

Observations préliminaires de la phénologie des Annonaceae, Fabaceae, Myristicaceae et Rubiaceae dans la Réserve de Biosphère de Luki, en République Démocratique du Congo

Baraka Lucungu Prince¹, Semeki Ngambinzeke Jean¹, Maloti Jean marron², and Kadiata Bakach Dikand¹

¹Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa XI, RD Congo

²Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The phenology of 22 woody species of the Luki Biosphere Reserve in the Kongo central Province, Democratic Republic of Congo was analyzed. Direct and indirect observations were made on trees every ten days from July 2009 to July 2010 taking into account the phenological phases which are flowering, fruiting, dissemination and defoliation. The species studied are divided into three groups (evergreen species, semi-deciduous species and deciduous species). A peculiarity was noted for the spread of *Xylopia welwichtii* trees that was difficult to determine as ripe fruit and burst several times before falling to the ground. The fact that the problem does not arise in the determination of the period corresponds better to the dissemination of the fruits of this species. For all four families under study, the different phenological stages are under the control of climate variations. For the different families studied, observe a strong dispersion of phenological events over the months of the year. These results suggest a high interspecific and intraspecific variability in the occurrence of phenological events observed in this study, namely flowering, fruiting, dissemination and defoliation.

KEYWORDS: Woody, phenology, biosphere reserve, climate, Luki.

RESUME: La phénologie de 22 espèces ligneuses de la Réserve de Biosphère de Luki en province du Bas-Congo, en République Démocratique du Congo a été analysée. Des observations directes et indirectes ont été faites sur les arbres tous les dix jours de juillet 2009 à juillet 2010 en prenant en considération des phases phénologiques que sont la floraison, la fructification, la dissémination et la défeuillaison. Les espèces étudiées sont réparties en trois groupes (espèces sempervirentes, espèces semi-caducifoliées et espèces caducifoliées). Une particularité a été notée pour la dissémination des arbres de *Xylopia welwichtii* qui a été difficile à déterminer du fait que les fruits mûrs pouvaient éclater et les graines rester accrochées plusieurs jours avant de tomber au sol. Ce fait a rendu difficile la détermination exacte de la période correspondant le mieux au début de la dissémination des fruits de cette espèce. Pour l'ensemble des quatre familles sous étude, les différents stades phénologiques sont sous le contrôle des variations du climat. Pour les différentes familles étudiées, on observe une forte dispersion des événements phénologiques sur les mois de l'année. Ces résultats suggèrent une forte variabilité interspécifique et intraspécifique dans l'apparition des événements phénologique observés dans cette étude, à savoir la floraison, la fructification, la dissémination et la défeuillaison.

MOTS-CLEFS: Ligneux, phénologie, réserve de biosphère, climat, Luki.

1 INTRODUCTION

Alors que les études phénologiques constituent un outil nécessaire pour les améliorateurs, et enrichissent la connaissance de l'autécologie des essences, les données précises sur la phénologie des espèces ligneuses utiles de la République Démocratique du Congo sont rarissimes, si pas inexistantes dans les nombreux écosystèmes que compte le pays. Dans la Réserve de Biosphère de Luki (RBL) en particulier, les dernières observations phénologiques ont été faites entre 1948 et 1957, tel qu'en ce jour il est difficile d'en obtenir des données fiables comme elles n'ont pas été bien conservées. La référence [1] a analysé ces données, pour nuancer la compréhension d'une étude menée sur la dynamique des communautés végétales de la RBL. Toutefois, les conclusions de ses analyses restent empruntées des limites dues à l'ancienneté de telles informations d'une part, et au fait que la probabilité que ces données aient été trouvées dans un format facilement analysable est moindre.

Le rythme saisonnier des plantes et animaux est un marqueur du climat [2], [3], mais aussi un élément clé de l'adaptation des êtres vivants aux variations climatiques. Pour les arbres forestiers, le débourrement est le paramètre le plus largement observé, suivi de la sénescence alors que très peu de données existent quant à la floraison et la maturation des fruits [4]. La mise en place des feuilles, leur développement et leur chute déterminent la période de végétation pendant laquelle les arbres à feuilles caduques sont photosynthétiquement actifs [5].

De nombreux travaux ont montré que les populations naturelles sont étroitement adaptées à leur situation climatique locale afin de minimiser les risques de dégâts occasionnés, par exemple, par les gelées précoces ou tardives sur la survie, le succès reproducteur ou plus simplement la croissance. Dans le contexte actuel du changement climatique, ce caractère adaptatif revêt donc une importance croissante dans de nombreux domaines de recherche fondamentale et appliquée [5].

