connaissance de la capacité de fructification d'une essence en fonction de l'âge et du diamètre des individus est capitale pour définir les modalités de gestion des populations exploitées. À cet effet, la notion de diamètre de fructification régulière (Dfr) a été définie comme outil d'aide à la détermination du diamètre minimal d'exploitabilité d'une essence (Dme). Pour garantir le maintien de semenciers potentiels après le passage de l'exploitation et ainsi assurer la régénération de l'essence exploitée, le Dme doit être supérieur au Dfr. Il a été proposé de fixer la valeur du Dme d'au moins 10 cm supérieure à celle du Dfr (KOUADIO, 2008).

Les données quantitatives concernant la phénologie des essences commerciales africaines sont encore fragmentaires (tableau I). Si le diamètre minimal de fructification (Dmf) est connu pour un certain nombre d'essences, le Dfr est encore globalement méconnu (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 2003). Les Dme en vigueur sont donc établis sur des bases empiriques par les administrations nationales. Par ailleurs, les

valeurs de Dfr peuvent varier entre pays pour une même espèce (tableau I). C'est notamment le cas du sapelli, *Entandrophragma cylindricum*, entre les études menées en République centrafricaine (Rca) et en Ouganda, du tali, *Erythrophloeum Ivorense*, entre le Cameroun et la Rca, et du wengé, *Millettia laurentii* De Wild. (photo 1), entre le Gabon et la République du Congo. Il apparaît donc nécessaire d'approfondir les connaissances sur la phénologie des essences commerciales africaines afin d'améliorer la gestion de ces populations exploitées. Dans cette étude, les caractéristiques phénologiques de *M. laurentii* De Wild. sont présentées pour la République démocratique du Congo (Rdc). *Millettia laurentii* De Wild. est une des principales essences de la filière bois en Rdc du fait des propriétés technologiques et esthétiques de son bois. Elle est actuellement la seconde essence la plus exploitée dans le pays, après le sapelli, avec un volume total exploité de 73 800 m<sup>3</sup> en 2008 (DGF, 2009).

## Matériel et méthodes

### Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans trois concessions de la Société de développement forestier (Sodefor), située dans le district du Mai-Ndombe, à l'Ouest de la République démocratique du Congo. La zone d'étude est comprise entre 16° et 20°30' de longitude Est, et entre 1° et 4° de latitude Sud (figure 1).

D'après les données de la station météorologique de Kinshasa, sur la période 2005-2010, les précipitations moyennes annuelles sont de 1 800, 1 600 et 1 900 mm, respectivement pour les sites 1, 2 et 3. La température moyenne annuelle varie peu entre les sites, avec des valeurs de 25,6, 25,4, et 25,1 °C respectivement pour les sites 1, 2 et 3. La région connaît un climat de transition entre le type équatorial et le type tropical :

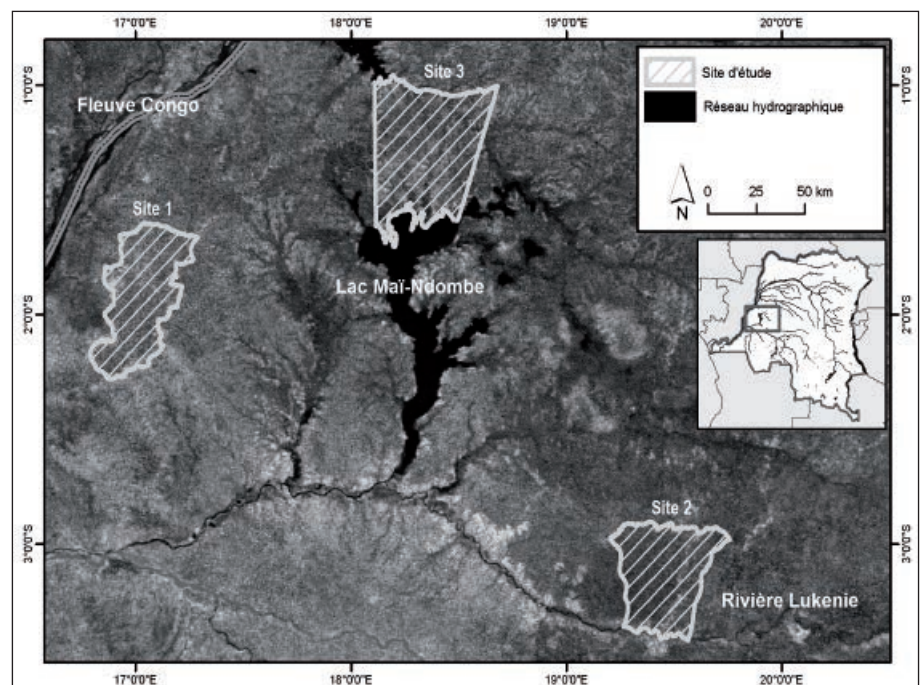


Figure 1. Localisation des sites d'étude.

- la petite saison sèche (janvier) est peu marquée (pluviosité < 130 mm) ;
- la petite saison des pluies, de février à mai, est marquée par une pluviosité importante (autour de 150 mm/mois) ;
- la grande saison sèche, de juin à août, est marquée par une baisse importante de la pluviosité (inférieure à 50 mm/mois pendant 2 ou 3 mois) et des températures ;
- la grande saison des pluies, de septembre à décembre, est marquée par une pluviosité très importante (200-250 mm/mois).

Il existe un gradient climatique, sur la zone d'étude, marqué par une augmentation de la pluviosité et une réduction de l'ampleur des saisons sèches du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Le site 3 présente une saison sèche moins marquée (pas de mois à moins de 50 mm) et plus froide que les sites 1 et 2, ce qui implique un stress hydrique moins important. Le site 2 est celui qui présente la saison sèche la plus marquée (3 mois à moins de 50 mm). Le site 1 est intermédiaire (2 mois à moins de 50 mm).

