

VARIATION DE LA BIOMASSE DU SOUS-BOIS DANS DES FORETS SECONDAIRES ET MATURES DE LA RESERVE DE BIOSPHERE D'IPASSA

VARIATION IN UNDERSTORY BIOMASS IN SECONDARY AND MATURE FORESTS WITHIN THE IPASSA BIOSPHERE RESERVE



| Alain Franck KOSSI DITSOUGA ^{1,2*} | Quentin MOUNDOUNGA MAVOUROULOU ¹ | Ephrem NZENGUE ¹ | Cynel Gwenaël MOUNDOUNGA ¹ | Nicolas EMBA YAO ¹ | Guy MOUSSAVOU ¹ | Donald MIDOKO MIPONGA ¹ | Nicaise LEPENGUE ² | Alfred NGOMANDA ¹ | et | Nicolas PICARD ³ |

¹. Institut de recherche en Ecologie Tropicale (IRET) | CENAREST BP | 13354, Libreville | Gabon |

². Université des Sciences et Techniques de Masuku | Département de Biologie | Laboratoire de Biodiversité | Ecologie et physiologie végétale BP 913, Franceville | Gabon |

³. GIP ECOFOR, Paris | France |

| DOI: DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10695749> | Received January 22, 2024 | Accepted February 23, 2024 | Published February 27, 2024 | ID Article | Alain-Ref1-2-18ajiras220224 |

RESUME

Introduction : Les forêts tropicales jouent un rôle clé dans la lutte contre le changement climatique en stockant d'importantes quantités de biomasse et de carbone. Cependant, l'estimation de la biomasse totale des peuplements forestiers reste incertaine car certains compartiments ne sont pas toujours pris en compte. **Objectif :** L'objectif de cette étude est d'estimer la biomasse sèche de la végétation du sous-bois dans des forêts secondaires dégradées et des forêts matures adjacentes à la Station de Recherche d'Ipassa, située dans la ville de Makokou, au nord-est du Gabon. **Matériel et méthodes :** Nous avons réalisé un échantillonnage destructif de la biomasse du sous-bois dans 48 parcelles de 5m x 5m (32 dans la partie dégradée et 16 dans la partie non dégradée), le long d'un gradient de dégradation forestière. Dans chaque parcelle, nous avons d'abord récolté de manière destructive les arbustes de classe de diamètre $1 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 5 \text{ cm}$ et le reste de la végétation, puis pesé toute les plantes afin de mesurer leur masse sèche. **Résultats :** Les résultats montrent que la biomasse du sous-bois est plus importante dans les forêts dégradées (9 999 699 kg) que dans les forêts matures (3 296 619 kg). À l'échelle de la parcelle, les arbustes du sous-bois des forêts dégradées stockent autant de biomasse que ceux des forêts matures ($p\text{-value} > 0.005$). La quantité totale de carbone varie entre 4 799,8 tC.ha⁻¹ pour les forêts dégradées et 1459,896 tC.ha⁻¹ pour les forêts intactes. **Conclusion :** Prendre en compte le sous-bois dans les calculs de la biomasse aérienne peut contribuer à améliorer la précision de la quantification de la biomasse aérienne.

Mots-clés : sous-bois, forêt secondaire dégradée, forêt mature, biomasse, REDD+.

ABSTRACT

Introduction: Tropical forests play a key role in mitigating climate change by storing large amounts of biomass and carbon. However, estimating the total biomass of forest stands remains uncertain as some compartments are not always taken into account. **Objective:** The objective of this study is to estimate the dry biomass of understory vegetation in degraded secondary forests and mature forests adjacent to the Ipassa Research Station, located in the town of Makokou, northeastern Gabon. **Material and methods:** We conducted a destructive sampling of understory biomass in 48 plots of 5m x 5m (32 in the degraded area and 16 in the non-degraded area), along a gradient of forest degradation. In each plot, we first destructively collected shrubs with a diameter class of $1 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 5 \text{ cm}$ and the remaining vegetation, then weighed all plants to measure their dry mass. **Results:** The results show that understory biomass is higher in degraded forests (9,999,699 kg) than in mature forests (3,296,619 kg). At the plot scale, understory shrubs in degraded forests store as much biomass as those in mature forests ($p\text{-value} > 0.005$). The total carbon quantity varies between 4,799.8 tC.ha⁻¹ for degraded forests and 1,459.896 tC.ha⁻¹ for intact forests. **Conclusion:** Taking understory into account in aerial biomass calculations can help improve the accuracy of aerial biomass quantification.

