

Caractérisation de paramètres physiques de la Tourbière de Lokolama en République Démocratique du Congo

**Faustin ILANGA ONZELI¹, Lydie MOOTO ILANGA², Willy MULUMBA MAYAUDI³,
Crispin NGOMA BUVEKA^{3,4,5*} et Albert KABASELE YENGA YENGA^{3,6}**

¹ *Institut Supérieur Pédagogique de Mbandaka, Section Sciences Exactes, Département de Physique et Technologie, BP 116 Mbandaka, République Démocratique du Congo*

² *Institut Supérieur de Développement Rural, Ville de Mbandaka, République Démocratique du Congo*

³ *Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et des Sciences Appliquées, Laboratoire de Physique 2, BP 8815 Kinshasa Ngaliema, République Démocratique du Congo*

⁴ *Comité National de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Département de Sécurité Nucléaire, BP 833 Kinshasa 1, République Démocratique du Congo*

⁵ *Université Président Joseph Kasa -Vubu, Faculté Polytechnique, Avenue Pinzi n°14, Ville de Boma, Commune de Nzadi, Province du Kongo-central, République Démocratique du Congo*

⁶ *Université Pédagogique Nationale, Laboratoire de télédétection Spatiale (OSRNaC) UPN, Ville de Kinshasa Ngaliema, République Démocratique du Congo*

(Reçu le 25 Novembre 2023 ; Accepté le 10 Janvier 2024)

* Correspondance, courriel : crispin.ngoma@upn.ac.cd

Résumé

La présente étude porte sur quelques paramètres physiques de la tourbière de Lokolama. Une partie du matériel utilisé comprend notamment GPS (Garminextrex 30), Cybertacker v3.435 sur Android, des appareils photo (Samsung Wifi 12x + GPS), des capteurs passifs (Radar), un spectrophotomètre infrarouge. des données satellitaires et des mesures au sol selon les valeurs de leurs paramètres climatiques et atmosphériques en relation avec les tourbières ont été étudié notamment la température de l'air, la vitesse de vent, la température de sol jusqu'à 2m, le gradient thermique, le taux de carbone dans l'atmosphère, le stock de carbone dans les zones tampon des tourbiers et l'indice de végétation. Les principaux résultats montrent que le taux de croissance de CO₂ dans l'atmosphère à Lokolama oscille entre 180 et 280 ppm, la vitesse de vent varie entre 0,6 à 1,6 m/s, la tendance du gradient thermique est positive, la température de l'air est croissante, les corrélations entre gradient thermique et le CO₂, la température de l'air et le CO₂ sont positives, une analyse de l'indice de végétation NDVI (1982-2006, NOAA-AVHRR à 8 km de résolution), indique la décroissance du couvert végétal à NDVI supérieur à 0.6.

Mots-clés : *Tourbière, milieu humide, changement climatique, indice de végétation, température de l'air, température du sol, gradient thermique, dioxyde de carbone.*

Abstract

Characterization of physical parameters of the Lokolama Peatland in the Democratic Republic of Congo

This study focuses on a number of physical parameters of the Lokolama peat bog. Some of the equipment used includes GPS (Garminextrex 30), Cybertacker v3.435 on Android, cameras (Samsung Wifi 12x + GPS), passive sensors (Radar) and an infrared spectrophotometer. Satellite data and ground measurements of the values of their climatic and atmospheric parameters in relation to the peat bogs were studied, in particular air temperature, wind speed, ground temperature down to 2m, thermal gradient, carbon rate in the atmosphere, carbon stock in the peat bog buffer zones and vegetation index. The main results show that the CO₂ growth rate in the atmosphere at Lokolama oscillates between 180 and 280 ppm, wind speed varies between 0.6 and 1.6 m/s, the thermal gradient trend is positive, air temperature is increasing, the correlations between thermal gradient and CO₂, air temperature and CO₂ are positive, an analysis of the NDVI vegetation index (1982-2006, NOAA-AVHRR at 8 km resolution), indicates the decrease in vegetation cover at NDVI greater than 0.6.

Keywords : *Peatland, wetland, climate change, vegetation index, air temperature, soil temperature, thermal gradient, carbon dioxide.*

1. Introduction

Les tourbières sont des zones humides [1 - 3] accumulant une quantité importante de matière organique sous une épaisseur d'au moins 30 cm [4]. Les tourbières tropicales comptent parmi les écosystèmes les plus riches en carbone de la planète [5], et la dynamique de leur stockage d'eau contrôle fortement ces stocks de carbone. Elles sont les plus étendues au monde [4, 6 - 8] et se trouvent dans la dépression qu'est le Grand Bassin du Congo situé dans la de la Cuvette Centrale qui est le plus grand complexe des tourbières tropicales [9 - 11]. A raison du changement climatique et du fait que les tourbières regorgent des stocks de carbone importants, la question des tourbières retient de plus en plus l'attention des scientifiques. Cependant, l'évolution du cycle de carbone des tourbières à Lokolama sous l'influence des changements climatiques futurs [12], n'a jusqu'à présent pas été élucidée [4]. L'objectif de cette étude est de révéler l'évolution de ce cycle et partant de montrer l'importance des tourbières de Lokolama dans la grande lutte contre le réchauffement de la planète. De nombreux auteurs soutiennent l'idée d'une hausse de la respiration de l'écosystème sous l'effet du changement climatique [13 - 15] et certains d'entre eux évoquent également une hausse de la fixation du carbone par photosynthèse [16]. Ainsi, hormis le fonctionnement des tourbières en source de carbone des épisodes très chauds et très secs, aucun consensus n'est jusqu'à ce jour obtenu quant aux conséquences effectivement attendues mais Le bilan carbone des tourbières devrait passer du statut de puits à celui de source au cours de ce siècle [8]. Les indicateurs actuels de la température de l'air, la température du sol, le gradient thermique, l'humidité du sol et le taux du CO₂ dans l'atmosphère en rapport avec le changement climatique de notre planète [17, 18] mobilisent de plus en plus les chercheurs et les dirigeants de toutes les nations. Pour cette raison, la République Démocratique du Congo (RDC) devrait également s'engager sur cette voie et s'employer notamment à protéger les tourbières qui sont sur son territoire de peur que leur destruction par assèchement résultant des activités anthropiques n'impacte négativement le climat de la planète. En effet, si ces tourbières étaient détruites par ces activités anthropiques, le carbone stocké dans les sous-sols serait relâché dans l'atmosphère et cela aggraverait l'augmentation des gaz à effet de serre, ce qui impacterait négativement le changement climatique. La tourbière de Lokolama mesure entre 3.37 et 3.50 m de profondeur et daterait de plus de dix

mille ans [19]. Comme dans bien de cas lorsqu'il s'agit des tourbières, la biodiversité que l'on y trouve est unique [20 - 22]. Pour lutter contre le changement climatique, l'un des défis environnementaux les plus importants de notre temps, les scientifiques mènent des recherches sur les tourbières dont celles du Bassin du Congo [23], étant donné leur rôle dans l'équilibre climatique mondial. En effet, il est établi que les tourbières permettent de maintenir la stabilité du climat et préviennent la dérive du changement climatique [24]. Malheureusement, de nombreux signes laissent entrevoir que les forêts du bassin du Congo subissent une pression croissante de la part d'une variété de forces. La tourbière de Lokolama n'est naturellement pas épargnée. Pour atteindre l'objectif mentionné ci-haut, cette étude s'est notamment employée à vérifier l'impact des tourbières de Lokolama sur la stabilisation de la hausse de température de notre planète en-dessous de +2°C et le maintien des couverts forestiers à partir des variables susmentionnées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