**Tableau I.**  
**Dmf, Dfr et Dme de quelques essences commerciales d'Afrique centrale.**

Essence	Nom scientifique	Dmf (cm)	Dfr (cm)	Dme (cm)	Pays	Référence
Agba /Tola	<i>Prioria balsamifera</i>	34 (N = 92)	75	80	Gabon	2
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	41	-	80	Gabon	2
Aniégré	<i>Aningeria altissima</i>	-	50 (N = 203)	70	Rca	3
		-	50	60	Ouganda	7
Ayous	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	-	90 (N = 234)	50	Rca	3
		38 (N = 80)	-	-	Cameroun	5
Azobé	<i>Lophira alata</i>	34 (N = 43)	45	80	Gabon	2
		-	35	80	Gabon	9
		15	-	70	Rca	9
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	19 (N = 55)	40	-	Cameroun	5
		-	40 (N = 122)	40	Rca	3
Ekouné	<i>Coelocaryon preussi</i>	39 (N = 27)	55	60	Gabon	2
Iroko	<i>Milicia excelsia</i>	25	-	70	Rca	6
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	40	-	80	Rca	9
		-	85	70	Ouganda	7
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>	49	70	70	Cameroun	1
		47 (N = 4)	-	90	Gabon	2
Mukulungu	<i>Autranelia congolensis</i>	25	-	80	Rca	6
Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i>	17 (N = 89)	35	60	Gabon	2
		25	-	-	Rca	6
		-	40 (N = 52)	-	Rca	3
Okoumé	<i>Aukoumea klaineana</i>	23 (N = 105)	55	70	Gabon	2
Ovengkol	<i>Guibourtia ehie</i>	11 (N = 36)	45	70	Gabon	2
Ozigo	<i>Dacryodes buettneri</i>	11 (N = 165)	35	70	Gabon	2
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	44 (N = 16)	-	80	Gabon	2
Pericopsis	<i>Pericopsis elata</i>	32 (N = 59)	35	60	Cameroun	5
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	-	75 (N = 101)	80	Rca	3
		-	85	-	Ouganda	7
		35	-	80	Rca	6
		55	-	80	Rca	9
Tali	<i>Erythrophleum suaveolens</i>	30 (N = 39)	40	60	Cameroun	5
		35	-	80	Rca	6
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	55	-	80	Rca	6
		50	-	80	Rca	9
		-	85	-	Ouganda	7
Wengé	<i>Millettia laurentii</i>	20	45	60	Gabon	8
		-	45	60	Congo	4

Pour le Dmf et le Dfr, l'effectif (N) est donné entre parenthèses. Les références correspondent à : <sup>1</sup> DEBROUX (1998), <sup>2</sup> DOUCET (2003), <sup>3</sup> DURRIEU DE MADRON et DAUMERIE (2004), <sup>4</sup> GILLET *et al.* (2008), <sup>5</sup> KOUADIO (2009), <sup>6</sup> PETRUCCI *et al.* (1995), <sup>7</sup> PLUMPTRE (1995), <sup>8</sup> SEPULCHRE *et al.* (2008) et <sup>9</sup> YALIBANDA (1999).

### Description de *Millettia laurentii* De Wild.

*Millettia laurentii* De Wild. (Fabaceae) est une espèce caractéristique des forêts denses semi-décidues de la partie Sud du Bassin du Congo. Elle est tolérante à l'ombre dans les jeunes stades mais sa croissance requiert néanmoins de la lumière dans les stades plus avancés. Les feuilles sont composées, imparipennées, alternes, avec 6 à 9 paires de folioles opposées plus une foliole terminale (photo 1). Les fleurs sont de couleur violet pâle à bleu violacé et s'épanouissent en grandes grappes (photo 2). Le fruit est une gousse déhiscente ligneuse brun clair, de 15-28 x 3-5 cm (photos 3 et 4) (WILKS, ISSEMBÉ, 2000 ; TAILFER, 1989 ; CTFT, 1952). La croissance diamétrique moyenne est de 0,44 cm par an (BOYEMBA *et al.*, 2010).

### Protocole expérimental

Les observations phénologiques ont été effectuées sur 258 individus par site, soit un total de 774 individus, le long d'un circuit phénologique parcourant des placettes permanentes de 9 ha et le long de transects de 6 à 7 km de longueur.

Dans chaque site, les arbres de plus de 10 cm de diamètre dont le houppier était clairement visible d'au moins un endroit ont été sélectionnés, numérotés et groupés en 8 classes de diamètre d'une amplitude de 10 cm, à raison d'un minimum de 30 arbres par classe de diamètre.

Le statut social de chaque arbre a été estimé selon le protocole proposé par DOUCET (2003) :

- un arbre dominant est un arbre dont la cime est en pleine lumière au-dessus des cimes voisines ;
- un arbre co-dominant est un arbre dont la cime est voisine d'une ou plusieurs autres cimes sans pour autant être dominée par celle(s)-ci ;
- un arbre est dominé si sa cime est dépassée par celle d'un ou plusieurs autres arbres.

La phénologie végétative et reproductrice (photos 5 et 6) des 774 arbres a été suivie mensuellement pendant 20 mois sur le site 2 (de septembre 2008 à mars 2010), et 15 mois sur les sites 1 et 3 (de janvier 2009 à mars 2010). Les résultats présentés correspondent aux 15 derniers mois d'observations faites sur l'ensemble des trois sites. Les observations ont porté sur le feuillage (débourement, sénescence et défeuillaison), la présence de fleurs et de fruits (immatures et mûrs).

La fructification est notée « nulle » si l'arbre ne porte pas de fruits, « médiocre » si les fruits sont présents sur moins de la moitié du houppier, « bonne » si les fruits sont observables sur plus de la moitié et moins des trois quarts du houppier, et « excellente » si les fruits sont observables sur l'ensemble du houppier.