Les préoccupations des enjeux de la Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) en République Démocratique du Congo (RDC) sont telles qu'il faut aménager les forêts pour assurer leur pleine reconstitution; utiliser le bois pour le besoin de la population et le développement économique du pays et ensuite, récolter les arbres matures et reboiser immédiatement après [6]. En effet, le reboisement est une tâche essentielle sur de grandes étendues sous les tropiques, tant en vue de restaurer les territoires dévastés que de prévenir ou remédier aux déficits en bois [7], mais l'obtention des semences pose souvent problème. Les initiatives de reboisement et de régénération des espèces pour une gestion durable des forêts nécessitent donc la connaissance des cycles phénologiques et de ce fait, de l'évolution des espèces à utiliser par rapport aux facteurs du milieu qui, selon [8], [9], [10], [11] et [1], sont indispensables pour expliquer les résultats des études de productivité.

La connaissance des caractéristiques phénologiques permet de suivre la production des diaspores pour pouvoir disposer en temps utile de bonnes semences et faire de la régénération assistée en se basant sur les mécanismes naturels de sylvigénèse.

Cette étude a pour objectif la caractérisation de la dynamique des communautés végétales de la Réserve de Biosphère de Luki, plus particulièrement la phénologie des espèces ligneuses appartenant à 4 familles, les plus fréquentes, que sont les Annonaceae, Fabaceae, Myristicaceae et Rubiaceae, en utilisant comme événements phénologiques, la floraison, la fructification, la dissémination et la défeuillaison ou hivernage.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

La RBL se situe à l'ouest de la RDC, au Sud-est du Mayombe Congolais, dans la Province du Bas-Congo, à environ 120 km à l'Est de la côte de l'Atlantique et à 30 km au Nord de la ville portuaire de Boma. Elle s'étend entre 5°35' et 5°43' de latitude Sud, et entre 13°07' et 13°15' de longitude Est ; sur une altitude variant entre 151 et plus de 500m. Créée en 1937, cette aire protégée couvre 32.714 ha et occupe tout le bassin hydrographique de la Luki, sous-affluent du fleuve Congo, au Sud-est de la forêt guinéenne du Mayombe congolais (Figure1). Elle est située dans le sud-ouest du Centre régional d'endémisme guinéo-congolais. Plusieurs genres et familles sont endémiques à cette entité chorologique [12]. En ne considérant que le territoire congolais, [13] a érigé le Mayombe au rang de District floristique. Cette entité floristique du Mayombe débordé les frontières, s'étendant à l'enclave angolaise de Cabinda et au Mayombe congolais, ainsi que dans une petite partie du Gabon. Les forêts d'Afrique subsaharienne dont celles du Mayombe font partie, ont fait l'objet de plusieurs classifications proposées entre autres par [14], [15], [12]. D'après ces auteurs, les forêts de la Réserve de Biosphère de Luki, au regard du climat dont jouit le Mayombe et de sa situation géographique, sont de type ombrophile semi-sempervirent guinéo-congolais. Ainsi, [14] les insèrent dans la classe phytosociologique priorioscorodophleuion, bien que [12] fait état de plusieurs associations forestières couvrant l'ensemble de la Réserve.