Cette étude a été menée dans la localité de Lokolama (0°16'01"S, 18°07'36"E) située à 55km de Mbandaka chef-lieu de la province de l'Equateur, en territoire de Bikoro, dans le nord de la République Démocratique du Congo, le premier village composé uniquement de peuple autochtone de l'Equateur [19].

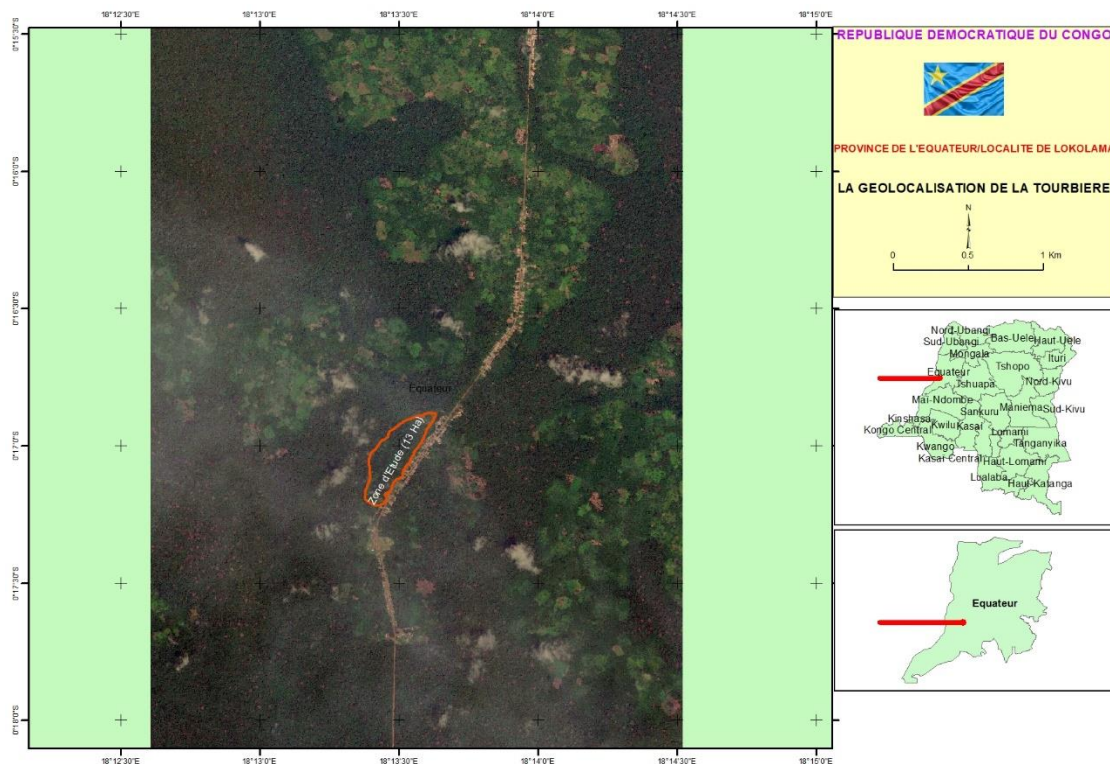


Photo 1 : Localisation de Lokolama (Source Laboratoire de télédétection Spatiale (OSRNAC) UPN, 2019)

2-1-1. Présentation des échantillons de la tourbe

Tableau 1 : Synthèse de quelques paramètres descriptifs des échantillons

N°	Epaisseur de la tourbe	Latitude	Longitude	Altitude	Masse humide (g) boîte	Masse sèche (g) boîte	Masse sèche (g)	Volume boîte (cm ³)
1	3	00°17'59,2"	018°12'16,3"	314	1002	846	939	950,754
2	2,5	00°17'59,1"	018°12'16,6"	311	1001	846,3	939,3	950,754
3	2,5	00°17'59,3"	018°12'16,6"	309	1001	844	937	950,754
4	3	00°17'58,9"	018°12'16,7"	311	994	846	939	950,754
5	3	00°17'59,0"	018°12'16,3"	313	995	846,7	939,7	950,754
6	3	00°17'59,0"	018°12'16,2"	310	978	846,01	939,01	950,754
7	2,5	00°17'58,9"	018°12'16,1"	317	976	846,02	939,02	950,754
8	2,8	00°17'58,7"	018°12'16,1"	309	994	845,95	938,95	950,754
9	2,5	00°17'58,5"	018°12'16,4"	318	995,2	845,95	938,95	950,754
10	2,7	00°17'58,5"	018°12'16,6"	301	998	845	938	950,754
11	3	00°17'58,6"	018°12'16,7"	319	996	845,43	938,43	950,754

Tableau 2 : Synthèse de quelques paramètres physiques des échantillons

N°	Masse boîte (g)	T° Tourbe	T° ambiante	2	Clarté E/ix	Humidité r%	Conductivité électrique	Masse volumique
1	93	24,5	29,4	3,2	582	78,7	90,9	0,88982008
2	93	23,9	29,5	3,3	491	78,9	87,4	0,88771649
3	93	24,1	30	3,5	602	71,4	78,9	0,88771649
4	93	24,2	30	3,1	501	65,2	87,2	0,88982008
5	93	24,5	30	3,6	613	66,8	90,2	0,89055634
6	93	24	28,9	2,7	409	79	90,1	0,8898306
7	93	24,1	29,2	3	500	69,8	89,8	0,88984112
8	93	24,7	29	3,4	617	66	87,1	0,88976749
9	93	24,5	28,2	2,6	522	64	885,16	0,88976749
10	93	24,6	29	2,7	411	71	89,6	0,88876828

2-1-2. Matériel

Pour caractériser les paramètres physiques retenus dans cette étude, les matériels de base qui ont été utilisés sont : un GPS (Garminextrex 30), l'application Cybertacker v3.435 sur Android, des carnets de terrain (Forestrysuppliers), des appareils photo (Samsung Wifi 12x + GPS), des fiches, des capteurs passifs (Radar), un spectrophotomètre infrarouge, un ordinateur LAPTOP, des logiciels : NOAA, NOAA, Arc GIS, MATLAB et ERDAS, Excel, un jalon gradué et des échantillons de sol humide (calottes de la tourbière de Lokolama).

