



Incidence de la dégradation-déforestation sur la pluviométrie dans la Forêt de Kadingu au Kasai Oriental en RD Congo

Wembonyama Osangolenga Michel¹, Tshibamba Mukendi John^{2,4}, Ambroise Ndjibu Ebondo Kenga³, Wembodinga Nyongombe Junior¹, Kambi Dibaya Okito Longo³

1. Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Lodja (ISEA Lodja)
2. Université Officielle de Mbujimayi (UOM);
3. Institut Supérieur Pédagogique de Mbujimayi (ISP-Mbujimayi)
4. Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA)

Abstract:

Currently in the Democratic Republic of Congo, the province of Kasai Oriental has only one forest: the Kadingu Forest located in the territory of Kabeya Kamwanga. This forest is experiencing severe degradation and deforestation due to strong human pressure on its resources. This situation is negatively affecting rainfall patterns. Following this observation, a study was conducted over four decades to examine the annual and monthly evolution of rainfall.

The overall objective of the study was to analyze changes in rainfall in this forest undergoing continuous degradation and deforestation. Specifically, the study aimed to: (i) analyze rainfall trends in the continuously degrading and deforesting Kadingu Forest ; (ii) determine wet and dry years ; and (iii) assess degradation and deforestation over this 41-year period using satellite imagery.

The results show that rainfall decreased by 4,410.88 mm over the four decades of observation, representing an average decrease of 107.56 mm per year—equivalent to losing one month of the rainy season without rainfall. This constitutes a catastrophe for a region whose main activity is agriculture. The trend line has a slope equation of approximately $Y = -23.721x + 49,044$. Over the 41-year period, 25 years were classified as less rainy and 16 years as more rainy. Forest degradation and deforestation declined from 74,958.03 ha in 1985 to 47,995.60 ha in 2025, representing a forest loss of 26,962.43 ha.

Keywords : Impact, degradation, deforestation, rainfall, forest, climate change, Kadingu.

Résumé:

Actuellement en RD Congo, la province du Kasai Oriental ne dispose que d'une seule forêt : la forêt de Kadingu située dans le territoire de Kabeya Kamwanga. Cette forêt connaît une dégradation-déforestation très

prononcée suite à une forte pression humaine sur ses ressources. Cela impacte négativement la pluviométrie. A l'issue de cette observation, une étude a été menée pendant quatre décennies pour étudier l'évolution annuelle et mensuelle de la pluviométrie. L'étude initiée avait pour objectif général d'analyser l'évolution de la pluviométrie dans cette forêt en dégradation-déforestation continues. D'une façon spécifique, il s'agit d' : (i) analyser l'évolution de la pluviométrie dans la forêt de Kadingu en dégradation-déforestation continue, (ii) déterminer les années pluvieuses et moins pluvieuses, (iii) évaluer la dégradation-déforestation pendant cette période de 41 ans à l'aide des images satellites.

Les résultats obtenus montrent que la pluviométrie a diminué de 4.410,88mm pendant les quatre décennies d'observation soit 107,56 mm par année, soit un mois de saison des pluies sans pluie. Ce qui est une catastrophe pour une région dont l'activité principale est l'agriculture. La droite de tendance a une équation angulaire de l'ordre de $Y = -23,721x + 49044$. Sur 41 ans, 25 années ont été moins pluvieuses et 16 années moins pluvieuses. La dégradation-déforestation est passée de 74.958,03 ha en 1985 à 47.995,60 ha en 2025, soit une perte forestière de 26962,43 ha.

Mots-clés : Impact, dégradation, déforestation, pluviométrie, forêt, changement climatique, Kadingu.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18856304>

1. Introduction

Les écosystèmes forestiers tropicaux jouent un rôle fondamental dans la régulation du climat local et régional, notamment à travers leur influence sur le cycle hydrologique Bonan, G. B. (2008). Les forêts contribuent de manière significative à la formation des précipitations par les processus d'évapotranspiration et de recyclage de l'humidité atmosphérique. En libérant de grandes quantités de vapeur d'eau dans l'atmosphère, elles favorisent la formation des nuages et le maintien des régimes pluviométriques, essentiels au fonctionnement des écosystèmes, à l'agriculture et aux moyens de subsistance des populations locales Spracklen, D. V., Arnold, S. R., & Taylor, C. M. (2012).

Cependant, la dégradation et la déforestation des forêts tropicales entraînent des perturbations majeures de ces mécanismes naturels. La réduction du couvert forestier diminue l'évapotranspiration, modifie les échanges énergétiques entre la surface terrestre et l'atmosphère, et peut conduire à une baisse des précipitations ainsi qu'à une plus grande variabilité pluviométrique. De nombreuses études ont montré que la perte de forêts est associée à une diminution significative des précipitations et à des changements dans la distribution saisonnière des pluies, en augmentant les risques de sécheresse et de stress hydrique IPCC. (2021).

