Congo Sciences

Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK
ACASTI and CEDESURK Online Journal
ISSN: 2410-4299, an International Journal

Phénologie et diamètre de reproduction de *Prioria balsamifera* (Vermoesen) Breteler(Tola) dans la réserve de Biosphère de Luki au Mayombe, R.D. Congo.

Angoboy B. I.[1]* et Toirambe B. B[2]

Paper History
Received:
June 25, 2017
Revised:
September 30, 2017
Accepted:
December 23, 2017
Published:
March 30, 2018

Keywords:
Prioria balsamifera, phenology, flowering, fruiting, temperature, precipitation, diameter

ABSTRACT

Phenology and diameter of reproduction of Tola (Prioria balsamifera (Vermoesen) Breteler) in the Biosphere reserve of Luki in the Mayombe, Democratic Republic of the Congo

Tola (*Prioria balsamifera*) is among the tree species most exploited in the Mayombe (DR Congo). This exploitation is mainly artisanal, and provides local and international markets, which results in a high pressure and rarefaction of the species. The ecology of Tola is little known, which is one of the biggest challenges in long-term management of the populations. This study explores the phenology and growth of Tola in the Luki Biosphere reserve (D.R. Congo). Growth data as well as phenology data of 178 trees of *P. balsamifera* were collected from 1948 to 1957, whereas 36 trees were monitored from 2013 to 2015. In both periods, phenology data was registered every 10 days, while diameter data were collected every end of the year. Climatic data were collected on a daily basis in the two periods. The results show that the phenological events have an annual frequency at the species level, but an irregular frequency at the individual level. Defoliation occurs during the month of October (i.e. onset of the major rainy season), flowering occurs in December and fruiting in February. The minimum diameter for flowering and fruiting is 33.8 cm based on the data of 1948-1957. Significant influence of diameter on the probability of flowering or fruiting was found.

[1]Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Kinshasa, République Démocratique du Congo
[2]Ministère de l'Environnement et Développement Durable
* To whom correspondence should be addressed.: *bhely.angoboy@gmail.com*

INTRODUCTION

Les forêts tropicales sont particulièrement riches et diversifiées en espèces végétales [WHITE, 1983]. Elles sont parmi les plus importantes de la planète en termes de biodiversité [BERTHLOTT et al., 2005] et rendent d'énormes services aux communautés qui y vivent. C'est pourquoi, la gestion durable de ces ressources naturelles renouvelables est indispensable pour contrer, limiter ou diminuer les pressions anthropiques qu'elles subissent [MENGA, 2012].

L'Afrique Centrale dispose du second plus grand massif continu de forêts denses humides tropicales [MAYAUX et al., 2006], mais l'insuffisance des connaissances biologiques et écologiques sur la plupart des espèces ligneuses constitue une limite et un handicap pour l'aménagement, la conservation et la gestion durable de ces ressources forestières [BLANC, 2002]. Il est reconnu que la connaissance de l'autécologie des espèces est une étape essentielle à la gestion durable des écosystèmes et des populations d'espèces exploitées [MENGA et al., 2012].

En République Démocratique du Congo, la forêt de Mayombe, située à environ 120 kilomètres du littoral, représentait un massif forestier tropical exceptionnel suite à son importante biodiversité qui se développait dans un climat inhabituel. Elle a subi une intense exploitation forestière depuis 1930 et représentait plus de 80% des exportations de bois de la colonie en 1939 [HUMBLET, 1946]. En l'absence d'aménagement forestier, les ressources ligneuses de cette forêt se sont progressivement appauvries et sa superficie s'est amenuisée suite aux pressions anthropiques. Actuellement, dans ce qui reste de la forêt de Mayombe, c'est la forêt de la Réserve de biosphère de Luki (RBL) qui est devenue au fil du temps la cible des exploitants artisanaux car elle est la seule à avoir une concentration élevée en ressources ligneuses exploitables.

Prioria balsamifera (Vermoesen) Breteler (tola ou agba ; Fabaceae- Caesalpinioïdeae) subit, comme les autres essences de bois d'œuvre, de très fortes pressions de la part des exploitants artisanaux pour approvisionner les marchés de Kinzau-Mvuete, de Boma, de Matadi, de Kinshasa et même de l'Angola. Elle est l'une des principales essences de la filière bois en RDC, du fait des propriétés technologiques et esthétiques de son bois. C'est pourquoi, il est primordial d'apporter une attention toute particulière à cette essence afin de bien comprendre sa phénologie et son diamètre de reproduction qui constituent deux aspects nécessaires à la mise en œuvre de modalités de gestion garantes du maintien de l'espèce sur le long terme.

Pour SCHWARTZ [2003], la phénologie est l'étude de la répartition dans le temps des événements biologiques cycliques de la flore ou de la faune qui sont influencés par l'environnement. En ce qui concerne la flore, la phénologie aborde la floraison, la fructification, la défeuillaison, la dissémination, la germination et l'activité cambiale [LEITH, 1974]. La phénologie est en effet l'un des processus les plus sensibles aux variations climatiques [MORISETTE et al., 2009, COURALET et al., 2013] et qu'elle varie avec la saisonnalité des précipitations [NEWBERRY et al., 2006 ; MENGA et al., 2012] et des radiations solaires [WRIGHT *et*

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal, All rights reserved

VAN SCHAIK, 1994]. En outre, elle serait aussi influencée par des facteurs biotiques et abiotiques [POUPON, 1979; MACHADO et al., 1997; CHUINE et al., 2000 ; PENUELAS et al., 2004 ; LEBOURGEOIS et al., 2010].