2-2. Méthodes

Nous avons recouru dans cette étude, à des prélèvements de mesures sur le terrain d'une part et à des observations des données radar. La méthodologie de traitement des données radar comprend quatre étapes [25] à savoir le géo positionnement des images radar, les traitements radiométriques, l'interprétation des images, l'extraction et la fusion de l'information. Les données récoltées ont permis d'établir des corrélations entre les différentes variables et, partant, de caractériser les tourbières de Lokolama à Bikoro en vue d'établir le lien entre les tourbières et les changements climatiques. L'étude approfondie de corrélation entre la température de la canopée et l'indice de végétation contribue à renseigner sur la

situation du couvert forestier. Pour la quantification de carbone autour de Lokolama, nous avons utilisé les données de la télédétection LiDAR aéroporté (année 2015) combinées aux images Radar (Alos Palsar) et optique (Landsat), calibrées aux données de terrain [26]. En Superposant dans le SIG du Shape file de la localité de Lokolama sur le raster des tourbières pour situer géographiquement l'emplacement de la localité par rapport à la zone des tourbières. Pour quantifier le stock de carbone autour de la localité de Lokolama, nous avons procédé par échelonnement des zones tampons (Buffer), soit respectivement de 2 et 4 km de rayon autour de la localité prenant en compte la limite administrative du secteur des Elanga dans lequel est située Lokolama. Des zones de tourbières, des forêts, lieux de distribution de stock de carbone ont été extraites sur base de zones tampon autour de Lokolama. A partir de zones extraites, les superficies des zones de tourbières ont été estimées et les statistiques générées pour déterminer le stock de carbone de ces forêts supposées marécageuses autour des tourbières. Les résultats obtenus sont repris dans le volet Résultats.

3. Résultats et discussion

3-1. Résultats

Nous présentons dans cette sous-section les résultats des analyses effectuées. Toutes les données collectées dans la tourbière de Lokolama ont été analysées au laboratoire de Télédétection Spatiale (OSRNaC) UPN, 2019.

3-1-1. Variations des températures du sol à Lokolama et leurs tendances

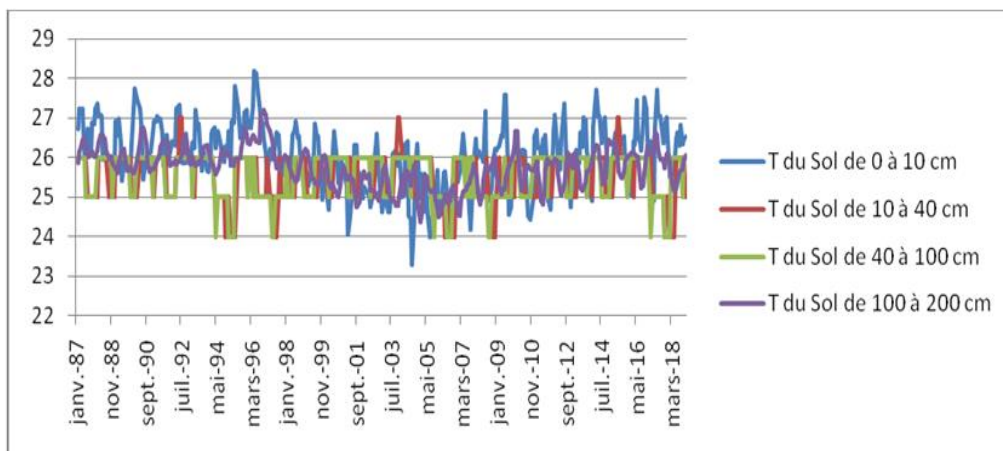


Figure 1 : Variation des précipitations

Les courbes indiquent la variation de la température du sol de 0 à 200 cm de profondeur à partir de 1987 à 2018.

3-1-2. Variations des précipitations et leurs tendances à LOKOLAMA

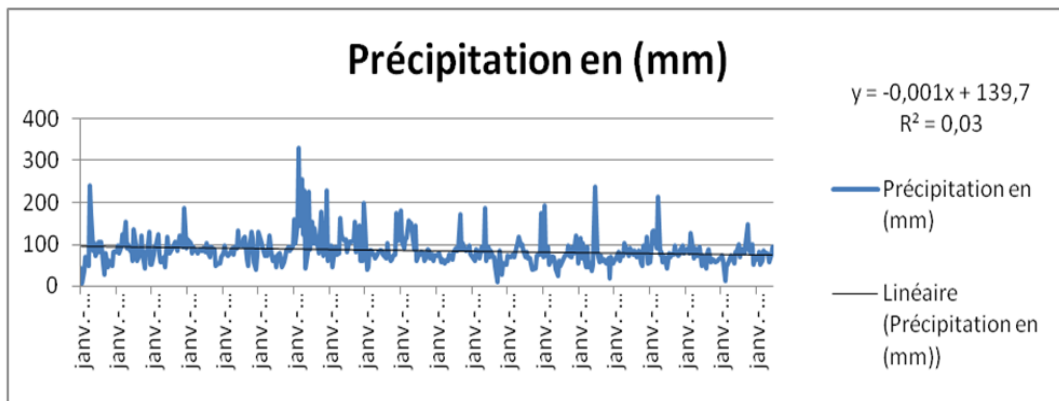


Figure 2 : Précipitations et leurs tendances à Lokolama

Le graphique de la **Figure 2** montre que la tendance des précipitations est négative, ce qui veut dire qu'elles sont en train de diminuer dans la zone de Lokolama.

3-1-3. Variations de la Vitesse du vent et sa tendance à LOKOLAMA

Le graphique des données sur la variation de la vitesse du vent indique qu'elle varie entre 0,6 à 1,6 m/s, il ressort de ces données que la tendance de la vitesse du vent est positive c.-à-d. que le vent souffle de plus en plus vite par rapport aux années passées. Ceci peut être expliqué par la création des couloirs causée par les coupes d'arbre dans la zone de Lokolama.