Dans le bassin du Congo, considéré comme le deuxième massif forestier tropical du monde après l'Amazonie, les forêts jouent un rôle clé dans la stabilité climatique régionale. Toutefois, ces dernières décennies, la région est confrontée à une pression croissante liée aux activités humaines telles que l'agriculture itinérante sur brûlis, l'exploitation forestière, la production de charbon de bois et l'urbanisation. Ces pratiques ont conduit à une dégradation progressive des écosystèmes forestiers, avec des conséquences potentielles sur la dynamique des précipitations Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, qui vise à analyser l'impact de la dégradation et de la déforestation sur l'évolution des précipitations dans la forêt de Kadingu. En s'appuyant sur des données pluviométriques couvrant plusieurs décennies, cette recherche cherche à mettre en évidence les tendances, les fluctuations et les éventuelles modifications du régime pluviométrique en relation avec la dégradation du couvert forestier. Les résultats attendus contribueront à une meilleure compréhension des interactions forêt-climat à l'échelle locale et fourniront des éléments utiles pour l'élaboration de stratégies de gestion durable des ressources forestières et de lutte contre les effets du changement climatique.

2. Milieu, matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Cette recherche a été menée sur la forêt de Kadingu (figure 1), située dans le village de Mupompa, territoire de Kabeya Kamwanga, province du Kasai Oriental en République Démocratique du Congo. Cette zone a été choisie en raison de son importance écologique et des pressions croissantes qui pèsent sur ses ressources forestières. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : 649 à 778 m d'altitude : 5°47'17.54''S et 6°09'28.17'' Sud de latitude ainsi que 22°57'07.20'' et 23°11'48.32'' E de longitude. Elle est la seule forêt pour une province administrative de plus de 9000 km²

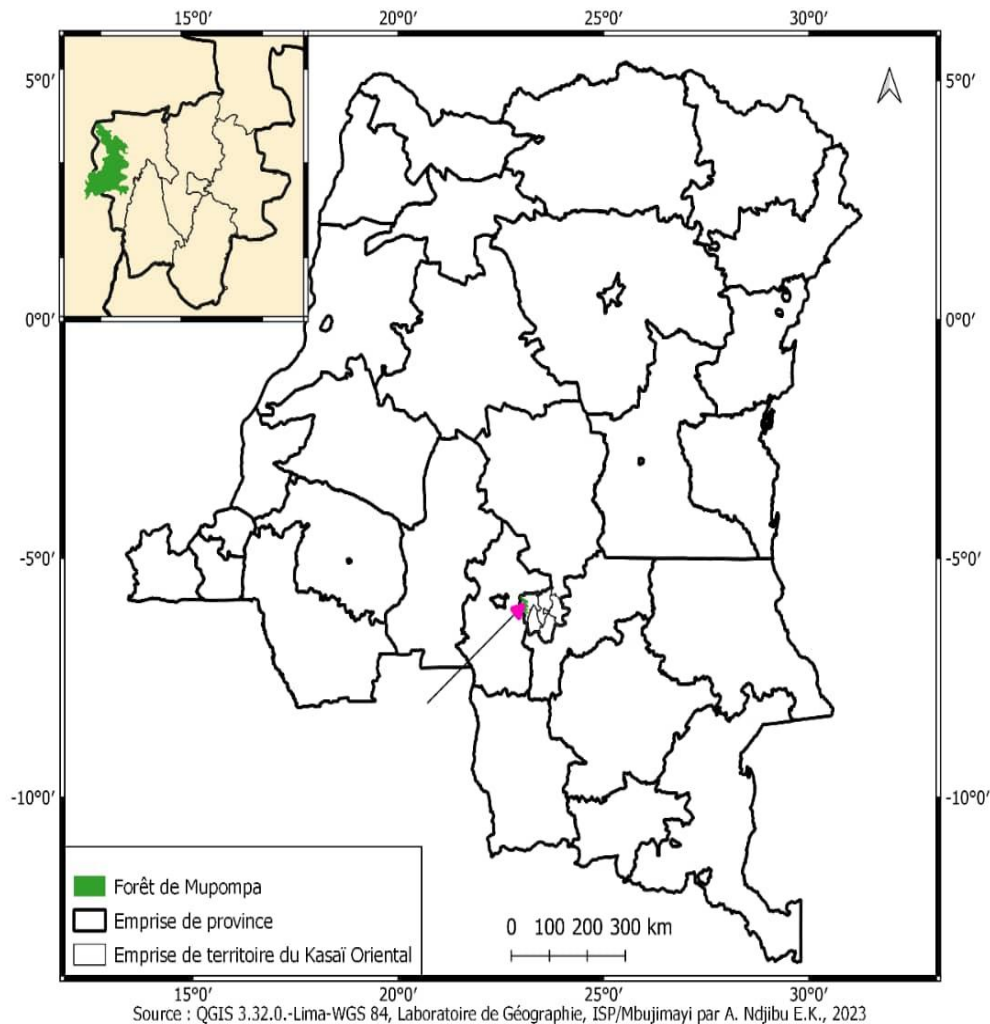
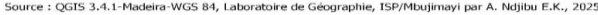


Figure 1. Localisation de la forêt de Kadingu(Mupompa) sur la carte administrative du territoire de Kabeya Kamwanga (source : Ndjibu, 2025)



2.2 Matériels

- Données cartographiques pour localiser la région de Kadingu (Mupompa) dans le territoire de Kabeya Kamwanga
- Données du site [power arc nasa gov data](https://power.arizona.edu/data) acces de la NASA (2025) pour recueillir les données pluviométriques de la région de 1985 – 2025
- Images satellites Landsat de 1985 et 2025
- Un ordinateur ; pour traiter ces dernières et modéliser leurs tendances et évolutions.

