

Fluctuations de la pollution électromagnétique dans les environs des habitations sous les lignes très haute tension de la ville de Kinshasa

[Fluctuations of electromagnetic pollution in the vicinity of dwellings under very high voltage lines in the city of Kinshasa]

Crispin Ngoma Buveka, Willy Mulumba Mayaudi, and Joseph Cimbela Kabongo

Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et des Sciences Appliquées, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The world is becoming increasingly industrialized, technological revolution and innovation are proceeding at prodigious speeds, so that the number and diversity of electromagnetic (EMF) sources have increased significantly. Electricity has made our lives richer, safer and easier, but the transmission lines that carry it pose some health risks to the people who live around it due to the EMF they generate. Research was undertaken in 2015 to obtain information on the people living near these lines in the residential area of Kinshasa city. To this end, Magnetic Field (MF) measurements carried out there in 2015 and repeated in 2020 indicate that the average MF has increased over 5 years, notably in the axis of the line, notably from $(0.673 \pm 0.030) \mu\text{T}$ to $(1.321 \pm 0.115) \mu\text{T}$ at Limete, $(0.753 \pm 0.052) \mu\text{T}$ to $(1.091 \pm 0.073) \mu\text{T}$ at Selembao and $(1.017 \pm 0.095) \mu\text{T}$ to $(1.342 \pm 0.102) \mu\text{T}$ at Bandalungwa. All these averages found in 2020 are increasingly above the threshold value of $0.400 \mu\text{T}$.

KEYWORDS: Extremely low frequency magnetic field, exposure, very high voltage line, standard, pathologies.

RESUME: Le monde s'industrialise chaque jour davantage, la révolution et l'innovation technologiques se poursuivent à des vitesses prodigieuses de sorte que le nombre et la diversité des sources électromagnétiques se sont sensiblement accrues. L'électricité a rendu nos vies plus riches, plus sûres et plus faciles mais les lignes de transport qui la transportent représentent quelques risques pour la santé des habitants qui vivent aux alentours en raison des Champs Magnétiques (CM) qu'elles génèrent. Des recherches ont été entreprises en 2015 pour obtenir des informations sur les personnes qui vivent à proximité de ces lignes dans la zone résidentielle de la ville de Kinshasa. A cet effet, des mesures de CM y effectuées en 2015 puis répétées en 2020 indiquent que les moyennes de ces CM ont augmenté en 5 ans, passant notamment, dans l'axe de la ligne, de $(0.673 \pm 0.030) \mu\text{T}$ à $(1.321 \pm 0.115) \mu\text{T}$ à Limete, $(0.753 \pm 0.052) \mu\text{T}$ à $(1.091 \pm 0.073) \mu\text{T}$ à Selembao et $(1.017 \pm 0.095) \mu\text{T}$ à $(1.342 \pm 0.102) \mu\text{T}$ à Bandalungwa.

MOTS-CLEFS: Champ magnétique d'extrêmement basse fréquence, exposition, ligne très haute tension, norme, pathologies.

1 INTRODUCTION

La croissance consécutive à l'industrialisation du monde s'accompagne des effets négatifs sur l'environnement, en rapport avec des risques sanitaires (Semelle, 1992). On estime que plus d'un milliard de personnes ne sont pas convenablement logées, mettant en péril la santé et la vie de plusieurs femmes enceintes et enfants (Mavudila and Ngoma, 2018). De tous temps, la Terre baigne dans une mer de CEM naturels (Repacholi, 1983) mais au cours du 20ème siècle, cet environnement naturel a radicalement changé avec l'introduction d'un large éventail croissant de CEM artificiels (Hoang, 2007; Ngoma, 2018). Si

d'aucuns considèrent l'électricité comme un générateur d'emplois, d'amélioration de la qualité de la vie il se pose depuis quelques décennies la question de possibles effets indésirables sur la santé en relation avec les CE et CM dus à la production, le transport et l'utilisation de l'électricité (Kheifets et al., 2006).

Les lignes de transmission d'électricité et les CEM ELF qu'elles génèrent représentent une menace pour la sécurité d'occupation (Semelle, 1992) car elles provoquent une puissance induite qui pénètre complètement dans le corps (Hoang, 2007). Dans la ville de Kinshasa, les maisons sont adjacentes aux lignes à Très Haute Tension (THT) et les gens vivent dans l'axe même de ces lignes. Depuis les études de Weithermer et Leeper (1979), un grand nombre de ces publications ont incriminé la configuration des lignes dans l'apparition de leucémies chez les enfants (Fulton et al., 1980). D'autres rapports font état de tumeurs cérébrales professionnelles (Draper et al., 2005), de mortalité chez les personnes vivant le long des lignes de transmission (Pearce et al., 1985) et de tumeurs du système nerveux (Rodvall, 1985).