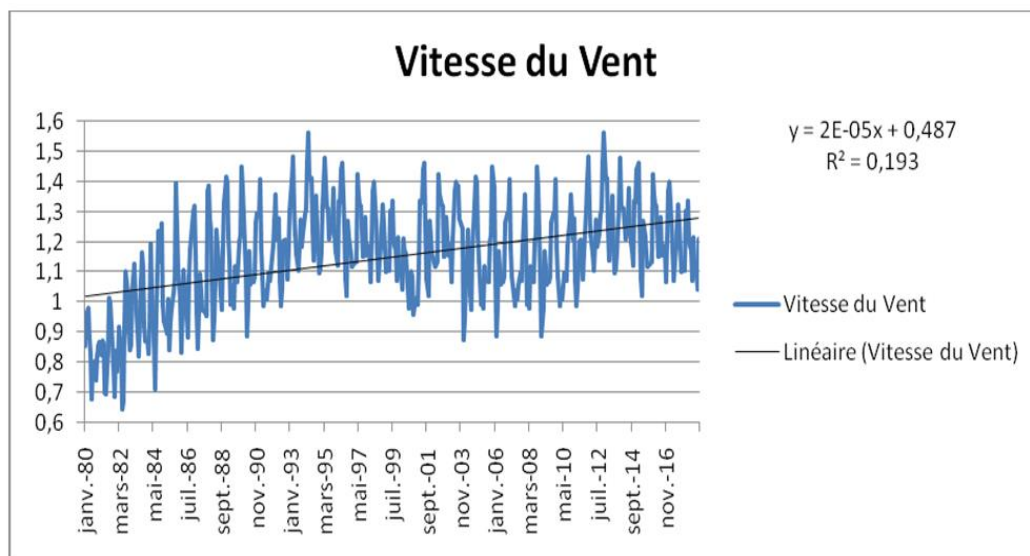


Figure 3 : Vitesse du vent et sa tendance à Lokolama

Le graphique des données sur la variation de la vitesse du vent indique qu'elle varie entre 0,6 à 1,6 m/s, il ressort de ces données que la tendance de la vitesse du vent est positive c.-à-d. que le vent souffle de plus en plus vite par rapport aux années passées. Ceci peut être expliqué par la création des couloirs causée par les coupes d'arbre dans la zone de Lokolama.

3-1-4. Variations des températures de l'Air et leurs Tendances à LOKOLAMA

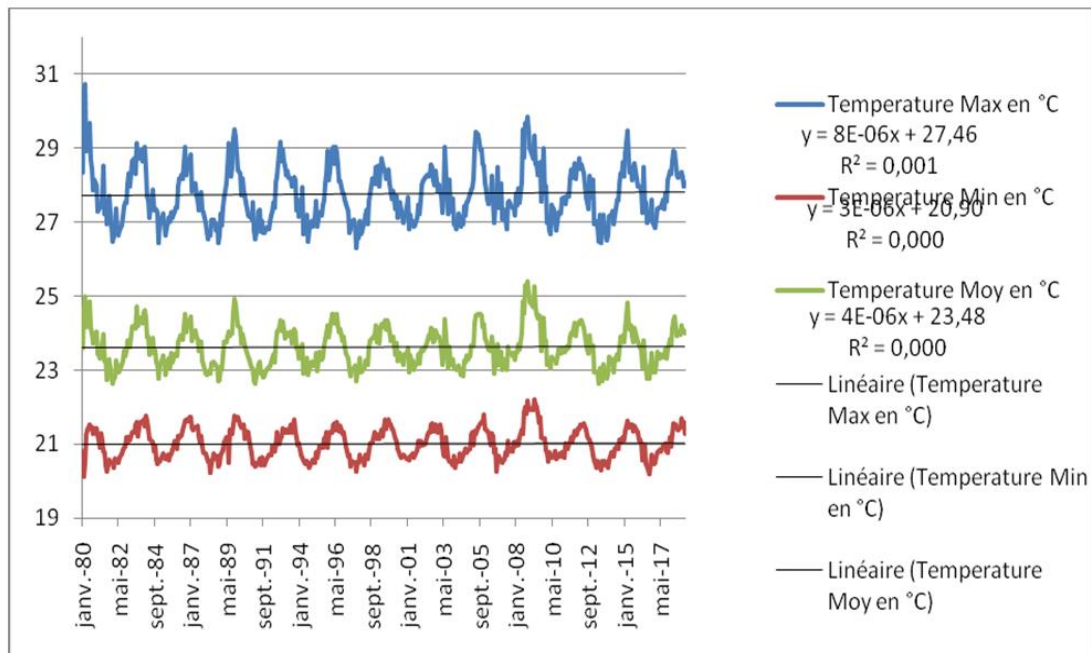


Figure 4 : Températures de l'air et leurs tendances à Lokolama

Les courbes indiquent la variation de la température de l'air de 1987 à 2018 avec leur tendance en croissance

3-1-5. Variations de Gradient Thermique des températures du sol à LOKOLAMA

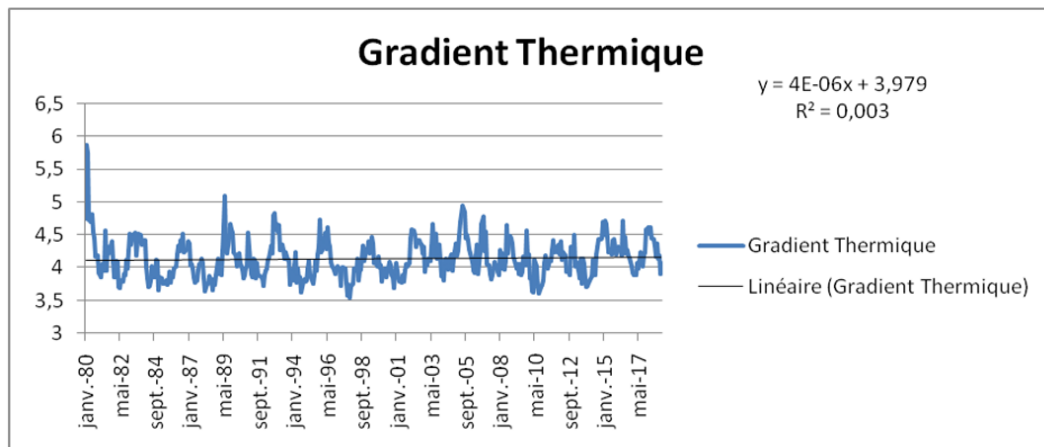


Figure 5 : Graphique du gradient thermique

La **Figure 6** indique que la tendance du gradient thermique est positive et la température dans le sous-sol de 0 à 200 centimètres de profondeur augmente.

