

Caractérisation biophysique de l'exposition aux champs magnétiques dans les ménages des environs des lignes très haute tension de Kinshasa

[Biophysical characterisation of exposure to magnetic fields in households in the vicinity of very high voltage lines in Kinshasa]

Crispin Ngoma Buveka¹, Christian Mabwisi Sala², Albert Phongi Kingiela², José Emmanuel Mata Tombo¹, Joseph Cimbela Kabongo¹, and Zéphyrin Butsana Bu Nianga³

¹Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et des Sciences Appliquées, B.P 8815 Kinshasa Binza, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation, Département Orientation Scolaire et Professionnelle, B.P 8815 Kinshasa Binza, RD Congo

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et des Technologies, Département de Physique, B.P 190, Kinshasa XI, 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 city of Kinshasa is a megalopolis of more than 12 million inhabitants that has not adapted to the population explosion of the last 30 years. One of the serious consequences is the absence of binding urban planning standards in terms of construction and land use, with the result that many households are settling under the Very High Voltage (VHV) power lines that supply the city, in defiance of the 25m corridor recommended by the Electricity National Company (S.N.EL). Research undertaken since 2015 has established on the one hand a 100 m right-of-way on both sides of the line and revealed on the other hand that more cases of epilepsy, cancers, rheumatism and impaired eyesight are found in households living closest to these lines compared to national statistics, mainly in places where the magnetic fields are higher than 0.400 μ T.

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

RESUME: La ville de Kinshasa est une mégapole de plus de 12 millions d'habitants qui ne s'est pas adaptée à l'explosion démographique de ces 30 dernières années. L'une des graves conséquences est l'absence de normes urbanistiques contraignantes en matière de constructions et d'aménagement du territoire de sorte que de nombreux ménages s'installent sous les lignes électriques Très Haute Tension (THT) qui alimentent la ville au mépris de l'emprise d'un couloir de 25 m préconisée par la Société Nationale d'Electricité (S.N.EL). Des recherches entreprises depuis 2015 ont permis d'établir d'une part une emprise de 100 m des deux côtés de la ligne et ont révélé d'autre part que l'on rencontre, dans les ménages qui vivent le plus près de ces lignes, davantage de cas d'épilepsie, de cancers, de rhumatismes et d'altération de la vue comparativement aux statistiques nationales, principalement aux endroits où les champs magnétiques sont supérieurs à 0.400 μ T.

MOTS-CLEFS: Champ magnétique, exposition, ligne très haute tension, norme, pathologies.

1 INTRODUCTION

Les Champs Magnétiques (CM) artificiels, auxquels appartiennent les CM générés par les lignes Très Haute tension (THT) s'ajoutent au bain d'ondes électromagnétiques naturels [1, 2] dont le rapport entre l'intensité de fond des rayonnements naturels et artificiels a varié de manière exponentielle [3], ce qui a littéralement changé cet environnement naturel au cours du 20^{ème} siècle [4].

A cet effet, alors que seuls les effets des rayonnements ionisants retenaient l'attention au début, une vaste région du spectre électromagnétique, celle des rayonnements non ionisants, longtemps considérée comme n'ayant aucune influence sur les systèmes vivants dans des conditions naturelles, ces 30 dernières années ont vu germer la préoccupation selon laquelle l'exposition quotidienne à des CM à très basse fréquence pourrait être nocive pour la santé humaine et il s'est dès lors posé un problème de santé publique [5, 6] ainsi que les affaires judiciaires ont parfois eu à le confirmer [7].

En effet, même si d'aucuns considèrent aujourd'hui l'électricité comme un des principaux moyens d'amélioration de la qualité de la vie, les travaux de Weithermer et Leeper [8] ont introduit 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 [9] car lorsque le corps humain se trouve intégré dans le circuit électrique, les CM alternatifs et circulaires pénètrent complètement et y créent des courants de Foucault [2]. D'autres travaux de Weithermer and Leeper [10] attirèrent l'attention sur les effets potentiels des Champs Electromagnétiques d'Extrêmement Basse Fréquence (CEM EBF) sur une augmentation de leucémies chez les enfants ayant une exposition résidentielle importante à ce type de CM [11].

