

Influence de la pluviométrie et de la température sur la croissance radiale de l'Iroko « *Milicia excelsa* » à la Réserve de Biosphère de Luki en R.D. Congo.

Tasi M.J.P.^{1,3} *, Matwo L.S.^{1,2,3}, Mananga M. P.³, Niumba M.L.⁴, Kalendi M.N.⁵

Abstract

Influence of rainfall and temperature on radial growth of Iroko (*Milicia excelsa*) at Luki Biosphere Reserve in D.R. CONGO.

This article aims to study the influence of rainfall and temperature on the width and ring density of Iroko (*Milicia excelsa*) at Luki Biosphere Reserve in DR of the Congo. Eleven trees of Iroko (*Milicia excelsa*) were randomly selected and one disk by tree was taken at 1.30 m from the ground. Each cross section of the wood Iroko was subsequently sanded and scanned by tomography X-ray. Growth rings were visualized and the Image J software was used to analyze tomographic images. The R software was used for the linear regression and Pearson correlation to see how rainfall and temperature influence the width and density of growth rings. The annual average of all trees rays yielded a chronological mistress series. The results obtained did not reveal any influence of rainfall on the ring width and ring density of Iroko whereas the effect of temperature on those two parameters was not meaningful. The variation of the ring density is inversely proportional to the ring width. Finally, during the period from 1978 to 2014, the radial growth *Milicia excelsa* was more dependent on temperature than on rainfall.

Paper History

Received:

June 14, 2016

Revised:

September 15, 2016

Accepted:

January 21, 2017

Published online :

March 27, 2017

Keywords:

dendrochronology, Iroko (Milicia excelsa), biosphere reserve, Mayombe forest.

¹Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa, Département de Gestion des Ressources Naturelles, B.P 117 KINSHASA XI, Kinshasa, R.D. Congo

²Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kikwit, B.P 76 Kikwit, Kwilu, R.D. Congo

³Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Président Joseph Kasa-Vubu (UKV Boma), B.P. 314 Boma, Kongo Central, R.D. Congo

⁴Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Tshela (ISEA Tshela), B.P. 151 TSHELA, Kongo Central, R.D. Congo

⁵Université Catholique de Graben, B.P. 29 Butembo, Nord Kivu, R.D. Congo

* To whom correspondence should be addressed: tasijeanpaul@gmail.com; Tel: (+243) 810 294 562

INTRODUCTION

Le bois constitue la principale composante de biomasse des forêts tropicales denses et humides.

Il dispose, entre autres, d'une importance cruciale dans la régulation des changements climatiques en constituant un puits de séquestration du gaz carbonique dans ses tissus. Pour que ces forêts puissent continuer à produire suffisamment du bois, il est impératif qu'une gestion forestière rationnelle soit menée. Pour cela, il faut disposer de l'information scientifique pertinente sur la croissance des arbres. La dendrochronologie qui se base sur l'analyse des cernes permet donc de connaître la vitesse de croissance et les variations

durant toute la vie des arbres [DETIENNE *et al.*, 1998].

Très largement utilisée en forêts tempérées et boréales, elle est très rarement utilisée en forêts tropicales en raison de l'absence de conditions hivernales.

L'Iroko « *Milicia excelsa* » avec son importance économique reconnue depuis plus de deux siècles, présente une diminution sensible de densités de population du fait de l'exploitation. Malgré cela, les connaissances scientifiques utiles à sa gestion durable font défaut, particulièrement en Afrique Centrale [KASSO *et al.*, 2012]. La visibilité des cernes sur la coupe transversale du tronc d'Iroko est une caractéristique importante et fondamentale pour son

utilisation en dendrochronologie. Détienne *et al.* [1998] démontrent que les causes d'erreur dans la détermination de l'âge, faux cernes et cernes nuls, sont rares dans cette essence. Influencées par plusieurs facteurs, notamment la température, les précipitations et les conditions nutritionnelles du sol, la largeur et la densité des cernes constituent les deux paramètres les plus souvent utilisés pour étudier la croissance radiale par l'approche dendrochronologique [COURNOYER, 2010]. C'est ainsi que Rosero *et al.* [2010] ont mesuré la largeur des cernes de croissance et ont mis en évidence la variation de la densité d'un cerne à l'autre et à l'intérieur de chacun d'eux, la corrélation entre la densité du bois et les précipitations, et la détermination de la nature des cernes annuels, la modélisation de la croissance en diamètre du tronc de plusieurs essences tropicales. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la pluviométrie et de la température sur la largeur et la densité des cernes de l'Iroko à la Réserve de Biosphère de Luki en RD Congo durant la période allant de 1978 à 2014. L'hypothèse émise est donc que la largeur et la densité des cernes de l'Iroko dépendraient plus de la pluviométrie que de la température du milieu d'étude et qu'il existe un lien entre la largeur et la densité des cernes.