**Photo 2.**  
Inflorescence de *Millettia laurentii* De Wild.  
Photo P. Menga.



**Photo 3.**  
Gousse mature de *Millettia laurentii* De Wild.  
Photo P. Menga.



**Photo 4.**  
Gousse avec graines matures de *Millettia laurentii* De Wild.  
Photo P. Menga.



**Photo 5.**  
Floraison de *Millettia laurentii* De Wild.  
Photo P. Menga.



**Photo 6.**  
Fructification de *Millettia laurentii* De Wild.  
Photo P. Menga.

### Analyse des données

Les différences de comportement phénologique entre sites ont été testées par des analyses de variance (Anova) sur mesures répétées à l'aide du logiciel Xlstat 2011. Cette étude correspond au cas classique d'une étude longitudinale avec un facteur fixe (site) à trois modalités et un facteur répété (observation mensuelle) avec 15 répétitions. À la suite de l'Anova, un test non paramétrique de Wilcoxon a été appliqué pour comparer les sites deux à deux.

Les variations de l'intensité de la floraison et de la fructification ont été également étudiées selon le diamètre et le statut social (dominant, co-dominant ou dominé). Pour cela, la proportion d'arbres ayant fleuri et fructifié a été calculée par classe de diamètre et en fonction du statut social. Ensuite a été calculé le diamètre de fructification régulière (Dfr), diamètre à partir duquel une fructification massive et régulière est constatée dans une population. La fixation du Dfr est basée sur la proportion de tiges ayant fructifié dans chaque classe de diamètre (KOUADIO, 2008). Cette proportion est variable selon les auteurs. Ainsi, DEBROUX (1998) et DOUCET (2003) la fixent à 70 % des tiges de la classe de diamètre considérée alors que DURRIEU DE MADRON et DAUMERIE (2004) se basent sur 80 % des tiges. Dans cette étude, la valeur de 80 % a été retenue.

Enfin, une analyse des correspondances multiples (Acm) a été réalisée à l'aide du logiciel Xlstat 2011 en vue de déceler les corrélations entre les variables suivantes : la floraison, la fructification, le diamètre et le statut social des arbres.

## Résultats

### Phénologie foliaire

La phénologie foliaire de *M. laurentii* en Rdc présente une forte saisonnalité calquée sur les précipitations. La chute des feuilles et l'apparition des nouvelles feuilles (débourrement) se produisent deux fois par an, respectivement pendant les saisons sèches et au début des saisons pluvieuses (figure 2).

La majorité des arbres a été observée défeuillée au moins une fois pendant la période d'observation. Le pourcentage d'arbres défeuillés varie entre les sites, de 92 % sur le site 2 le plus saisonnier à 80 % sur le site 1 intermédiaire, et à 75 % sur le site 3 le plus arrosé.

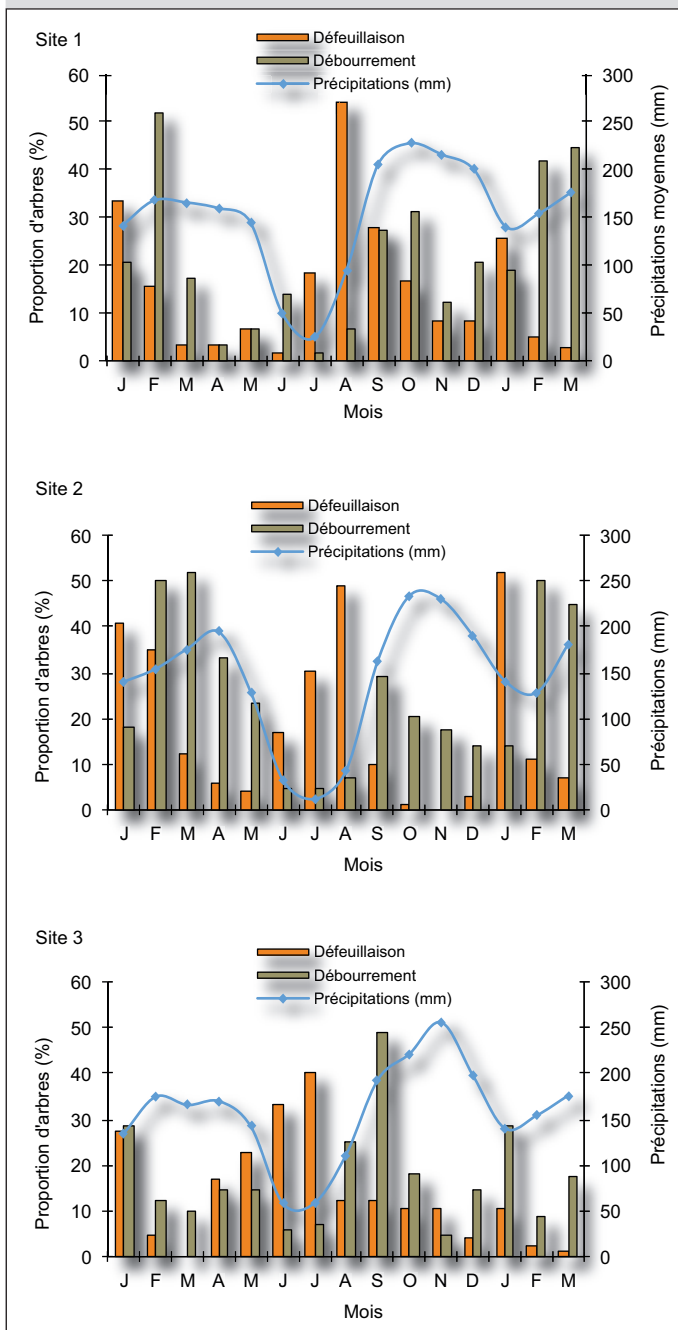
Le pic de défeuillaison se produit en juillet-août pendant la grande saison sèche pour les trois sites. Un second pic de moindre amplitude s'observe en janvier pendant la petite saison sèche. Les différences entre sites ne sont pas significatives ( $F = 0,39$  ns) contrairement à la période d'observation ( $F = 38,36^{***}$ ).