Pour réaliser ce travail, nous avons utilisé deux méthodes : la méthode rétrospective qui a consisté à recueillir les informations sur la pluviométrie pendant les quatre décennies (de 1985 à 2025) au moyen d'un site de la NASA de 2025 et la méthode comparative pour analyser et comparer les données pluviométriques et spatiales. Ces méthodes ont été couplées aux cinq techniques: l'observation sur le terrain, l'analyse statistique par la technique des indices pluviométriques, l'analyse spatiale et l'application Excel pour déterminer la droite de tendance

3.1. L'évolution de la couverture forestière de Kadingu

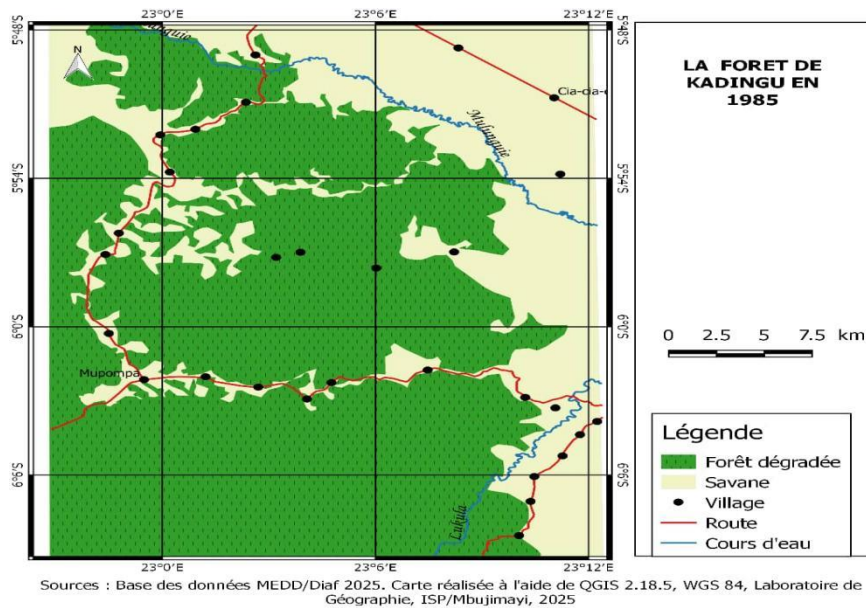


Fig.3 : Les formations végétales de la forêt de Kadingu en 1985

En 2025 le couvert forestier est passé à 47995,6 hectares, une perte de 3793218 hectares soit 7,9 %. Cette fragmentation a un impact majeur sur la pluviométrie.

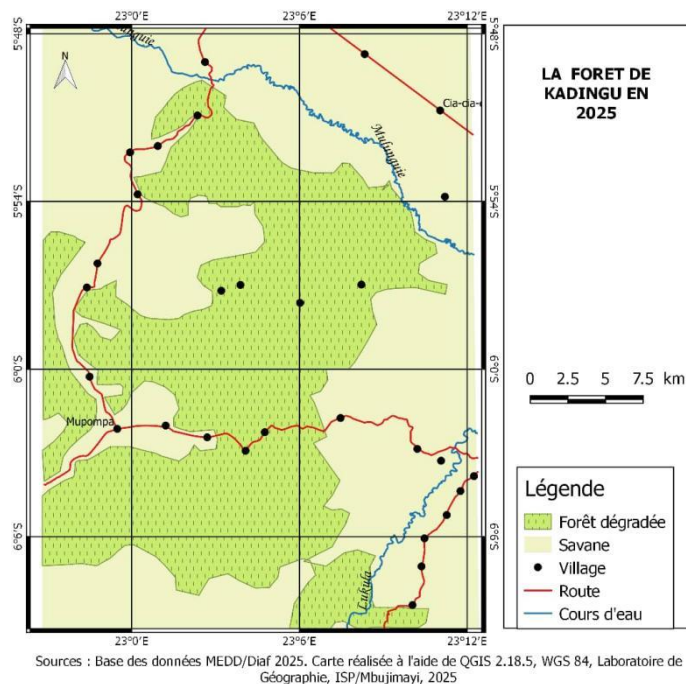


Fig.4 : Les formations végétales de la superficie de la forêt de Kadingu en 2025.

Au terme de cette étude, il convient de noter que les résultats obtenus portent sur les évolutions annuelles et mensuelles des précipitations pendant quatre décennies (de 1985 à 2025).

3.2. Evolution annuelle et mensuelle des précipitations pendant quatre décennies.

3.2.1. Evolution des précipitations.

La figure 5 montre une fluctuation des pluviométries annuelles. La droite de tendance a pour équation $Y = -23,721x + 49044$ et $R^2 = 0,4076$. Cela indique une régression de la pluie pendant quatre décennies. La pluviométrie supérieure enregistrée est observée les années 1986, 1997 et 2022 et les autres années, elle est soit légèrement supérieure ou en inférieure à la pluviométrie de 1500 mm par ans.