Keywords: understory, degraded secondary forest, mature forest, biomass, REDD+.

1. INTRODUCTION

Les dernières décennies ont été marquées par l'émergence de questions liées au rôle des forêts tropicales dans l'atténuation des changements climatiques [1]. Les forêts tropicales sont ainsi devenues un élément clé du système international d'échange de carbone. En effet, ces écosystèmes sont parmi les plus diversifiés au monde, abritant plus de la moitié des espèces terrestres [2, 3]. Ils produisent également d'importantes quantités de biomasse végétale [4]. Cependant, l'estimation précise de ces stocks de biomasse à l'échelle des peuplements forestiers reste difficile.

La biomasse végétale aérienne constitue le principal réservoir de carbone des écosystèmes terrestres [5]. Elle est généralement mesurée par des méthodes destructives consistant à couper et peser l'ensemble de la végétation [6]. De nombreuses études ont ainsi mesuré la biomasse aérienne de milliers d'arbres dans les zones tropicales, en se

concentrant sur la strate dominante, c'est-à-dire les arbres de canopée de diamètre supérieur ou égal à 10 cm [7,8,9,10]. Cependant, peu d'informations sont disponibles concernant la biomasse de la végétation du sous-bois, c'est-à-dire située sous la canopée dominante [11], qui est souvent considérée comme négligeable. L'objectif de cette étude est donc (i) de quantifier la biomasse du sous-bois, (ii) de comparer sa répartition le long d'un gradient de dégradation forestière, et (iii) d'estimer les stocks de carbone dans différents types de forêts à l'échelle de l'hectare.

2. MATERIELS AND METHODES

2.1 Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la Réserve de Biosphère d'Ipasa (00°34'51"N, 012°50'22"E). Intégrée dans le Parc National d'Ivindo. La Réserve de Biosphère d'Ipasa se situe à près de 8 km au Sud de la ville de Makokou. La forêt d'Ipasa a été classée comme Réserve de Biosphère dans le cadre du Programme MAB (Man and Biosphère) de l'UNESCO, et est incluse dans le Parc National de l'Ivindo). Elle couvre une superficie d'environ 10 000 hectares et n'a jamais été soumise à l'exploitation industrielle du bois et reste l'une des dernières forêts primaires encore intactes du Gabon [12]. Le climat de la région de Makokou est de type équatorial. La moyenne annuelle des précipitations et des températures enregistrées dans cette région est respectivement de 1700 mm et de 24°C. Le relief se caractérise par un plateau de 500 m d'altitude [13]. Le massif forestier couvrant la région d'Ipasa est essentiellement une forêt dense humide à caractère semi-décidue appartenant à la région phytogéographique Guinéo-Congolaise [14], dont les espèces dominantes sont *Baphia leptobotrys*, *Scorodophloeus zenkeri*, *Plagiostyles africana*, *Dichostemma glaucescens*, *Santiria trimera*, *Polyalthia suaveolens* et *Poncovia pedicellaris* : [15, 16]. Toutefois au tour de la Station de Recherche s'est développée une jeune forêt secondaire issue de la dégradation de la forêt primaire à la suite de multiples interventions humaines (construction de la Station, des routes et pistes forestière ou expérience d'agroforesterie, plantations, etc. ou naturelles).