Le pic de débourrement (autour de 50 % des tiges) est observé en février-mars, au début de la petite saison des pluies, pour les sites 1 et 2, et en septembre, au début de la grande saison des pluies, pour le site 3. Un second pic de moindre amplitude (environ 30 %) s'observe en septembre-octobre pour les sites 1 et 2, et en janvier pour le site 3. Les différences entre sites ne sont pas significatives ( $F = 1,19$  ns) contrairement à la période d'observation ( $F = 46,67^{***}$ ).

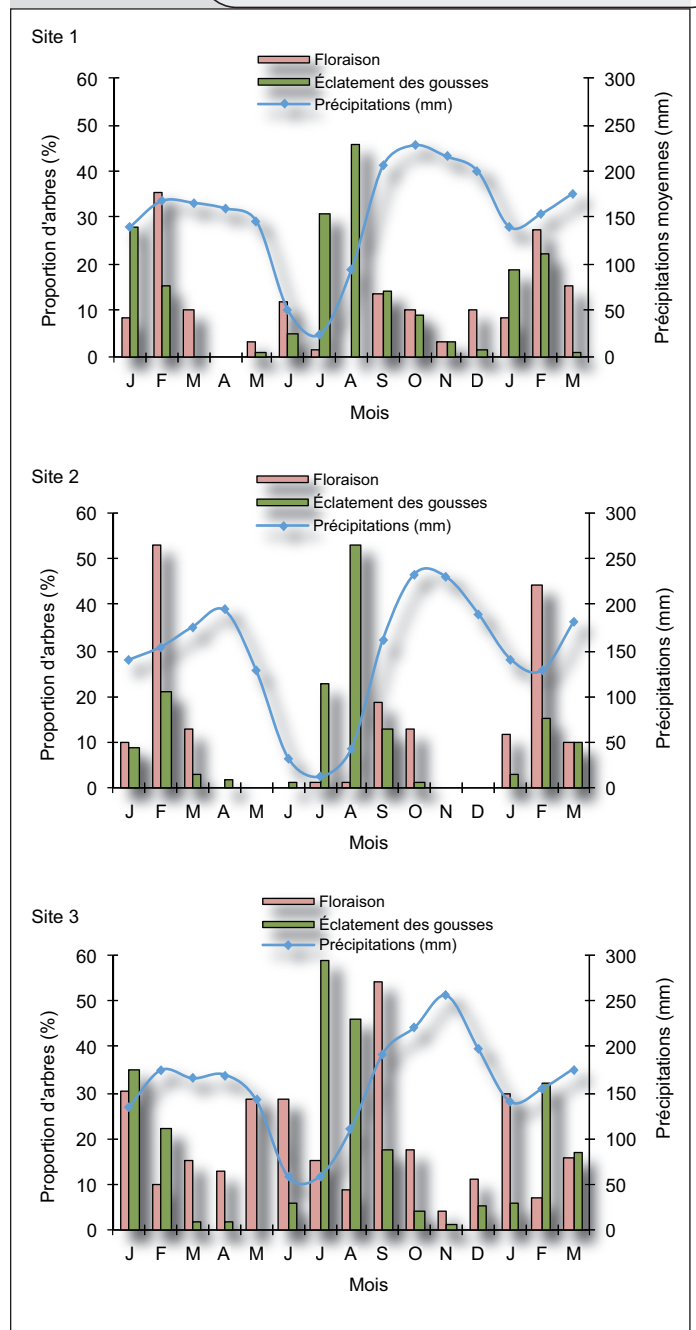
La défeuillaison et le débourrement sont espacés d'au moins un mois pour un même individu. Il est cependant possible d'observer des individus partiellement défeuillés qui produisent de nouvelles feuilles sur une partie du houppier.

### Phénologie reproductrice

La phénologie reproductrice de *M. laurentii* en Rdc présente également une forte saisonnalité. La floraison et la fructification (éclatement des gousses) se produisent deux fois par an, respectivement au début des saisons pluvieuses en même temps que l'apparition des feuilles et pendant les saisons sèches, avec cependant des différences entre sites (figure 3).

**Figure 2.**

Phénologie foliaire (défeuillaison et débournement) de *Millettia laurentii* De Wild. dans les trois sites d'étude : 1, 2 et 3 respectivement.

**Figure 3.**

Phénologie reproductrice (floraison et éclatement des gousses) de *Millettia laurentii* De Wild. dans les trois sites d'étude : 1, 2 et 3 respectivement.

La majorité des arbres ont fleuri pendant la période d'observation, avec 72, 81 et 93 % pour les sites 1, 2 et 3 respectivement, et la majorité des arbres fleurissent une fois par an. Cependant, parmi les arbres ayant fleuri, 14, 7 et 23 % ont fleuri deux fois au cours de l'année sur les sites 1, 2 et 3 respectivement. La période de floraison est de un mois en moyenne mais peut s'étendre jusque 3 mois pour certains individus. Le pic de floraison est observé en février, au début de la petite saison des pluies, pour les sites 1 et 2, et en septembre, au début de la grande saison des pluies,

pour le site 3. Un second pic de moindre amplitude s'observe en septembre-octobre pour les sites 1 et 2, et en janvier pour le site 3. Les différences entre sites ( $F = 131,38^{***}$ ) et périodes d'observation ( $F = 73,72^{***}$ ) sont significatives. Le test non paramétrique de Wilcoxon montre une différence significative entre le site 3 et les deux autres sites ( $p = 0,028$  entre les sites 1 et 3 ;  $p = 0,034$  entre les sites 2 et 3 ;  $p = 0,423$  entre les sites 1 et 2). Sur les sites 1 et 3, des épisodes de floraison de faible amplitude ont également été observés en dehors des deux pics.