Depuis quelques années, des études ont permis d'observer, dans des situations d'exposition aux CM, les performances cardiovasculaires des mammifères proches de l'homme (Gafey and al., 1980) et le constat dans certains cas des effets subtils sur la fréquence cardiaque qui entraîneraient des arythmies et une tachycardie à haute tension (Jauchem, 1997). Les études du comportement sous l'effet des CM, particulièrement celles à base de mesures comportementales, ont révélé une variation de la force de la mémoire sous l'effet des CM et un dysfonctionnement des réactions comportementales, une modification du temps de réaction des personnes exposées à des CM (Davis and al., 1984) mais aussi une corrélation significative entre les lieux de suicide et l'intensité du CM, beaucoup plus de suicides s'étant produits dans des endroits à fort CM (Smith, 1982). On sait aussi aujourd'hui que le système nerveux central joue un rôle important dans les réactions des organismes aux CMS et beaucoup d'études montrent l'incidence des CM sur le système nerveux central ainsi que sur les troubles du comportement (Medvedev, Urazaev and Kulakov, 1976).

Étant donné que des CM très intenses peuvent influencer la fertilité et la reproduction et quoi que des effets biomagnétiques des CM faibles soient mineurs, des études sont menées pour s'assurer des effets de tels champs sur la croissance ou la fertilité et leurs résultats sont utilisés pour mettre à jour les normes notamment en matière de reproduction (Nakagawa, 1979). Il a d'autre part été rapporté des effets de CEM sur le système circulatoire, particulièrement sur la vitesse du sang dans l'aorte (Tokagawa and al., 1967); mais aussi le fait que ces CEM altèrent l'acuité visuelle allant jusqu'à la manifestation de magnétosphènes pour des valeurs allant de 2 et 10 μT en fonction des fréquences (Lovsund et al., 1980).

Les intensités des CM générés par diverses sources alternatives peuvent atteindre de valeurs élevées et détériorent la qualité de l'environnement, ce qui appelle à la fixation de normes d'exposition (Lagroye, 2009). A cet effet, chaque pays édicte ses normes dont les limites d'exposition s'appuient sur les recommandations du CIPRNI qui retiennent une valeur moyenne de 0.400 μT pour de nombreux pays (Courreau 2013, Singh and Kapoor 2014). Les écoles, particulièrement les crèches, ainsi que les centres hospitaliers figurent au nombre de milieux sensibles (Raoul, 2010).

L'avènement du Développement durable encourage la réduction de l'utilisation des énergies fossiles et leur remplacement par des ENR à l'instar de l'Allemagne et la France qui ont respectivement contracté avec des pays du Maghreb en vue d'utiliser le potentiel solaire du Sahara et d'acheminer l'énergie y produite vers les utilisateurs de l'Europe centrale (Walter et Bosh, 2015). D'autre part, la Chine investit massivement dans les réseaux à UHT à l'échelle tant nationale qu'internationale par le biais du projet GEI qui vise à construire un réseau interconnecté à l'échelle mondiale alimenté par des sources renouvelables qui viseraient à assurer à l'horizon 2070 une interconnexion intercontinentale avec plus de capacités estimées à 1.25 Tw (L'EnerGEEK, 2018).

L'Afrique est ainsi à n'en point douter, au cœur des convoitises des grandes puissances non seulement pour ses ressources minières et fossiles mais aussi et surtout, dans le contexte de cette transition énergétique, de son énorme potentiel en ENR. A ce titre, elle représente un vivier important d'où partiront, dans les années à venir, des milliers de km de lignes intercontinentales UHT, pour les besoins de consommateurs de tous les continents (Gendron and Ahajjan 2020), les CM ainsi générés constitueront, si on ne prend garde, un problème de santé publique.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La ville de Kinshasa, la capitale de la RD Congo, est située à 281 m d'altitude sur le bord côté ouest du fleuve Congo au niveau du Pool Malebo. Ses coordonnées géodésiques sont respectivement 4°19'39" Sud et 15°18'48" Est (Ngoma, 2018). Sa superficie de 9 965 km² fait d'elle la plus grande ville de la RD Congo et l'une des plus importantes mégapoles du monde. Sa population est estimée à un peu plus de 12 millions d'habitants. Kinshasa forme une entité administrative à statut particulier;

elle joue le rôle de centre administratif, économique, politique et culturel de la RD Congo. La ville est organisée en 24 communes dont la partie urbaine s'étend sur environ 600 km^2 .

Cette étude concerne les 7 communes de la ville de Kinshasa qui sont traversées par les lignes THT. Si la plupart des habitations sont construites en dur sur un sol sablonneux, elles ne répondent pas dans la plupart de cas aux normes d'un habitat convenable au regard de leurs localisations vis-à-vis de ces lignes.