3-1-6. Variations d'Oxyde de Carbone et sa tendance à LOKOLAMA

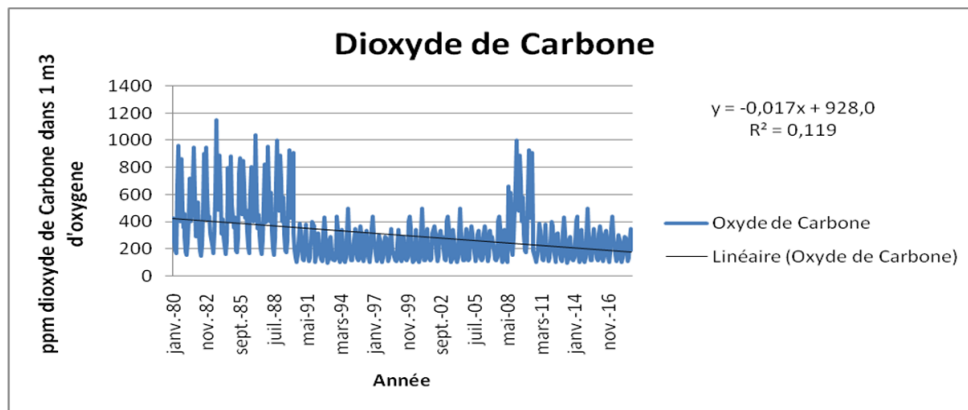


Figure 7 : Graphique du dioxyde de carbone

L'observation de la **Figure 8** montre que la tendance de dioxyde de Carbone est négative dans la zone de Lokolama. Cette diminution de dioxyde de carbone peut être justifiée par la croissance de la zone de la tourbière qui fixe de plus en plus le carbone dans le sol caractérisé par les marécages ou zones humides.

3-1-7. Taux de variation de CO₂ dans la tourbière.

Une fois les statistiques produites, elles nous ont servi à estimer approximativement le stock de carbone correspondant aux superficies de chacune de zone tampon de la **Figure 7**.

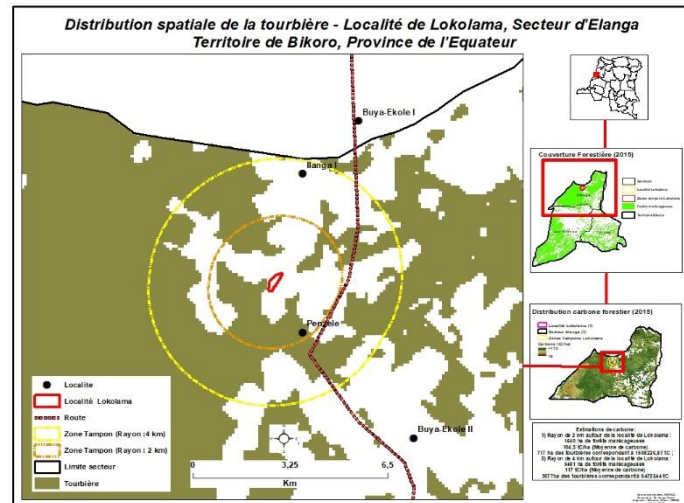


Figure 9 : Distribution spatiale de la tourbière- Localité de Lokolama

Les zones en jaune de la figure ci-dessus représentent des zones tampon de 2 et 4 km de rayon autour de la Tourbière de Lokolama. Ces zones nous ont permis de quantifier le taux de carbone autour de Lokolama. A la lueur de la **Figure 7**, les chiffres estimés indiquent que dans un rayon de 2 km autour de la localité de Lokolama, une forêt marécageuse de 1640 ha a été capturée stockant une moyenne de 104.5 tC/ha et couvrant environ une superficie de 717 ha des tourbières. Les stocks de carbone associés à ces tourbières correspondent à 1 508 226,87tC. Par ailleurs, on a aussi capturé, dans un rayon de 4 km autour de cette localité, une forêt marécageuse de 5418ha stockant une moyenne de 117 tC/ha répartie sur une superficie de 3077 ha de tourbières dont le stock de carbone associé avoisine 6 472 544 tC.

3-2. Discussion

Dans cette partie, nous allons comparer les résultats que nous avons obtenus à d'autres trouvés dans des études menées par d'autres chercheurs.

3-2-1. Variation des précipitations

La **Figure 2** indique que la tendance des précipitations est négative de sorte que l'on peut voir qu'elles sont en train de diminuer dans la zone de Lokolama. Ces résultats sont corroborés par des études qui attestent que la qualité de la tourbière symbolisée par son humidité influe sur la pluviométrie [27]. Ce constat semble indiquer que la qualité de la tourbière se dégrade.

3-2-2. La Vitesse du vent et sa tendance

L'observation de la vitesse du vent sur la **Figure 3** montre qu'elle est très importante à cause des informations qu'elle fournit. La vitesse de vent à Lokolama varie entre 0,6 à 1,6 m/s. Cela induit que le vent souffle de plus en plus vite comparativement aux années passées [11, 28]. Ce constat est certainement dû aux clairières qui apparaissent sont apparues du fait des coupes d'arbres dans la zone de Lokolama à la suite des activités anthropiques qui provoquent la déforestation et, partant, des dégâts sur la tourbière.

3-2-3. Variations des températures de l'air

La **Figure 4** montre que la variation de la température de l'air à Lokolama a une tendance croissante depuis 31 ans. Ceci peut être à l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère de LOKOLAMA, qui favorise la destruction de la couche d'ozone qui joue le rôle de filtre de rayonnement solaire et contribue au changement climatique [29].

3-2-4. Le Gradient thermique

Le gradient thermique, présenté dans la **Figure 5**, est un indicateur de la santé d'une zone humide, lorsque la température augmente dans le sous-sol de 0 à plus de 200 Centimètres de profondeur. Il a été constaté qu'à Lokolama à partir des données de la télédétection au Laboratoire de télédétection Spatiale (OSRNAC) UPN, 2019 que la tendance du gradient thermique est positive [30], cela nous amène à conclure que la tourbière de Lokolama est en bonne santé, elle n'est pas à l'état de stress.

3-2-5. Le stock de carbone dans les tourbières de Lokolama

Le stock de carbone associé à ces tourbières correspond à 6 472 544 tC. On voit que ce stock n'est pas négligeable [24, 31] et sa préservation mériterait une surveillance accrue des tourbières au regard des activités menées par les communautés locales qui vivent à proximité. Il faut pour cela mieux connaître les habitudes agricoles de ces communautés pour s'assurer qu'elle ne représentent pas une réelle menace pour ces tourbières et chercher à identifier d'autres menaces éventuelles auxquelles ces tourbières pourraient être exposées. La connaissance du stock de carbone a pris une telle importance que des méthodes de plus en plus variées [3, 33, 34] sont utilisées pour le déterminer.