L'étude de la phénologie des arbres renseigne sur les processus écologiques qui gouvernent une communauté végétale [KIKUZAWA *et* LECHOWICZ, 2011] et fournit des informations sur l'incidence probable des changements climatiques sur les communautés végétales [RICHARDSON et al., 2013]. La biologie de la plupart des espèces ligneuses d'Afrique tropicale et leurs relations avec le climat sont peu connues [COURALET, 2010]. En effet, cette étude a pour ambition d'étudier les caractéristiques phénologiques de *P. balsamifera* en relation avec le climat dans le Mayombe en RDC.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Instituée par l'ordonnance n° 05/AGRI du 12 janvier 1937 du Gouverneur Général de colonie du Congo belge, la réserve de Luki faisait partie du domaine boisé de l'Etat et sa gestion fut confiée à l'Institut National pour l'Etude Agronomique (INEAC).La Réserve de biosphère de Luki est située au Sud-Ouest de la RDC, dans la province du Kongo Central, à 120 km de la côte Atlantique. Elle constitue la pointe méridionale extrême du massif forestier guinéo-congolais, à la limite entre le Centre régional d'endémisme guinéo-congolais et la Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne [WHITE, 1986]. Elle est considérée comme représentative de la flore du Mayombe [LUBINI, 1997 ; COURALET, 2010]. Ses latitudes sont comprises entre 05°35' et 05°43' sud et ses longitudes entre 13°10' et 13°15' est. Elle couvre une superficie d'environ 33.000 ha et est traversée sur sa quasi-totalité par le bassin hydrographique de la rivière Luki.

Il y règne un écoclimat du type tropical humide Aw_4 de la classification de Koppen [PEEL et al., 2007]. Il est influencé par le courant marin froid de Bengwela et les alizés du sud-est. L'analyse des données climatologiques de la station de Luki pour la période de 1948 à 2015 (**Figure 1**) montre que l'année est divisée en deux grandes saisons : une saison des pluies s'étalant entre la deuxième moitié d'octobre et la première moitié de mai ; et une saison sèche, couvrant la période entre la seconde moitié de mai et la première moitié d'octobre. La saison sèche se caractérise par une baisse légère de température et de fréquents brouillards matinaux ou brumes, qui compensent le déficit en eau du sol.

Les **figures 1** et **2** représentent respectivement le diagramme ombrothermique de Luki et sa localisation par rapport à la forêt de Mayombe.

Matériel

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est le *Prioria balsamifera* (Vermoesen) Breteler, appartenant à la famille des Fabacées.

Description botanique

P. balsamifera est un arbre brièvement caducifolié, de grande à très grande taille atteignant 55 m de haut et 1,5 m de diamètre, à cime sphérique et feuillage ouvert [ARNO, 2001 ; MEUNIER et al., 2015]. Son fût, dépourvu de branches, est droit et cylindrique, sans contrefort. La surface de l'écorce présente des petites écailles allongées, parfois légèrement fissurées. Elle est brun grisâtre à brun rougeâtre [KEAY, 1989]. Les photos 1 a et b illustrent respectivement l'entaille faite sur le tronc de *P. balsamifera* ainsi

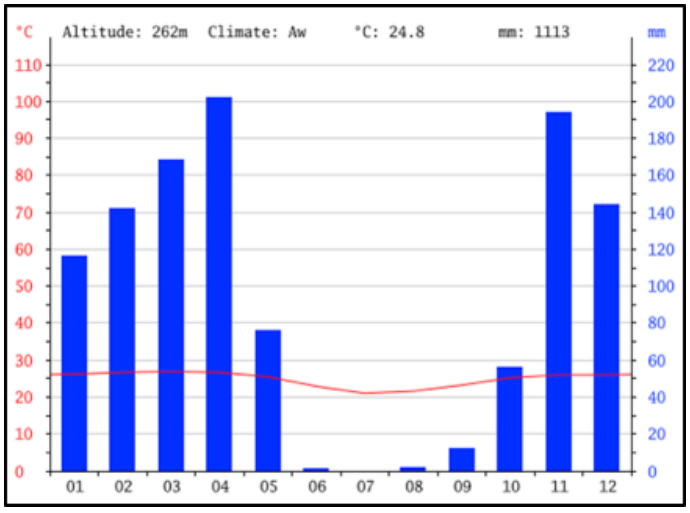

Figure 1| Diagramme ombrothermique de Luki 1948 – 2016. [SOURCE : STATION INERA-LUKI].

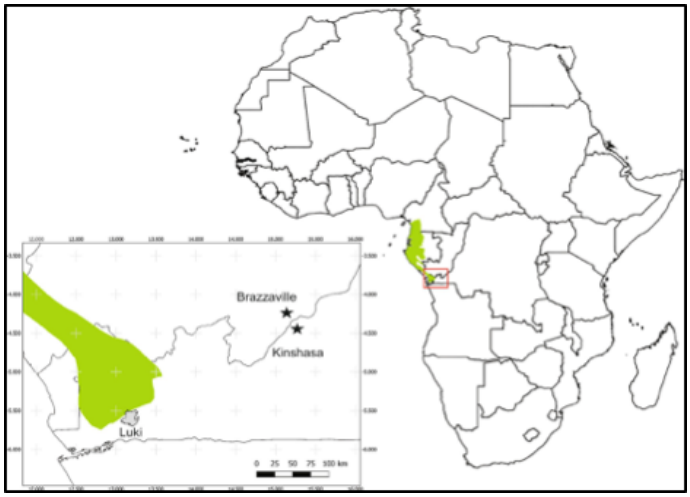

Figure 2| Localisation de la réserve de biosphère de Luki et son positionnement par rapport à la forêt de Mayombe et la forêt de la côte atlantique.

Photo 1| *Prioria balsamifera* [A. ENTAILLE, B. FÛT ET HOUPPIER]

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

que le fût et le houppier.