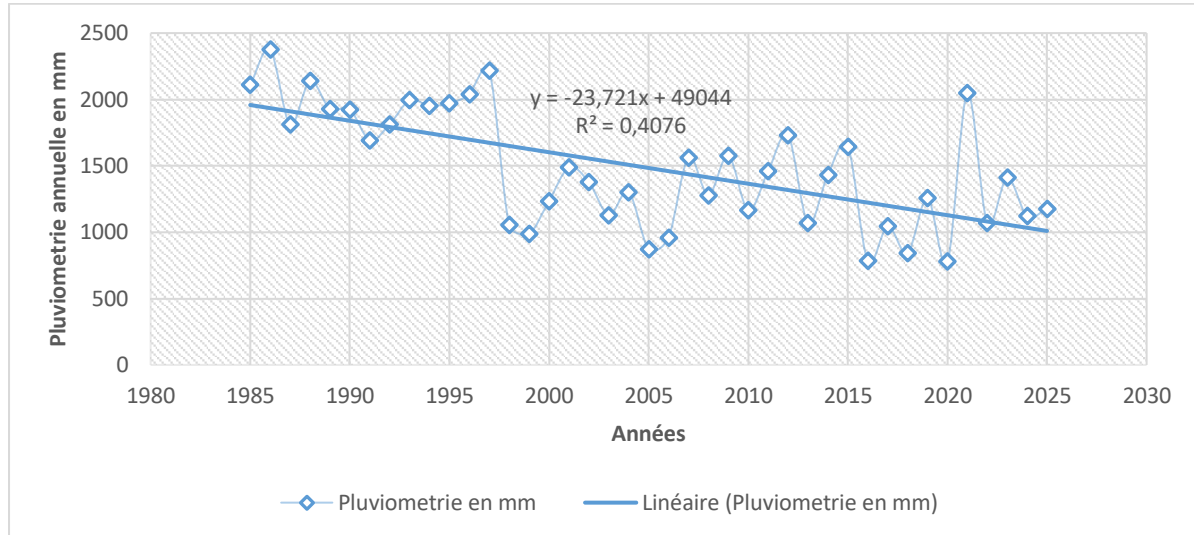


Fig 5. Evolution de la pluviométrie pendant quatre décennies dans la région de Kadingu

La figure 6 présente une évolution de la pluviométrie en mm pendant quatre décennies, il ressort de cette figure que l'évolution de la pluviométrie est en dent de scie pendant quatre décennies. Le mois le plus pluvieux sont les mois de Février, de mars et Novembre tandis que les mois de juin et juillet sont moins pluvieux car ce sont les mois de la saison

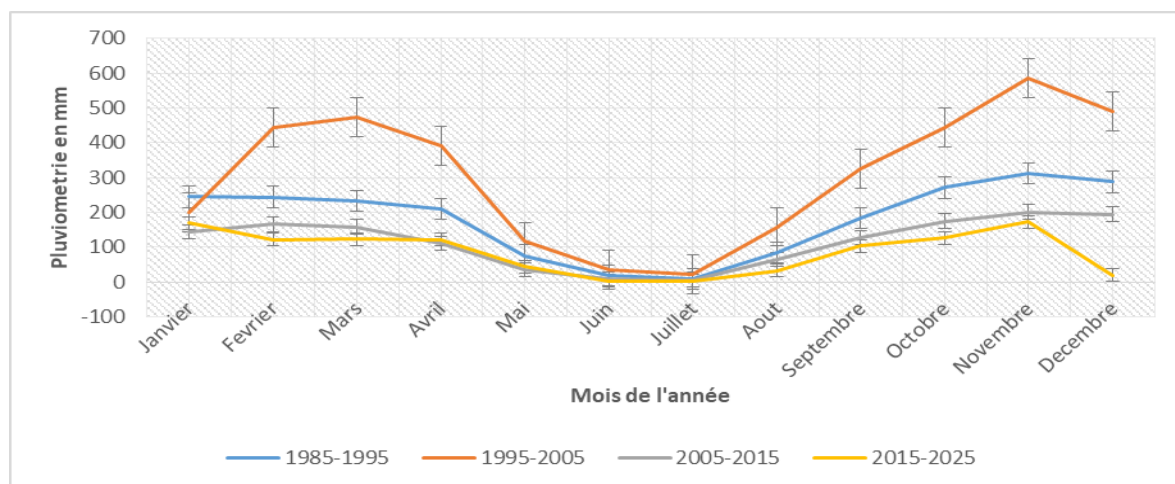


Fig 6. Tendances de la pluviométrie pendant quatre décennies dans la région de Kadingu

3.2.2. Taux de variation des pluies

a. Introduction

Le tableau 1 donne la série de données pluviométriques enregistrée de 1985 à 2025 soit 41 ans. Dans cette série, la pluviométrie la plus élevée a été enregistrée en 1986, elle était de l'ordre de 2375,03 mm tandis que la plus basse en 2016, elle était de l'ordre de 785,06 mm. Donc, dans la forêt de Kadingu, les pluies sont très variables. La précipitation moyenne interannuelle est de l'ordre 1480,6 mm