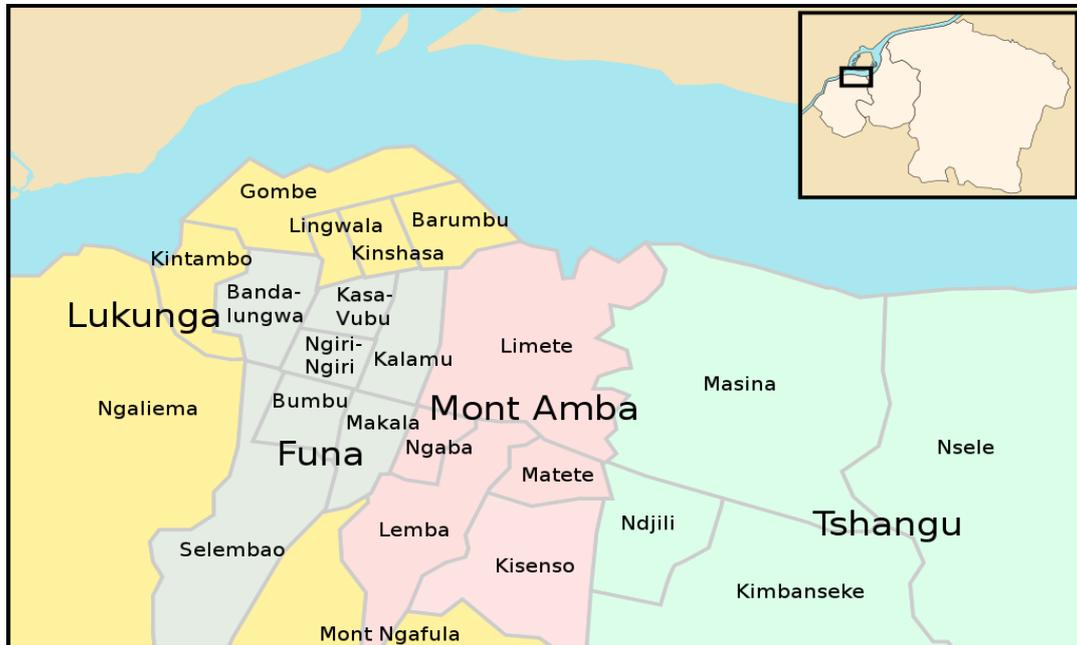


Fig. 1. Carte de la ville de Kinshasa. Les 7 communes (Ngalima, Mont Ngafula, Bandalungwa, Selembao, Limete, Kisenso et Matete) y sont indiquées par des flèches

2.2 MATÉRIELS

Nous avons alternativement Un « ME 3030B M/E Analyser » tri directionnel et Un « Magnetic Field Meter TM 191 » unidirectionnel pour mesurer respectivement les champs de moins de $2 \mu T$ et de plus de $2 \mu T$, le GPS MAP T8 de marque GARMIN pour la géo localisation, pour les calculs des moyennes et erreurs nous avons utilisé Qbasic ainsi que Matlab pour les graphiques. La figure 8 ci-après présente les appareils qui ont été utilisés pour les mesures.



Fig. 2. De gauche à droite: Le téléphone SAMSUNG J CORE, l'analyseur de fréquence TENMARS et l'analyseur de fréquences GIGAHERTZ

2.3 MÉTHODE

On a utilisé des analyseurs de fréquence dont un « ME 3030B M/E-Analyser » tri directionnel et un « Magnetic Field Meter TM 191 » unidirectionnel pour mesurer respectivement les champs de moins de $2.000 \mu T$ et ceux de plus de $2.000 \mu T$. Pour les

coordonnées géographiques on a respectivement utilisé un GPS Garmin. Pour l'analyse des données, nous avons simultanément utilisé les logiciels Matlab et QBasic.

Les mesures de CM de 2015 étaient limitées à 4 communes alors que celles de 2019 ont concerné 7 communes. La comparaison des CM qui est faite dans cette étude concerne les 4 communes qui reviennent dans les deux études.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Le terme série qui accompagne les figures ci-dessous, utilisé en tant que tel pour raison de commodité, représente en réalité une habitation