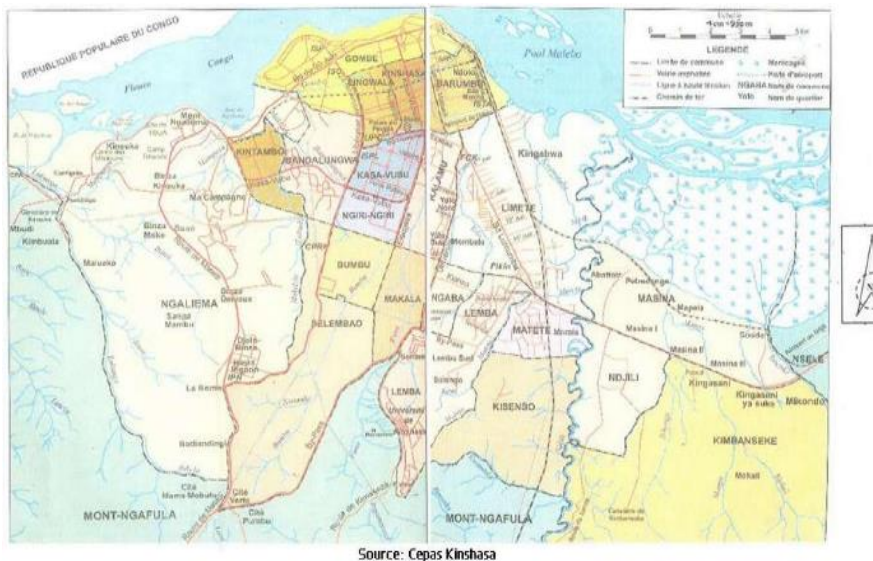
L'état des recherches actuelles indique que ces CM ont certains impacts au nombre desquels on peut citer la modulation d'événements chimiques de surface, liés à la cellule, par des CEM faibles [12].; des cas de cancers, des anomalies de la reproduction, des maladies cardiovasculaires, des maladies neurodégénératives ou des troubles comme des problèmes de sommeil, des céphalées, des rhumatismes, des cas d'épilepsie [13 – 17]. Il est des études qui ont également établi une association entre les CEM EBF et la leucémie lymphoblastique aiguë (LLA) pour les expositions environnementales les plus fortes, supérieures à 0.300 ou 0.400 μ T particulièrement pour les enfants [18 – 20] sans oublier de mentionner aussi les études qui signalent le fait que ces CEM altèrent l'acuité visuelle [21].

Ce qui précède explique la fixation notamment par la Commission Internationale pour la Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (CIPRNI) de normes d'exposition [22]. Ainsi, pour protéger les populations contre les effets des CM, le CIPRNI et l'OMS demandent depuis 2007 à l'ensemble des Etats d'appliquer des normes en passant par une concertation [23] entre les différents partenaires concernés par la pollution électromagnétique [24]. Pour valider l'emprise à recommander, nous avons retenu dans cette étude le seuil épidémiologique de 0.100 μ T [25].

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

D'une superficie de 9.965 km², la ville de Kinshasa, 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 [26]. Cette ville est la plus grande ville de la RD Congo et l'une des plus importantes mégapoles du monde. Sa population est d'environ 12 millions d'habitants. Cette étude concerne 5 communes de la ville de Kinshasa qui sont traversées et alimentées par les lignes THT et où l'on trouve des maisons construites sous et le long des lignes THT.



Source : CEPAS Kinshasa

Fig. 1. Carte de la ville de Kinshasa

Source : CEPAS.

2.2 MATÉRIELS

Alors que nous avons utilisé un questionnaire pour l'enquête ménages ainsi que le logiciel SPSS 23, les analyseurs de basses fréquence « ME 3030B M/E Analyser » tri directionnel et « Magnetic Field Meter TM 191 » unidirectionnel ont été alternativement utilisés pour mesurer respectivement les champs de moins de $2.000 \mu T$ et de plus de $2.000 \mu T$. Le GPS MAP T8 de marque GARMIN a servi à la géo localisation des lieux d'enquête alors que Matlab nous a permis de calculer les moyennes et d'obtenir les graphiques.

La figure 8 ci-après présente les appareils qui ont été utilisés pour les mesures.



Fig. 2. De gauche à droite: Le GPS MapGARMIN Série 78 Negro, l'analyseur de fréquence TENMARS et l'analyseur de fréquences GIGAHERTZ

2.3 MÉTHODE

2.3.1 POUR LE VOLET MESURES

Les mesures de CM ont été effectuées dans les communes de Kisenso, Matete, Limete, Bandalungwa et Selembao, Le choix de l'habitation de référence de départ a obéi aux mêmes exigences que pour l'enquête ménage. Les mesures ont été répétées à trois reprises chaque fois [27], tous les 10 m jusqu'à 100 m, de part et d'autre de la ligne. Les valeurs utilisées pour l'analyse des données sont exclusivement constituées de moyennes qui sont ensuite comparées à la norme de $0.400 \mu T$ d'une part et de $0.100 \mu T$ retenue comme valeur seuil dans cette étude.