MATERIEL ET METHODES

La récolte des échantillons d'Iroko analysés dans cette étude a été réalisée dans la Réserve de Biosphère de Luki (Figure 1), dans la forêt de Mayombe, dans la province du Kongo Central. La Réserve de Biosphère de Luki constitue la pointe méridionale extrême du massif forestier Guinéo-Congolais. Ses limites Nord et Sud passent par les latitudes 05°35' et 05°43' Sud et celles de l'Ouest et l'Est par les longitudes 13°10' et 13°15' Est.

Le choix de ce site d'étude s'explique par le fait que l'essence Iroko (*Milicia excelsa*) y est disponible et est exploitée pour son bois par la population locale. La rondelle a été choisie comme matériel biologique d'étude (Figure 3). Cette méthode est destructive et ne prend en compte qu'une petite taille d'échantillon. En effet, Merian *et al.* [2010] estiment que 10 à 15 arbres

sont nécessaires pour obtenir une chronologie robuste. Ainsi, 11 individus d'Iroko ont été choisis de façon aléatoire sur une superficie de 100 ha. Une rondelle a

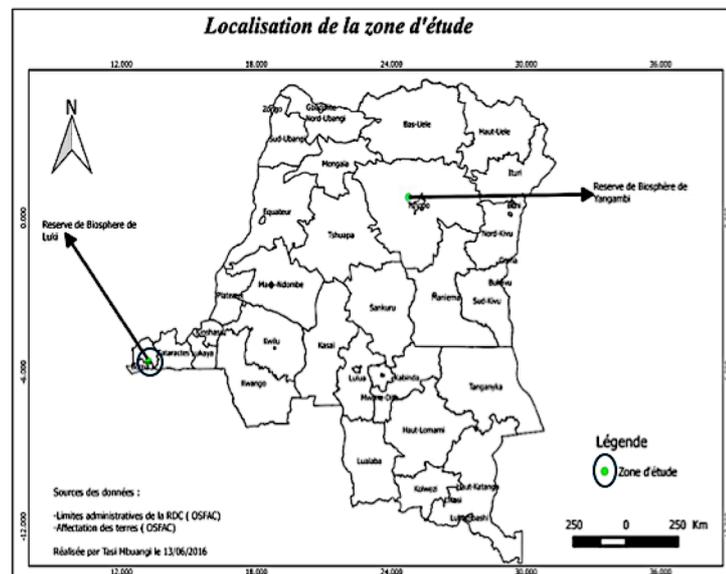


Figure 1. Localisation de la Réserve de Biosphère de Luki

été prélevée pour chaque individu à 1,30 m du sol au moyen d'une tronçonneuse (Figure 3). La méthode de prélèvement des rondelles permet d'avoir une très bonne idée de la variabilité intra-arbre [LEBOURGEOIS *et MERIAN*, 2012], et d'obtenir des séquences complètes de cernes, facilitant ainsi la datation des échantillons [DELWAIDE *et FILION*, 2010].

Ces rondelles ont été analysées au Laboratoire d'Étude des Ressources Forêts-Bois de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Nancy en France. Les différentes étapes d'analyse des rondelles sont : le ponçage à l'aide d'une ponceuse à bande, le traçage et la numérotation de 4 rayons de comptage des cernes (Figure 4), la lecture et la mesure des cernes à l'aide d'une loupe binoculaire de grossissement 10 x (Figure 4) et banc de comptage couplé avec l'ordinateur. Chaque section transversale du bois d'Iroko a, par la suite, été scannée au moyen d'un scanner par tomographie à rayon X. Le logiciel Image J a été utilisé pour analyser les images tomographiques et ressortir les valeurs de densité exprimées en Kg/m³. En vue de suivre la variation radiale de la densité du bois le long des rayons de comptage sur les images scannées, les rondelles ont été photographiées et les rayons de comptage sur ces photos ont été recalés sur les images tomographiques pour cibler les vrais rayons. Un tracé de profil de densité du bois a été effectué sur chaque rayon recalé sur les images tomographiques de la moelle à

l'écorce. La régression linéaire a été appliquée pour voir la manière dont la densité varie en fonction de la largeur des cernes. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été utilisés pour évaluer le lien entre les paramètres environnementaux (pluviométrie et température) repris dans la **Figure 2** et les paramètres de cernes de croissance (largeur et densité des cernes).