Ses feuilles sont imparipennées avec des petites stipules, très caduques et des folioles alternes. Elles comptent 6 à 10 folioles alternes, oblongues-elliptiques, à sommet obtus ou obtusément acuminé, d'environ 4-9 x 2-4 cm. Le limbe est bordé d'une nervure marginale, papyracé, criblé de points translucides, marqué d'une façon caractéristique par un réseau de nombreuses nervures secondaires et de nervilles anastomosées, tracées jusqu'à la marge, bien maillé et finement saillant sur les 2 faces. Les pétiolules de 3 à 4 mm sont tordus [LEONARD, 1952].

Les gousses de *P. balsamifera* sont indéhiscentes, samaroïdes, stipitées, comprimées, à partie proximale ailée, membraneuse, parcourue par des nervures naissant à la base ou sur un des côtés de la gousse. Les graines sont solitaires, lisses, situées à la partie distale un peu épaissie de la gousse [LEONARD, 1952]. Les diaspores ayant un appendice ailé, font de *P. balsamifera* une espèce ptérochore avec pour mode de dispersion l'anémochorie.

Distribution

Aire de répartition

P. balsamifera couvre une aire de répartition qui va du sud-ouest du Nigeria jusqu'au Cabinda en Angola en passant par la République Démocratique du Congo [BRETELER, 1999 ; LEONARD, 1952]. La **Figure 3** illustre la distribution géographique de l'espèce.

Figure 3| Aire de distribution de *Prioria balsamifera* / Source. http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=fr&id=71103. Consulté le 17/07/2017.

En RDC, l'aire de distribution de l'espèce couvre le Mayombe dans la Province du Kongo Central, les provinces de Kasaï, Bandundu, Equateur et Orientale [LEONARD, 1952] suivant l'ancienne configuration.

Habitat

Prioria balsamifera est abondante dans les groupements forestiers sur le pourtour Nord de la cuvette centrale ou localisée le long des cours d'eau. Elle se rencontre principalement dans les forêts denses semi-caducifoliées et également en forêts secondaires matures en climat tropical humide [LUBINI, 2016. DONNÉÉS NON PUBLIÉES].

Tempérament

Le tempérament d'une espèce se définit comme étant l'évolution de ses besoins en lumière au cours de son développement. Ces besoins de la lumière définissent en même temps son aptitude à faire face à la compétition dans son milieu tout au long de sa vie. MEUNIER et al. [2015] classe Prioria balsamifera dans la catégorie des semi-héliophiles. Cela signifie que l'espèce peut germer et perdurer un certain temps dans le sous-bois. Néanmoins, pour poursuivre son développement, la plantule a besoin d'être mise en lumière.

Méthodes

Collecte des données

Le présent travail repose notamment sur des données collectées sur le terrain de 1948 à 1957. Les informations ciblées ont concerné la phénologie de 3.750 arbres dont 178 tiges de *P. balsamifera*. Nous avons par ailleurs repris les observations de 2013 à 2015 sur 36 tiges de *P. balsamifera*.

Phénologie

De janvier 1948 à décembre 1957, la phénologie a été suivie sur 178 tiges de *P. balsamifera* tous les dix jours dans la forêt de la Nkula dans la RBL. Les arbres suivis avaient des diamètres compris entre 30 et 145 cm. Afin de permettre les comparaisons inter-annuelles, les observations par décades ont été ramenées mensuellement. Ce suivi a porté sur la défeuillaison, la floraison, la fructification et la dissémination qui est la libération des fruits matures par l'arbre. Pour faciliter l'identification des arbres suivis sur le terrain, chaque arbre était marqué et numéroté à l'aide d'une plaquette métallique le long des six sentiers suivant les courbes de niveau dans la forêt de la Nkula.

Climatologie

La Station de Luki dispose d'une station climatologique opérationnelle depuis 1948. Les données enregistrées de façon permanente sont la précipitation, la température et l'humidité relative. Les données sont lues journellement à 6h, 9h, 12h, 15h et 18h.

Analyse des données

Les données collectées ont été encodées dans le tableur MS Excel et analysées à l'aide du logiciel R (R_Core, 2014). Les patrons phénologiques ont été étudiés à l'aide des statistiques circulaires et des régressions logistiques ont été utilisées [BATSCHELET, 1981 ; PLUMPTRE J., 1995 ; STUART et ASHTON, 1999] pour établir le lien entre les paramètres climatiques et la phénologie de P. balsamifera dans le Mayombe et la probabilité de reproduction en fonction du diamètre.

Les patrons des événements phénologiques (floraison, fructification, dissémination et défeuillaison) de *P. balsamifera* ont été analysés à partir des statistiques circulaires appliquées sur les individus et l'espèce à l'aide du logiciel R. Les analyses ont été faites sur les périodes de 1948 à 1957 et de 2013 à 2015. Les mois de chacune des observations phénologiques ont été convertis en angle (à l'aide l'équation 1. L'angle moyen ainsi calculé a ensuite été reconverti en date et a permis de déterminer la date moyenne

$$\theta = mois * \frac{2\pi}{12} \qquad (équation\ 1)$$

$$\left.\begin{aligned} \theta_{moy} &= \arctan(\frac{y}{x}), \quad si\ x > 0 \\ \theta_{moy} &= \pi + \arctan(\frac{y}{x}), \quad si\ x < 0 \end{aligned}\right\} \qquad (équation\ 2)$$

où

$$x = \frac{1}{n} * \sum \cos(\theta_i) \quad et \quad y = \frac{1}{n} * \sum \sin(\theta_i)$$

$$n = nombre\ de\ dates\ de\ l'événement\ phénologique$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad (équation\ 3)$$

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

du pic de chaque événement phénologique. L'angle moyen et la longueur du vecteur r ont été calculée respectivement à l'aide des équations 2 et 3.