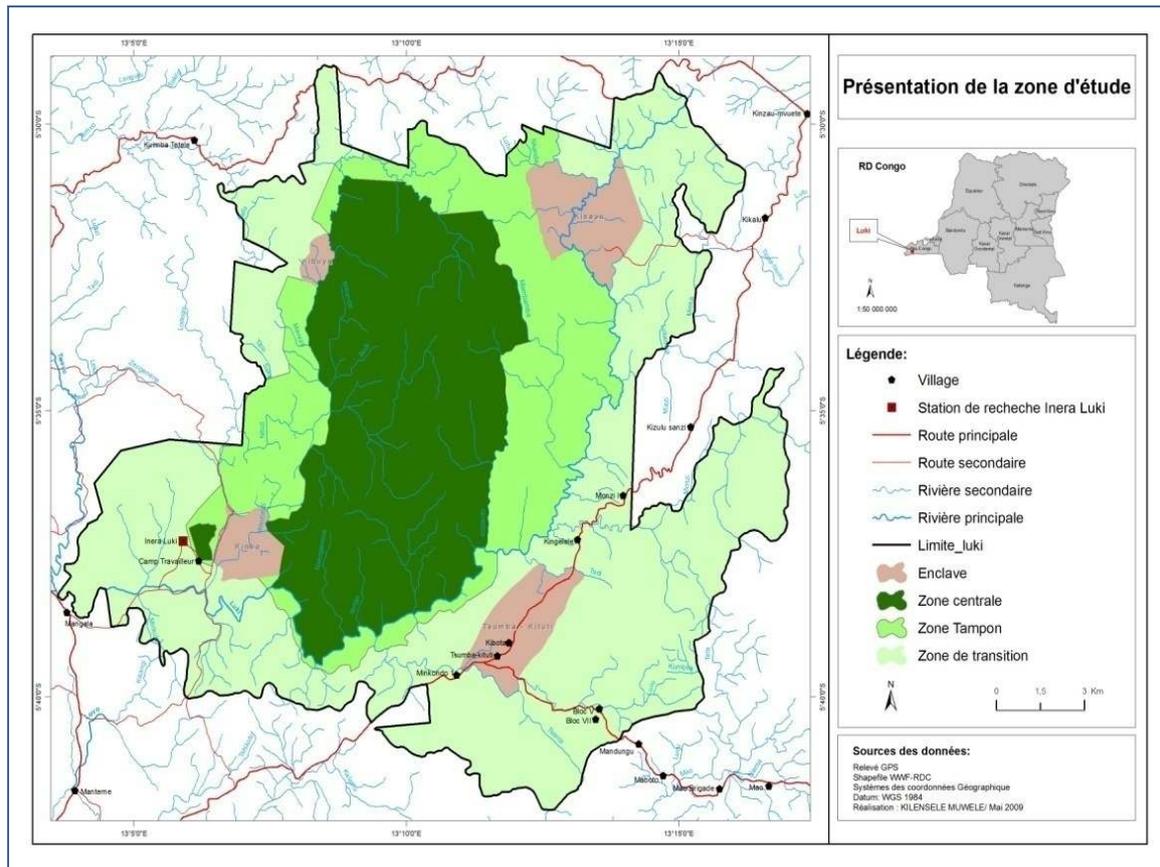


Fig. 1. Carte de la R2serve de biosphère de Luki

Les données météorologiques de la station de Luki pour la période d'étude montrent que l'année est divisée en deux grandes saisons, l'une pluvieuse s'étalant entre la deuxième moitié du mois d'octobre et la première moitié du mois de mai; l'autre sèche, allant de la mi-mai et à la mi-octobre. La saison des pluies est entrecoupée, entre décembre et janvier, par une courte période de sécheresse relative, du reste peu marquée. La saison sèche dure quatre mois et se caractérise par une baisse légère de température et de fréquents brouillards matinaux ou brumes, dites précipitations occultes qui compensent le déficit en eau du sol. L'abaissement des températures pendant la saison sèche (juin à septembre) et la haute humidité relative (75,5%) créée par le voisinage de l'océan atlantique [16] atténuent la rigueur du climat en maintenant un déficit de saturation relativement bas pendant cette saison.

On reconnaît dans la RBL, cinq catégories de sols, à savoir : les sols rouges violacés sur les amphibolites ; les sols jaunes, les plus répandus, développés sur le gneiss et le quartzite ; les sols rouges, peu étendus se développant sur le gneiss et les sols alluvionnaires récents rencontrés dans les bas de pentes, et les sols hydromorphes sur argiles noires [17].

2.2 CIRCUIT DES OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES

Etant donné l'étendue de la Réserve et le temps assez limité imparti à ce travail, le circuit de relevés pour les observations s'étend en grande partie le long du sentier écologique du parc de la Nkula qui est la zone centrale B et dans le bloc 10 à l'intérieur même de la Réserve, dans la zone de transition. Le choix de ce site se justifie par le fait que c'est l'une des parties de la Réserve avec une grande biodiversité, nécessitant une étude préliminaire pour connaître le comportement des espèces qu'elle renferme face aux variations du climat et surtout pour s'enquérir de la disponibilité des diaspores tant pour un besoin d'enrichissement éventuel que pour une régénération assistée sur l'ensemble de la Réserve.

2.3 IDENTIFICATION DES ARBRES

Pour l'identification des arbres sur terrain, l'assistance technique du botaniste de l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique) Luki a été nécessaire. Par ailleurs, plusieurs ouvrages ont servi dans cette tâche, notamment ceux

de [13], [18], [19], [20], de par leurs descriptifs et illustrations de la flore ligneuse. Le processus a consisté en la localisation (positionnement) et la mesure de tous les arbres ayant un DHP d'au moins 10 cm.

2.4 OBSERVATIONS ET MENSURATIONS

Les études sur le terrain ont consisté en la récolte du matériel botanique, des relevés phénologiques, ainsi que des mensurations des diamètres à hauteur de poitrine (DHP). Les relevés phénologiques ont porté sur 110 arbres localisés et numérotés à raison de cinq arbres par espèce, appartenant à 22 espèces ligneuses réparties en 4 familles. Les arbres inventoriés dans ce bloc devaient accuser DHP minimum de 10 cm. Les relevés ont été effectués à l'aide, d'une part, des observations directes aux jumelles et d'autre part, des observations indirectes au sol des fleurs ou fruits mûrs tombés.