Tableau 1 : Précipitations annuelles dans la forêt de Kadingu de 1985 à 2025

ANNEE	PREC AN	ANNEE	PREC AN
1985	2110,21	2006	960,12
1986	2375,03	2007	1562,58
1987	1809,90	2008	1277,98
1988	2139,89	2009	1577,25
1989	1928,08	2010	1164,2
1990	1925,28	2011	1459,36
1991	1693,07	2012	1729,08
1992	1813,47	2013	1069,13
1993	1993,27	2014	1432,11
1994	1953,28	2015	1645,63
1995	1971,29	2016	785,65
1996	2039,00	2017	1046,06
1997	2216,26	2018	841,94
1998	1055,74	2019	1259,34
1999	988,5	2020	778,21
2000	1234,37	2021	2049,27
2001	1487,78	2022	1070,16
2002	1376,88	2023	1411,34
2003	1128,42	2024	1120,37
2004	1301,91	2025	1051,38
2005	872,18	MOYENNE	1480,61

De ce tableau, nous avons construit la figure 4. La figure montre l'évolution et la droite de tendance des pluies dans la forêt de Kadingu. L'évolution est en dents de scie tandis que la droite de tendance établie avec

l'application Excel donne une équation dont la droite est de l'ordre de $y = -24.159x + 49920$. Comme le coefficient angulaire est négatif, cela signifie dans la forêt de Kadingu les pluies diminuent grandement car aussi le coefficient angulaire est très grand négativement.

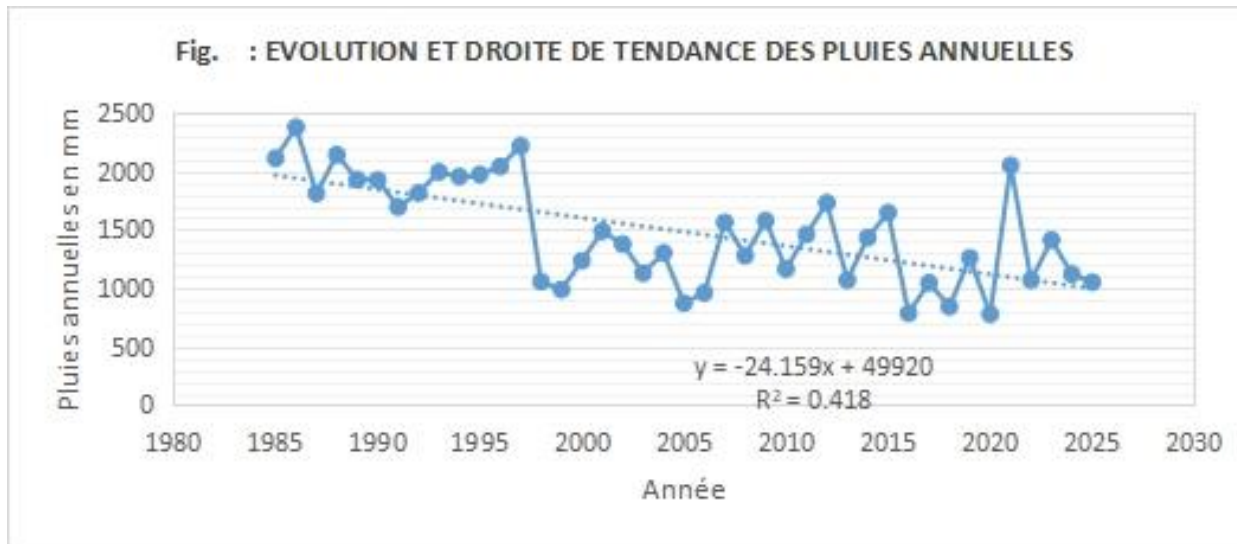


Fig.7 : Evolution et droite de tendance des pluies annuelles

b. Taux de variation des pluies Proprement-dit

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer les taux de variation d'un phénomène naturel. En climatologie, on préconise l'utilisation de la méthode des indices. La somme de ces indices donne alors le taux de la variation de l'élément considéré. Si la somme est positive, on dit l'élément a connu une variation positive. Donc, une augmentation. Mais si la somme est négative, on dit que l'élément a connu une décroissance.

Pour y arriver nous avons premièrement choisi dans nos séries de données soit des pluies ou de température, une série de données consécutives de 30 ans appelée « la série de référence du climat local ». Leurs moyennes sont appelées normales ou normes. Nous avons alors choisi la série allant de 1985 à 2014. Sa normale est 1588,18 mm .

Tableau 2 : Précipitations annuelles de référence et sa normale

No	ANNEE	PREC.AN
1	1985	2110,21
2	1986	2375,03
3	1987	1809,9
4	1988	2139,89
5	1989	1928,08
6	1990	1925,28
7	1991	1693,07

8	1992	1813,47
9	1993	1993,27
10	1994	1953,28
11	1995	1971,29
12	1996	2039,00
13	1997	2216,26
14	1998	1055,74
15	1999	988,50
16	2000	1234,37
17	2001	1487,78
18	2002	1376,88
19	2003	1128,42
20	2004	1301,91
21	2005	872,18
22	2006	960,12
23	2007	1562,58
24	2008	1277,98
25	2009	1577,25
26	2010	1164,20
27	2011	1459,36
28	2012	1729,08
29	2013	1069,13
30	2014	1432,11
	MOYENNE	1588,18