La longueur du vecteur r varie de 0 à 1 et mesure la concentration temporelle des activités phénologiques. Ce vecteur est calculé au niveau de l'individu et de l'espèce. Au niveau de l'individu, une valeur faible de r indique une activité phénologique individuelle de longue durée et/ou ayant lieu plusieurs fois par an. A l'opposé, si la valeur est proche de 1, elle indique que l'évènement phénologique est annuel et ponctuel. Le test de Rayleigh a été utilisé pour déterminer si les distributions des activités phénologiques sont aléatoires ou pas [BATSCHELET, 1981 ; STUART *et* ASHTON, 1999].

Les données climatiques (précipitations et température) de la station de Luki enregistrées pendant les périodes d'observations phénologiques ont été corrélées avec le nombre d'individus en phase phénologique.

RESULTATS

Les résultats abordent successivement les patrons phénologiques, les diamètres de floraison et de fructification, les interactions entre la phénologie et le climat.

Patrons phénologiques

Patrons généraux

Les **figures 4.a** et **4.b** illustrent les différentes phénophases dont l'annualité semble évidente pour les deux périodes d'étude. Chaque année, les arbres perdent leurs feuilles entre les mois de septembre et de novembre. Les pourcentages d'arbres défeuillés ont variés pendant la période 1948-1957. Il était plus élevée en 1948, 1949 et 1956 avec respectivement 55,1 ; 54,4 et 37,7 %. L'intensité a été faible en 1952 et 1953 avec respectivement 2,9 et 2,4 %. En ce qui concerne la dissémination, elle se produit chaque année entre les mois de janvier et mars. Elle a été plus importante pour les années 1957, 1948, 1950 et 1949 avec respectivement 86,3 ; 86 ; 76,8 et 57,2%. Par contre les pourcentages des années 1954 et 1953 ont été faibles avec respectivement 16,4 et 18,8 %. Les arbres fleurissent chaque année entre les mois d'octobre et de décembre. Les pourcentages des arbres fleuris ont été élevés pendant les années 1949, 1948 et 1956 avec respectivement 79,4 ; 75,3 et 73,5%. Par contre les années 1952, 1953 et 1954 ont enregistré des pourcentages faibles avec respectivement 19,9 ; 22,4 et 23,6 %. Les arbres fructifient chaque année entre décembre et février. Les pourcentages des arbres qui ont fructifiés ont été élevés pendant les années 1948, 1957 et 1950 avec respectivement 92,1 ; 86,9 ; 83,6 et 74,1 % tandis que les années 1954 et 1953 ont enregistré les pourcentages les plus faibles, soit respectivement 27,3 et 27,9 %.

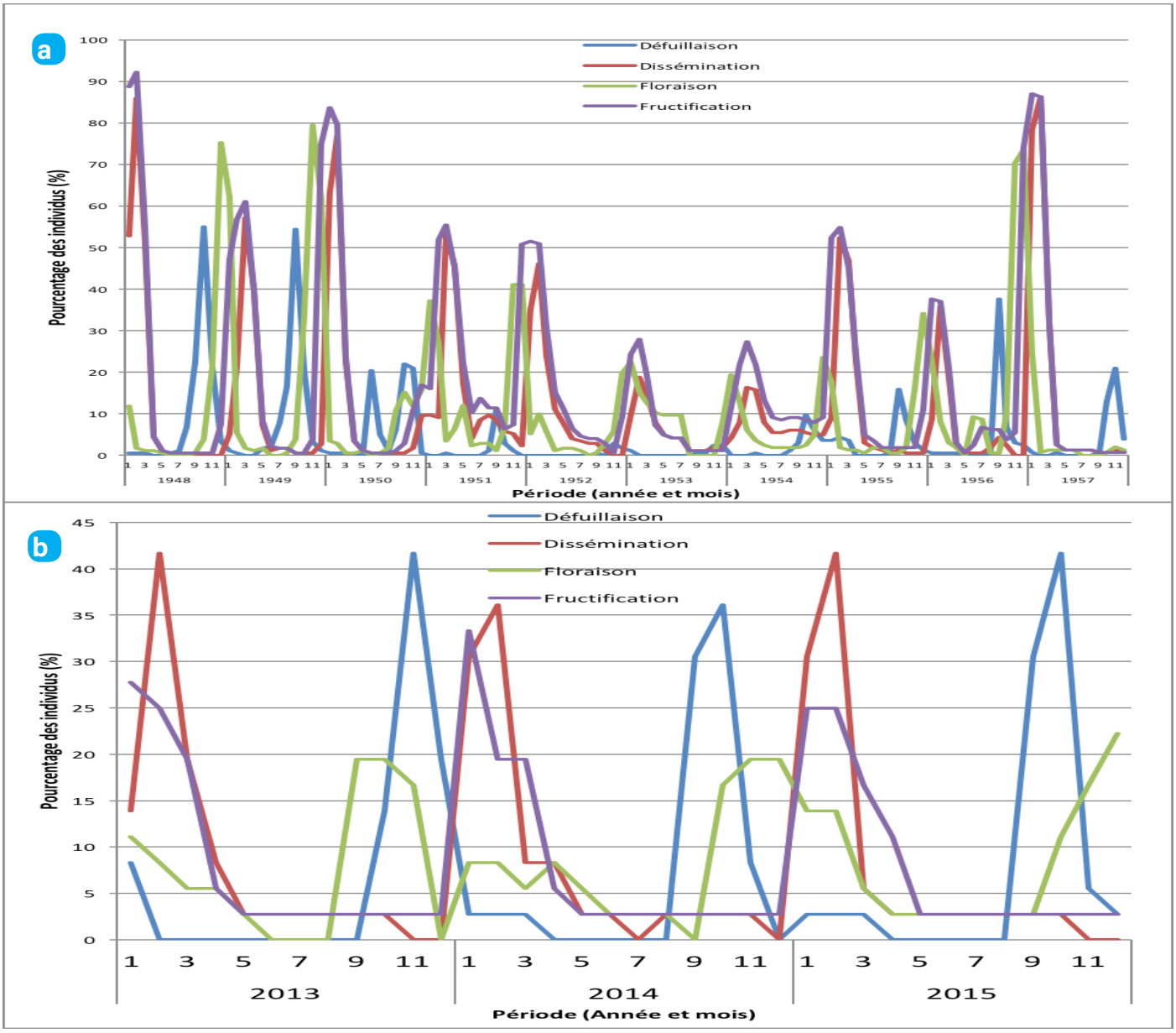

Figure 4| Proportion d'individus pour lesquels les activités phénologiques de *P. balsamifera* ont été observées mensuellement : **(a)**(1948 – 1957) et **(b)**(2013-2015)