Ces deux analyses statistiques (régression linéaire et corrélation) ont été faites au moyen de logiciel R. Les moyennes des rayons des arbres ont permis d'obtenir une série chronologique maitresse. Par ailleurs, il importe de signaler que les relevés climatiques de quatre dernières années (2011-2014) de croissance des arbres n'étaient pas disponibles.

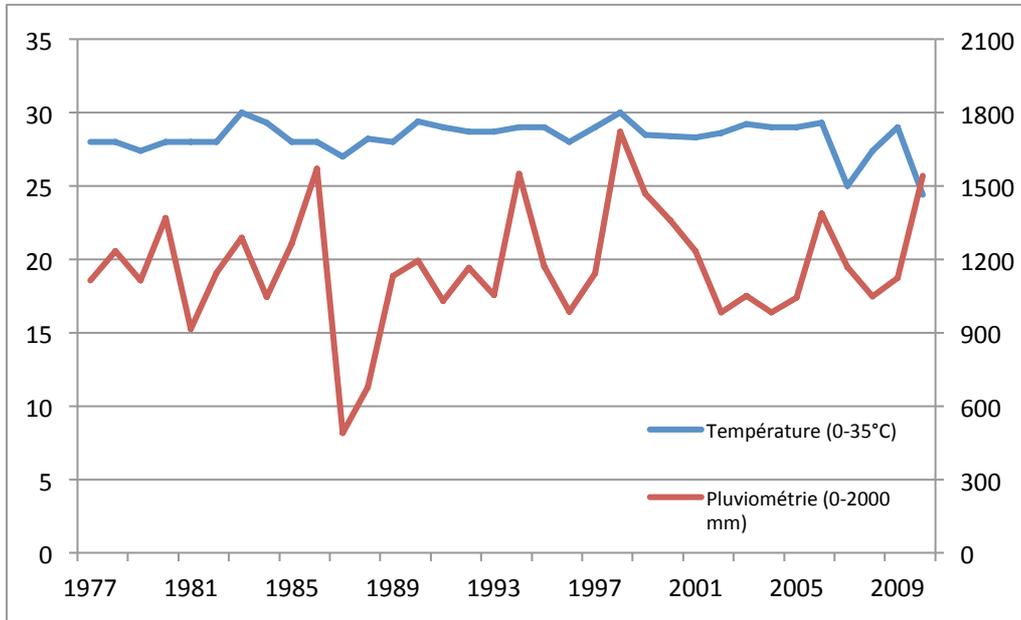


Figure 2. Evolution de la température et de la pluviométrie de 1977 à 2010 à la Réserve de Biosphère de Luki (INERA, 2014).



Figure 3. (A) Prélèvement des rondelles à la Réserve de Biosphère de Luki. (B) : Une rondelle prélevée à la Réserve de Biosphère de Luki

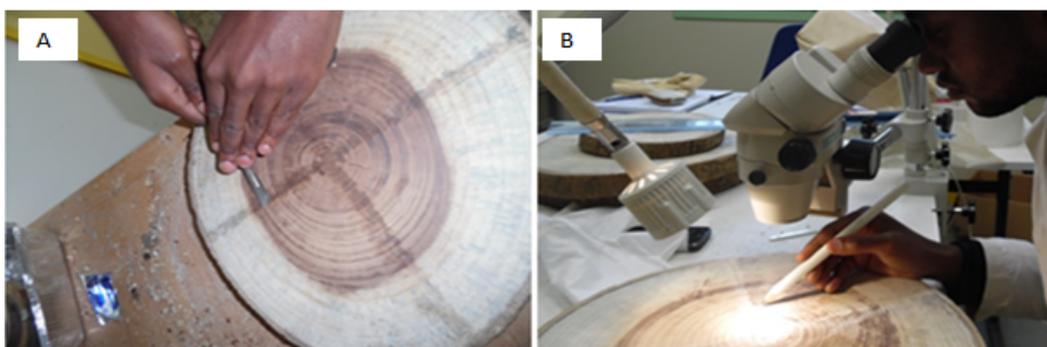


Figure 4. Rafrâichissement d'une rondelle (A) ; Lecture des cernes sur une rondelle à l'aide d'une loupe binoculaire (B).