Le DHP était mesuré avec un ruban diamétrique à une hauteur de 1,30 m, évitant toutes saillies ou lianes poussant sur le tronc. Les arbres avec contreforts ont été mesurés au plus bas point où le diamètre du bol pouvait être mesuré avec précision sans l'influence des protubérances additionnelles.

Le point de mesure était marqué d'un « x » avec le bout pointu du ruban. A ce point précis, à l'aide d'un pinceau, un marquage était fait avec de la peinture autour de l'arbre. La hauteur de mesure de la circonférence est matérialisée par un double trait de peinture. Pour chaque arbre inventorié, les paramètres relevés sont le nom de l'essence; le code de l'arbre; la circonférence au DHP et la position de l'arbre dans le circuit de relevé.

Les relevés phénologiques étaient effectués chaque mois tandis que les observations phénologiques se faisaient tous les dix jours. Deux types d'observations ont été réalisés :

2.4.1 OBSERVATIONS DIRECTES

Elles ont été faites directement sur l'arbre ; à l'œil nu ou à l'aide des jumelles selon que le paramètre en cause est facilement observable ou que l'arbre est encombré ou pas.

2.4.2 OBSERVATIONS INDIRECTES

Un sentier d'observation est aménagé et entretenu pour avoir une bonne vision à la base de chaque arbre sous observation, afin de procéder à l'observation au sol de la présence de fleurs, des fruits ainsi que de feuilles mortes.

Analyse des résultats

Une fiche a été établie pour le relevé phénologique et l'échelle suivante pour les fréquences d'observation a été utilisée:

Rien ou pas de (fleurs, fruits ou défeuillaison) : 0

Présence de (fleurs, fruits ou feuilles qui tombent) : X

Les relevés ont été effectués chaque mois et les observations phénologiques tous les dix jours. Pour déterminer les dates de début pour chaque événement, les résultats fournis par le logiciel SPSS16,00.2 ont aidé à faire le dépouillement et le regroupement des données telles qu'elles étaient étalées sur l'année. En entrant les différentes données dans le logiciel, ce dernier a fourni de façon groupée, toutes les dates et les mois auxquels un événement était observé. Les analyses ont été effectuées famille par famille pour mieux apprécier les tendances de la phénologie dans la Réserve. Pour chaque mois et chaque famille, la proportion des arbres pour lesquels un événement phénologique était observé, était calculée.

3 RESULTATS

3.1 ETAT DU MASSIF

Il a été inventorié dans le circuit de suivi installé au Parc de la Nkula de la Réserve de Biosphère de Luki, 231 arbres de 19 familles, accusant un DHP d'au moins 10 cm. Après identification, les arbres appartenant aux 4 familles sous étude rassemblent 110 arbres de 22 espèces qui ont fait l'objet des observations. Le tableau 1 fait état de l'importance relative des quatre familles étudiées dans l'ensemble du circuit. Les quatre familles représentent un peu plus de 47 % de l'ensemble avec 26% des Fabaceae dans l'ensemble, ce qui prouve une abondance des arbres de cette Famille dans la Réserve (Tableau 1).

Tableau 1. Part des quatre familles sous étude dans le circuit de suivi

| Familles | Nombre d'arbres | % |
|-----------------|-----------------|------|
| Annonaceae | 20 | 8,7 |
| Fabaceae | 60 | 26 |
| Myristicaceae | 15 | 6,5 |
| Rubiaceae | 15 | 6,5 |
| Autres familles | 121 | 52,4 |
| TOTAL | 231 | 100 |

3.2 DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE DIAMÈTRE

Le DHP des arbres suivis a varié de 10 à 169 cm; ce qui explique une variabilité d'âges indispensable pour au suivi phénologique comparé. La figure 2 fait état de la distribution des arbres dans 9 classes de diamètres, et laisse voir que la distribution des arbres n'a pas été uniforme dans les différentes classes de diamètre. Pour l'ensemble du circuit, la classe modale est la classe 2 avec le maximum d'arbres observés pour toutes les familles. La classe 5 a aussi reçu une fréquence élevée par rapport aux autres classes. On note une faible représentation des individus de grand diamètre, ce qui s'explique par le fait que le long du circuit il n'a pas été possible de regrouper un nombre important de grands arbres d'une part, et le fait qu'à l'échelle d'une station donnée, les effectifs d'arbres diminuent au fur et à mesure que le diamètre augmente.

La variabilité d'âge observé peut être associée à la variabilité qui a été observée dans l'apparition des événements phénologiques entre les espèces et à l'intérieur des espèces pour les quatre familles sous étude. Les fructifications partielles et/ou incomplètes observées pour certaines familles est due au fait que pour certaines familles, il a été observé un nombre élevé d'arbres de petit diamètre (classe 2); ce qui reviendrait à dire que ces individus n'avaient pas encore atteint leur diamètre de fructification régulière [21]. Cette notion reste cependant à étudier particulièrement et spécifiquement pour les différentes familles.