La moyenne de chaque série de 3 mesures est donnée par la relation statistique courante

$$B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i \quad (2 - 01)$$

2.3.2 POUR LE VOLET ENQUÊTE

Pour réaliser le volet enquête de cette étude, on a recouru à un échantillon à deux degrés [28] dont le premier concerne les communes traversées par la ligne HT et le deuxième se rapporte aux ménages situés le long de ladite ligne. En procédant de la sorte dans toutes les 5 communes sélectionnées au premier degré, nous avons pu constituer un échantillon de 1 334 ménages. Pour vérifier la conformité des hypothèses, la moyenne et l'écart-type ont été calculés, les différents résultats ont ensuite été éprouvés en utilisant le test de chi-carré et le test t de student.

3 RÉSULTATS

3.1 MESURES DE CHAMPS MAGNÉTIQUES DUS AUX LIGNES THT DANS LA VILLE DE KINSHASA

3.1.1 MESURES DE CM DANS LA COMMUNE DE SELEMBAO

Les valeurs de CM mesurées dans cette commune sont présentées dans le tableau suivant:

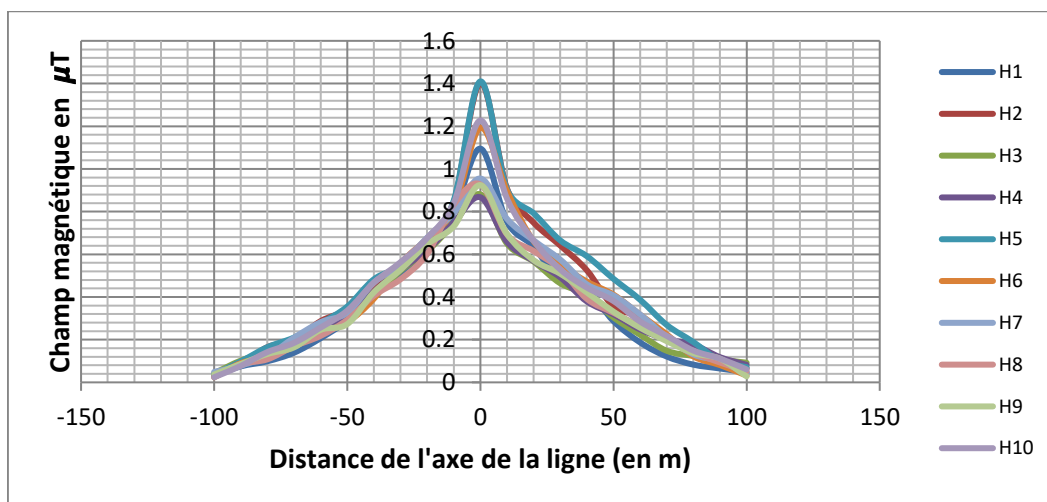


Fig. 3. Allure des champs magnétiques dans les ménages de la Commune de Selembao

Le graphique ci-dessus montre l'évolution des champs magnétiques des dix habitations de la commune de Selembao. On peut voir que les CM sont en dessous de 0.400 µT au-delà de 50 m mais l'on n'atteint les valeurs inférieures à 0.100 µT qu'après 90 m.

3.1.2 MESURES DE CM DANS LA COMMUNE DE LIMETE

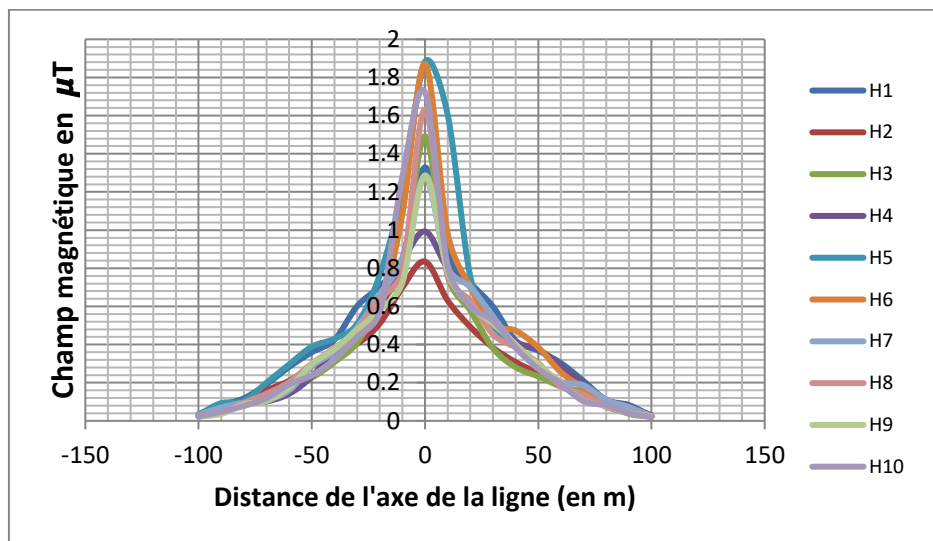


Fig. 4. Allure des champs magnétiques dans les ménages de la Commune de Limete

Le graphique ci-dessus montre l'évolution des champs magnétiques des dix habitations de la commune de Selembao. Il est évident que l'on est en dessous de $0.400 \mu\text{T}$ au-delà de 50 m mais l'on atteint les valeurs inférieures à $0.100 \mu\text{T}$ qu'après 90 m. Il est évident la pollution électromagnétique y est moins importante que dans le cas précédent étant donné que l'on est en déjà en dessous de $0.400 \mu\text{T}$ lorsqu'on dépasse 40 m.