3.1.1 MESURES DANS LA COMMUNE DE MATETE EN 2015 ET 2020

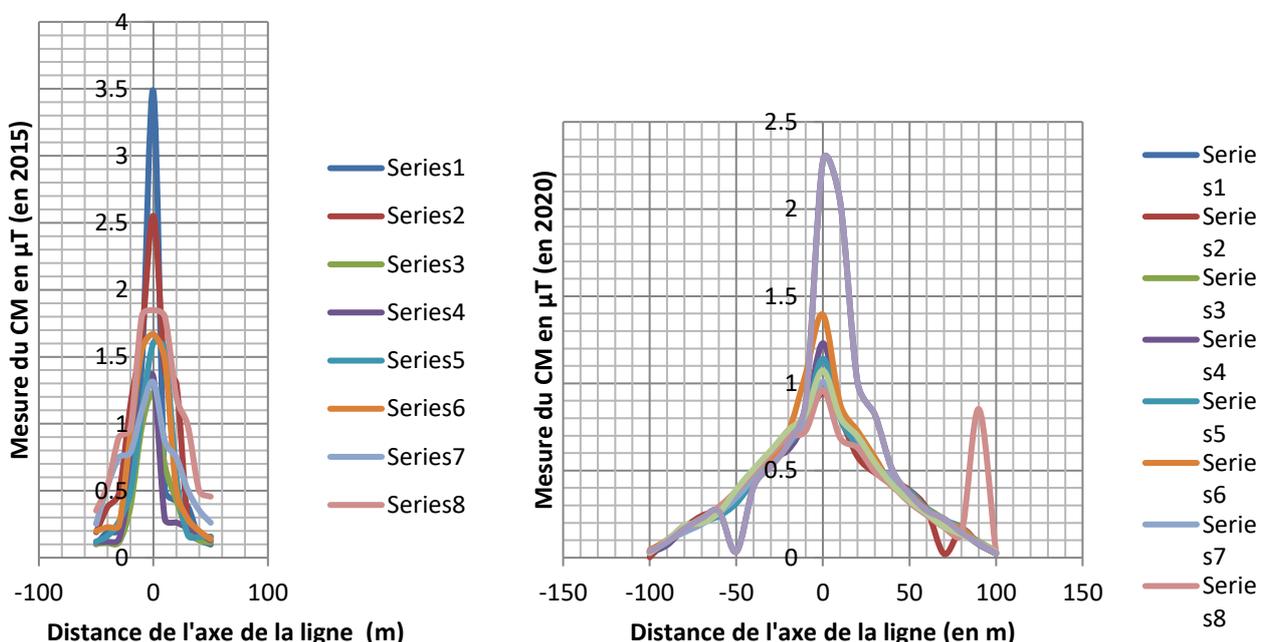


Fig. 3. Graphiques des CM en 2015 à gauche et en 2020 à droite (commune de Matete)

3.1.2 MESURES DANS LA COMMUNE DE LIMETE 2015 ET 2020

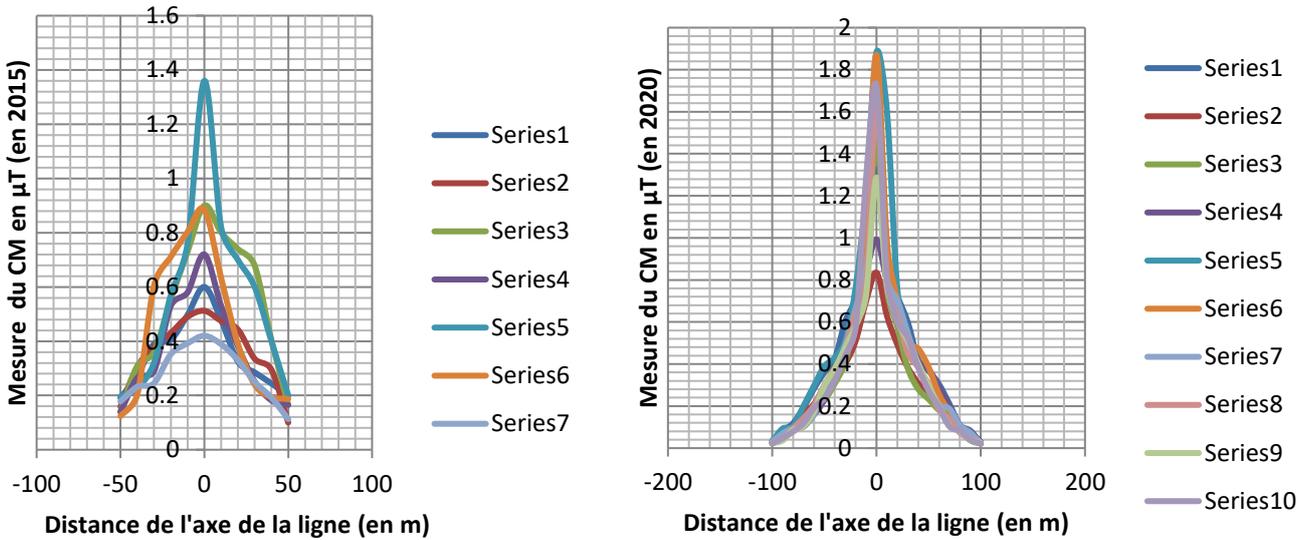


Fig. 4. Graphiques des CM en 2015 à gauche et en 2020 à droite (commune de Limete)