3-2-6. Taux de variation de CO₂ dans la tourbière

La station d'observation de Mauna Loa, à Hawaii a montré que le niveau de diminution de taux de carbone était de 400 ppm. Or le niveau nécessaire pour maintenir un effet de serre utile dans notre atmosphère est

de 200 ppm [35 - 37] faute de quoi la planète serait trop froide pour que les êtres humains y habitent, car il y a 200 ans, notre atmosphère comptait à peu près 275 ppm de CO₂ oscillant entre 180 et 280 ppm. Par contre, si l'on veut contenir la hausse de température à moins de +2° C et éviter d'atteindre les points de basculement et les impacts irréversibles tels que la fonte de la calotte glaciaire du Groenland et les grandes émissions de méthane à partir de la fonte du permafrost, le niveau de sécurité du taux de CO₂ requis est de 350 ppm [4, 36], ce qui correspond au niveau de concentration maximum dans notre atmosphère. Nos résultats sur les données de dioxyde de Carbone, contenus dans la **Figure 6**, varient de 400 ppm à 200 pmm, et nous amène à conclure que la tourbière de Lokolama est un vaste puits de carbone qui contribue au maintien de la hausse de température à +2° C et à la régulation de climat dans notre planète [29]. Par ailleurs, nous avons examiné d'une part les corrélations entre trois paramètres étudiés ici et le dioxyde de carbone et d'autre part, nous avons vérifié les corrélations entre le NDVI et la Température de la Canopée ou de l'air ainsi que la Température du Sol. Les résultats obtenus révèlent que pour la corrélation est négative entre la précipitation et le dioxyde de Carbone, ce qui veut dire que les précipitations augmentent moins il y a la présence de dioxyde de Carbone dans l'atmosphère et vice versa. D'autre part, on note une corrélation positive entre le gradient thermique et le dioxyde de Carbone à Lokolama en d'autres termes plus la température du sol augmente plus il y a la présence de dioxyde de Carbone dans l'atmosphère et partant, l'augmentation de la température du sol favorise l'émission de carbone stocké dans la tourbière vers l'atmosphère. D'autre part, la corrélation positive relevée entre la température et le dioxyde de Carbone dans la zone de Lokolama veut dire que l'augmentation de la température renseigne sur l'augmentation du dioxyde de Carbone dans l'atmosphère. Ceci peut être expliqué par l'émission du carbone en provenance de la tourbière qui augmente les gaz à effet de serre dans la zone.

4. Conclusion

Depuis quelques décennies, on sait que les tourbières séquestrent le carbone et régulent le climat. Dans cet environnement de changement climatique dû au réchauffement de la Terre, des travaux y relatifs sont de plus en plus fréquents. Ainsi, cette étude consistait à caractériser la tourbière du Territoire de Lokoloma. Les résultats obtenus ont permis d'établir que le stock de carbone autour de la localité de Lokolama par l'échelonnement des zones tampons correspond à 6 472 544 tC, le taux de croissance de CO₂ dans l'atmosphère à Lokolama oscillant entre 180 et 280 ppm, la vitesse de vent varie entre 0,6 à 1,6 m/s, la tendance du gradient thermique est positive, la température de l'air est croissante, les corrélations entre gradient thermique et le CO₂, la température de l'air et le CO₂ sont positifs. Ces résultats permettent de confirmer les hypothèses selon lesquelles, la conservation de ces milieux humides est susceptible de conserver des forêts dans les zones humides, et l'on en déduit que la tourbière de Lokolama est un véritable puits de carbone susceptible d'atténuer les changements climatiques. Elle contribue à la stabilisation de la globale température de la Terre au-dessous de +2°C. D'autre part, le taux de carbone renfermé dans la tourbière de Lokolama indique qu'elle est un véritable puits de carbone et non une source. Cette étude montre finalement que les caractéristiques de la tourbière de Lokolama place la République Démocratique du Congo aux premières loges de l'échiquier mondial des pays qui régulent le climat et, partant, luttent contre les changements climatiques en participant à l'équilibre climatique de notre planète.

Références

- [1] - S. A. THORNTON, S. COOK, D. ASTIANI, K. A. HAPSARI, H. VARKKEY, L. E. S. COLE, G. C. DARGIE, S. SJÖGERSTEN, N. Z. ZAWAWI, S. E. PAGE, 'Pushing the limits': experiences of women in tropical peatland research. *Marine and Freshwater Research*, 71 (2019) 170 - 178
- [2] - I. T. LAWSON, E. N. HONORIO CORONADO, L. ANDUEZA, L. COLE, G. C. DARGIE, A. L. DAVIES, N. LAURIE, I. OKAFOR-YARWOOD, K. H. ROUCOUX & M. SIMPSON, The vulnerability of tropical peatlands to oil and gas exploration and extraction. *Progress in Environmental Geography*, Vol, Issue 1-4, (2022)
- [3] - S. APERS, G. J. M. DE LANNOY, A. J. BAIRD, A. R. COBB, G. C. DARGIE, J. DEL AGUILA PASQUEL, A. GRUBER, A. HASTIE, H. HIDAYAT, T. HIRANO, A. M. HOYT, A. J. JOVANI-SANCHO, A. KATIMON, A. KURNAIN, R. D. KOSTER, M. LAMPELA, S. P. P. MAHANAMA, L. MELLING, S. E. PAGE, R. H. REICHLE, M. TAUFIK, J. VANDERBORGHT and M. BECHTOLD, (2021) [Pre-print]. Tropical peatland hydrology simulated with a global land surface model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems. J Adv Model Earth Syst., Mar*, 14 (3) (2022) : e2021MS002784
- [4] - F. LEROY, S. GOGO, C. GUIMBAUD, L. BERNARD-JANNIN, Z. HU et F. LAGGOUN-DEFARGE, Vegetation composition Controls sensitivity of CO₂ and CH₄ emissions and DOC contraction in peatlands. *Soil Biology and Biochemistry*, 107 (2017) 164 - 167
- [5] - D. HAWTHORNE, I. T. LAWSON, G. C. DARGIE, Y. E. BOCKO, S. A. IFO, Y. GARCIN, E. SCHEFUB, W. HILES, A. J. JOVANI-SANCHO, G. TYRELL, G. E. BIDDULPH, A. BOOM, B. M. CHASE, P. GULLIVER, S. E. PAGE, K. H. ROUCOUX, S. SJÖGERSTEN, D. M. YOUNG, S. L. LEWIS, Genesis and development of an interfluvial peatland in the central Congo Basin since the Late Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, 305 (2023) 107992
- [6] - I. J. DAVENPORT, I. MCNICOL, E. T. A. MITCHARD, G. C. DARGIE, S. A. IFO, B. MILONGO, Y. E. BOCKO, D. HAWTHORNE, I. T. LAWSON, A. J. BAIRD, S. E. PAGE, S. L. LEWIS, First Evidence of Peat Domes in the Congo Basin using LiDAR from a Fixed-Wing Drone [Premières preuves de dômes de tourbe dans le bassin du Congo utilisant un capteur LiDAR embarqué sur un drone à voilure fixe]. *Remote Sensing*, 12 (2020) 2196
- [7] - Y. E. BOCKO, G. J. LOUBOTA PANZOU, G. C. DARGIE, Y. E. WENINA MAMPOUYA, M. MBEMBA, J. J. LOUMETO, S. L. LEWIS, Allometric equation for *Raphia laurentii* De Wild, the commonest palm in the central Congo peatlands. *PLoS ONE*, 18 (4) (2023)
- [8] - M. E. HARRISON, L. S. WIJEDASA, L. E. S. COLE, S. M. CHEYNE, S. A. B. CHOIRUZZAD, L. CHUA, G. C. DARGIE, C. E. N. EWANGO, E. N. HONORIO CORONADO, S. A. IFO, M. A. IMRON, D. KOPANSKY, T. LESTARISA, P. J. O'REILLY, J. VAN OFFELEN, J. REFISCH, K. ROUCOUX, J. SUGARDJITO, S. A. THORNTON, C. UPTON, S. E. PAGE, Tropical peatlands and their conservation are important in the context of COVID-19 and potential future (zoonotic) disease pandemics. *PeerJ.*, (2020) 8:e10283
- [9] - J. D. SHAKUN, P. U. CLARK, S. A. MARCOTT, A. C. MIX, ZENGYU LIN, B. OTTEBLIESNER, A. SCHMITTER and E. BARD, Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. *Nature*, 484 (2012) 49 - 54
- [10] - M. J. PRATHER, C. D. HOLMES et J. HSU, « Reactive greenhouse gas scenarios: Systematic exploration of uncertainties and the role of atmospheric chemistry », *Geophysical Research Letters*, t. 39, N° 9 (2012) L09803, n/a—n/a
- [11] - D. SPRACKLEN, S. ARNOLD, C. TAYLOR, Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, 489 (2012) 282 - 285
- [12] - H. H. JANZEN, « Beyond carbon sequestration : soil as conduit of solar energy », *European Journal of Soil Science*, Vol. 66, N°1, 19 - 32 p. (ISSN 1365-2389, DOI 10.1111/ejss.12194, lire en ligne [archive], consulté le 30 octobre 2020