3.1.3 MESURES DE CM DANS LA COMMUNE DE BANDALUNGWA

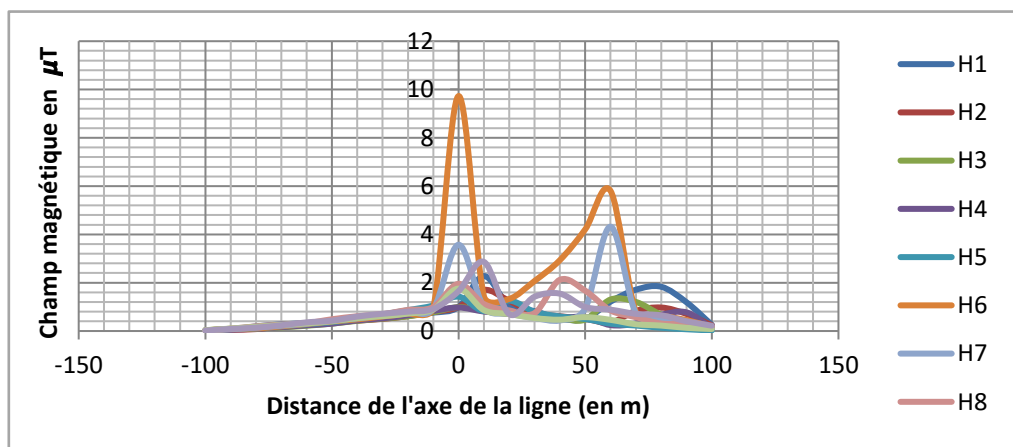


Fig. 5. Allure des champs magnétiques dans les ménages de la Commune de Bandalungwa

L'observation de ce graphique ci-dessus nous montre l'évolution des champs magnétiques des 10 habitations de la commune de Limete. La distribution des CM n'évolue pas ici en suivant la courbe de Gauss. On remarque que pour H7 par exemple, on effleure la valeur de $2.000 \mu\text{T}$ aux environs de 80 m.

3.1.4 MESURES DE CM DANS LA VILLE DE COMMUNE DE MATETE

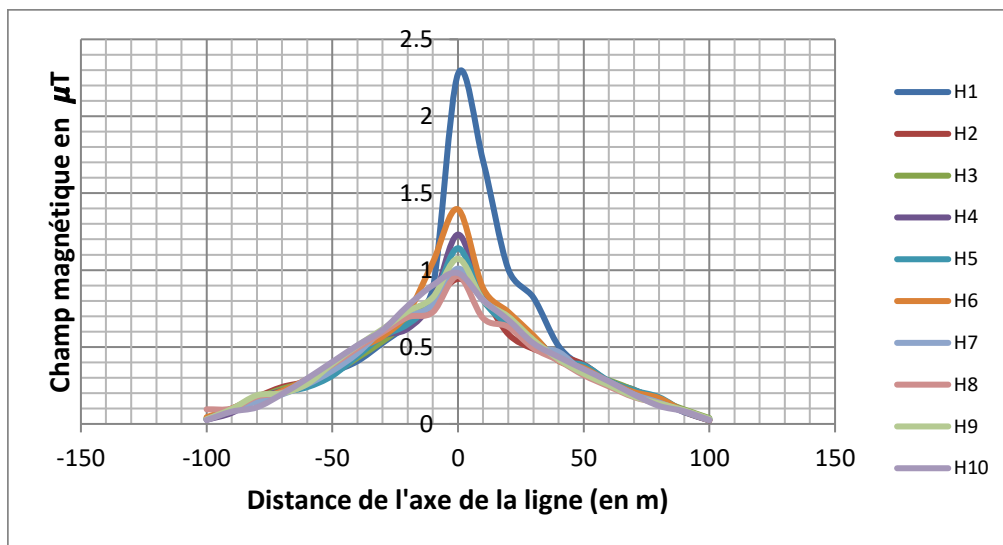


Fig. 6. Allure des champs magnétiques dans les ménages de la Commune de Matete

Le graphique ci-dessus montre l'évolution des champs magnétiques des 10 habitations de la commune de Matete et le pic de H1 à plus de 2.000 μT . On peut remarquer que l'on n'est en dessous de 0.100 μT qu'au-delà de 90 m.