Nous avons aussi vérifié comment se sont comportées les pluies dans cette série de référence. La figure 8 montre que la droite de tendance est toujours négative. Sa droite de tendance est $y = -32.58x + 66732$. Même pendant cette période de référence, les pluies continuaient à diminuer. Ainsi, avec cette normale, nous avons calculé les indices pluviométriques. Ces indices sont consignés dans le tableau 3. La somme de ces indices donnent - 4410,88 mm. Cela signifie que pendant 41 ans; les pluies dans la forêt de Kadingu ont diminué de 4410,88 mm soit 107,58 mm par an. Soit un mois de saison des pluies sans pluies. Une catastrophe pour une agriculture pluviale

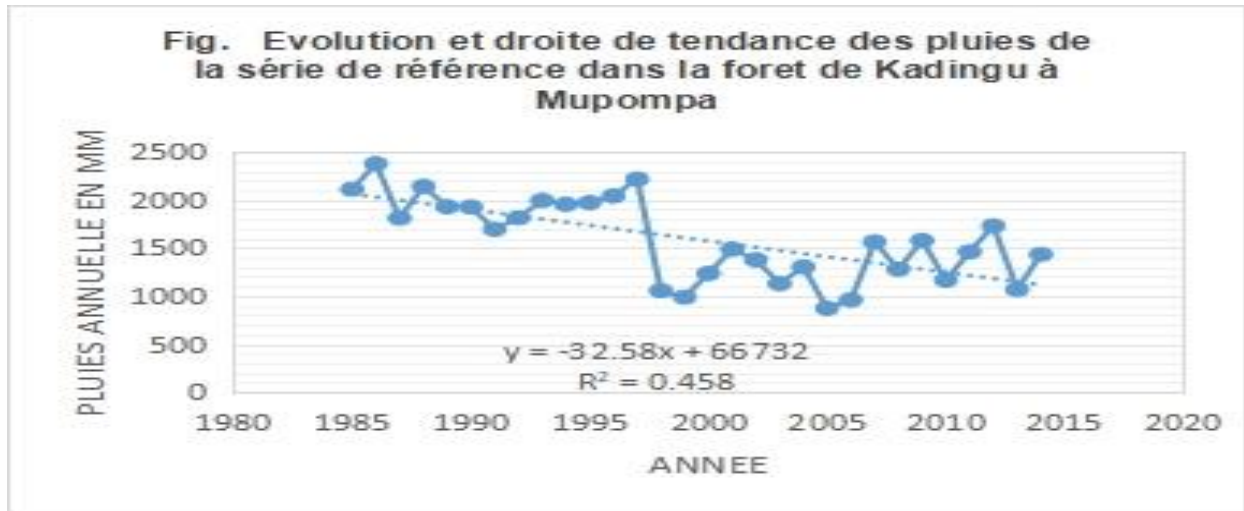


Fig 8. Evolution et droite de tendance des pluies de la série de référence dans la forêt de Kadingu

Tableau 3 : Les indices pluviométriques dans la forêt de Kadingu de 1985 à 2025

No	ANNEE	PREC AN	NORMALE	INDICE PLUV
1	1985	2110,21	1588,19	522,03
2	1986	2375,03		786,84
3	1987	1809,9		221,71
4	1988	2139,89		551,7
5	1989	1928,08		339,89
6	1990	1925,28		337,09
7	1991	1693,07		104,88
8	1992	1813,47		225,24
9	1993	1993,27		405,08
10	1994	1953,28		365,09
11	1995	1971,29		383,1
12	1996	2039		450,81
13	1997	2216,26		628,07
14	1998	1055,74		-532,45
15	1999	988,5		-599,69
16	2000	1234,37		-353,82

17	2001	1487,78		-100,41
18	2002	1376,88		-211,31
19	2003	1128,42		-459,77
20	2004	1301,91		-286,28
21	2005	872,18		-716,01
22	2006	960,12		-628,07
23	2007	1562,58		-25,61
24	2008	1277,98		-310,21
25	2009	1577,25		-10,94
26	2010	1164,2		-423,99
27	2011	1459,36		-128,83
28	2012	1729,08		140,89
29	2013	1069,13		-519,06
30	2014	1432,11		-156,08
31	2015	1645,63		57,44
32	2016	785,65		-802,54
33	2017	1046,06		-542,13
34	2018	841,94		-746,25
35	2019	1259,34		-328,85
36	2020	778,21		-809,98
37	2021	2049,27		461,08
38	2022	1070,16		-518,03
39	2023	1411,34		-176,85
40	2024	1120,37		-467,85
41	2025	1051,38		-536,81
				-4410,88

Ces indices nous permettent aussi à déterminer les années pluvieuses et moins pluvieuses tombées dans cette forêt. Pour y arriver, nous avons construit un graphique cartésien. Les années humides sont situées au-dessus de l'axe des X tandis que les années sèches sont en dessous de cet axe