RESULTATS

Le **Tableau 1**, et les **Figures 5, 6, 7 et 8** résument les informations sur l'effet de la pluviométrie et de la température sur les cernes de l'Iroko. Il ressort du **Tableau 1** que la contribution de la pluviométrie et de la température sur la largeur des cernes est faible, mais néanmoins la température contribue en grande partie par rapport à la pluviométrie ($r = -0,19$ contre $r = -0,05$;

Figures. 5 et 6). La contribution de la pluviométrie et de la température sur la densité des cernes est également faible, mais la température influencerait plus la densité de cernes ($r = 0,11$ contre $r = 0,04$; **Figures 7 et 8**). La **Figure 9** relative à la régression linéaire entre la densité et la largeur de cernes d'Iroko montre une variation inversement proportionnelle de la densité des cernes en fonction de la largeur des cernes ($y = 11,33x + 561,3$; $R^2 = 0,18$).

Tableau 1. Paramètres climatiques contribuant le plus à la largeur et la densité des cernes

	Coefficients de corrélation de Pearson			
	Densité des cernes	Largeur des cernes	Température	Pluviométrie
Densité des cernes	1	-0,18	0,11	0,04
Largeur des cernes	0,25(NS)	1	-0,20	-0,06
Température	0,70 (NS)	0,27(NS)	1	0,06
Pluviométrie	0,74 (NS)	0,74(NS)	0,73 (NS)	1

Les valeurs en dessous de la diagonale indiquent les P-value de la corrélation - NS : Non significatif au seuil de 5% de probabilité

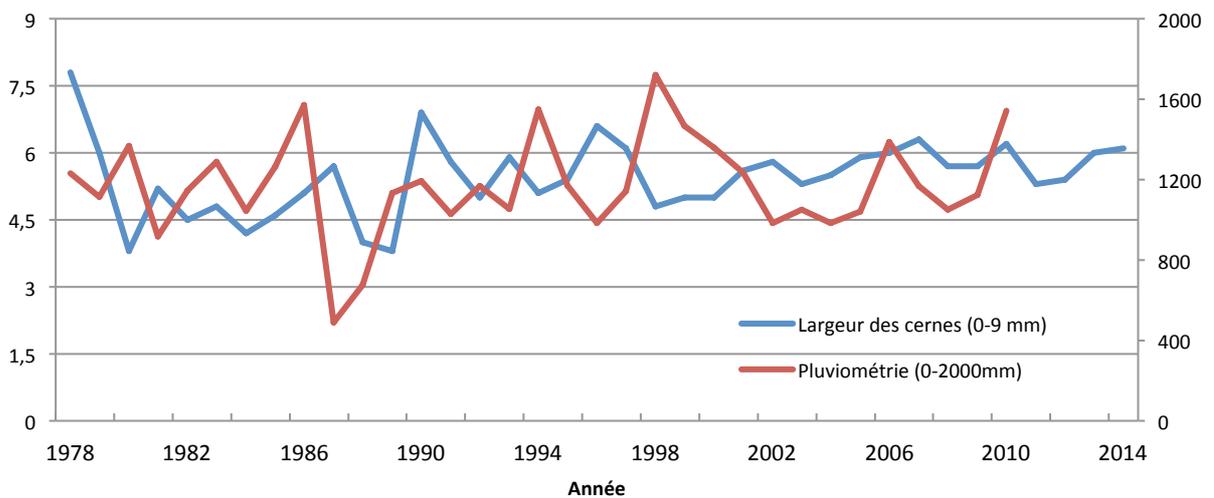


Figure 5. Evolution de la largeur des cernes avec les précipitations au cours du temps