3.1.5 MESURES DE CM DANS LA VILLE DE COMMUNE DE KISENSO

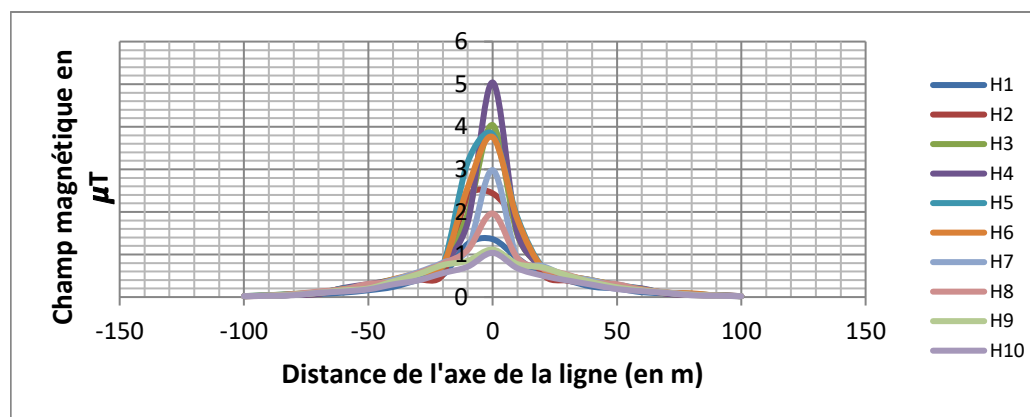


Fig. 7. Allure des champs magnétiques dans les ménages de la Commune de Kisenso

Ce graphique montre l'évolution des champs magnétiques des 10 habitations de la commune de Kisenso. La répartition suivant la courbe de Gauss est claire et ne présente pas de perturbations majeures. Mais l'on peut noter le pic de près de 5.275 μT pour H4 et l'on ne descend en dessous de 0.100 μT qu'au-delà de 70 m.

3.2 INCIDENCE DES MESURES DE CM ENREGISTRÉES SUR LA SANTÉ: TEST T DE STUDENT

Il sied de noter que cette analyse porte sur l'incidence des mesures et les pathologies relevées à ces endroits, on a eu recours au « test t de student » qui permet de déterminer, à partir des échantillons, s'il y a une différence entre les moyennes de deux populations, pour notre cas il s'agit de l'influence possible exercée par les mesures de CM enregistrées suivant l'emplacement des habitations le long des LHT et l'avènement de certaines pathologies parmi les habitants enquêtés. On n'a

retenu ci-dessous que les cas d'épilepsie, de cancer, de rhumatisme et d'altération de la vision pour lesquels le test est concluant. Pour chaque pathologie, on reprend le tableau des moyennes des mesures enregistrées et des écarts-types puis on revient sur le test t calculé et quelques commentaires qui permettent d'asseoir la décision statistique.

3.2.1 CAS D'ÉPILEPSIE

Tableau 1. Effectifs, moyennes et écarts-types des mesures face à l'épilepsie

	Cas d'épilepsie	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Mesure	Oui	132	.56248	.704493	.020320
	Non	1202	.31967	.281768	.042004

En mettant en relation les mesures enregistrées avec l'apparition des cas d'épilepsie, le test t de student calculé ($t=2.304$ avec $ddl=1332$) indique une différence statistiquement significative entre les deux moyennes des mesures en présence. Ainsi, les membres des ménages plus exposés aux CM seraient plus nombreux à se plaindre d'épilepsie que les membres des ménages moins exposés. En d'autres termes, il apparaît que le fait d'être exposé aux CM plus élevés augmente la probabilité de souffrir d'épilepsie par rapport à ceux qui sont exposés à des CM moins importants.

3.2.2 CAS DE CANCER

Tableau 2. Effectifs, moyennes et écarts-types des mesures face au cancer

	Cas de cancer	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Mesure	Oui	136	.75343	.503642	.077714
	Non	1198	.52088	.687878	.019874

Après avoir rangé les ménages en fonction de leur emplacement par rapport à la ligne THT, les mesures enregistrées ont été mises en relation avec l'apparition des cas de cancer et ont fourni un test t de student calculé ($t=2.170$ avec $ddl=1332$) qui est statistiquement significatif. Cela signifie que les moyennes des deux catégories en présence sont significativement différentes. A travers ce résultat, il apparaît qu'à force d'être exposés à des CM plus élevés, les membres des ménages concernés verraient augmenter le risque de développer un cancer quelconque par comparaison aux membres des ménages qui ne sont pas ou sont peu exposés aux CM.