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

Tableau 1| Résultats des statistiques circulaires par année et par événement phénologique avec les valeurs des rind, moy, des resp, du mois moyen, du nombre d'individus

Evénement phénologique	Paramètres	1948 - 1957	2013 - 2015
Défeuillaison	r_{indmoy}	0,85	0,90
	Mois espèce	Octobre	Octobre
	r_{esp}	0,74	0,78
	Nb	169	28
Floraison	r_{indmoy}	0,74	0,73
	Mois espèce	Décembre	Décembre
	r_{esp}	0,66	0,43
	Nb	175	33
Fructification	r_{indmoy}	0,71	0,87
	Mois espèce	Février	Février
	r_{esp}	0,65	0,58
	Nb	173	29
Dissémination	r_{indmoy}	0,78	0,84
	Mois espèce	Février	Février
	r_{esp}	0,70	0,68

Tableau 2| Résumé du modèle logistique de la floraison en fonction du diamètre moyen pour la période 1948-1957

Termes	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	Code
(Intercept)	-20.899	6.054	-3.452	0.000557	***
Diamètre	6.247	1.691	3.694	0.000221	***

Signif. codes: '***' <0.001 '**' <0.01 '*' <0.05 '.' <0.1 ' ' <1

Tableau 3| Résumé du modèle logistique de la fructification en fonction du diamètre moyen pour la période 1948-1957

Termes	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	Code
(Intercept)	-17.848	4.723	-3.779	0.000158	***
Diamètre	5.275	1.278	4.127	3.67e-05	***

Les pics de floraison, fructification, dissémination et défeuillaison sont observés respectivement aux mois de décembre, février, février et octobre. La floraison et la défeuillaison se produisent à la saison des pluies tandis que la fructification et la dissémination se produisent pendant la petite saison sèche.

La synchronisation des événements phénologiques

Les résultats des statistiques circulaires sont présentés dans le **Tableau 2**. Les longueurs des vecteurs rind,moy et resp sont globalement élevées. Ce qui montre une synchronisation intra-individu élevée et une relative brièveté pour tous les événements phénologiques. Pour la période 1948-1957, la valeur rind pour tous les événements phénologiques a varié de 0,71 à 0,85 alors qu'elle était comprise entre 0,73 à 0,90 pour la période de 2013 à 2015 (**Tableau 2**).

Pour la période 1948-1957, la valeur resppour tous les événements phénologiques a varié de 0,65 à 0,74 alors qu'elle était comprise entre 0,43 et 0,78 pour la période de 2013 à 2015 (**Tableau 1**). La synchronisation des différents événements semble diminuer pour la seconde période d'étude.

Suivant la classification de NEWSTROM et al. [1994], les évènements phénologiques de P.balsamifera sont annuels avec un patron régulier et une simultanéité des individus.

Diamètres de floraison et de fructification

Le diamètre minimum de floraison a été de 33,8 cm. Les résultats de la régression logistique montrent une influence hautement significative du diamètre sur la fructification et la floraison de P. balsamifera (p-value >0,05) (**Tableau 2** et **Tableau 3**). Pendant la période 1948-1957, seuls 11 arbres sur 178 n'ont jamais fleuri et fructifié. Pour la période 2013-2015, tous les arbres ont fleuri et fructifié, ce qui parait logique vu l'augmentation du diamètre au cours de la période.

Probabilité des événements phénologiques

Les interactions entre les différentes phénophases et deux paramètres climatiques, les précipitations et les températures mensuelles, ont été examinées.

Probabilité des événements phénologiques en fonction de la précipitation mensuelle

Les précipitations mensuelles influencent de façon très hautement significative les différents événements phénologiques (p-value () <0,05). Suivant les paramètres (**Tableau 5**), les probabilités des différents événements phénologiques peuvent s'écrire suivant les equations 3.

La synthèse des informations des modèles logistiques en fonction de la précipitation est présentée dans le **Tableau 4**.

Probabilité des événements phénologiques en fonction de la température mensuelle

Il existe une relation très hautement significative entre les événements phénologiques et la température à l'exception de la défeuillaison. Ainsi, les probabilités prédites pour les différents événements phénologiques peuvent s'écrire suivant les équations 4.

Le **Tableau 5** présente le résumé des informations sur les modèles logistiques des évènements phénologiques en fonction de la température mensuelle.

DISCUSSION

P. balsamifera présente des patrons phénologiques réguliers et annuels. En d'autres termes, les événements phénologiques se produisent chaque année à la même période. Sa phénologie est influencée significativement par les précipitations et la température. Ces résultats confirment ceux obtenus par COURALET [2010] sur *P. balsamifera* et *T. superba* dans la même station. Les deux variables sont toutefois corrélées, et affirmer laquelle des

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

Tableau 4| Résumé des modèles logistiques des événements phénologiques en fonction de la précipitation

Termes	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	Code
Défeuillaison					
(Intercept)	-3.0819467	0.0505074	-61.020	< 2e-16	***
Précipitation	-0.0014791	0.0003841	-3.851	0.000118	***
Floraison					
(Intercept)	-2.5613751	0.0363563	-70.45	<2e-16	***
Precipitation	0.0025276	0.0002148	11.77	<2e-16	***
Fructification					
(Intercept)	-2.1990675	0.0302129	-72.79	<2e-16	***
Précipitation	0.0049619	0.0001712	28.99	<2e-16	***
Dissémination					
(Intercept)	-2.8072467	0.0373545	-75.15	<2e-16	***
Précipitation	0.0056887	0.0001954	29.12	<2e-16	***

Significative codes: '***' <0.001 ; '**' <0.01 ; '*'< 0.05 ; '.