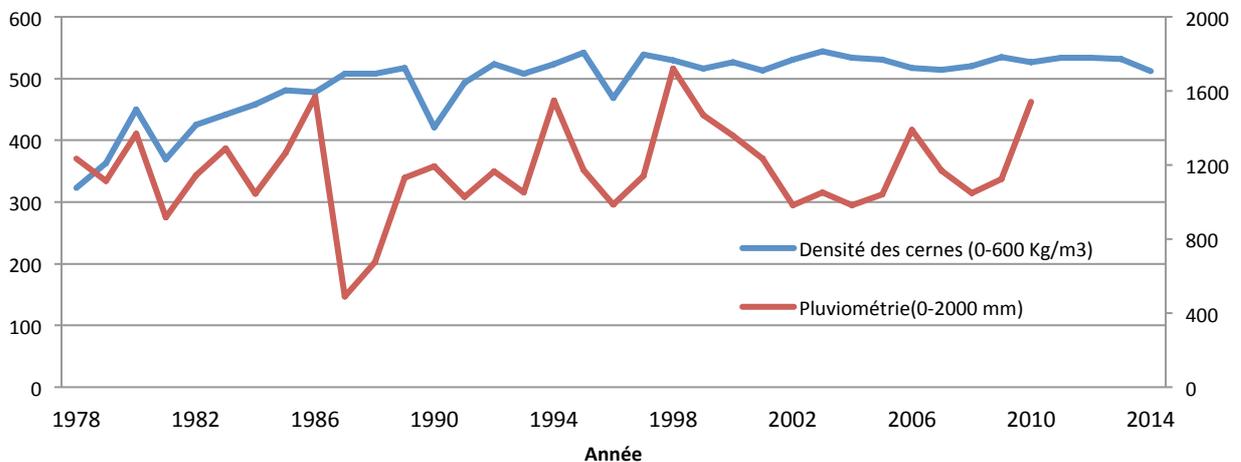


Figure 6. Evolution de la densité des cernes avec les précipitations au cours du temps.

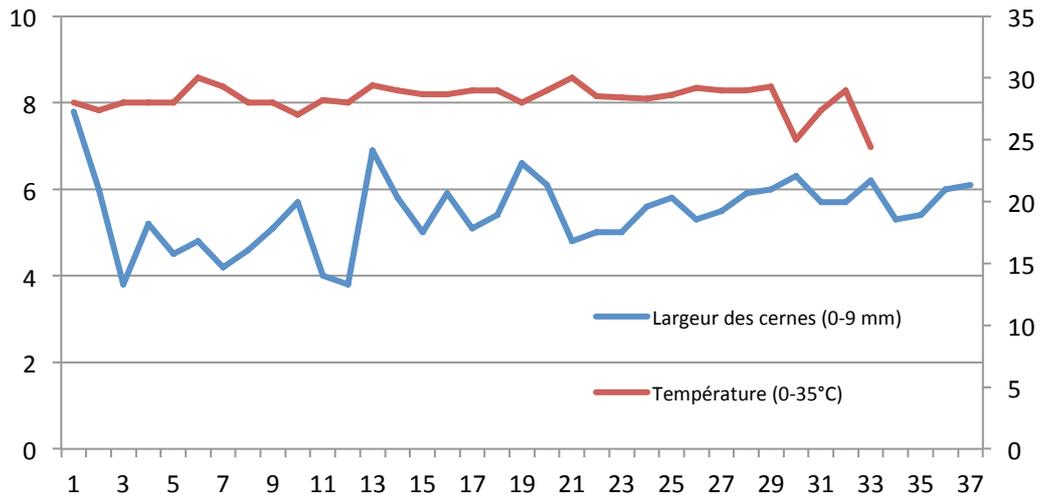


Figure 7. Evolution de la largeur des cernes avec la température au cours du temps