- [13] - R. G. PEARSON et al. Shifts In Arctic vegetable and associated feedsacks under climate change. *Nature Climate Change*, 3 (7) (2013) 673 - 677
- [14] - C. D. EVANS, M. PEACOCK, A. J. BAIRD, R. ARTZ, E. BROWN, A. BURDEN, N. CALLAGHAN, P. J. CHAPMAN, H. M. COOPER, M. COYLE, A. CUMMING, S. DIXON, C. HELFTER, C. HEPPELL, J. HOLDEN, V. GAUCI, R. P. GRAYSON, D. JONES, J. KADUK, P. LEVY, R. MATTHEWS, N. MCNAMARA, T. MISSELBROOK, S. OAKLEY, S. PAGE, M. RAYMENT, L. M. RIDLEY, K. STANLEY, J. WILLIAMSON, F. WORRALL, R. MORRISON, Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 593 (7860) (2021) 548 - 552 p.
- [15] - Y. GARCIN, E. SCHEFUB, G. C. DARGIE, D. HAWTHORNE, I. T. LAWSON, D. SEBAG, G. E. BIDDULPH, B. CREZEE, Y. E. BOCKO, S. A. IFO, Y. E. MAMPOUYA WENINA, M. MBEMBA, C. E. N. EWANGO, P. BOLA, J. KANYAMA TABU, G. TYRRELL, D. M. YOUNG, G. GASSIER, N. T. GIRKIN, C. H. VANE, T. ADATTE, A. J. BAIRD, A. BOOM, P. GULLIVER, P. J. MORRIS, S. E. PAGE, S. SJÖGERSTEN, S. L. LEWIS, Hydroclimatic vulnerability of peat carbon in the central Congo Basin. *Nature*, 612 (2022) 277 - 282
- [16] - D. ELLISON, M. N. FUTTER, K. BISHOP, on the forest cover—water yield debate: from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology*, 18 (2012) 806 - 820
- [17] - V. F. RODRIGUEZ-GALIANO, B. GHIMIRE, J. ROGAN, M. CHICA-OLMO and J. P. RIGOL-SANCHEZ, “An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification”. *ISPRS J. Photogrammetry. Remote Sens*, 67 (2012) 93 - 104
- [18] - A. VOULGARAKIS, «Analysis of present day and future OHandmethanelifetimeinthe ACCMIP simulations», *Atmospheric Chemistry and Physics*, t. 13, N° 5 (2013) 2563 - 2587 p.
- [19] - GC. DARGIE, SL. LEWIS, I. T. LAWSON, ETA. MITCHARD, SE. PAGE, YE. BOCKYO, SA. IFO, Age. Extent and carbon storage of the central Congo basin Peatland complex. *Nature*, 542 (2017) 86 - 90
- [20] - M. R. C. POSA, L. S. WIJEDASA and R. T. CORLETT, Biodiversity and conservation of tropical peat swamp forests. *Bioscience*, 61 (2011) 49 - 57
- [21] - L. E. ARAGÃO, Environmental science : The rainforest's water pump. *Nature*, 489 (7415) 217 - 8
- [22] - W. GIESEN, L. WIJEDASA and S. E. PAGE, Unique Southeast Asian peat swamp habitats have relatively few distinct plant species. *Mires and Peat*, 22 (2012) 1 - 13
- [23] - S. GEORGIU, E. T. A. MITCHARD, B. CREZEE, G. C. DARGIE, D. M. YOUNG, A. J. JOVANI-SANCHO, B. KITAMBO, F. PAPA, Y. E. BOCKO, P. BOLA, D. E. CRABTREE, O. B. EMBA, C. E. N. EWANGO, N. T. GIRKIN, S. A. IFO, J. T. KANYAMA, Y. E. WENINA MAMPOUYA, M. MBEMBA, J-B. N. NDJANGO, P. I. PALMER, S. SJÖGERSTEN, & S. L. LEWIS, Mapping water levels across a region of the Cuvette Centrale peatland complex. *Remote Sensing*, 15 (12) (2023) 3099
- [24] - Z. YU et al, Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximums. *Geophysical Research Letters*, 37 (13) (2010) 5
- [25] - N. BRAHIM, C. HATIRA, Contribution de la télédétection et des systèmes d'information géographique a la prise en compte du risque de prolifération des Aedes dans les zones humides de Bizerte (Nord de la Tunisie). *Physio-Géo*, N°4 (2010) 151168 p.
- [26] - J. XU, P. J. MORRIS, J. LIU, HOLDEN J. PEATMAT, Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis, *CATENA*, Vol. 160, (january 2018) 134 - 140 p
- [27] - G. E. BIDDULPH, Y. E. BOCKO, P. BOLA, B. CREZEE, G. C. DARGIE, O. EMBA, S. GEORGIU, N. GIRKIN, D. HAWTHORNE, A. J. JOVANI-SANCHO, T. J. KANYAMA, W. E. MAMPOUYA, M. MBEMBA, M. SCIUMBATA, G. TYRRELL, (Le groupe de nouveaux chercheurs de CongoPeat), Connaissances actuelles sur le complexe de tourbières de la Cuvette centrale et orientations futures pour la recherche. *Bois et Forêts des Tropiques*, 350 (2021) 3 - 14
- [28] - B. A. LIKOB, G. A. LIKOKO, N. J. MBIFO, L. BESANGO, variation du Vent et ses Influences sur les Paramètres Climatiques de la Région de Yangambi (RD Congo). *European Scientific Journal March*, edition Vol. 16, N°9 (2020)