Tabeau 5| Résumé des modèles logistiques des événements phénologiques en fonction de la température

Termes	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	Code	AIC
Défeuillaison						
(Intercept)	-2.40869	0.42083	-5.724	1.04e-08	***	7092.9
température	-0.03280	0.01739	-1.886	0.0593	.	
Floraison						
(Intercept)	-11.96750	0.44972	-26.61	<2e-16	***	12361
température	0.38996	0.01783	21.87		<2e-16	
Fructification						
(Intercept)	-17.49267	0.45165	-38.73	<2e-16	***	16932
température	0.63674	0.01777	35.83	<2e-16	***	
Dissémination						
(Intercept)	-19.69416	0.60317	-32.65	<2e-16	***	13061
température	0.70280	0.02362	29.75	<2e-16	***	

Significative codes: '***' <0.001 ; '**' <0.01 ; '*' <0.05 ;

$$P(\text{défeuillaison}) = \frac{e^{(-3,08195-0,00148*\text{température})}}{1+e^{(-3,08195-0,00148*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,05051 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,00038$$

$$P(\text{floraison}) = \frac{e^{(-2,56138-0,00253*\text{température})}}{1+e^{(-2,56138-0,00253*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,03636 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,00021$$

$$P(\text{fructification}) = \frac{e^{(-2,19907-0,00496*\text{température})}}{1+e^{(-2,19907-0,00496*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,03021 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,00017$$

$$P(\text{dissémnation}) = \frac{e^{(-2,80725-0,00569*\text{température})}}{1+e^{(-2,80725-0,00569*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,03736 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,00020$$

équations 3

$$P(\text{défeuillaison}) = \frac{e^{(-2,40869-0,03280*\text{température})}}{1+e^{(-2,40869-0,03280*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,42083 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,01739$$

$$P(\text{floraison}) = \frac{e^{(-11,96750-0,38996*\text{température})}}{1+e^{(-11,96750-0,38996*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,44972 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,01783$$

$$P(\text{fructification}) = \frac{e^{(-17,49267-0,63674*\text{température})}}{1+e^{(-17,49267-0,63674*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,45765 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,01777$$

$$P(\text{dissémnation}) = \frac{e^{(-19,69416-0,70280*\text{température})}}{1+e^{(-19,69416-0,70280*\text{température})}}$$

$$\text{avec} \quad ES_{\beta_0} = 0,60317 \quad \text{et} \quad ES_{\beta_1} = 0,02362$$

équations 4

deux pourrait déclencher l'événement phénologique demeure délicat.

La précipitation influence tous les événements phénologiques, car l'amplitude est importante entre la saison des pluies et la saison sèche, à l'instar des observations de NEWBERRY et al. [2006] et de MENGA et al. [2012].

En ce qui concerne la température, la variabilité inter-mensuelle est moindre, ce qui explique son influence limitée sur la défeuillaison. La défeuillaison en saison sèche a été observée chebeaucoup d'espèces de la zone intertropicale [WHITMORE, 1975 ; REICH *et* BORCHERT, 1984 ; NEWBERRY et al., 2006 ; KOUADIO, 2009 ; BOURLAND et al., 2012 ; MENGA, 2012]. Pendant la saison sèche, les températures baissent et les pluies se raréfient. De ce fait, les arbres sont confrontés à un stress hydrique foliaire et racinaire, la photosynthèse en est naturellement affectée, les feuilles jaunissent puis tombent [WHITMORE, 1975 ; MAPONGMETSEM et al., 1998]. Pour FENNER [1998] in COURALET [2010], la défeuillaison est souvent associée à un changement dans les conditions environnementales telles que la disponibilité

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

de l'eau, de la température ou de la photopériode. Par contre, cette situation n'est pas observée chez P. balsamifera qui garde son feuillage pendant la saison sèche et les renouvelle lors de la reprise des pluies en octobre. L'humidité de l'air étant constamment élevée à Luki jouerait certainement un rôle non négligeable sur la défeuillaison [LUBINI, 1997 ; COURALET et al., 2013].

La défeuillaison pendant la saison des pluies révèle un patron de la phénologie inhabituel. DIETERLEN [1978], en étudiant la phénologie dans la forêt équatoriale du Kivu en RDC, a constaté que plus de la moitié des espèces fleurissent durant la saison la moins pluvieuse et lorsque l'intensité des pluies reprend. Ces résultats ne confirment pas les nôtres puisque P. balsamifera ne fleurit pas lors de la grande saison sèche. P. balsamifera n'a qu'une seule période de floraison dans le Mayombe qui culmine à la transition entre la grande saison des pluies et la petite saison sèche. DOUCET [2003] a également observé la floraison à la même période au Gabon. Il a toutefois constaté un second pic de floraison de mars à mai.

La relation entre la fructification et le diamètre a été largement affirmé pour certaines espèces exploitables dans le bassin du Congo. Cette relation a été également observée par PLUMPTRE [1995] qui a mis en exergue le fait que la probabilité de fructification de certaines espèces variait en fonction de leur diamètre. Ces résultats correspondent aux nôtres qui renseignent une influence hautement significative du diamètre sur la floraison et la fructification de P. balsamifera. Le diamètre minimum de floraison et de fructification est de 33,8 cm. Au Gabon, DOUCET [2003] a trouvé un diamètre minimum de floraison très similaire (34 cm).