2.2 Protocole de collecte des données

Notre échantillonnage s'est déroulé dans le sous-bois. Le sous-bois a été défini ici comme étant l'ensemble de la végétation des arbustes diamètre compris entre 1 et 5 cm et le reste de la végétation lianes, herbacées, ect. L'acquisition des données s'est faite en 2012. Un transect d'environ 300 mètre partant de la zone dégradée autour de la station vers la zone de forêt mature et nous avons classifié la forêt en type I, II, III et IV pour la zone dégradée et type V pour la zone mature. Des quadrats de 5m x 5m ont été réalisés de part et d'autre du transect. La collecte des données s'est déroulée en deux étapes. Dans la première, nous avons mesuré les individus dont le diamètre est compris entre 1 et 5 cm et dans la seconde les individus dont diamètre est inférieur 1cm, les herbacées, les lianes ect. Le diamètre des arbustes compris entre 1 et 5 cm ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse. Les tiges individuelles ont été sectionnées au ras le sol à l'aide scie à métaux ou machette et leur biomasse mesurer par pesée directe. La végétation restante des quadrats (arbuste de moins de 1 cm, herbacée, lianes, ect) a été également coupée, mise dans les sacs poubelles pour être pesée. Pour chaque échantillon, un aliquote avait été prélevé dans des sacs poubelles, pour avoir le poids frais.

2.3 Analyses au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons ont été séchés dans une étuve à une température de 100°C pour le compartiment non chlorophyllien et 70°C pour le compartiment chlorophyllien [17]. Les échantillons étaient séchés jusqu'à ce que la masse se stabilise. Le poids sec des aliquotes a été pesé à l'aide d'une balance électronique.

2.4 Analyse statistique.

Les données obtenues ont permis d'estimer la biomasse sèche du sous-bois de la forêt secondaire et la forêt de la forêt intacte Pour chaque compartiment (bois, feuilles et vrac) la biomasse a été calculée comme suit :

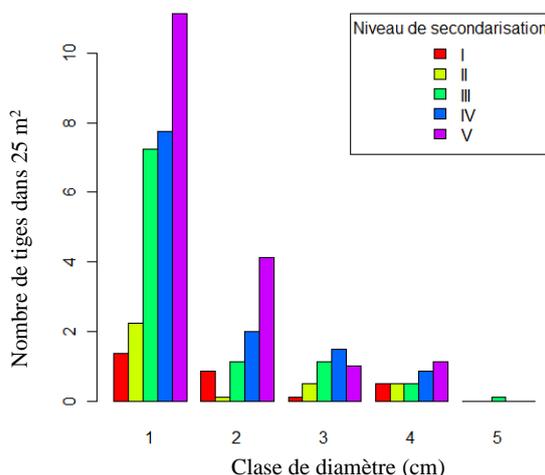
$$B = \text{poids frais compartiment (kg)} \times \left(\frac{\text{poids sec aliquote(g)}}{\text{poids frais aliquote(g)}} \right) \quad (1)$$

Les biomasses obtenues pour chaque individu (somme de la biomasse du bois et des feuilles) afin de calculer la biomasse de chaque arbuste. Le reste de la végétation de chaque quadra sont ensuite additionnée et ramenée à l'hectare afin d'obtenir la biomasse de chaque zone forestière et chaque type forestiers. La biomasse moyenne totale et la biomasse moyenne des arbustes de la forêt secondaire et de la forêt mature ont ensuite été comparées en utilisant un t-test de student. Le traitement statistique des données a été fait à partir du logiciel Statistique R ([http : // cran.r-project.org](http://cran.r-project.org)).

3. RESULTS

3.1 Structure de la végétation du sous-bois de la zone d'étude

Au total 136 arbustes de classe de diamètre compris entre 1 et 5 cm ont été échantillonnés en forêt secondaire, et 113 arbustes en forêt mature. La densité moyenne des arbustes de sous-bois varie de 2850 tiges/ha dans la forêt secondaire (classe I à IV) à 4380 tiges/ha dans la forêt mature (classe V). Les individus de 1 cm de diamètre sont les plus abondants dans le sous-bois de tous les types forestiers (4450 tiges/ha contre 1650 tige/ha, 400 et 450 tiges/ha pour les classes II à V). Nous avons aussi trouvé que la densité des arbustes diminue progressivement au fur et à mesure que l'on progresse vers la forêt mature (Figure 2).



dégradation de la forêt (I à IV = jeune forêt secondaire d'âge croissant, V = forêt mature).