3.2.3 CAS DE RHUMATISMES

Tableau 3. Effectifs, moyennes et écarts-types des mesures face aux rhumatismes

	cas de rhumatismes	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Mesure	Oui	294	.57044	.732934	.022727
	Non	1040	.39282	.419688	.024477

En mettant en relation les mesures enregistrées avec l'apparition des cas de rhumatismes, on a obtenu un test t de student calculé ($t=3.974$ avec $ddl=1332$) qui indique que les deux moyennes des mesures sont différentes. Il y a donc une différence en termes d'exposition aux CM entre les personnes se plaignant de rhumatismes et celles qui ne s'en plaignent pas.

3.2.4 CAS D'ALTÉRATION DE LA VISION

Tableau 4. Effectifs, moyennes et écarts-types des mesures face à l'altération de la vision

	Cas altération de la vision	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Mesure	Oui	352	.56207	.742621	.023698
	Non	982	.44542	.454320	.024215

Ici aussi, les mesures récoltées mises en relation avec l'apparition des cas d'altération de la vision ont permis d'avoir un test t de student calculé ($t=2.767$ avec $ddl=1332$) statistiquement significatif. Cela étant, on admet que les deux moyennes sont significativement différentes. Ce test t significatif sous-entend qu'à force d'être exposés à des CM élevés, les membres des ménages concernés verraient le risque d'altération de la vision augmenter par comparaison aux membres des ménages qui ne sont pas ou sont peu exposés aux CM.

3.3 DISCUSSION DE RÉSULTATS

3.3.1 SUR LE VOLET EXPÉRIMENTAL

Les CM dans l'axe de la ligne THT en ce qui concerne la commune de Selembao se situent dans l'intervalle $[0.867, 1.410] \mu T$. Il faut aller au-delà de $40m$ de part et d'autre de la ligne pour tomber sous la barre de $0.400 \mu T$ alors qu'il fallait dépasser les $50 m$ dans une précédente étude [26]. D'autre part, c'est au-delà de $80 m$ que l'on retrouve de valeurs en dessous de $0.100 \mu T$ choisis comme seuil de l'étude [25]. Tandis qu'à droite de la ligne, il faut aller au-delà de $90 m$ pour retrouver des valeurs en dessous de $0.100 \mu T$.

En ce qui concerne la commune de Limete, les CM dans l'axe de la ligne varient dans l'intervalle $[0.835, 1.883] \mu T$. Des deux côtés de la ligne ici, c'est au-delà de $40 m$ que l'on tombe sous la barre de $0.400 \mu T$, ce qui est à peu près conforme aux résultats obtenus quatre ans plus tôt [26]. Par ailleurs, c'est au-delà de $80 m$ que l'on retrouve les valeurs en dessous de $0.100 \mu T$ choisis comme seuil de l'étude.

Pour la commune de Bandalungwa les valeurs de CM dans l'axe de la ligne se situent dans l'intervalle $[0.974, 9.730] \mu T$. A gauche de la ligne, il faut aller au-delà de $50 m$ pour tomber sous la barre de $0.400 \mu T$, ce qui est conforme aux résultats obtenus en 2018 [29] et de $80 m$ pour retrouver des valeurs inférieures à $0.100 \mu T$. Par contre, c'est au-delà de $90 m$ que l'on tombe sous la barre de $0.400 \mu T$, résultat confirmant ceux de 2015 et qui sont dûs au faisceaux de lignes HT traversant cette commune. Ici on constate que jusqu'aux $100 m$ on ne descend pas en dessous de $0.100 \mu T$. La valeur $9.730 \mu T$ a été mesurée à proximité d'une antenne de communication au point de coordonnées $4^{\circ}20'51''$ S et $15^{\circ}16'51''$ E.

Dans la commune de Matete, les CM dans l'axe de la ligne se situent dans l'intervalle $[0.973, 2.275] \mu T$. C'est à partir de $50 m$ que les valeurs tombent sous la barre de $0.400 \mu T$ de part et d'autre de la ligne, ce qui est globalement conforme à une précédente étude [26] alors que c'est aux environs de $90 m$ que l'on retrouve des valeurs inférieures à $0.100 \mu T$ des deux côtés de la ligne.

Enfin pour la commune de Kisenso, les CM dans l'axe de la ligne se situent dans l'intervalle $[1.116, 5.041] \mu T$. En accord avec [29], c'est à partir de $50 m$ à gauche de la ligne et $40 m$ à droite que les valeurs tombent sous la barre de $0.400 \mu T$ alors que c'est aux environs de $90 m$ gauche de la ligne et $80 m$ à droite que l'on retrouve des valeurs inférieures à $0.100 \mu T$.