**Tableau II.**  
**Proportion de *Millettia laurentii* ayant fleuri et fructifié durant 12 mois.**

Classe de diamètre(cm)	Effectif (N)				% de tiges ayant fleuri	% de tiges fleuries ayant fructifié	% de tiges ayant atteint la maturité
	Statut dominé	Statut co-dominant	Statut dominant	Total			
[10-20[	32	28	12	72	30.3	29.5	20.8
[20-30[	35	47	14	96	52.9	50.3	47.9
[30-40[	25	52	21	98	72.4	70.4	69.4
[40-50[	27	57	21	105	90.6	87.7	87.7
[50-60[	1	48	54	103	94.2	94.2	94.2
[60-70[	8	40	63	111	91.0	90.1	90.1
[70-80[	5	5	84	94	90.4	89.4	89.4
≥ 80	0	8	87	95	91.7	90.0	90.0

La fructification suit la floraison, mais seulement 60 % des fruits produits arrivent à maturité du fait d'une chute prématurée des fruits immatures. La maturation des fruits dure entre 6 et 8 mois. La maturité complète se traduit par l'éclatement des gousses.

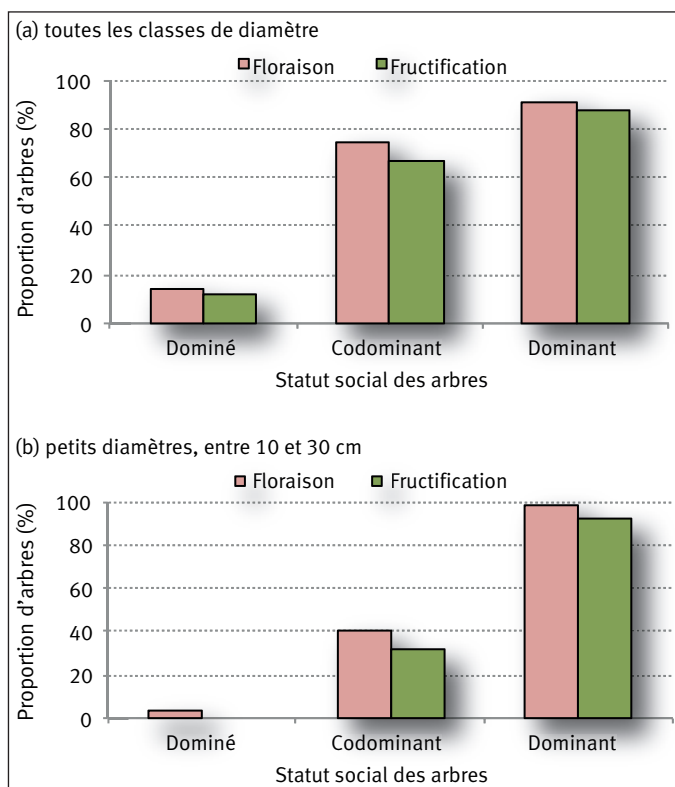
Pour les trois sites, le pic d'éclatement des gousses est observé en juillet-août, pendant la grande saison sèche (figure 3). Un second pic de moindre amplitude est observé en janvier-février, pendant la petite saison sèche. Les différences entre sites ( $F = 44,62^{***}$ ) et périodes d'observation ( $F = 26,69^{***}$ ) sont significatives. Le test non paramétrique de Wilcoxon montre une différence significative entre les sites 2 et 3, mais le site 1 n'est pas significativement différent des deux autres sites ( $p = 0,244$  entre les sites 1 et 2 ;  $p = 0,090$  entre les sites 1 et 3 ;  $p = 0,019$  entre les sites 2 et 3).

Le type de phénologie reproductrice varie avec le site d'étude. La phénologie est rythmique annuelle sur les sites 1 et 2 : les individus fleurissent par groupe mais chaque groupe ne fleurit qu'une fois par an. Elle est quasi continue à l'échelle du peuplement dans le site 3 le plus arrosé et le moins saisonnier.

#### Variation de la reproduction avec le diamètre et le statut social des arbres

Des événements de floraison et de fructification ont été observés pour toutes les classes de diamètre (tableau II). Les taux de floraison et de fructification augmentent dans un premier temps avec le diamètre et se stabilisent autour de 90 % pour les diamètres supérieurs à 60 cm. Le diamètre minimal de fructification ( $D_{mf}$ ) est inférieur ou égal à 10 cm et le diamètre de fructification régulière ( $D_{fr}$ ) est compris entre 40 et 50 cm.

Si la capacité de reproduction de *M. laurentii* dépend du diamètre, cette relation semble aussi étroitement liée au statut social de l'individu dans la communauté forestière. Les individus dominants, généralement les plus gros, présentent une floraison et une fructification massives (90,5 % et 87,7 % respectivement ; figure 4a). Il en est de même,



**Figure 4.**

Variation de la reproduction (floraison et fructification) de *Millettia laurentii* De Wild. en fonction du statut social pour toutes les classes de diamètre (1) et pour les petits diamètres entre 10 et 30 cm (2).