3.1 Distribution de la biomasse de la végétation du sous-bois suivant un gradient de dégradation forestière

L'analyse des résultats montre que la quantité de biomasse totale sèche du sous-bois de la forêt secondaire (3 764 170 kg/ha) est supérieure à celle du sous-bois de la forêt primaire (255 178 kg/ha). Le test-t de student réalisée sur les différents habitats montre qu'il existe des différences très significatives entre la biomasse totale sèche du sous-bois de la forêt secondaire et celui de la forêt mature ($p\text{-value} = 0,004$) (Tableau1).

Tableau 1 : Récapitulatif de la biomasse du vrac et des arbustes suivant le gradient

	Sous-bois Forêt secondaire	Sous-bois Forêt mature	<i>p-value</i>
Biomasse arbuste moyenne (Kg)	6 235 529	3 041 441	0,008
Biomasse totale moyenne (Kg)	3 764 170	255 178	0,004

La biomasse totale du sous-bois diminue au fur et à mesure que la dégradation de la forêt baisse (Figure 2a). En revanche, chez les arbustes, les concentrations plus fortes de biomasse du sous-étage ont été observées dans la forêt mature (Figure 1b). L'évolution de la biomasse des arbustes le long du gradient de dégradation montre une trajectoire inverse par rapport, d'une part à celle de la biomasse totale sèche, et d'autre part à celle de la biomasse non ligneuse : elle diminue au fur et à mesure que la dégradation de la forêt diminue, passant de 6 235 529 kg dans les jeunes forêts secondaires à 3 041 441 kg. Lorsque l'on ramène ces valeurs au niveau de l'hectare, nous avons trouvé 3 117 764,5 t.ha⁻¹ de biomasse pour les zones secondarisée contre 3 041 441 t.ha⁻¹ de biomasse dans la forêt intacte (Figure 1b). Le test-t de student à 95% de l'intervalle de confiance rapporte des différences qui ne sont pas significatives ($p\text{-value} = 0,008$). Cela suggère que la biomasse du sous-bois à l'échelle des arbustes n'est pas différente entre la forêt secondaire et la forêt intacte. Nous avons également trouvé que la quantité totale de carbone varie est d'environ 4 799,8 tC.ha⁻¹ pour la forêt dégradée et 1459,896 tC.ha⁻¹ dans la forêt intacte.

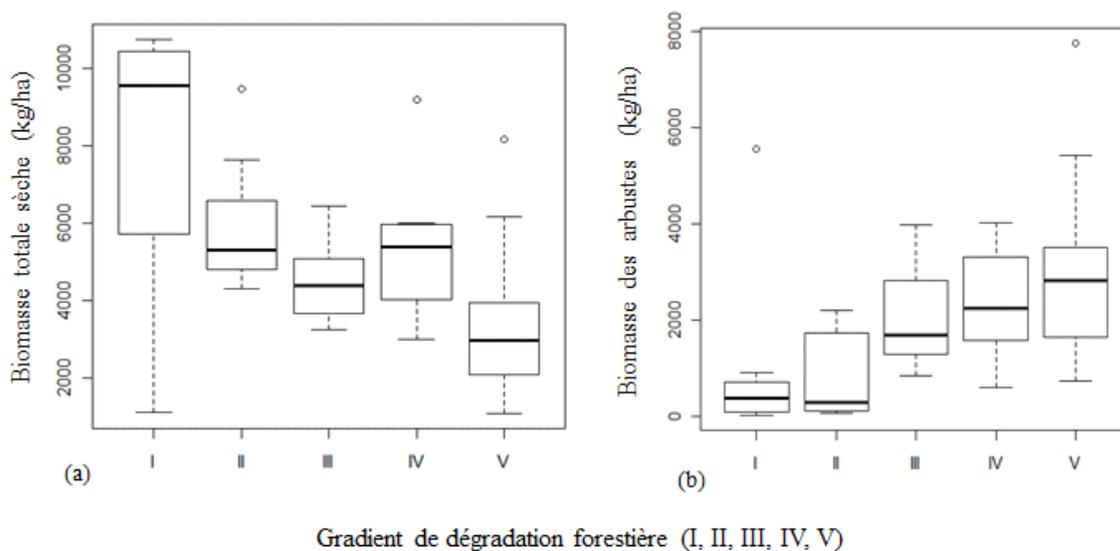


Figure 1. Biomasse sèche suivant le gradient d'ouverture de la forêt (I = forêt pionnière, II à IV = jeunes forêts secondaire d'âge croissant ; V = forêt mature).