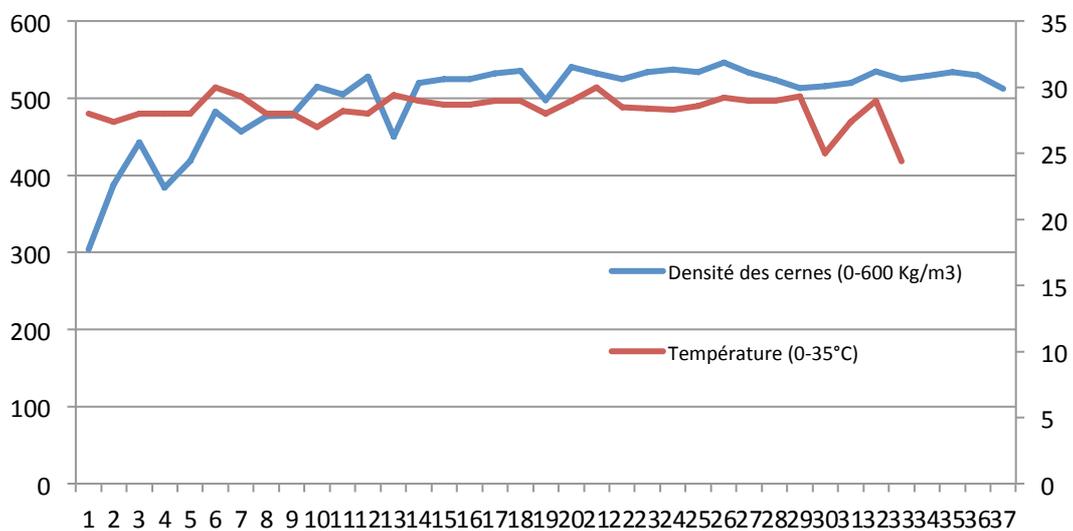
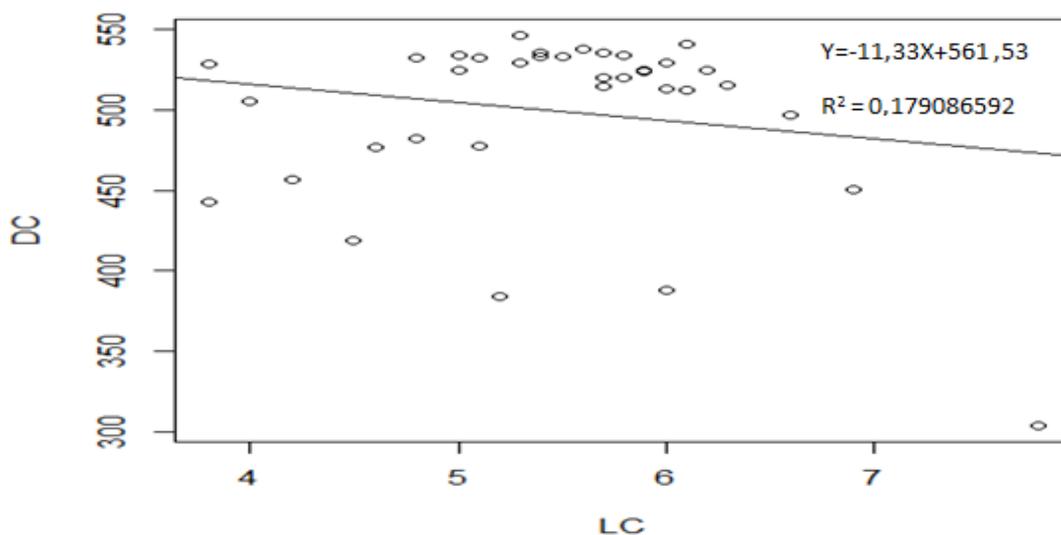


Figure 8. Evolution de la densité des cernes avec la température au cours du temps



DC : Densité des cernes (Kg/m^3) ; LC : Largeur des cernes (mm)

Figure 9. Variation de la densité radiale du bois en fonction de la largeur des cernes

DISCUSSION

La corrélation entre la pluviométrie ou la température et la largeur ou la densité des cernes a permis de voir si le climat influe sur la dynamique des cernes de croissance de l'Iroko en forêt de Mayombe en R.D. Congo. L'influence des précipitations sur la largeur des cernes d'Iroko pour la période allant de 1978 à 2014 n'a pas été mise en évidence. Il en est de même pour la densité des cernes pour cette même période. Cependant, nous avons pu mettre en évidence l'influence négative de la température sur la largeur des cernes, et son influence positive sur la densité des cernes. Le manque de corrélation entre la pluviométrie et la largeur des cernes d'une part et la densité de cernes d'autre part contredit les résultats de quelques études antérieures. A titre d'exemple, Therrell *et al.* [2006] ont étudié la reconstruction des cernes de croissance à partir de la variabilité des précipitations au Zimbabwe. Ils présentent à travers leur étude la première reconstruction des cernes à partir des précipitations en Afrique tropicale dans la région australe en utilisant 200 années de chronologie basées sur des échantillons de *Pterocarpus angolensis* du Zimbabwe. Les résultats trouvés ont démontré que la chronologie régionale des cernes est nettement corrélée avec des précipitations. Couralet *et al.* [2010], à travers une étude portant sur la réponse de la croissance spécifique des espèces d'arbres aux variations climatiques dans le sous-bois de la forêt tropicale d'Afrique Centrale, démontrent que la croissance radiale des espèces *Aidia ochroleuca*, *Corynanthe paniculata* et *Xylopia wilwerthui* est positivement liée à la pluviométrie dans la forêt semi-décidue de Mayombe en R.D. Congo. Néanmoins, les résultats trouvés à travers notre étude concordent avec ceux obtenus par Onotamba [2011] qui avait révélé dans une étude similaire que la température avait plus d'influence que les précipitations sur la croissance de l'essence *Afromozia (Pericopsis elata)* dans la Province Orientale en R.D. Congo. Belingard *et al.* [1996] démontrent également qu'il n'y avait pas de synchronisme entre la chronologie des cernes de l'Okoumé du Congo et la courbe des précipitations dans la zone de Pointe-Noire.