- [29] - S. PAGE, S. MISHRA, F. AGUS, G. ANSHARI, G. DARGIE, S. EVERS, J. JAUHAINEN, A. JAYA, A. J. JOVANI-SANCHO, A. LAUREN, S. SJÖGERSTEN, S. A. IFO, L. S. WIJEDASA, C. D. EVANS, Anthropogenic impacts on lowland tropical peatland biogeochemistry. *Nature Reviews Earth & Environment*, (2022)
- [30] - J. MIETTINEN, A. HOOIJER, R. VERNIMMEN, S. C. LIEW and S. E. PAGE, From carbon sink to carbon source : extensive peat oxidation in insular Southeast Asia since 1990. *Environmental Research Letters*, 12 (2017) 024014
- [31] - J. LOISEL, A. V. GALLEGO-SALA, M. J. AMESBURY, G. MAGNAN, G. ANSHARI, D. W. BEILMAN, J. C. BENAVIDES, J. BLEWETT, P. CAMILL, D. J. CHARMAN, S. CHAWCHAI, A. HEDGPETH, T. KLEINEN, A. KORHOLA, D. LARGE, C. A. MANSILLA, J. MÜLLER, S. VAN BELLEN, J. B. WEST, Z. YU, J. L. BUBIER, M. GARNEAU, T. MOORE, A. B. K. SANNEL, S. PAGE, M. VÄLIRANTA, M. BECHTOLD, V. BROVKIN, L. E. S. COLE, J. P. CHANTON, T. R. CHRISTENSEN, M. A. DAVIES, F. DE VLEESCHOUWER, S. A. FINKELSTEIN, S. FROLKING, M. GALKA, L. GANDOIS, N. GIRKIN, L. I. HARRIS, A. HEINEMEYER, A. M. HOYT, M. C. JONES, F. JOOS, S. JUUTINEN, K. KAISER, T. LACOURSE, M. LAMENTOWICZ, T. LARMOLA, J. LEIFELD, A. LOHILA, A. M. MILNER, K. MINKKINEN, P. MOSS, B. D. A. NAAFS, J. NICHOLS, J. O'DONNELL, T. PAYNE, M. PHILBEN, S. PIILO, A. QUILLET, A. S. RATNAYAKE, T. P. ROLAND, S. SJÖGERSTEN, O. SONNENTAG, G. T. SWINDLES, W. SWINNEN, J. TALBOT, C. TREAT, A. C. VALACH and J. WU, Expert assessment of future vulnerability of the global peatland carbon sink. *Nature Climate Change*, 11 (2021)70 - 77 p.
- [32] - S. E. CHADBURN, E. J. BURKE, A. V. GALLEGO-SALA, N. D. SMITH, N. SYNDONIA BRET-HARTE, D. J. CHARMAN, J. DREWER, C. W. EDGAR, E. S. EUSKIRCHEN, K. FORTUNIAK, Y. GAO, M. NAKHAVALI, W. PAWLAK, E. A. G. SCHUUR and S. WESTERMANN, A new approach to simulate peat accumulation, degradation and stability in a global land surface scheme. *European Geosciences. Geoscientific Model Development*, Vol. 15, Issue 4, (2022) 1633 - 1657
- [33] - S. A. IFO, S. SANNIER, G. JAFFRAIN, H. GHOMSI, C. OUISSIKA, S. BINSANGOU, L. LOUVOUANDOU, L. BOUETOU KADILAMIO, G. C. BOUNDZANGA, B. MERTENS, C. PINET, Analyse et consolidation des résultats sur les estimations de superficie du couvert forestière et de ses changements entre 2000 et 2016 en République du Congo. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223 (2021) 104 - 117 p.
- [34] - N. T. GIRKIN, C. H. VANE, B. L. TURNER, N. J. OSTLE and S. SJÖGERSTEN, Root oxygen mitigates methane fluxes in tropical peatlands. *Environmental Research Letters*, 15 (6) (2020) 064013
- [35] - B. CREZEE, G. C. DARGIE, C. E. N. EWANGO, E. T. A. MITCHARD, O. B. EMBA, J. T. KANYAMA, P. BOLA, J. N. NDJANGO, N. T. GIRKIN, Y. E. BOCKO, S. A. IFO, W. HUBAU, D. SEIDENSTICKER, R. BATUMIKE, G. IMANI, CUNI- A. SANCHEZ, C. A. KIAHTIPES, J. LEBAMBA, H. WOTZKA, H. BEAN, T. R. BAKER, A. J. BAIRD, A. BOOM, P. J. MORRIS, S. E. PAGE, I. T. LAWSON & S. L. LEWIS, Mapping peat thickness and carbon stocks of the central Congo Basin using field data. *Nature Geoscience*, 15 (2022) 639 - 644
- [36] - D. M. YOUNG, A. J. BAIRD, A. V. GALLEGO-SALA, J. LOISEL, A cautionary tale about using the apparent carbon accumulation rate (aCAR) obtained from peat cores. *Sci Rep*, 11 (2021) 9547
- [37] - L. J. T. WHITE, E. BAZAIBA MASUDI, J. DORET NDONGO, R. MATONDO, A. SOUDAN-NONAUT, A. NGOMANDA, S. A. IFO, C. E. N. EWANGO, B. SONKÉ & S. L. LEWIS, Congo Basin rainforest - invest US\$150 million in science. *Nature Comment*, 598 (2021) 411 - 414 p.