4. DISCUSSION

Dans cette étude, nous avons entrepris une analyse de la biomasse du sous-bois et une évaluation des stocks de carbone le long d'un gradient de dégradation forestière. Les résultats obtenus révèlent une augmentation significative de la biomasse totale sèche du sous-bois dans les forêts dégradées par rapport aux forêts primaires. Cette divergence peut être attribuée à la densité des espèces herbacées et ligneuses présentes dans ces milieux. En effet, les forêts dégradées sont principalement peuplées d'espèces herbacées, la plupart étant héliophiles [21]. Ces espèces à croissance rapide peuvent entraver le développement des espèces du sous-bois, qui sont généralement sciaphiles, c'est-à-dire qu'elles se développent dans des conditions d'ombrage important [22].

Par ailleurs, la forêt dégradée, qualifiée de secondaire, se caractérise par un environnement particulièrement ouvert où l'énergie lumineuse pénètre directement jusqu'à la strate herbacée [23], favorisant ainsi une productivité biomasse importante [14]. Une analyse plus approfondie de l'évolution de la biomasse du sous-bois dans les deux types de forêts révèle une augmentation progressive de la biomasse des arbustes dont le diamètre se situe entre 1 cm et 5 cm, en fonction du degré d'ouverture du milieu, tandis que la biomasse totale sèche diminue progressivement à mesure que le niveau de dégradation diminue, reflétant ainsi le dynamisme de la forêt dans sa trajectoire vers la maturité. Cette observation semble être influencée par la taille des échantillons prélevés dans chaque site. En effet, l'échantillonnage réalisé dans la forêt dégradée a couvert une superficie de 0.08 ha, soit le double de celle de la forêt mature (0.04 ha). Par ailleurs, nos résultats révèlent une quantité de biomasse dans la forêt mature estimée à environ 3 296 619 kg/ha, une valeur similaire à celle rapportée par Ngomanda et al., (2015) pour le sous-bois des forêts du plateau Bagombé dans le sud-est, qui était de 3 432 996 kg/ha [10].

Nous avons également constaté que la concentration la plus élevée de carbone dans le sous-étage a été observée chez les arbustes de la forêt mature, atteignant 1 582,3 tonnes de carbone par hectare. Cette découverte revêt une importance significative car elle pourrait contribuer à affiner la précision des estimations de la biomasse aérienne totale des peuplements forestiers. Bien que l'identification botanique n'ait pas été réalisée, l'échantillonnage destructif a permis d'intégrer l'ensemble de la biomasse du sous-bois.

5. CONCLUSION

Cette étude visait à quantifier la biomasse du sous-bois dans différents types de forêts au Gabon. Les résultats obtenus montrent de manière significative que la biomasse sèche totale du sous-bois est plus importante dans les forêts dégradées par rapport aux forêts matures. Cette différence s'explique par l'influence de l'ouverture de la canopée sur la productivité de la végétation du sous-bois, favorisant les espèces héliophiles pionnières dans les habitats secondaires. De plus, la concentration en carbone la plus élevée a été mesurée chez les arbustes des forêts matures. Ainsi, la prise en compte systématique de la biomasse du sous-bois dans les inventaires forestiers apparaît essentielle pour améliorer la justesse des estimations de stockage de carbone par les écosystèmes forestiers tropicaux, dans un contexte où leur rôle dans la lutte contre le changement climatique est primordial.

Reconnaissance : Cette étude est une contribution du projet du réseau de recherche forestière (FORENET) qui a entièrement financé cette activité à travers l'Union Européenne et que les auteurs remercient vivement.