Ainsi que mentionné ci-dessus, les mesures obtenues de l'axe des lignes jusque $50 m$ de part et d'autre sont susceptibles d'entraîner certaines des pathologies déclarées par les chefs de ménage et auxquelles sont exposées la population vivant autour mais en tenant compte du seuil épidémiologique, il faudrait globalement transposer l'occurrence de ces pathologies jusqu'au-delà de $90 m$ de part et d'autre de la ligne, ce qui conduit en tout état de cause à une emprise de $100m$.

3.3.2 INCIDENCE DES MESURES DE CM ENREGISTRÉES SUR LA SANTÉ: TEST T DE STUDENT

En termes d'exposition aux CM, les résultats révèlent que le fait d'être exposé à des CM au-delà d'un certain seuil accroîtrait la probabilité de souffrir d'épilepsie par rapport à ceux qui n'y sont pas exposés car les membres des ménages plus exposés aux CM seraient plus nombreux à se plaindre d'épilepsie que les membres des ménages moins exposés. En effet, le test t de

student calculé ($t=2.304$ avec $ddl=1332$) indique une différence statistiquement significative entre les deux moyennes des mesures en présence. La prévalence relevée ici est plus élevée que celle obtenue par Kaputu [30].

Les mesures enregistrées sur les ménages en fonction de leur emplacement par rapport à la ligne THT font état, sur la base d'un test t de student calculé statistiquement significatif ($t=2.170$ avec $ddl=1332$), de l'apparition des cas de cancer de sorte qu'il est sous-entendu qu'à force d'être exposés aux CM, les individus des ménages concernés verraient s'accroître le risque de développer un cancer quelconque en comparaison des membres des ménages qui ne sont pas ou sont peu exposés aux CM. En plus, la prévalence de l'occurrence du cancer ici est plus importante que ne le montrent certaines études [31, 32]. Sur la base d'un test t de student calculé ($t=3.974$ avec $ddl=1332$), le fait d'être exposé aux CM augmente le risque de souffrir de rhumatismes par rapport à ceux qui ne sont pas ou sont peu exposés aux CM. La prévalence constatée est supérieure à celle obtenue par Divengi [33].

Ici aussi, les mesures récoltées mises en relation avec l'apparition des cas d'altération de la vision ont permis d'avoir un test t de student calculé ($t=2.767$ avec $ddl=1332$) statistiquement significatif. Ce test t significatif sous-entend qu'à force d'être exposés aux CM, les individus des ménages concernés verraient s'accroître le risque de souffrir d'une altération de la vision par comparaison aux membres des ménages qui ne sont pas ou sont peu exposés aux CM. La prévalence des résultats obtenus est supérieure à celle établie dans les travaux de Mvitu et Longo [34].

4 CONCLUSION

Cette étude montre clairement que dans le cas de lignes THT de la ville de Kinshasa, il faut aller au-delà de 80 m pour rencontrer des valeurs de CM inférieures à $0.100 \mu\text{T}$. Etant donné que nos mesures dans les communes de Ngaliema et Mont Ngafula, où les lignes ne sont plus alimentées, ont donné des valeurs de CM de l'ordre de $0.020 \mu\text{T}$, on a préconisé que les ménages situés autour de lignes THT sous tension devraient se situer au-delà de 100 m, distance à laquelle il faut aller pour descendre autour $0.020 \mu\text{T}$, en lieu et place des 25m prévus par la SNEL. Par ailleurs cette étude a établi une incidence de mesures de CM enregistrées sur l'occurrence des pathologies comme l'épilepsie, le cancer, les maladies rhumatismales et l'altération de la vision et ces pathologies ont des prévalences qui justifieraient largement le recours au principe de prévention par opposition au principe de précaution.

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] 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).
- [3] Semelle D., (1992). La géobiologie facile, Nouvelles Editions Marabout, Sarthe (France), 158p.
- [4] 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.
- [5] Tenforde, T.S. (1992), Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources, *Annu. Rev. Publ. Health*, 13: 173–196 <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.13.050192.001133>.
- [6] Touitou, Y., Chronobiology Unit, Fondation A. de Rothschild, Paris, France; Selmaoui, B., The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system, *Dialogues Clin Neurosci*. 2012 Dec; 14 (4): 381–399. doi: 10.31887/DCNS.2012.14.4/ytouitou.
- [7] Keith, ML (1992), Are environmental magnetic fields dangerous? *Phys World* pp. 41-45, January.
- [8] Wertheimer, N. & Leeper, E. (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.*, 109 (3): 273-284. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a112681.
- [9] 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*.
- [10] Wertheimer, N. & Leeper, E. (1982), Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int. J. Epidemiol.*, 11 (4): 345-355. DOI: 10.1093/ije/11.4.345.
- [11] Coureau, G., (2013). Effets sanitaires des champs électromagnétiques et tumeurs du système nerveux central, Thèse, Ecole doctorale Sociétés, Politique, Sante Publique, Paris, 255p.