Le manque de corrélation entre la pluviométrie et les cernes de croissance serait expliqué par plusieurs hypothèses. Premièrement, il n'y a pas seulement le climat de l'année, notamment la pluviométrie, qui peut caractériser un cerne de croissance. Hormis la

pluviométrie, il y a plusieurs autres signaux qui peuvent influencer un cerne de croissance suivant un modèle additif et linéaire de croissance proposé par Cook [1985]. Ces signaux sont l'effet de l'âge biologique, l'effet des facteurs endogènes (fertilité, sylviculture, pathologie, attaque des insectes), l'effet des facteurs exogènes (changement climatique, pollution, ozone, CO₂) et l'effet aléatoire. La croissance des arbres que nous avons étudiés jouit d'une influence négative de la température. Ceci peut être dû par le fait que la température ne peut agir positivement que quand la pluviométrie a un impact positif sur le processus physiologique. Hormis le climat de l'année, d'autres signaux (l'effet de l'âge biologique, l'effet des facteurs endogènes, etc.) auraient influencé les cernes de croissance, bien que le climat possède un intérêt particulier. Deuxièmement, la taille de l'échantillon serait aussi à la base du manque de corrélation entre la pluviométrie et la largeur ou la densité des cernes. De récentes études ont montré que la qualité de l'estimation de la réponse au climat augmente avec le nombre d'arbres considérés pour construire les chronologies moyennes de croissance.

La présente étude révèle également que la densité des cernes diminue avec l'augmentation de la largeur des cernes (Figure 9). Ce résultat est similaire à celui trouvé par Rosero *et al.* [2010]. Ceci peut s'expliquer par le fait que les cernes de croissance sont larges quand les conditions de vie deviennent favorables (fertilité du sol, sylviculture, disponibilité d'eau,...). La largeur du bois initial est supérieure à celle du bois final. Le bois produit plus les xylèmes pour la conduction de la sève brute et produit moins les fibres pour le soutien mécanique. Cette faible production des fibres traduit la diminution de la densité et vice-versa.

CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'influence des précipitations et de la température sur la largeur et la densité des cernes de l'Iroko (*Milicia excelsa*) en forêt de Mayombe en République Démocratique du Congo. La méthodologie du travail consistait à prélever 11 rondelles d'Iroko dans la réserve de biosphère de Luki et à conduire une étude dendrochronologique au Laboratoire d'Étude des Ressources Forêts-Bois de Nancy en France. Les résultats ont révélé que la pluviométrie n'a pas influencé la largeur et la densité des cernes d'Iroko pendant la période de 1978 à 2014. Alors que pendant cette même période, la température a influencé la largeur et la densité des cernes de *Milicia excelsa*. La

variation de la densité des cernes est inversement proportionnelle à la variation de la largeur des cernes.

Pour obtenir des informations plus larges de l'effet de la température et de la pluviométrie sur la croissance radiale de l'Iroko à la longue, nous souhaiterions poursuivre l'étude en augmentant la taille de l'échantillon, en utilisant les arbres plus âgés ayant une longue chronologie, ou conduire la même étude en éliminant l'effet du climat de l'année sur la croissance radiale de l'Iroko. L'étude peut également être étendue aux forêts primaires sur le territoire national, mieux dans tout le bassin du Congo, en vue de disposer des données plus fiables sur la croissance radiale de l'Iroko et les variations climatiques intervenues.