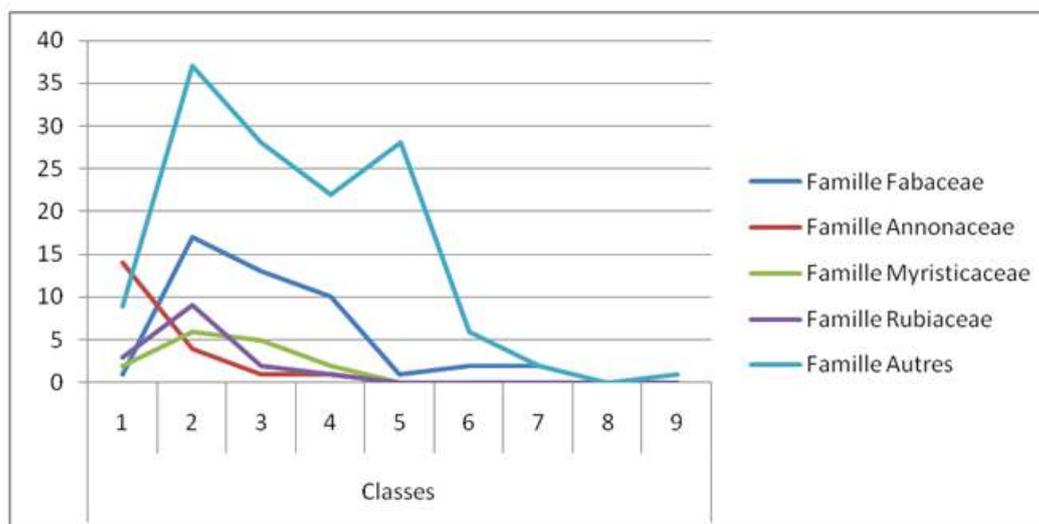


Fig. 2. Distribution des arbres du massif en classes de diamètre

3.3 SPECTRE PHÉNOLOGIQUE GLOBAL

Pour l'ensemble des quatre familles sous étude, les stades phénologiques varient suivant les saisons (Figure 3A, 3B, 3C et 3D). Le développement foliaire débute en avril-mai, juste avant les premières pluies, et est maximale en juillet, août et septembre. Pour les Fabaceae (Figure 3B), la défeuillaison s'amorce en juillet, progresse en août; pour être maximale en septembre et octobre. Elle est ensuite interrompue pour reprendre pendant la petite saison sèche.

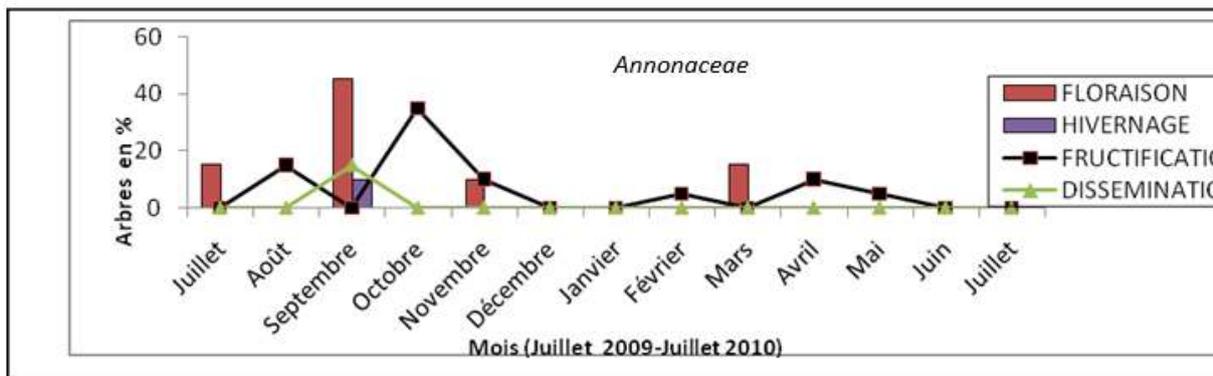
Des fleurs sont observées presque toute l'année, mais la floraison est maximale en septembre pour les Annonaceae (Figure 3A), novembre et mars pour les Fabaceae (Figure 3B), janvier et février, pour les Myristicaceae et les Rubiaceae; respectivement (Figure 3C et 3D). Quant à la fructification, elle est prépondérante en mai, juin et juillet.