3.1.3 MESURES DANS LA COMMUNE DE SELEMBAO 2015 ET 2020

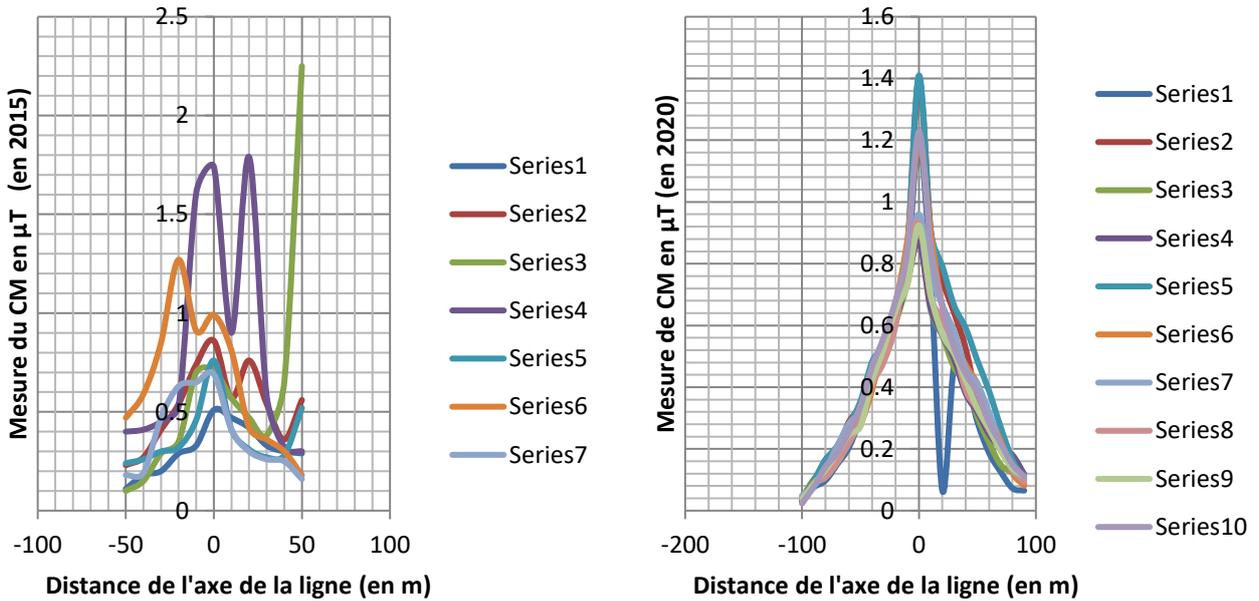


Fig. 5. Graphiques des CM en 2015 à gauche et en 2020 à droite (commune de Selembao)

3.1.4 MESURES DANS LA COMMUNE DE BANDALUNGWA

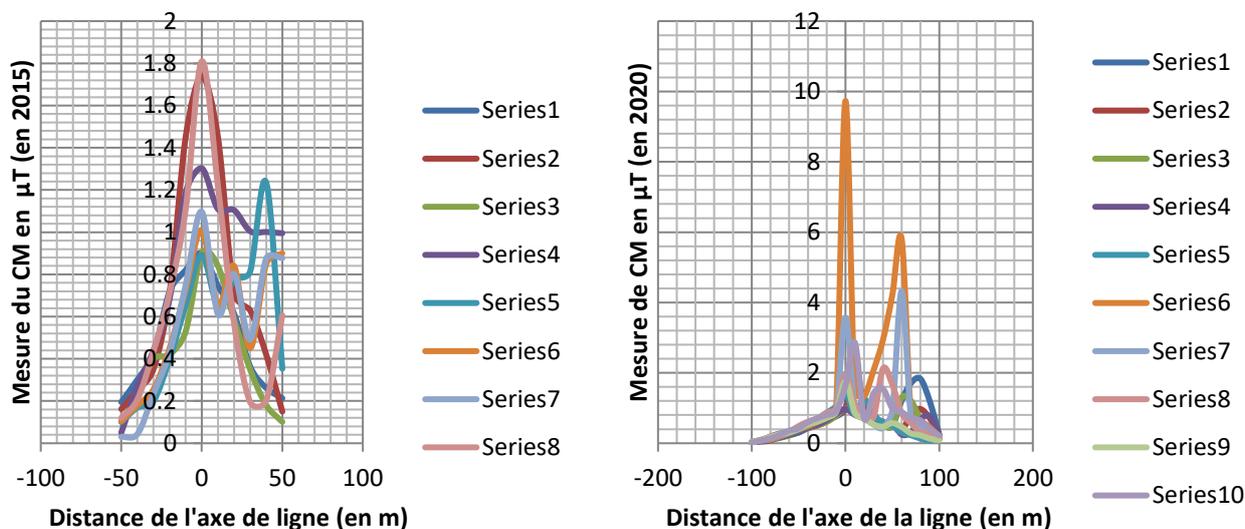


Fig. 6. Graphiques des CM en 2015 à gauche et en 2020 à droite (commune de Bandalungwa)