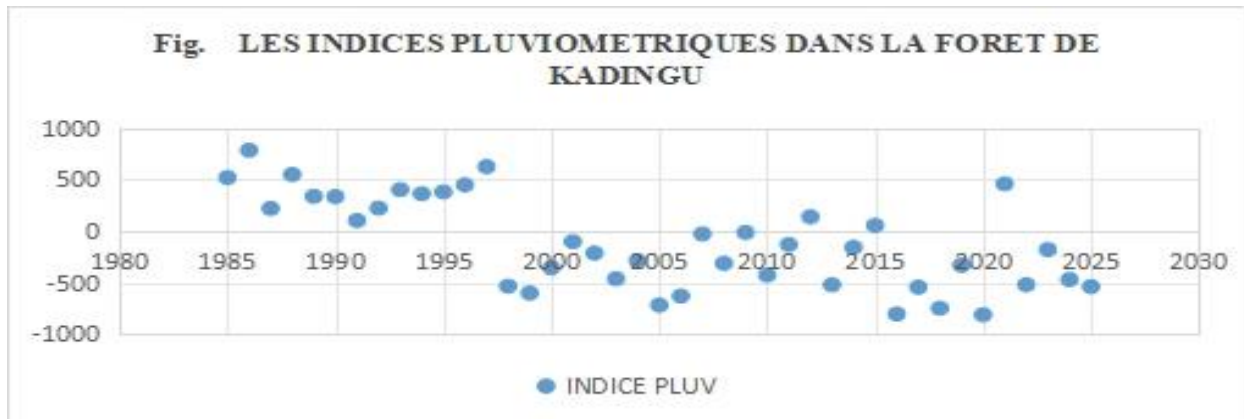


Fig 9. Les indices pluviométriques de la forêt de Kadingu

Ces indices montrent que pendant 41 ans, 25 ont été moins pluvieuses et 16 années pluvieuses. La distribution spatiale de ces indices montre même le sens de la déforestation. Pendant la décennie nonante (1985-1995), la déforestation était faible. Les trois dernières décennies (1995 -2025; elle est très prononcée. La grande cause de cette déforestation n'est peut-être expliquée par une très forte pression de la population sur les produits forestiers. Ceci est un indice qui montre que la forêt est une grande régulatrice du climat.

Discussion

Durant la période étudiée, la tendance des précipitations a diminué pendant les quatre décennies. Cela est confirmée par IPCC (2022), qui dit que la déforestation est la cause des réchauffements climatiques et de la baisse des précipitations, la dégradation et la déforestation des forêts tropicales africaines affectent la stabilité climatique régionale et peut modifier les régimes des précipitations

Concernant l'évolution mensuelle des précipitations pendant quatre décennies, il ressort que cette évolution est en dent de scie, les mois les plus pluvieux étant les mois de février, mars et Novembre. Cela confirme les observations de Samba(2024) selon lesquelles l'évolution des précipitations dans le bassin du Congo suit une régression linéaire sur plusieurs décennies.

Pour ce qui est de l'évolution annuelle des précipitations, la droite de tendance montre également une diminution des précipitations pendant les quatre décennies dans la région de Kadingu. La déforestation libère le dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère intensifiant l'effet de serre et par conséquent contribue à une hausse des températures caractérisées par une baisse des précipitations en général et en particulier dans la région de Kadingu (Angelsen A, 2008, Eric Zeltz, 2021 ; Lescuyer G et *al.*, 2022 ; Lecina-Diaz et *al.*, 2024).

Ces résultats corroborent avec ceux d'Alley et *al.*, 2012 ; Duku , C et Hein , L, 2021) qui notent qu'une augmentation de température qui induit une dégradation du microclimat forestier, affaiblissant le cycle de l'eau , occasionne la dégradation forestière ; accroît la température et rendant la région plus sèche et moins productive en pluie.

La somme des indices pluviométriques indique une diminution des précipitations de 4410,88 mm, soit 107,58 mm par an. Soit un mois de saison des pluies sans pluies. Une catastrophe pour une agriculture pluviale. Chose confirmée par FAO (2018), qui stipule que la baisse des précipitations peut entraîner des mauvaises récoltes successives

Il s'est observé pendant la même période d'étude une diminution sensible du couvert forestier. En liaison avec la diminution des précipitations, cela confirme la déclaration de European Forest Institute (2019) selon laquelle les arbres restituent une grande quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère par évapotranspiration. Cette dernière contribue aux précipitations. Lorsque la forêt est dégradée ou détruite, l'évapotranspiration diminue d'où une baisse de pluviométrie.

De nos résultats, il convient de noter que la dégradation-déforestation de la forêt de Kadingu induit la baisse des précipitations dans la zone d'étude.

De ce qui précède, il est urgent de développer les stratégies d'atténuations des effets négatifs de la dégradation-déforestation sur l'évolution des précipitations dans la région de Kadingu.

4. Conclusion

La présente étude avait pour objectif d'analyser l'incidence de la dégradation et de la déforestation sur l'évolution des précipitations dans la forêt de Kadingu. En s'appuyant sur des données pluviométriques couvrant plusieurs décennies, cette recherche a mis en évidence les tendances, les fluctuations et les éventuelles modifications du régime pluviométrique en relation avec la dégradation du couvert forestier.

Au terme de cette étude, les résultats enregistrés renseignent ce qui suit : la diminution sensible du couvert forestier avec une perte forestière de 26.962,43 ha ; de l'évolution mensuelle des précipitations pendant quatre décennies, il ressort que cette évolution est en dent de scie, les mois les plus pluvieux étant les mois de février et mars pour la saison B et pour la saison A celui de Novembre.