La figure 2 fait état de fortes disparités dans l'apparition des stades phénologiques pour les quatre familles. Pour les Annonaceae (Figure 3A), le début de la floraison coïncide avec la saison sèche, en débutant en juillet, et atteint son maximum en septembre. Par ailleurs, leur fructification est maximale en début de saison des pluies en octobre, s'arrête en novembre et reprend sur moins de 20% des arbres pendant la petite saison sèche de février. La dissémination est notée en septembre seulement alors que l'hivernage a aussi lieu en septembre bien que sur moins de 20% des arbres observés. Une particularité a été notée pour la dissémination des arbres de *Xylopia welwichtii* qui a été difficile à déterminer du fait que les fruits mûrs pouvaient éclater et les graines rester accrochées plusieurs jours avant de tomber au sol. Ce fait a rendu difficile la détermination exacte de la période correspondant le mieux au début de la dissémination.

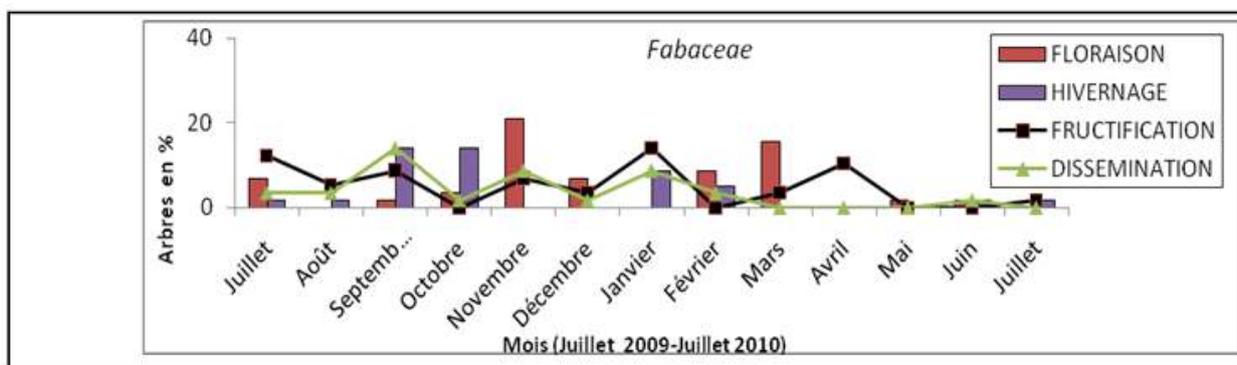
Pour les Fabaceae quant à eux, on observe une forte dispersion des événements phénologiques sur les mois de l'année (Figure 3B), mais aussi une grande variabilité interspécifique et intraspécifique. Le grand nombre d'espèces et donc, le plus grand nombre d'arbres observés peuvent être évoqués pour expliquer ce fait. Le développement des fruits s'étend de septembre à janvier, les fruits mûrs apparaissent en janvier et avril, en pleine saison des pluies avec un pic en janvier. La dissémination correspond avec les périodes où les températures sont élevées étant donné que la plupart de ces arbres produisent des gousses.

Les espèces de la famille des Myristicaceae déclenchent la floraison progressivement à partir du mois de septembre avec un maximum observé en janvier (Figure 3C). Au début des observations, plus de 50% d'arbres de cette famille étaient encore en fructification; celle-ci s'est arrêtée en août. La dissémination avait donc déjà commencé avant le début des observations en juillet 2009 et, elle ne s'est arrêtée qu'à la fin de la saison sèche. Il a été observé des variabilités inter et intraspécifiques chez les Myristicaceae. La figure (3D) fait état de la phénologie chez les Rubiaceae. On observe un début de floraison correspondant à la saison sèche (entre mai et octobre); avec un maximum observé en février pendant la petite saison sèche. La fructification s'en suit en mars alors que la dissémination intervient en juillet en pleine saison sèche. Comme les trois familles présentées précédemment, des disparités ont été notées dans l'apparition des événements phénologiques. Il a été observé par exemple que chez *Corinanthé paniculata*, dont on note une forte production de fleurs, les fruits qui arrivent à maturité sont toujours vides dedans. Un essai de germination des filaments trouvés à l'intérieur des fruits n'a produit aucun résultat.