RESUME

Le présent article vise à étudier l'influence de la pluviométrie et de la température sur la largeur et la densité des cernes de l'Iroko (*Milicia excelsa*) à la Réserve de Biosphère de Luki en R.D. Congo. Onze individus d'Iroko (*Milicia excelsa*) ont été choisis de façon aléatoire dont une rondelle par individu a été prélevée à 1,30 m du sol. Chaque section transversale des rondelles d'Iroko a, par la suite, été poncée et scannée par tomographie à rayon X. Les cernes de croissance ont été visualisés et le logiciel Image J a été utilisé pour analyser les images tomographiques. Le logiciel R a été utilisé pour calculer la régression linéaire et la corrélation de Pearson dans l'objectif de voir comment la pluviométrie et la température influencent la largeur et la densité des cernes. Les moyennes par année de tous les rayons des arbres ont permis d'obtenir une série chronologique maîtresse. Les résultats obtenus n'ont pas mis en évidence l'influence de la pluviométrie sur la largeur et la densité des cernes d'Iroko, mais la température a affecté les deux variables d'une manière moins significative. La variation de la densité des cernes est inversement proportionnelle à celle de la largeur des cernes. En définitive, durant la période de 1978 à 2014, la croissance radiale de *Milicia excelsa* était plus dépendante de la température que de la pluviométrie.

Mots clés : Dendrochronologie, Iroko (*Milicia excelsa*), Réserve de Biosphère de Luki, forêt de Mayombe.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à toute l'équipe de l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique de Luki en RDC (INERA Luki), à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Nancy en France (INRA), et à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa.

REFERENCES ET NOTES

- BELINGARD, C., ESSIER, L., DE NAMUR, C., ET XWARTZ, D.** [1996]. Dendrochronological approach to the radial growth of okoume (Congo). *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/life sciences*, 3 (19) : 523-527.
- COOK, E.R.** [1985]. A time series analysis approach to tree-ring standardization. - Lamont-Doherty Geological. PhD, School of Renewable Natural Resources, University of Arizona, USA.
- COURALET, C., STERCK, F.J., SASS-KLAASSEN, U., VAN ACKER, J., ET BEECKMAN, HANS.** [2010]. Species-Specific Growth Responses to Climate Variations in Understory Trees of a Central African Rain Forest. *Biotropica, the journal of the Association for Tropical Biology and Conservation* : 1-9.
- COURNOYER, L.** [2010]. Imagerie numérique et analyse densitométrique du bois. In : La dendroécologie. Presses de l'Université Laval (Éditeurs), Québec, 283-310.
- DELWAIDE, A. ET FILION, L.** [2010]. Échantillonnage et datation dendrochronologiques. In : La dendroécologie. Presses de l'Université Laval (Éditeurs), Québec, 167-198.
- DETIENNE, P., OYONO, F., DURRIEU, L., DEMARQUEZ, B., ET NASI, R.** [1998]. L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. *CIRAD-Forêt*, Montpellier, 36p.
- INERA** (Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique). [2014]. Relevés météorologiques. Réserve de biosphère de Luki, République Démocratique du Congo.
- KASSO, D., DOUCET, J.L., SINSIN, B., ET MAHY, G.** [2012]. Identité et écologie des espèces forestières commerciales d'Afrique centrale : le cas de *Milicia spp.* (Synthèse bibliographique), Base [En ligne], volume 16, no 2, 229-241 URL : <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=8699>.
- LEBOURGEOIS, F. ET MERIAN, P.** [2012]. Principes et méthodes de la dendrochronologie. Laboratoire d'Études des Ressources Forêt-Bois (LERFOB), Unité Mixte de Recherches INRA-ENGREF 1092, Nancy, 69p.
- MERIAN, P., BERGES, L., ET LEBOURGEOIS, F.** [2014]. Variabilité spatiale de la réponse au climat du Chêne sessile dans la moitié nord de la France. *Rev. For. Fr.* 66 - 2.
- ONOTAMBA, P.** [2011]. Activité cambiale et croissance de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen: inventaire forestier et analyse diachronique d'échantillons de la zone cambiale dans les Réserves de Yoko et de Yangambi (Province Orientale/RDC). Mémoire de Diplôme d'Étude Supérieure en Aménagement durable des forêts. Option Eaux et Forêts, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kisangani, République Démocratique du Congo.
- ROSETO, J., TOMAZELLO, M., ZEVALLOS, P., ET SILVEIRA, M.** [2010]. Variação da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta amazônica do Peru. *Scientia forestalis*, 38(86): 171-179.
- THERRELL, M.D., STAHL, D.W., RIES, L.P., SHUGART, H.H.** [2006]. Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe. *Climate Dynamics* 26: 677-685.



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/>