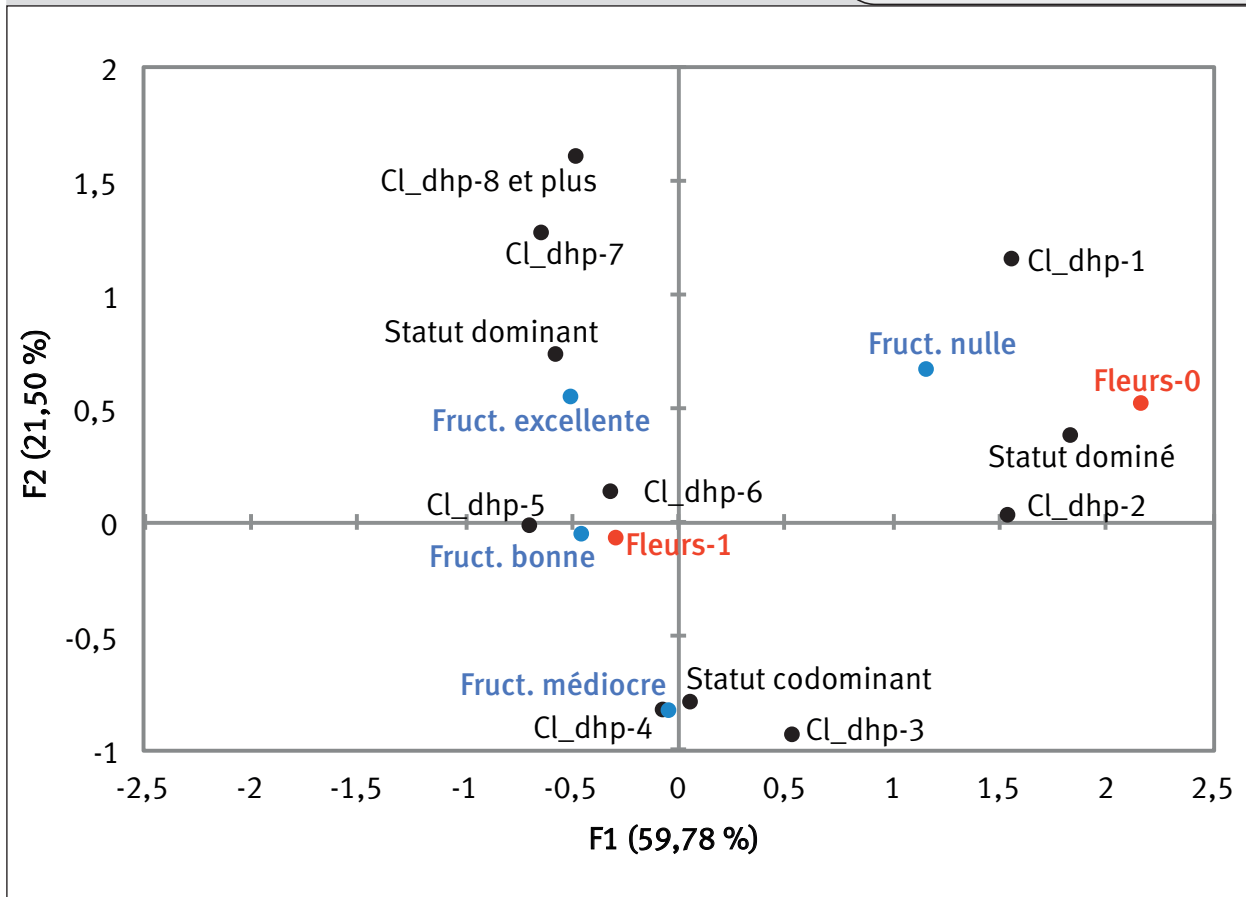


Figure 5.

Relation entre la capacité de reproduction, le diamètre et le statut social des arbres chez *Millettia laurentii* De Wild.

## Discussion

### Une phénologie étroitement liée à la saisonnalité des précipitations

dans une moindre mesure, pour les individus co-dominants alors que les dominés ne fleurissent et ne fructifient que très peu. Dans cette dernière catégorie, se trouvent un grand nombre d'arbres de petit diamètre (compris entre 10 et 30 cm). Un examen de ces arbres montre cependant que les petits arbres dominants dans la communauté forestière ont une très bonne capacité de reproduction (figure 4b).

Il existe une forte relation entre la capacité de reproduction de *M. laurentii*, le diamètre et le statut social des arbres (figure 5). Le premier axe de l'analyse des correspondances multiples (59,78 % de variance expliquée) discrimine dans les coordonnées positives un groupe d'arbres dominés, de petit diamètre ( $< 30$  cm), avec une floraison et une fructification nulles, et dans les coordonnées négatives, un groupe d'individus dominants, de gros diamètre ( $\geq 50$  cm), capables de fleurir et avec une fructification bonne à excellente. Le second axe (21,50 de variance expliquée) discrimine dans les coordonnées négatives un groupe d'arbres co-dominants, de diamètre intermédiaire (entre 30 et 50 cm), capables de fleurir mais avec une fructification médiocre.

La phénologie foliaire de *M. laurentii* apparaît étroitement liée à la saisonnalité des précipitations. La défeuillaison se produit pendant la petite et la grande saison sèche, l'apparition des feuilles pendant la petite et la grande saison des pluies.

La chute des feuilles en saison sèche a largement été observée chez les espèces d'arbres de la zone intertropicale (WHITMORE, 1975 ; REICH, BORCHERT, 1984 ; YALIBANDA, 1999 ; NEWBERRY *et al.*, 2006 ; KOUADIO, 2008). Pendant la saison sèche, les températures baissent et les pluies se raréfient (amplitude hydrique et thermique respectivement de 141 mm et 1,6 °C pour le site 1, de 222 mm et 1,6 °C pour le site 2, de 228 mm et 1,2 °C pour le site 3). De ce fait, les arbres sont confrontés à un stress hydrique foliaire et racinaire, la photosynthèse est affectée, les feuilles jaunissent puis tombent (WHITMORE, 1975 ; MAPONGMETSEM *et al.*, 1998). Pendant le pic de défeuillaison, la proportion maximale d'arbres défeuillés varie entre 75 et 92 %, suivant les sites, ce qui fait de *M. laurentii* une espèce décidue, conformément à la description de WILKS et ISSEMBÉ (2000).