3.2 DISCUSSION

3.2.1 DANS LA COMMUNE DE MATETE

En ce qui concerne la commune de Matete, Les tendances relevées par Ngoma entre 2015 et 2020 montrent que les moyennes des intensités des CM sont respectivement comprises dans l'intervalle $[1.21; 3.48] \mu T$ avec une moyenne de $(1.4651 \pm 0.1254) \mu T$ (Ngoma, 2018) alors que pour 2020 ces valeurs appartiennent à l'intervalle $[0.9430; 2.2753] \mu T$ avec une moyenne de $(1.0910 \pm 0.0971) \mu T$. On constate aussi qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent respectivement aux intervalles $[0.2801; 0.4560] \mu T$ avec une moyenne de $(0.1103 \pm 0.0074) \mu T$ et $[0.3172; 0.3873] \mu T$ avec une moyenne de $(0.3528 \pm 0.0205) \mu T$. Dans cette commune, les travaux de Ngoma (2018) ont établi une occurrence de la leucémie supérieure aux statistiques nationales, une pathologie qui avait été rapportée par Coleman et al. (1985).

3.2.2 DANS LA COMMUNE DE LIMETE

Pour le cas de la commune de Limete, les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont comprises, pour l'année 2015, dans l'intervalle $[0.4203; 1.3602] \mu T$ (Ngoma 2018) avec une moyenne de $(0.6728 \pm 0.0631) \mu T$ (Mavudila et Ngoma 2018) alors que pour 2020 ces valeurs sont incluses dans l'intervalle $[0.8311; 1.8827] \mu T$ avec une moyenne de $(1.3211 \pm 0.0785) \mu T$.

On voit que les tendances entre 2015 et 2020, montrent que les moyennes des CM dans l'axe de la ligne ont respectivement connu un accroissement de près de 96.4 % et d'autre part il a été observé un accroissement des pics dans l'axe de la ligne de l'ordre de 38.4%. A 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent respectivement aux intervalles $[0.1004; 0.1873] \mu T$ avec une moyenne de $(0.1639 \pm 0.0144) \mu T$ (Mavudila et Ngoma 2018) et $[0.2327; 0.3847] \mu T$ avec une moyenne de $(0.2748 \pm 0.0152) \mu T$. On peut observer qu'à 50 m de la ligne cet accroissement est de 44. % et les travaux de Ngoma (2018) ont établi une occurrence des troubles du comportement plus importante que les statistiques nationales en accord avec Philips et Kaune (1977).

3.2.3 DANS LA COMMUNE DE SELEMBAO

Dans la commune de Selembao, les valeurs des CM dans l'axe de la ligne se retrouvent, pour l'année 2015, dans l'intervalle $[0.5147; 1.7402] \mu T$ avec une moyenne de $(0.7533 \pm 0.0571) \mu T$ alors que pour 2020 ces valeurs sont incluses dans l'intervalle $[0.8311; 1.8827] \mu T$ avec une moyenne de $(0.8705 \pm 0.0753) \mu T$. On voit que les tendances entre 2015 et 2020, montrent que les moyennes des CM dans l'axe de la ligne ont respectivement connu un accroissement de près 15.6 % à

Selembao. A 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent respectivement aux intervalles $[0.1614; 0.1873] \mu T$ avec une moyenne de $(0.3425 \pm 0.0305) \mu T$ et $[0.2870; 0.4853] \mu T$ avec une moyenne de $(0.3303 \pm 0.0324) \mu T$.

D'autre part il a été observé un accroissement des pics dans l'axe de la ligne de l'ordre de 8.2 % à Selembao. Par ailleurs, tout comme à Limete et Bandalungwa, les accroissements observés dans l'axe de la ligne à Selembao sont préoccupantes eu égard au constat de l'occurrence de certaines pathologies qui y ont été constatées (Raoul 2010) et que de nombreuses études attribuent aux CM (Irigaray and al. 2007).

3.2.4 DANS LA COMMUNE DE BANDALUNGWA

L'examen des graphiques de la commune de Bandalungwa révèle que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont contenues, pour l'année 2015, dans l'intervalle $[0.8920; 1.8103] \mu T$ avec une moyenne de $(1.0172 \pm 0.0974) \mu T$ (Mavudila and Ngoma 2018) alors que pour 2020 ces valeurs appartiennent à l'intervalle $[0.9743; 9.7305] \mu T$ avec une moyenne de $(1.3417 \pm 0.1342) \mu T$. A 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent respectivement aux intervalles $[0.1152; 0.9952] \mu T$ avec une moyenne de $(0.1547 \pm 0.0121) \mu T$ et $[0.4713; 4.2073] \mu T$ avec une moyenne de $(0.5202 \pm 0.0374) \mu T$.