Les individus de P. balsamifera présentent une rythmicité irrégulière [SABATIER *et* PUIG, 1986, NEWSTROM, 1994] qui se manifeste par une absence des fructifications de certains individus. En moyenne, sur une période continue de 10 ans, un individu en âge de fructifier produira des fruits matures à 6 reprises.

CONCLUSION

La présente étude a permis de montrer que les patrons de la phénologie de P. balsamifera sont annuels et réguliers. Le rythme de fructification individuel est irrégulier. Cette régularité est un atout pour la régénération de l'espèce. Toutefois, cet aspect n'a pu être étudié dans le cadre de cette étude. Une production de graines régulière n'est pas synonyme d'une bonne régénération car de nombreux autres facteurs interviennent, dont la prédation, le parasitisme ou les besoins en lumière des jeunes plants. Les résultats à priori positifs des essais réalisés à l'époque coloniale dans la réserve de Biosphère de Luki confirment les besoins en lumière des plantules. Compte tenu de la pression sur les populations naturelles liée à une exploitation illégale, une étude approfondie de la régénération naturelle et des méthodes de régénérations assistée s'impose.

Le diamètre minimum d'exploitation (DME) légal de 80 cm est compatible avec le maintien d'une proportion élevée de semenciers puisque l'espèce fructifie dès une quarantaine de cm de diamètre.

L'exploitation forestière dans le Mayombe, exclusivement artisanale, doit interpeler les gestionnaires. Car, elle ne tient pas compte de normes retenues par l'administration visant à pérenniser l'espèce. Ainsi, les aptitudes de régénération de P. balsamifera doivent faire l'objet d'études futures.

Les facteurs climatiques et le diamètre influencent significativement la reproduction de P.balsamifera dans le Mayombe.

RÉSUMÉ

Le Tola (*Prioria balsamifera*) est parmi les espèces les plus prisées dans le Mayombe (R.D. du Congo). Elle est principalement le fait d'exploitants artisanaux pour approvisionner les marchés locaux et internationaux. Il en résulte une pression très importante sur la ressource et une raréfaction croissante de l'espèce. Or, son écologie demeure peu connue, ce qui est un des obstacles à la gestion de ses populations sur le long terme. Cette étude tente d'y remédier en examinant la phénologie et la croissance du Tola dans la Réserve de Biosphère de Luki (R.D. Congo). Les données ont été collectées de 1948 à 1957 sur 178 pieds de Tola et sur 36 pieds de 2013 à 2015. Pendant ces deux périodes, des observations phénologiques ont été réalisées tous les 10 jours, la croissance diamétrique a été mesurée à la fin de chaque année et les données climatiques étaient enregistrées quotidiennement. Les résultats obtenus montrent que les divers événements phénologiques ont une fréquence annuelle au niveau de l'espèce et irrégulière au niveau de l'individu. Sur une période de 10 ans, trois quarts des arbres en âge de se reproduire disséminent des fruits au moins cinq fois. La défeuillaison se produit au cours des mois d'octobre (grande saison des pluies), la floraison en décembre et la fructification en février. Le diamètre minimum de floraison et de fructification a été de 33,8 cm en 1948-1957. L'influence hautement significative du diamètre sur la probabilité de fleurir ou de fructifier a été mise en évidence.

Mots-clés

Prioria balsamifera, phénologie, floraison, fructification, température, précipitation, diamètre

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Professeur Jean-Louis Doucet et Dr Dakis Ouédraogo de Gembloux Agro-Biotech et son laboratoire de R. Ils remercient aussi Dr Hans Beeckman et Dr Nils Bourland du Laboratoire de Biologie du bois du Musée Royal de l'Afrique Centrale. Enfin, ils sont infiniment reconnaissants à toute de l'équipe de l'INERA-Luki.

RÉFÉRENCES ET NOTES

ARNO J. [**2001**]. *Gossweilerodendronbalsamiferum. pages* 260-261 in FLYNN J.H., Jr., *and* HOLDER C.D., editors. A guide to useful woods of the world. Forest Products Society, Madison, United States.

BATSCHELET E. [**1981**]. Circular Statistics in Biology.Academic Press, New York.

BERTHELOT M., FRIEDLINGSTEIN P., CIAIS P., DUFRESNE J.L., MONFRAY P. [**2005**].*How uncertainties in future climate change predictions translate into future terrestrial carbon fluxes. Global Change Biology,* 11(**6**) : 959-970.

BLANC P. [**2002**]. *Être plante à l'ombre des forêts tropicales. Paris, France, Nathan,* 428p.

BOURLAND N., KOUADIO Y. L., LEJEUNE P., SONKE B., PHILIPPART J., DAÏNOU K., FOUSSENI F., DOUCET J.-L. [**2012**]. *Ecology of Pericopsiselata (Fabaceae), an Endangered Timber Species in Southeastern Cameroon. Biotropica* 44: 840-847.

BRETELER F.J. [**1999**]. *A revision of Prioria, including Gossweilerodendron, Kingiodendron, Oxystigma, and Pterygopodium (Leguminosae - Caesalpinioideae - Detarieae) with emphasis on Africa.Wageningen Agricultural University Papers* 99–361.

CHUINE I., BELMONTE J. ET MIGNOT A. [**2000**]. *A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations.Journal of Ecology.*561-570.

COURALET C., VAN DEN BULCKE J., NGOMA J., VAN ACKER *et* BEECKMAN[**2013**].*Phenology in functional groups of central african rainforest trees. Journal of Tropical Forest Science* 25(**3**): 361–374

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, Belgium.

DIETERLENF. [**1978**]. *Zur Phänologie des Aequatorialen Regenwaldes im Ost-Zaire (Kivu). Nebst Pflanzenlisten und Klimadaten. Diss. Bot.* 47.

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

Cramer, Vaduz

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 Gembloux.