6. REFERENCES

1. IPCC. Bilan des changements climatiques : Rapport de synthèse. Genève (SWI): Intergovernmental Panel on Climate Change; 2007.
2. Poorter L, Bongers F, Kouamé FN, Hawthorne WD. Biodiversity of West African Forests: An Ecological Atlas of Woody Plant Species. Wallingford (UK): CABI; 2004. 521 p.
3. Sheil D, Ducey MJ, Sidiyasa K, Samsodin I. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse tree communities in complex forest landscapes. *J Trop For Sci.* 2003;15(1):19.
4. Bar-On YM, Phillips R, Milo R. The biomass distribution on Earth. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115(25):6506-6511.
5. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama (JPN): Institute for Global Environmental Strategies (IGES); 2006.
6. Picard N, Saint-André L, Henry M. Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres. De la mesure de terrain à la prédiction. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture; 2012.
7. Araujo MT, Higuchi N, Carvalho JA. Comparison of formule for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Para, Brasil. *For Ecol Manage.* 1999;117:43-52.
8. Chave J, Andalo C, Brown S, et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia.* 2005;145(1):87-99.
9. Goodman RC, Phillips OL, Baker TR. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecol Appl.* 2013;24(3):680-698.
10. Ngomanda A, Lebamba J, Engone-Obiang NL, et al. Caractérisation de la Biomasse sèche des mosaïques forêt-savane des plateaux Okouma et Bagombé au sud-est du Gabon. *J Appl Biosci.* 2015;68:5417-5425.
11. Muukkonen P, Mäkipää R, Laiho R, et al. Relationship between biomass and percentage cover in understorey vegetation of boreal coniferous forests. *Silva Fenn.* 2006;40(2):231-245.
12. UNESCO, MAB, ECOTROP, IRET. Makokou Gabon. Une station de recherche en écologie forestière tropicale. Présentation et publications (1962-1986). Paris: UNESCO; 1987. 55 p.
13. Hladik. Dynamique d'une forêt équatoriale africaine : mesure den temps réélet comparaison du potentiel de croissance des différentes espèces. *Acta Oecol.* 1982;3:373-392.
14. White F. The Vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa. Paris: ORSTOM – UNESCO; 1983.
15. Caballé G. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia.* 1978;17(4):425-440.
16. Doumenge C. Contribution à l'étude des structures de populations d'arbres des forêts d'Afrique centrale (exemples du Gabon, Cameroun et Congo). PhD thesis. Montpellier: Univ Montpellier 2; 1990.
17. Picard N, Saint-André L, Henry M. Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres. De la mesure de terrain à la prédiction. Rome: FAO; 2012.
18. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2014. <http://www.R-project.org/>.
19. Lewis SL, Sonké B, Sunderland T, et al. Above-ground biomass and structure of 260 African tropical forests. *Phil Trans R Soc B.* 2013;368(1625):20120295.
20. Hubau W, Lewis SL, Phillips OL, et al. Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature.* 2020;579(7797):80-87.
21. Hairiah K, Sitompul SM, Norordwijk MV, Palm C. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF); 2010. Lecture note 4B.
22. Gonzalez M, Augusto L, Gallet-Budynek A, et al. Contribution of understory species to total ecosystem aboveground and belowground biomass in temperate Pinus pinaster Ait. Forests. *For Ecol Manage.* 2013;289:38-47.
23. Janysek S, Strzeliński P, Janysek M, Wrońska-Pilarek D. The amount of carbon in the undergrowth biomass of main types of forests stands in Poland. *Folia For Polon.* 2015;57(4):233-239.



How to cite this article: Alain Franck KOSSI DITSOUGA, Quentin MOUNDOUNGA MAVOUROULOU, Ephrem NZENGUE, Cynel Gwenaël MOUNDOUNGA, Nicolas EMBA YAO, Guy MOUSSAVOU, Donald MIDOKO MIPONGA, Nicaise LEPENGUE, Alfred NGOMANDA et Nicolas PICARD. Variation de la Biomasse Du Sous-Bois dans des Forêts Secondaires et Matures de la Réserve de Biosphère d'Ipasa. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024;18(2):18-22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10695749>

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>