Le pic de 9.7305 μT est très préoccupant parce qu'il affleure les valeurs où apparaissent les phosphènes magnétiques (Lovsund and al. 1980). D'autre part, les accroissements observés principalement dans l'axe de la ligne sont préoccupantes eu égard au constat de l'occurrence de certaines pathologies qui y ont été constatées et que de nombreuses études attribuent aux CM (Schmiedel 2010).

4 CONCLUSION

La ville de Kinshasa se développe à l'emporte-pièce, au mépris de certaines normes urbanistiques, particulièrement le respect des emprises le long des lignes THT. Cette étude a consisté à observer les fluctuations à la hausse des moyennes CM mesurés aux environs des habitations jouxtant les lignes THT de la ville. Ainsi entre 2015 et 2020, il a notamment été établi que les intensités de ces CM ont respectivement connu, dans l'axe de la ligne, un accroissement de près de 96.4 % la commune de Limete même qu'un accroissement des pics de l'ordre de 38.4% et un accroissement de près 15.6 % à Selembao de même qu'un accroissement des pics dans l'axe de l'ordre de 8.2 %. Etant donné qu'il y a été constaté une plus grande occurrence de certaines pathologies dont des troubles de la vue et du comportement, dans un pays qui est pourtant encore très peu électrifié, il faudrait un suivi particulier des études annuelles régulières pour vérifier le maintien (ou non) de la tendance.

REFERENCES

- [1] Coleman, M., Bell, C.M.J., Taylor, H.L., & Thornton-Jones, H. (1985). Leukaemia and electromagnetic fields: a case control study (Paper presented at the International Conference on Electric and Magnetic Fields in Medicine and Biology, London, October, 1985).
- [2] Coureau, G., (2013). Effets sanitaires des champs électromagnétiques et tumeurs du système nerveux central, Thèse, Ecole doctorale Sociétés, Politique, Santé Publique, Paris, 255p.
- [3] Davis, H.P., Mizumori, J.Y., Allen, H., Rosenzweig, M.R., Bennett, E.L., & Tenforde, T.S. (1984). Behavioural studies with mice exposed to DC and 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 5: 147-164. <https://doi.org/10.1002/bem.2250050204>.
- [4] Draper G., Vincent T, Kroll M.E, Swanson J., Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ*. 2005 Jun 4; 330 (7503): 1290. DOI: 10.1136/bmj.330.7503.1290.
- [5] Fulton, J.P., Cobb, S., Preble, L., Leone, L., & Forman, E. (1980), Electrical wiring configurations and childhood leukaemia in Rhode Island. *Am. J. Epidemiol.*, 113 (3): 292-296.
- [6] Gaffey, C.T., Tenforde, T.S., & Dean, E.E. (1980). Alterations in the electrocardiograms of baboons exposed to DC magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 1: 209.
- [7] Gendron, C. et Ahajjan, A., (2020). Transport d'électricité: vers un réseau mondial chinois ?, repéré sur <https://www.energie-plus.com/transport-deelectricite-vers-un-reseau-mondial-chinois/>, (12/12/2020).
- [8] Hoang, L-H., (2007). Contribution à la modélisation tridimensionnelle des interactions champ électromagnétique – corps humain en basses fréquences. *Energie électrique*. Thèse de Doctorat. Ecole Centrale de Lyon, 144p.
- [9] Irigaray P. *and al.*, Lifestyle-related factors and environmental agents causing cancer: an overview., *Biomed Pharmacother*. 2007 Dec; 61 (10): 640-58. doi: 10.1016/j.biopha.2007.10.006. doi: 10.1016/j.biopha.2007.10.006.