L'apparition des jeunes feuilles intervient au moins un mois après la chute de feuilles, au début des saisons pluvieuses, après réhydratation des arbres suite aux premières pluies, conformément aux observations de REICH et BORCHERT (1984) au Costa Rica.

La floraison et la fructification de *M. laurentii* se manifestent par pics, comme pour la plupart des espèces africaines exploitées (SABATIER, PUIG, 1982 ; YALIBANDA, 1999 ; DOUCET, 2003 ; KOUADIO, 2008). La floraison se produit simultanément à l'apparition des nouvelles feuilles, au début des saisons des pluies, comme chez la plupart des espèces caractéristiques des forêts semi-décidues d'Afrique centrale, à l'instar des *Entandrophragma* spp. en République centrafricaine (MEDJIBE, HALL, 2002 ; DURRIEU DE MADRON *et al.*, 2003) et de *Prioria balsamifera*, *Terminalia superba* et *Xylopia welwitschii* en Rdc (COURALET, 2010). En dehors des pics de floraison, des événements de floraison de faible amplitude se produisent cependant tout au long de l'année. Le type de floraison est difficilement identifiable compte tenu du temps limité d'observation (15 mois). Ces résultats semblent néanmoins indiquer que le type de floraison varie en fonction de l'échelle d'observation (selon les auteurs) et du site d'étude. À l'échelle de l'individu, la floraison présente un rythme annuel (*sensu* HECKETSWEILER, 1992 ; NEWSTROM *et al.*, 1994) car la majorité des individus ne fleurissent qu'une seule fois par an. À l'échelle du peuplement, la floraison est rythmique annuelle *sensu* HECKETSWEILER (1992) ou subannuelle *sensu* NEWSTROM *et al.* (1994) car les individus fleurissent par groupes (c'est-à-dire deux pics de floraison et de fructification sont observables) mais chaque groupe ne fleurit qu'une seule fois par an. Il est également notable que la floraison tend à être quasi continue dans le site 3 le plus arrosé et le moins saisonnier, où les individus fleurissent en se relayant.

L'éclatement des gousses de *M. laurentii* a lieu en fin de saison sèche, durant la transition entre la saison sèche et la saison des pluies. D'après SABATIER et PUIG (1982), l'alternance d'humidité et de sécheresse atmosphérique qui caractérise cette période serait particulièrement favorable à la déhiscence explosive des fruits, tels que ceux de *M. laurentii*.

Ces résultats ont des implications pour la gestion de l'espèce qui est la seconde essence la plus exploitée en Rdc après le sapelli. Il est par exemple préférable que la récolte des graines pour un éventuel traitement sylvicole post-exploitation ait lieu durant l'intersaison (fin de la saison sèche et début de la saison pluvieuse).

#### Une fructification précoce mais dépendante du statut social des individus

*Millettia laurentii* est une espèce à fructification précoce. Des arbres reproducteurs ont pu être observés dans toutes les classes de diamètre échantillonnées (tableau II). Le Dmf de *M. laurentii* est inférieur ou égal à 10 cm. Cette valeur est légèrement inférieure à celle trouvée (20 cm) au Gabon par SEPULCHRE *et al.* (2008). La fructification précoce de *M. laurentii* garantit la production régulière de fruits et

augmente les chances que les graines trouvent au moment de leur chute des conditions de germinations adéquates. Du point de vue du gestionnaire forestier, cela implique l'existence de nombreux semenciers dans les forêts après leur exploitation, ce qui réduit les risques d'appauvrissement du peuplement.

Le Dfr de *M. laurentii* en Rdc se situe entre 40 et 50 cm. Ce résultat est cohérent avec les études menées précédemment au Gabon (SEPULCHRE *et al.*, 2008) et au Congo (GILLET *et al.*, 2008) et qui rapportent toutes deux un Dfr de 45 cm. La réglementation en vigueur en Rdc fixe le Dme de *M. laurentii* à 60 cm, ce qui semblerait suivre la règle  $Dfr \geq (Dme + 10 \text{ cm})$  (KOUADIO, 2008). Il est cependant essentiel de maintenir un nombre suffisant d'individus reproducteurs entre le Dfr et le Dme. Compte tenu de la structure diamétrique décroissante de *M. laurentii* dans les forêts congolaises (BOYEMBA *et al.* 2010), cela pourrait justifier localement un écart de plus de 10 cm entre Dfr et Dme.

La capacité de reproduction de *M. laurentii* dépend du diamètre des arbres mais également du statut social dans la communauté forestière (figures 5 et 6). Les individus dominants bien exposés à la lumière fleurissent et fructifient abondamment et ce quel que soit le diamètre. Dans l'optique de la mise en œuvre d'une sylviculture des populations de *M. laurentii*, une mesure à envisager sera une éclaircie par le haut au profit des arbres d'avenir co-dominants. Cette éclaircie favoriserait leur passage au statut dominant et une augmentation de leur capacité de reproduction.

## Conclusion

L'étude a permis de montrer que la phénologie foliaire et reproductrice de *Millettia laurentii* est étroitement liée à la saisonnalité des précipitations, et que *M. laurentii* est une espèce à fructification précoce mais dépendante des conditions de lumière. Les résultats de cette étude ouvrent d'autres pistes de recherche telles que la dynamique, la structure diamétrique, la distribution spatiale ou encore la régénération, afin de permettre aux gestionnaires forestiers d'orienter de manière objective un plan d'aménagement adapté à l'espèce et de développer des règles d'exploitation durables.