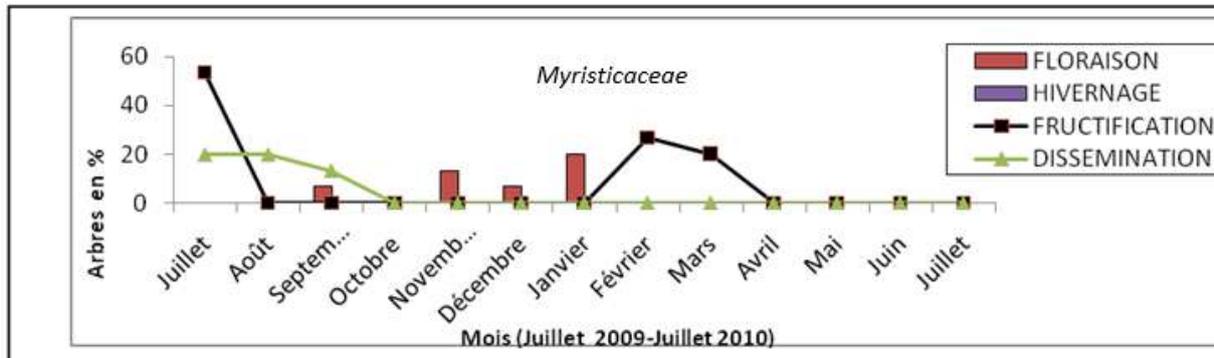
A



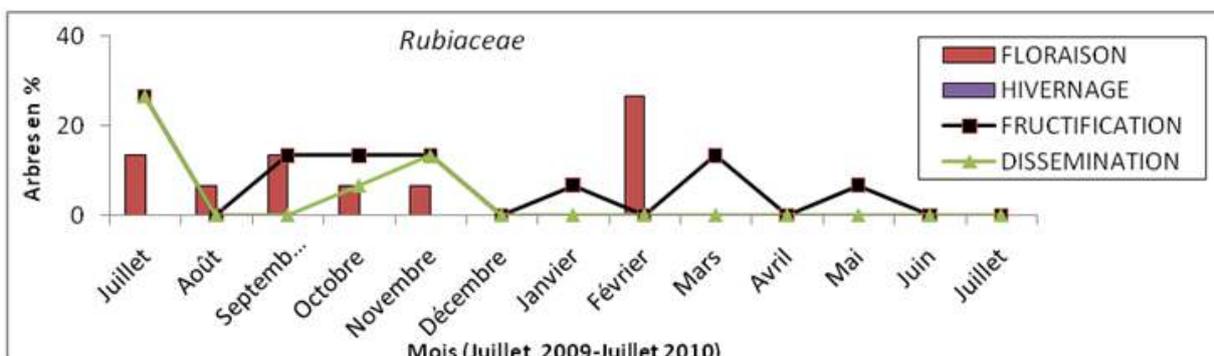
B



C



D



4 DISCUSSION

Son entreprise reste cependant justifiée, dans l'objectif de fournir des informations actualisées sur les activités et les programmes en cours à l'échelle de la Réserve, et de stimuler les discussions et les études complémentaires de suivi de la dynamique des peuplements de la Réserve, et d'autres écosystèmes du Pays. Les principaux résultats de cette étude font état d'une synchronisation entre les stades phénologiques et les variations des conditions climatiques. Des résultats similaires ont été obtenus sur des savanes au Niger et en République Centre Africaine [22], [23].

Il a été observé de fortes disparités dans l'apparition des divers stades phénologiques entre les familles et à l'intérieur des familles; mais aussi entre les espèces et à l'intérieur des espèces. Cette variabilité est fonction de l'aptitude propre à chaque espèce dans la conquête du milieu [24], [25]. Les références [5] et [1] quant à elles expliquent cette variabilité par la diversité des conditions écologiques dans la Réserve, ou par la variabilité génétique de l'espèce. En effet, les différents arbres observés étaient répartis différemment dans la Réserve.

La distribution des arbres en classes de diamètre a été inégale parce que d'une part, la surface réduite pour l'étude ne permet pas de trouver toutes les classes de diamètre, et d'autre part, du fait que certaines espèces n'atteignent jamais un grand diamètre [22]. Par ailleurs, de fortes proportions (plus de 30%) d'individus n'ont manifesté aucun événement durant toute la période d'observation. Ce phénomène peut trouver une explication dans la principale limite de cette étude, qui résulte du fait qu'elle ne présente des résultats que pour une année d'observations, alors que les observations phénologiques se font sur de longues périodes [23], [4], [8], [5].

5 CONCLUSION

Les résultats obtenus laissent voir que pour les communautés végétales de la Réserve, les différents stades phénologiques sont corrélés avec les paramètres climatiques et varient entre les espèces et à l'intérieur des espèces. Les facteurs propres à chaque individu induisent des variations dans l'expression des événements phénologiques. C'est ce qui explique que les individus de même famille n'atteignent pas simultanément un stade phénologique donné. Ainsi la diversité d'âges d'arbres inventoriés par famille reflétée par leur différence de DHP est une donnée qui rassure sur la variabilité intra et interspécifique au sein d'une famille. Le développement des fruits se fait au début de la saison des pluies. La dissémination de certaines familles telles les Fabaceae, bien que des différences existent, nécessite de fortes chaleurs. La période de défoliation correspond avec les périodes de températures élevées en réponse des espèces aux conditions difficiles, notamment le stress hydrique qui s'en suit.