L'évolution annuelle des précipitations est aussi en dent de scie et la droite de tendance montre une diminution des précipitations (jusqu' à 778,21mm en 2020), même durant la période de référence de 30 ans, la tendance est décroissante. Les précipitations constituent un élément majeur du climat et leur diminution sur une si longue période allant en dessous de la moyenne (qui est de 1500mm pour la région), nous amène à dire qu'il y a un changement climatique dans la région. La somme des indices pluviométriques quant à elle, montre une diminution significative des précipitations, moins favorable pour une agriculture pluviale dans la région.

Au regard des résultats, nous recommandons les mesures d'atténuations telle que la reforestation de la forêt de Kadingu.

REFERENCES

- [1] Angelsen A, 2008. Moving ahead with REED issues, options and implications CIFOR. [Bogar/http://www.cifor.org/publications/pdf-files/Books/Bangelsens \(0801\) pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf-files/Books/Bangelsens%20(0801).pdf).
- [2] Anthony G, 2009. The politics of climate change, polity Press cambridge, *écologie et politique* 47(2), 11-11. 2013;
- [3] Barrere J, Reineking B, Cordonnier T, Kulha N, Honkaniemi J, Peltoniemi M, Korhonen, KT Ruiz-Bemto P, Zavala MA et Kunstler G, 2023. Les traits fonctionnels et le climat entraînent des différences interspécifiques dans la mortalité des arbres induite par les perturbations '' *Biologie de changement global* '', 29(10), 2836-2851 <https://doi.org/10.1111/gcb.16630>.
- [4] Beaumont NT, MC Austen, SC Mangi, Townsend M, 2008. Evaluation économique pour la conservation de la biodiversité marine, *Bulletin sur la pollution marine* 56(3), 386-396.
- [5] Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444–1449.

- [6] Duku, C et Hein, L, 2021. The impact of deforestation on rainfall in Africa: a data-driven assessment. *Environmental Research Letters*, 16-16) :066044 (également disponible à l'adresse suivante : <https://doi.org/101088/1748-9326/abfcfb>).
- [7] Ellison, D., Fitter, M. N., & Bishop, K. (2012). On the forest cover–water yield debate : from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology*, 18(3), 806–820.
- [8] Eric Zeltz, 2021 Analyse et interprétation climatologique de l'évolution de températures moyennes mondiales depuis, vol, 16, cartographie physique et environnement p49-70.
- [9] FAO (2018). The impact of disasters and crises on agriculture and food security.
- [10] Ian Joughin, Ben E Smith, Ian M Howat, Dana Floriciou, Richard B, Alley Martin Truffer Mark, 2012. Variations saisonnières à décennales de la vitesse de surface de Jakobshavn Isbrae, Groenland : Analyse par observation et modélisation, *Journal of Geophysical Research Earth surface* 117.
- [11] IPCC, 2007. Quatrième rapport d'évaluation du GIEC, changement climatique, bases de la science physique, 580-595.
- [12] IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d'évaluation du GIEC. Cambridge University Press.
- [13] IPCC (2022). *Climate Change 2022 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Groupe de travail II, Chapitre 7
- [14] Ivant Stery Nganmo, Patrice Brice Mvogo ottou, Ophman Nsame-Bile, Franck Eric, 2025. Perception paysanne sur la dégradation du paysage forestier dans les arrondissements de Douala III et V, Département de Wouri, Région du littoral, Cameroun, *Journal of Applied Biosciences* 209. 22124-22137.
- [15] Lecina-Diaz, Martinez-vilalta, J., Alvarez A, Vayreda J et Retana, J. 2021. Evaluer le risque des pertes des services éco systématiques forestiers en raison des incendies de forêt écosystèmes 24(7) ,1687-1701. <https://doi.org/101007 :s10021-021-00611-1>.
- [16] Lawrence, D., & Vandecar, K. (2015). Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change*, 5, 27–36.
- [17] Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5860), 169–172.
- [18] PANA-ASA, 2012. Impact du changement climatique dans la région de Ngandajika vol 2 p1-45.
- [19] Patacca M., Lindner M, Lucas- Boja, ME, Cordonnier T., Fidej G, Gardiner B, Hauf...Schelhands M, 2023. Augmentation significative des impacts des perturbations naturelles sur les forêts européennes depuis 1950 *biologie du changement global*, 29, 1359-1376 <https://doi.org/10111/gcb.16531>.
- [20] Piers M, Forster, Christ smith, Tristramwalsh, William F, Lamb Robin Lamboll, Gradlev hall, 2024. Rapport d'évaluation du GIEC, changement climatique, bases de la science physique, p 24-26.
- [21] Sinsin B et Saidou 1998. Impact des feux contrôlés sur la production sur la productivité des pâturages naturels des savanes soudano- guinéennes du ranch de l'Okpara au Bénin. *Annales Sciences Agronomiques du Bénin* 1(1) 11-30.
- [22] Sonon Bouko, B sinsin et B goura Soulé 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur une structure et la diversité floristique des forêts claires et savane au Bénin, *Tropicultura* 25, 4, pp 221-227.
- [23] Spracklen, D. V., Arnold, S. R., & Taylor, C. M. (2012). Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, 489, 282–285.
- [24] Samba, G. (2024). *Rainfall variability in Congo-Brazzaville: interannual trends and breaks in precipitation regimes*. Generis Publishing.