#### Remerciements

Les auteurs remercient la Sodefor et plus particulièrement Richard Garrigue, José Maia Trindade Pedro, Albano, et Jean-Gaël Jourget, respectivement responsable de la certification, directeur des études, directeur gérant et aménagiste détaché par la société Forêt Ressources Management, pour l'aide apportée à la réalisation des travaux de terrain dans le district du Mai-Ndombe.

## Références bibliographiques

- BLANC P., 2002. Être plante à l'ombre des forêts tropicales. Paris, France, Nathan, 428 p.
- BOYEMBA F. B., MENGA P., MORTIER F., GOURLET-FLEURY S., BAYOL N., NASI R., 2010. Ecology of two important commercial species of DRC *Millettia laurentii* and *Pericopsis elata*: implication for management. The 2010 International Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, Bali, Indonesia. V-54-7.
- COURALET C., 2010. Community dynamics, phenology and growth of tropical trees in the rain forest Reserve of Luki, Democratic Republic of Congo. PhD thesis, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgique, 173 p.
- CTFT, 1952. Wengé. Bois et Forêts des Tropiques, 25 : 329-332.
- DEBROUX L., 1998. L'aménagement des forêts tropicales fondé sur la gestion des populations d'arbres. Exemple du moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) dans la forêt du Dja, Cameroun. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 283 p.
- DIRECTION DE LA GESTION FORESTIÈRE (DGF), 2009. Rapport annuel d'activités – Exercice 2008. Kinshasa, République démocratique du Congo, 25 p.
- DOUCET J.-L., 2003. L'alliance délicate de la gestion et de la biodiversité dans les forêts du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 323 p. + annexes.
- DURRIEU DE MADRON L., DAUMERIE A., 2004. Diamètre de fructification de quelques essences en forêt naturelle centrafricaine. Bois et Forêts des Tropiques, 281 (3) : 87-95.
- DURRIEU DE MADRON L., LUGARD G. R., DIPAPOUNDJI B., 2003. Fructification du sapelli par classe de diamètre en forêt naturelle en Centrafrique. Canopée, 23 : 23-24.
- GILLET J. F., NGALOUO B., MISSAMBA-LOLA A., 2008. Rapport d'analyse. Volet dynamique forestière. Projet Cib-Ffem « Suivi du programme dynamique forestière – agroforesterie – inventaires faunes », 99 p.
- HECKETSWEILER P., 1992. Phénologie et saisonnalité en forêt gabonaise. L'exemple de quelques espèces ligneuses. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France, 266 p.
- KOUADIO L., 2009. Mesures sylvicoles en vue d'améliorer la gestion des populations d'essences forestières commerciales de l'Est du Cameroun. Thèse, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 253 p. + annexes.
- MAPONGMETSEM P. M., DUGUMA B., NKONGMENECK B. A., PUIG H., 1998. Déterminisme de la défeuillaison chez quelques essences forestières tropicales du Cameroun. Revue d'Écologie (Terre et Vie), 53 (3) : 193-210.
- MEDJIBE V., HALL J., 2002. Seed dispersal and its implications for silviculture of African Mahogany (*Entandrophragma* spp.) in undisturbed forest in the Central African Republic. Forest Ecology and Management, 170 (1-3): 249-257.
- NEWBERRY D. M., CHUYONG G. B., ZIMMERMANN L., 2006. Mast fruiting of large ectomycorrhizal African rain forest trees: importance of dry season intensity, and the resource-limitation hypothesis. New Phytologist, 170: 561-579.
- NEWSTROM L. E., FRANKIE G. W., BAKER H. G., 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. Biotropica, 26: 141-159.
- PETRUCCI Y., TANDEAU DE MARSAC G., MOREL P. J., 1995. Évolution du peuplement adulte et de la régénération acquise après interventions sylvicoles. Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko-La Lolé. Appui à la recherche forestière Fac/Arf. Bangui, République centrafricaine, ministère des Eaux, Forêts, Chasse et Pêche, 55 p.
- PLUMPTRE A. J., 1995. The importance of "seed trees" for the natural regeneration of selectively logged tropical forest. Commonwealth Forestry Review, 74 (3): 253-258.
- REICH P. B., BORCHERT R., 1984. Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology, 72 (1): 61-74.
- SABATIER D., PUIG H., 1982. Phénologie et saisonnalité de la floraison et de la fructification en forêt dense guyanaise. Paris, France, Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle, Vertébrés et forêts tropicales humides d'Afrique et d'Amérique, Série A, tome 132, p. 173-184.
- SEPULCHRE F., DAINOU K., DOUCET J.-L., 2008. Étude de la vulnérabilité de 18 essences ligneuses commerciales d'Afrique centrale reprises sur la liste rouge Iucn. Gembloux, Belgique, Nature+/Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Laboratoire de foresterie des régions tropicales et subtropicales, 50 p.
- TAILFER Y., 1989. La forêt dense d'Afrique centrale. Identification pratique des principaux arbres. Wageningen, Pays-Bas, Cta, tome 2, p. 465-1271.
- WHITMORE T. C., 1975. Tropical Rain Forest of the Far East. Oxford, Royaume-Uni, Clarendon Press, 282 p.
- WILKS C., ISSEMBÉ Y., 2000. Guide pratique d'identification : les arbres de la Guinée équatoriale : région continentale. Bata, Guinée équatoriale, Projet Curef, 546 p. + photos.
- WRIGHT S. J., VAN SCHAİK C. P., 1994. Light and the phenology of tropical trees. American Naturalist, 143: 192-199.
- YALIBANDA Y., 1999. Phénologie en forêt dense de Ngotto (Rca). Bilan de trois années d'observation. In : Nasi R., Amsallem I., Drouineau S. (éds). La gestion des forêts denses africaines aujourd'hui. Actes du séminaire Forafri de Libreville (Gabon), 12-16 octobre 1998. Montpellier, France, Cirad-forêt, cédérom, 24 p.