Bien que conduite comme étude pionnière sur le plan de la phénologie dans Réserve dans la Réserve de Biosphère de Luki, la présente étude est riche d'enseignement et requiert que des études analogues sur des durées plus longues soient entreprises afin de mieux maîtriser la dynamique du massif ligneux qui le peuple.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au financement du Projet d'Appui à la formation en Gestion des Ressources Naturelles dans le Bassin du Congo (FOGRN-BC). Nous tenons aussi à remercier le botaniste de la station de l'INERA LUKI pour sa collaboration et précieuse contribution à l'identification des espèces des familles étudiées dans cet article. Les gestionnaires de la Réserve de biosphère de Luki, et le responsable du Laboratoire du Musée royal de Tervuren nous ont offert un cadre pour le séjour à Luki lors de la collecte des données, nous leur témoignons notre gratitude.

REFERENCES

- [1] 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. 173p.
- [2] Beaubien E. et Freenland H. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: Links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology* 44: 53-59.
- [3] Chuine I., Yiou P., Viovy N., Seguin B., Daux V. et Ladurie E. 2004. Grape ripening as an indicator of past climate. *Nature* 432: 289-290.
- [4] Borchert R., Robertson, M. and Williams G. 2005. Phenology of temperate trees in tropical climates. *International Journal of Biometeorology* 50: 57-65.

- [5] Differt J., 2001. Phénologie des espèces arborées, Synthèse bibliographique. Analyse des données du Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR), 224 p.
- [6] Beauregard R. 2009. L'enjeu des changements climatiques en relation avec la forêt et l'utilisation des produits du bois. Communication présentée lors de la Conférence sur le Changement Climatique à la Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa.
- [7] Kadiata B.D. 2007. Cours de Reboisement, Faculté des Sciences Agronomiques, UNIKIN.
- [8] Cumming S., Burton P., et Smith T. 1996. Phenology mediated effect of climatic change on some simulated British Columbia forest. *Climatic Change* 34: 213- 222.
- [9] Ludëke M., Ramge P. et Kohlmaier G. 1996. The use of Satellite NDVI data for the validation of global vegetation phenology models. Application to the Frankfurt biosphere model. *EcologyModelling* 91: 255-270.
- [10] Nelson N. et Running S. 1996. Global dynamics vegetation modelling coupling biogeochemistry and biogeography models, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 451-465.
- [11] White M., Thornton P. et Running S. 1997. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global Biochemistry Cycles* 11: 217-234.
- [12] Lubini C. 1997. Catalogue de la flore de la réserve de biosphère de Luki. DECNT, 52p.
- [13] ROBYNS W. 1958. Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes ; Tableau analytique des familles, Bruxelles, 67 p.
- [14] Lebrun J. et Gilbert, G. 1954. Une classification écologique des forêts du Congo-Belge. INEAC, Séries Scientifiques (63), Bruxelles.
- [15] White M. 1979. The Guineo-Congolian Region and his relationship to other phytochoria. *Bull. Jard. Bot. Belg.* 49: 11-15.
- [16] Kangweja F. 2009. Analyse de la diversité des ligneux arborescents des principaux types forestiers du Nord-est de la Réserve de Biosphère de Luki (Bas-Congo, RDC), Mémoire de DEA inédit, Université de Kisangani; 168p.
- [17] Lungili K. 2001. Etude sur la filière bois-énergie à partir de la Réserve de biosphère de Luki, Mémoire inédit, ERAIFT ; 110p.
- [18] Pauwels L. 1993. Nzayilu N'ti—Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa —Brazzaville. Edition Jard. Bot. Nat. Belg., Meise. 486 p.
- [19] Poorter L., Bongers F., Kouamé F. et Hawthorne W. 2004. Biodiversity of West African Forests. An ecological Atlas of Woody Plant Species. CAB International, Cambridge, Wageningen University, 521 p.
- [20] Belesi, H. 2009. Cours de Dendrologie, Faculté des Sciences Agronomiques, UNIKIN.
- [21] Durrieu de Madron L. et Daumerie A. 2004. Diamètre de fructification de quelques essences en forêt naturelle centrafricaine. *Bois et Forêts des Tropiques* 281, 87-95.
- [22] Mahamane, A., Mahamane, S., et Lejoly, J. 2007. Phénologie de quelques espèces ligneuses du parc national du «W»(Niger). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 18(4), 354-358.
- [23] Yalibanda Y. 1999. Phénologie en forêt dense de Ngotto (RCA) : Bilan de trois années d'observation, Séminaire FORAFRI de Libreville-Session 2 : Connaissance de l'écosystème, 24p.
- [24] Senghieri J. et Simier M. 2002. Variations in phenology of a residual invasive shrub species in sahelian savannas South-west Niger. *J Trop. Ecol.* 18:897-912.
- [25] Fournier J. 2001. Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'ouest, variation selon un gradient climatique. Paris : ORSTOM.