- [10] Jauchem, J.R., Exposure to extremely-low frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: Cardiovascular effects in humans, November 1997, *International Archives of Occupational and Environmental Health* 70 (1): 9-21 DOI: 10.1007/s004200050181.
- [11] Kheifets, L.I. *et al.*, Le principe de précaution et les champs électriques et magnétiques: mise en œuvre et évaluation, *Environnement, Risques & Santé – Vol. 5, n° 1, janvier-février 2006*.
- [12] Kheifets, L.I. *et al.*, The precautionary principle and electric and magnetic fields: implementation and evaluation, *Environment, Risks & Health – Vol. 5, no. 1, January-February 2006*. (In French).
- [13] L’EnerGEEK; (2018). Network, Data Sheet; (2018). The different types of power lines (THT, HT, MT, BT), spotted on <https://lenergeek.com/2018/08/10/the-different-types-of-power-lines-tht-ht-mt-bt/>, 202012/11.
- [14] Lagroye, I., (2009). Etude des effets biologiques des champs électromagnétiques non invasifs. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Ecole pratique des hautes études - EPHE PARIS. <tel-00977980> <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00977980/document>, (22 avril 2017).
- [15] Lovsund, P. *et al.*, (1980) Influence on vision of extremely low frequency electromagnetic fields. *Acta ophtalmologica*, 57: 812-821 (19/9).
- [16] Mavudila R., Ngoma, C. Mesure de l’exposition aux champs électromagnétiques d’extrêmement basse fréquence sur des personnes vivant sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa, *Revue des Sciences Médicales*, Vol. n°3, juillet 2018, 91-104.
- [17] Medvedev, M.A., Urazaev, A.M., & Kulakov, I.U.A. (1976). [Effect of a constant and low frequency magnetic field on the behavioural and autonomic responses of the human operator.] *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, 26: 1131-1136 (in Russian with English abstract).
- [18] Nakagawa, M. (1979). Effects of magnetic fields on fertility, general reproductive performance and growth of mice. *Jpn J. Hyg.*, 34: 488-495.
- [19] Ngoma C., (2018). Caractérisation de la pollution électromagnétique des lignes Très Haute Tension sur l’environnement des habitations dans la ville de Kinshasa. Centre de Recherche Interdisciplinaire de l’Université Pédagogique Nationale, PUPN, N° 074C Janvier-Mars 2018 37-49.
- [20] Pearce, N.E., Sheppard, R.A., Howard, J.K., Fraser, J., & Lilley, B.M. (1985) Leukaemia in electrical workers in New Zealand. *Lancet*, 1 (8432): 811-812.
- [21] Phillips, R.D. and Kaune, W.T., (1977). Biological effects of static and low-frequency electromagnetic fields: an overview of united states literature, EPRI EA-490-SR Special Report July 1977 Prepared by BATTELLE Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington.
- [22] Phillips, R.D. and Kaune, W.T., (1977). Biological effects of static and low-frequency electromagnetic fields: an overview of united states literature, EPRI EA-490-SR Special Report July 1977 Prepared by BATTELLE Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington. <https://doi.org/10.2172/7306613>.
- [23] Raoul, D., (2010). Les effets sur la santé et l’environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension; Office parlementaire d’évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris, 177p.
- [24] Repacholi, M.H. (1983). Standards on Static and ELF Electric and Magnetic Fields and their Scientific Basis, *Biological Effects and Dosimetry of Static and ELF Electromagnetic Fields* pp 667-684.
- [25] Repacholi, M.H. (1983). Standards on Static and ELF Electric and Magnetic Fields and their Scientific Basis, *Biological Effects and Dosimetry of Static and ELF Electromagnetic Fields* pp 667-684.
- [26] L’EnerGEEK, Réseau et Fiche Technique; (2018). Les différents types de lignes électriques (THT, HT, MT, BT), repéré sur <https://lenergeek.com/2018/08/10/les-differents-types-de-lignes-electriques-tht-ht-mt-bt/>, (11/12/2020).
- [27] Rodvall, Y., Feychting, M., & Ahlbom, A. (1985). [Investigation of morbidity from cancers in the Alfta area,] Stockholm, National Institute of Environmental Medicine (in Swedish).
- [28] Schmiedel, S. *et al.*, Spatial clustering and space-time clusters of leukemia among children in Germany, 1987-2007, *European Journal of Epidemiology*, Vol. 25, No. 9 (2010), pp. 627-633. <https://doi.org/10.1007/s10654-010-9488-7>. Epub 2010 Jul 11.
- [29] Semelle D., (1992). *Easy geobiology*, New Marabout Editions, Sarthe (France), 158p (In French).
- [30] Semelle D., (1992). *La géobiologie facile*, Nouvelles Editions Marabout, Sarthe (France), 158p.
- [31] Singh C. and Kapoor N. Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs. Hindawi Publishing Corporation *Advances in Biology* Volume 2014, Article ID 198609, 24 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/198609>.
- [32] Smith, C.W. (1982). Comments on the paper "Environmental power-frequency magnetic fields and suicide." *Health Phys.*, 43: 439-441.
- [33] Swanson, J.H. and Kheifets, L., Biophysical mechanisms: a component in the weight of evidence for health effects of power-frequency electric and magnetic fields, Published in *Radiation research* 2006, DOI: 10.1667/RR3522.1.

- [34] Togawa, T., Okai, O., & Oshima, M. (1967). Observation of blood flow EMF in externally applied strong magnetic fields by surface electrodes. *Med. Biol. Eng.*, 5: 169-170. [https://doi: 10.1007/BF02474505](https://doi.org/10.1007/BF02474505).
- [35] Walter, K. et Bosch, S.; (2015). Réseau intercontinental d'approvisionnement énergétique - scénario pour un tracé de la ligne de transport électrique de l'Afrique du Nord à l'Europe centrale, vol. 55 / n°1-2 | 2015: Energies renouvelables et territoires: les défis de la transition énergétique en Allemagne, <https://doi.org/10.4000/rge.5447>.
- [36] Wertheimer, N. & Leeper, E. (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.*, 109 (3): 273-284. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a112681.