- [12] Adey, W., Biological effects of electromagnetic fields, *Journal of Cellular Biochemistry*, vol.93, issue.4, 1993. <https://doi.org/10.1002/jcb.2400510405> DOI: 10.1002/jcb.2400510405.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Maslanyj, M. and al., Power frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia: Misclassification of exposure from the use of the 'distance from power line' exposure surrogate. *Bioelectromagnetics* 2009; 30 (3): 183-8. Doi: 10.1002/bem.20465.
- [17] 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: 10.1007/s10654-010-9488-7](https://doi.org/10.1007/s10654-010-9488-7). Epub 2010 Jul 11.
- [18] Blank, M., Biological effects of environmental electromagnetic fields: molecular mechanisms, *Biosystems*, vol.35, issue.2-3, pp.175-178, 1995. DOI: 10.1016/0303-2647(94)01509-6.
- [19] Gurney E.V.W, Extremely low frequency electromagnetic fields (EMF) and brain cancer in adults and children: Review and comment July 1999, *Neuro-Oncology* 1 (3): 212-220 DOI: 10.1093/neuonc/1.3.212.
- [20] Ortega-Garcia, J.A., et al., Pediatric Health Effects of Chronic Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields, *Current Pediatric Reviews*, 2009, 5, 234-240.
- [21] Silny, J. (1981) Influence of low-frequency magnetic field (LMF) on the organism. In: *Proceedings of the 4th Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Zurich, 10-12 March, pp. 175-180 (Paper 33.G2).
- [22] Hafawa M., (2017). Modélisation Électromagnétique du Phénomène d'Interaction des Ondes GSM avec la Tête Humaine par la Méthode des Circuits Équivalents Généralisés (MoM-GEC) dans un milieu fermé, Thèse de Doctorat de l'université de Tunis el Manar, 110p.
- [23] Bernet, H., (2012), *Vivre avec l'Electrosmog*, Xénia Editions, Collection Science Libre, Arbre d'Or, Genève, 283p.
- [24] Crispin Ngoma Buveka, Willy Mulumba Mayaudi, and Joseph Cimbela Kabongo, "Fluctuations of electromagnetic pollution in the vicinity of dwellings under very high voltage lines in the city of Kinshasa," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 60, no. 1, pp. 57-65, April 2022.
- [25] Guénel, P. and al., (2003), *Rayonnements non ionisants*. In: *Environnement et Santé Publique – Fondements et pratiques*, pp 441- 462. Gérin V, Gosselin P., Cordier S, Viau S, Quénel P, Dewailly E, rédacteurs. Edisem/ Tech & Doc, Acton Vale/ Paris.
- [26] 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.
- [27] Ngoma, C., Ilanga, F., Samu, G., Efoto L.; (2018), Quelques paramètres physicochimiques des miels de quatre provinces de la République Démocratique du Congo en relation avec leur qualité et leur stabilité, *Afrique Science* 14 (5) (2018) 415 – 424.
- [28] Fourier-Reglat, A. et Jutand, M.-A.; (2006), *Initiation aux méthodes de sondage: application à la pharmaco épidémiologie*, Bordeaux, Pharmacovigilance Editions, 76p.
- [29] 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.
- [30] Kaputu-Kalala-Malu, C. Epilepsies et crises épileptiques aiguës chez l'enfant en Afrique subsaharienne: défis et espoirs *Pan Afr Med J*. 2016; 23: 58. DOI: 10.11604/pamj.2016.23.58.3273.
- [31] Mashinda KD, Kayembe KP, Mapatano MA., Prévalence du cancer en République Démocratique du Congo: données anatomopathologiques recueillies aux Cliniques Universitaires et à l'Hôpital Général de Référence de Kinshasa, *Ann. Afr. Med.*, Vol. 5, N° 3, Juin 2012.
- [32] Tshimpi, A., Ndarabu, T., Batumona, B., Tambwe, F., Kayembe, J.M.N., *Cancer en République Démocratique du Congo en 2016, Spécialités médicales*, Volume 9 N°3: juin 2016.
- [33] Divengi Nzambi J_P., (2017). *Faciès des Maladies Rhumatismales en milieu rural de la R.D.CONGO*. Éditions universitaires européennes, 364 p.
- [34] Mvitu Muaka M. et Longo-Mbenza B., (2020). *Diabète sucré de type 2, stress oxydatif et déficiences visuelles*. Éditions universitaires européennes, 364 p.