FENNER M. [**1998**].*The phenology of growth and reproduction in plants. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*.1:78-91.

HUMBLET P., [**1946**]. *Aménagement des forêts climatiques tropicales au Mayumbe. Bulletin Agricole du Congo Belge* 37:15-87

KEAY R. W. J. [**1989**]. Trees of Nigeria.Oxford Science Publication, New York, USA.

KIKUZAWA K. *and* LECHOWICZ M.J. [**2011**].Ecology of leaf longevity. Ecological Research Monographs.Springer, Dordrecht.

KOUADIO Y.L. [**2009**]. Mesures sylvicoles en vue d'améliorer la gestion des populations d'essences forestières commerciales de l'Est du Cameroun. Thèse de doctorat, Facultés Universitaire des Sciences Agronomique, Gembloux.

LEBOURGEOIS, F., PIERRAT J.C., PEREZ, V., PIEDALLU, C., CECCHINI, S., ULRICH E., [**2010**]. *Changement des dates de débourrement et de Jaunissement des chênaies et des hêtraies françaises au cours du XXIe siècle, Rev. For. Fr. LXII – 6.*

LEITH H [**1974**].Phenology *and* seasonality modeling.Springer, Berlin

LEONARD J. [**1952**]. Cynometreae *et* Amherstieae. Flore du Congo-Belge *et* du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Vol. III, pub. Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo, Bruxelles.

LUBINI A., [**2016**]. Communication personnelle.

LUBINI A., [**1997**]. *La végétation de la Réserve de biosphère de Luki au Mayombe (RD. Congo).Opera botanica belgica* 10, 155p.

MACHADO I.C.S., BARROS L.M. ET SAMPAIO E.V.S.B., [**1997**]. *Phenology of Caatingaspecies at Serra Tahada, PE, north-eastern Brazil. Biotropica*, 57-68.

MAPONGMETEM P.M., DUGUMA B., NKONGMENECK, *et* PUIG H. [**1998**]. *Déterminisme de la défeuillaison chez quelques essences forestières tropicales du Cameroun.Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 53, 193-210.

MAYAUX P, [**2006**]. *Cartographie et évolution du couvert forestier en Afrique centrale. In : Devers D. & Vande Weghe J.-P., eds. Les Forêts du Bassin du Congo - État des Forêts* 2006. Maryland, USA : CARPE, 80-89.

MENGA P.[**2012**] *: Ecologie des peuplements naturels de MilletialaurentiiDe Wild. dans la région du lac Maï-Ndombe, en R D Congo, Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences* 197p.

MENGA P., BAYOL R. NASI ET FAYOLLE A., [**2012**]. *Phénologie et diamètre de fructification du wengé, Millettialaurentii De Wild. : implications pour la gestion. Bois et forêts des tropiques, N°* 312 (**2**)

MEUNIER Q., C. MOUMBOGOU J.L., DOUCET [**2015**]. Les arbres utiles de Gabon. Les presses agronomiques de Gembloux.

MORISETTE J. T., RICHARDSON A.D., KNAPP A.K., FISHER J.I., GRAHAM E.A., ABATZOGLOU J., WILSON B.E., BRESHEARS D.D., HENEBRY G.M., HANES J.M., LIANG L.. [**2009**]. *Tracking the rhythm of the seasons in the face of global change: phenological research in the* 21st century. Frontiers in Ecology *and* the Environment 7:253-260

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, pp.* 561-579.

NEWSTROM L.E., FRANKIE G.W. *et* 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.

PEEL M.C., FINLAYSON B.L. ET MCMAHON T.A.,[**2007**].*HYPERLINK «http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.* html» «Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification». Hydrol. Earth Syst. Sci. 11: 1633–1644.

PENUELAS J., FILELLAI., ZHANG X.Y., LLORENS L., OGAYA R., LLORET F., COMA, P., ESTIARTE M., TERRADAS J., [**2004**]. *Complex spatiotemporal phenological shifts as a response to rainfall changes. New Phytologist,* 161(**3**): 837-846.

PLUMPTRE J. [**1995**]. *The importance of «seed trees» for the natural regeneration of selectively logged tropical forest. Commonwealth Forestry Review* 74(**3**)

POUPON H., [**1979**]. *Etude de la phénologie de la strate ligneuse à Fété Olé (Sénégal septentrional) de* 1971 à 1977. Bull Inst Fondam Afr Noire (IFAN). 44-91.

R_CORE, TEAM. [**2014**].*R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : s.n.*, 2014. R Foundation for statistical Computing. URL: http://www.R-project.org/.

REICH P.B. ETBORCHERT R. [**1984**]. *Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica.Journal of Ecology* 72, 61-74.

RICHARDSON A.D., KEENAN T.F., MIGLIAVACCA M., RYU Y., SONNENTAG O. *and* TOOMEY M. [**2013**].*Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system.Agr. Forest Meteorol.,*169: 156-173.

SABATIER D. *et* PUIG H., [**1986**]. *Phénologie et saisonnalité de la floraison et de la fructification en forêt dense guyanaise. Msm. Mus. Nat. Hist. Nat., ser. A,* 132, 173-184.

SCHWARTZ M. D. [**2003**]. PHENOLOGY: An Integrative Environmental Science. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

STUART J. D. *and* ASHTON P.S., [**1999**]. *Phenology and fecundity in* 11 sympatric pioneer species of Macaranga (Euphorbiaceae) in Borneo. American Journal of Botany 86(12): 1786–1795.

WHITE F. [**1983**]. La végétation de l'Afrique. UNESCO, Paris

WHITMORE T.C. [**1975**]. *Tropical Rain Forest of the Far East.Clarendon Press, Oxford,* 282p.

WRIGHT S. J. *et* VAN SCHAIKC. P., [**1994**]. *«Light and the phenology of tropical trees »,American Naturalist, p.* 192–199.

This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved