

## Comportement des champs magnétiques dus aux lignes très haute tension des zones résidentielles de l'Ouest de la République Démocratique du Congo

Crispin NGOMA BUVEKA<sup>1,2,4\*</sup>, Joseph CIMBELA KABONGO<sup>1</sup> et Zéphyrin BUTSANA Bu NIANGA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et des Sciences Appliquées, Laboratoire de Physique 1, BP 8.815 Kinshasa-Ngaliema, République Démocratique du Congo

<sup>2</sup> Comité National de Protection Contre les Rayonnements Ionisants, Département de Sécurité Nucléaire, BP 833 Kinshasa I, République Démocratique du Congo

<sup>3</sup> Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et des Technologies, Département de Physique, Laboratoire de Physique, BP 190, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo

<sup>4</sup> Université Président Joseph Kasa-Vubu, Faculté Polytechnique, BP 314 Boma, République Démocratique du Congo

(Reçu le 07 Août 2023 ; Accepté le 25 Octobre 2023)

---

\* Correspondance, courriel : [crispin.ngoma@upn.ac.cd](mailto:crispin.ngoma@upn.ac.cd)

### Résumé

Ce travail a pour objectif d'étudier le comportement des champs magnétiques (CM), autour des lignes Très Haute Tension (THT), en fonction du milieu géographique dans les zones résidentielles de l'Ouest de la République Démocratique du Congo (RDC). Pour ce faire, on a utilisé une approche expérimentale recourant à l'utilisation d'analyseurs de fréquences « ME 3030B M/E Analyser » tri directionnel et Un « Magnetic Field Meter TM 191 » unidirectionnel pour mesurer respectivement les champs de moins de  $2 \mu\text{T}$  et de plus de  $2 \mu\text{T}$  de même qu'un GPS MAP T8 de marque GARMIN pour la géo localisation. Les résultats obtenus montrent que pour les communes de la ville de Kinshasa, la moyenne des CM mesurés est de  $(1.09 \pm 0.10) \mu\text{T}$  à Matete, de  $(1.32 \pm 0.08) \mu\text{T}$  pour Limete, de  $(0.87 \pm 0.08) \mu\text{T}$  à Selembao, de  $(1.34 \pm 0.13) \mu\text{T}$  et de  $(2.31 \pm 0.18) \mu\text{T}$  à Kisenso tandis que pour les communes de la Province du Kongo Central, elle est de  $(0.47 \pm 0.04) \mu\text{T}$  à Boma, de  $(0.58 \pm 0.04) \mu\text{T}$  à Kimpese et de  $(1.58 \pm 0.14) \mu\text{T}$  à Kisantu. En plus, les 5 communes de Kinshasa sont plus densément peuplées que les 3 communes du Kongo Central de sorte qu'il en ressort que les CEM EBF sont plus importants dans les zones où la densité des populations est plus importante.

**Mots-clés :** *champ magnétique, ligne très haute tension, milieu géographique, pathologies, santé.*

### Abstract

**The behavior of magnetic fields due to very high voltage lines in residential zones in the Western Democratic Republic of Congo**

This work intends to study the magnetic fields behaviour around very high voltage lines (.....), according to geographical environment, residential areas in the western of democratic Republic of Congo (DRC). Thus, an experimental approach were undertaken using frequency analyzer tri-directional ME 3030B M/E and an

unidirectional "ME " Magnetic Field Meter TM 191" to measure any field less than 2  $\mu\text{T}$  respectively and those more than 2 $\mu\text{T}$  as well as a GARMIN brand GPS MAP T8 for geographic location. The results obtained show that for the five concerned municipalities of Kinshasa cover an average of  $(1.09 \pm 0.10) \mu\text{T}$  in Matete,  $(1.32 \pm 0.08) \mu\text{T}$  in Limete,  $(0.87 \pm 0.08) \mu\text{T}$  in selembao, of  $(1.34 \pm 0.13) \mu\text{T}$  and  $(2.31 \pm 0.18) \mu\text{T}$  in Kisenso while in some other three municipalities in Kongo Central province that is  $(0.47 \pm 0.04) \mu\text{T}$  in Boma,  $(0.58 \pm 0.04) \mu\text{T}$  in Kimpese and  $(1.58 \pm 0.14) \mu\text{T}$  in Kisantu. In addition, the 5 municipalities of Kinshasa are more densely populated than the 3 municipalities of Kongo Central. Thus the E BF EMFs are greater in areas where population density is greater.

**Keywords :** *magnetic field, very high voltage line, geographical area, pathologies, health.*

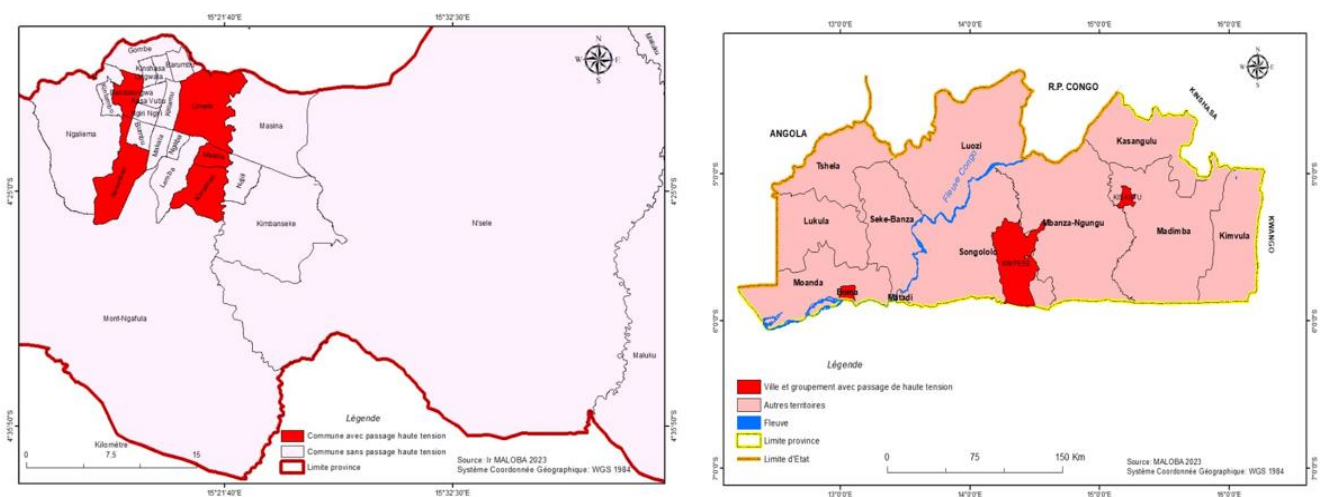
## 1. Introduction

L'habitat habituel des êtres vivants est généralement entouré d'un champ magnétique (CM) naturel mais cet environnement est perturbé ces dernières décennies par des CM artificiels [1, 2] d'origine humaine [3, 4]. En plus, il s'avère que l'industrialisation n'apporte pas que des effets bénéfiques, elle s'accompagne bien des fois des effets négatifs sur l'environnement ainsi que sur la santé [5]. L'altération, parfois invisible à première vue, de l'environnement a une nette influence sur la qualité de l'habitat. Sur le plan mondial, on estime que plus d'un milliard de personnes ne sont pas convenablement logées, mettant particulièrement en péril la santé et la vie de plusieurs femmes enceintes et enfants qui vivent aux environs des lignes THT [1, 2, 6]. Les lignes de transport d'électricité suscitent de plus en plus des questions autour de possibles effets indésirables sur la santé en relation avec les CE et CM dus à la production, au transport et à l'utilisation de l'électricité [7]. Dans la ville de Kinshasa, des maisons sont construites sous les lignes THT et un nombre important de ménages sont implantés dans l'axe même de ces lignes alors que depuis les études de Weithermer et Leeper [8], un grand nombre de ces publications ont incriminé la configuration des lignes THT dans l'apparition de leucémies chez les enfants [9]. D'autres rapports font notamment état de tumeurs cérébrales professionnelles [10], de mortalité chez les personnes vivant le long des lignes de transmission [11] et de tumeurs du système nerveux [12]. Depuis quelques années, des études ont permis d'observer, dans des situations d'exposition aux CM, des troubles du fonctionnement cardiaque des mammifères proches de l'homme [13] et le constat dans certains cas des effets subtils sur la fréquence cardiaque qui entraîneraient des arythmies et une tachycardie à haute tension [14], des troubles et des dysfonctionnements des réactions comportementales et une modification du temps de réaction des personnes exposées à des CM [15] allant jusqu'à des pulsions suicidaires dans des endroits où les intensités des CM étaient élevées [16], influencer la fertilité [17], affecter le système circulatoire [18], provoquer des magnétosphères [19]. Ce qui précède appelle chaque pays à la fixation de normes d'exposition en ayant pour référence le seuil  $0.400 \mu\text{T}$  qui fait partie des limites d'exposition préconisées par le Comité International de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (CINPRI) [20]. Etant donné que l'Afrique est aujourd'hui au centre de nombreux projets d'exploitation d'Energies Nouvelles Renouvelables [21], la République Démocratique du Congo qui a un énorme potentiel à ce sujet, doit anticiper les effets que pourraient avoir sur son environnement, les milliers de km de lignes intercontinentales UHT qui traverseront le continent dans les décennies à venir [22] en maintenant les ménages à des CM conformes aux normes [20]. Cette étude montre que le long des lignes THT, les CM sont plus faibles dans les zones de faible densité que dans les zones plus densément peuplées de sorte qu'il faut veiller à ce que ces zones soient le moins habitées que possible.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

L'Ouest de la République Démocratique du Congo s'étale sur une superficie d'environ 463 445 km<sup>2</sup>, ce qui représente environ 20% de la superficie totale du pays. Il compte environ 31 millions d'habitants sur les 90 millions du pays. Les Provinces du Kongo Central et du Kwilu ainsi que la Ville-Province de Kinshasa sont les principaux sites traversés par la ligne de 220 kV qui relie le grand barrage d'Inga aux postes de transformation des principales villes. L'importance du Kwilu étant moindre en termes de couverture de lignes THT, cette étude s'est uniquement intéressée aux deux autres provinces. La ville de Kinshasa, capitale de la RD Congo, est la plus grande ville du pays. Elle est située à 281 m d'altitude sur le bord du côté ouest du fleuve Congo au niveau du Pool Malebo. Ses coordonnées géodésiques sont respectivement 4°19'39" Sud et 15°18'48" Est [4] et sa superficie de 9 965 km<sup>2</sup>. Sa population est estimée à un peu plus de 16 millions d'habitants vivant dans 24 communes dont la partie urbaine s'étend sur environ 600 km<sup>2</sup>. Le Kongo Central, situé à 60 km de Kinshasa, est une province qui s'étend sur 53 920 km<sup>2</sup> et qui compte un peu plus de 5 millions d'habitants répartie sur 2 villes et 10 territoires. Ses coordonnées géodésiques sont 5° 14' 11.645" S et 13° 54' 51.836" E.



**Figure 1 :** Cartes de la ville de Kinshasa et de la Province du Kongo Central présentant les milieux d'étude en rouge

### 2-2. Matériel

Nous avons utilisé 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 et le tracé des graphiques nous avons utilisé Matlab. La **Figure 2** ci-après présente les appareils qui ont été utilisés pour les mesures.



**Figure 2 :** De gauche à droite, le GPS MapGARMIN Série 78 Negro, l'analyseur de fréquences TENMARS et l'analyseur de fréquences GIGAHERTZ

### 2-3. Méthodes

Les mesures de CM ont été effectuées en janvier 2020 à Kinshasa et de février à mai 2022 au Kongo Central. Pour ce faire, on a utilisé les équipements listés ci-dessus. Les calculs, basés sur des moyennes relatives à 3 mesures répétées [23] obéissent aux exigences sur les mesures physiques réelles [24].

### 3. Résultats

Les résultats de cette étude sont présentés dans quatre sections séparées respectivement sous forme de tableaux suivis des figures qui montrent l'allure des CM dans chacun des sites retenus dans l'étude. Les sections 3.1 et 3.2 qui comprennent respectivement les *Tableaux 1 à 5* et les *Tableaux 6 à 8* sont complétées par les *Figures 1 à 5* et *6 à 8* de sections 3.3 et 3.4.

#### 3-1. Résultats tableaux des mesures dans la ville province de Kinshasa

Les mesures des CM prélevés dans les cinq communes de la ville de Kinshasa sont rapportées ci-dessous :

**Tableau 1 :** Mesures de CM dans la commune de Matete

Distance de l'axe de la ligne (en m)	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
-100	0.037 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.037 ± 0.001	0.027 ± 0.001	0.031 ± 0.002	0.044 ± 0.002	0.029 ± 0.001	0.025 ± 0.002	0.030 ± 0.003	0.025 ± 0.001
-90	0.090 ± 0.002	0.099 ± 0.002	0.090 ± 0.002	0.072 ± 0.001	0.087 ± 0.001	0.100 ± 0.001	0.095 ± 0.002	0.100 ± 0.001	0.097 ± 0.004	0.080 ± 0.002
-80	0.167 ± 0.012	0.175 ± 0.026	0.167 ± 0.003	0.165 ± 0.001	0.167 ± 0.002	0.160 ± 0.002	0.145 ± 0.002	0.178 ± 0.011	0.186 ± 0.004	0.108 ± 0.001
-70	0.224 ± 0.005	0.240 ± 0.004	0.228 ± 0.002	0.215 ± 0.015	0.205 ± 0.001	0.214 ± 0.001	0.192 ± 0.014	0.203 ± 0.002	0.199 ± 0.001	0.194 ± 0.003
-60	0.266 ± 0.032	0.277 ± 0.023	0.273 ± 0.025	0.253 ± 0.023	0.239 ± 0.019	0.291 ± 0.001	0.257 ± 0.018	0.289 ± 0.003	0.260 ± 0.001	0.295 ± 0.003
-50	0.034 ± 0.03	0.349 ± 0.026	0.33 ± 0.02	0.322 ± 0.017	0.313 ± 0.001	0.381 ± 0.005	0.345 ± 0.027	0.384 ± 0.001	0.391 ± 0.001	0.403 ± 0.002
-40	0.408 ± 0.008	0.467 ± 0.033	0.430 ± 0.001	0.452 ± 0.016	0.443 ± 0.006	0.489 ± 0.007	0.46 ± 0.04	0.493 ± 0.002	0.509 ± 0.001	0.511 ± 0.002
-30	0.526 ± 0.001	0.593 ± 0.016	0.537 ± 0.001	0.572 ± 0.033	0.569 ± 0.011	0.568 ± 0.033	0.61 ± 0.05	0.596 ± 0.002	0.616 ± 0.002	0.610 ± 0.001
-20	0.652 ± 0.028	0.73 ± 0.04	0.662 ± 0.006	0.619 ± 0.006	0.648 ± 0.026	0.719 ± 0.065	0.689 ± 0.016	0.694 ± 0.001	0.731 ± 0.001	0.767 ± 0.002
-10	0.882 ± 0.008	0.800 ± 0.007	0.816 ± 0.026	0.801 ± 0.007	0.801 ± 0.015	1.051 ± 0.057	0.774 ± 0.028	0.727 ± 0.002	0.823 ± 0.002	0.902 ± 0.001
0	2.275 ± 0.003	0.943 ± 0.037	0.969 ± 0.013	1.231 ± 0.002	1.142 ± 0.002	1.395 ± 0.002	1.010 ± 0.002	0.962 ± 0.002	1.074 ± 0.006	0.981 ± 0.001
10	2.042 ± 0.086	0.80 ± 0.04	0.850 ± 0.053	0.825 ± 0.024	0.80 ± 0.01	0.88 ± 0.07	0.802 ± 0.023	0.687 ± 0.018	0.806 ± 0.007	0.80 ± 0.05
20	1.006 ± 0.001	0.58 ± 0.06	0.646 ± 0.023	0.656 ± 0.022	0.646 ± 0.026	0.728 ± 0.036	0.690 ± 0.016	0.631 ± 0.03	0.698 ± 0.025	0.676 ± 0.043
30	0.822 ± 0.006	0.488 ± 0.009	0.505 ± 0.002	0.561 ± 0.008	0.57 ± 0.02	0.575 ± 0.002	0.506 ± 0.006	0.493 ± 0.034	0.546 ± 0.003	0.524 ± 0.002
40	0.507 ± 0.023	0.443 ± 0.006	0.440 ± 0.015	0.42 ± 0.04	0.412 ± 0.005	0.410 ± 0.004	0.468 ± 0.0038	0.412 ± 0.002	0.421 ± 0.004	0.436 ± 0.002
50	0.366 ± 0.028	0.387 ± 0.001	0.330 ± 0.009	0.349 ± 0.005	0.382 ± 0.002	0.364 ± 0.002	0.34 ± 0.01	0.317 ± 0.008	0.327 ± 0.008	0.356 ± 0.002
60	0.27 ± 0.01	0.28 ± 0.02	0.284 ± 0.005	0.26 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.274 ± 0.004	0.274 ± 0.013	0.244 ± 0.028	0.253 ± 0.003	0.277 ± 0.007
70	0.223 ± 0.007	0.022 ± 0.005	0.220 ± 0.016	0.220 ± 0.002	0.218 ± 0.004	0.207 ± 0.004	0.19 ± 0.01	0.174 ± 0.005	0.178 ± 0.015	0.191 ± 0.006
80	0.144 ± 0.009	0.162 ± 0.006	0.155 ± 0.015	0.149 ± 0.006	0.174 ± 0.015	0.168 ± 0.016	0.139 ± 0.003	0.133 ± 0.003	0.133 ± 0.005	0.117 ± 0.002
90	0.085 ± 0.003	0.080 ± 0.003	0.094 ± 0.009	0.076 ± 0.0033	0.082 ± 0.007	0.082 ± 0.007	0.079 ± 0.006	0.853 ± 0.005	0.089 ± 0.002	0.082 ± 0.004
100	0.027 ± 0.001	0.023 ± 0.002	0.038 ± 0.006	0.023 ± 0.001	0.032 ± 0.003	0.024 ± 0.002	0.024 ± 0.003	0.028 ± 0.004	0.033 ± 0.002	0.024 ± 0.002







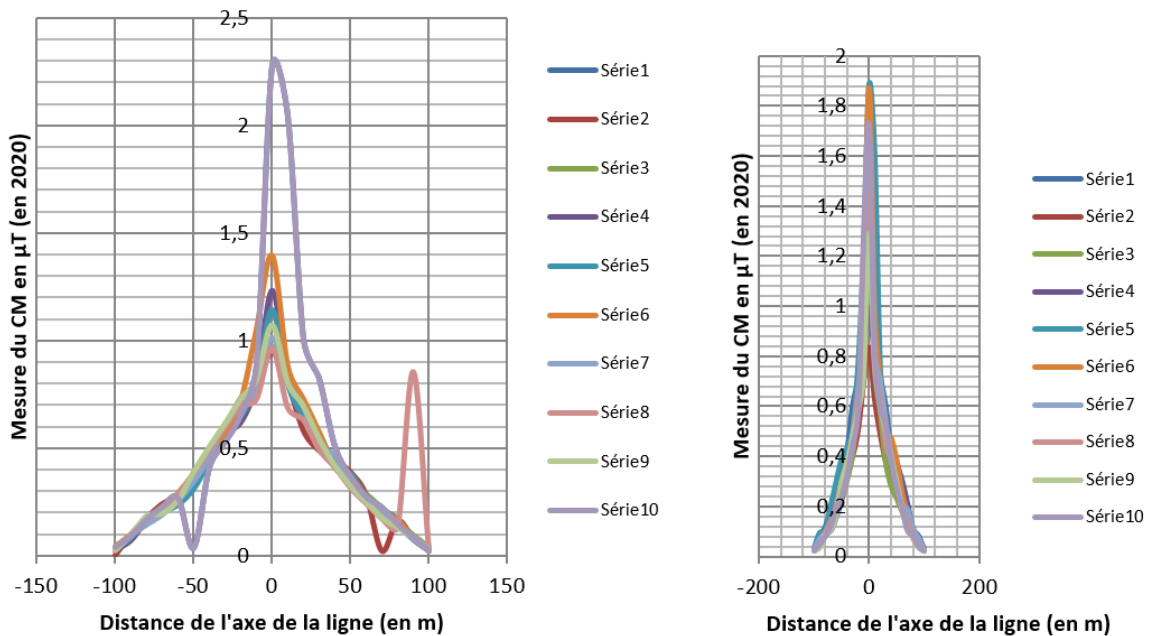
**Tableau 8 : Mesures de CM dans la Cité de Kisantu**

Distance de l'axe de la ligne (en m)	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
-100	0.063 ± 0.005	0.047 ± 0.001	0.093 ± 0.003	0.040 ± 0.000	0.033 ± 0.001	0.033 ± 0.001	0.043 ± 0.001	0.287 ± 0.076	0.060 ± 0.004	0.040 ± 0.004
-90	0.080 ± 0.001	0.090 ± 0.003	0.080 ± 0.004	0.080 ± 0.000	0.063 ± 0.005	0.050 ± 0.003	0.097 ± 0.011	0.150 ± 0.000	0.110 ± 0.008	0.073 ± 0.010
-80	0.137 ± 0.007	0.120 ± 0.004	0.123 ± 0.001	0.123 ± 0.001	0.066 ± 0.024	0.080 ± 0.004	0.160 ± 0.016	0.237 ± 0.007	0.167 ± 0.005	0.127 ± 0.007
-70	0.227 ± 0.014	0.163 ± 0.005	0.247 ± 0.011	0.197 ± 0.001	0.113 ± 0.001	0.103 ± 0.10	0.237 ± 0.011	0.433 ± 0.003	0.230 ± 0.008	0.203 ± 0.010
-60	0.313 ± 0.023	0.210 ± 0.004	0.357 ± 0.011	0.273 ± 0.005	0.134 ± 0.011	0.167 ± 0.003	0.387 ± 0.007	0.700 ± 0.000	0.353 ± 0.005	0.297 ± 0.011
-50	0.420 ± 0.012	0.263 ± 0.003	0.443 ± 0.011	0.337 ± 0.011	0.170 ± 0.004	0.230 ± 0.120	0.547 ± 0.003	0.893 ± 0.001	0.483 ± 0.001	0.367 ± 0.023
-40	0.510 ± 0.024	0.343 ± 0.018	0.520 ± 0.004	0.383 ± 0.014	0.240 ± 0.004	0.387 ± 0.270	0.577 ± 0.026	1.057 ± 0.015	0.960 ± 0.012	0.470 ± 0.020
-30	0.660 ± 0.004	0.553 ± 0.001	0.710 ± 0.008	0.497 ± 0.007	0.267 ± 0.001	0.503 ± 0.220	0.777 ± 0.014	1.850 ± 0.008	1.423 ± 0.026	0.690 ± 0.008
-20	0.783 ± 0.019	0.937 ± 0.015	0.967 ± 0.001	0.600 ± 0.000	0.300 ± 0.004	0.717 ± 0.011	0.970 ± 0.000	1.910 ± 0.004	1.540 ± 0.016	0.830 ± 0.000
-10	1.290 ± 0.086	1.060 ± 0.004	1.043 ± 0.005	0.630 ± 0.000	0.367 ± 0.019	0.883 ± 0.018	1.080 ± 0.024	2.103 ± 0.011	2.063 ± 0.010	0.907 ± 0.001
0	1.793 ± 0.003	1.320 ± 0.000	1.323 ± 0.005	0.730 ± 0.004	0.500 ± 0.004	0.987 ± 0.015	1.327 ± 0.003	2.327 ± 0.026	2.297 ± 0.007	1.283 ± 0.005
10	1.483 ± 0.015	1.203 ± 0.014	1.213 ± 0.010	0.607 ± 0.001	0.413 ± 0.005	0.893 ± 0.010	0.970 ± 0.008	1.260 ± 0.000	1.133 ± 0.005	0.987 ± 0.015
20	1.417 ± 0.022	0.633 ± 0.030	0.893 ± 0.018	0.523 ± 0.003	0.373 ± 0.006	0.773 ± 0.010	0.840 ± 0.012	1.147 ± 0.014	0.897 ± 0.003	0.807 ± 0.011
30	0.687 ± 0.005	0.363 ± 0.018	0.680 ± 0.004	0.417 ± 0.003	0.333 ± 0.001	0.633 ± 0.007	0.723 ± 0.011	0.817 ± 0.019	0.750 ± 0.0016	0.647 ± 0.019
40	0.497 ± 0.010	0.253 ± 0.0012	0.547 ± 0.011	0.363 ± 0.005	0.260 ± 0.004	0.560 ± 0.008	0.627 ± 0.026	0.427 ± 0.011	0.567 ± 0.005	0.497 ± 0.007
50	0.367 ± 0.001	0.190 ± 0.001	0.450 ± 0.000	0.267 ± 0.001	0.190 ± 0.012	0.420 ± 0.004	0.517 ± 0.010	0.293 ± 0.010	0.400 ± 0.004	0.413 ± 0.001
60	0.273 ± 0.010	0.107 ± 0.001	0.337 ± 0.007	0.200 ± 0.004	0.127 ± 0.007	0.303 ± 0.005	0.420 ± 0.004	0.180 ± 0.004	0.277 ± 0.011	0.333 ± 0.005
70	0.163 ± 0.005	0.073 ± 0.001	0.243 ± 0.014	0.160 ± 0.000	0.087 ± 0.007	0.163 ± 0.005	0.330 ± 0.020	0.117 ± 0.003	0.150 ± 0.012	0.253 ± 0.005
80	0.093 ± 0.005	0.053 ± 0.001	0.133 ± 0.001	0.117 ± 0.003	0.063 ± 0.001	0.097 ± 0.003	0.203 ± 0.003	0.080 ± 0.004	0.103 ± 0.010	0.137 ± 0.003
90	0.060 ± 0.004	0.043 ± 0.001	0.083 ± 0.005	0.080 ± 0.004	0.040 ± 0.000	0.070 ± 0.000	0.140 ± 0.012	0.053 ± 0.005	0.057 ± 0.007	0.073 ± 0.001
100	0.047 ± 0.007	0.023 ± 0.001	0.037 ± 0.007	0.040 ± 0.003	0.023 ± 0.001	0.033 ± 0.005	0.080 ± 0.000	0.030 ± 0.004	0.033 ± 0.005	0.040 ± 0.004

**3-3. Graphiques représentant les CM mesurés dans la Ville-Province de Kinshasa**

Les *Figures 1 à 5* présentées dans cette section montrent l'allure des CM présentés dans les *Tableaux 1 à 5*.

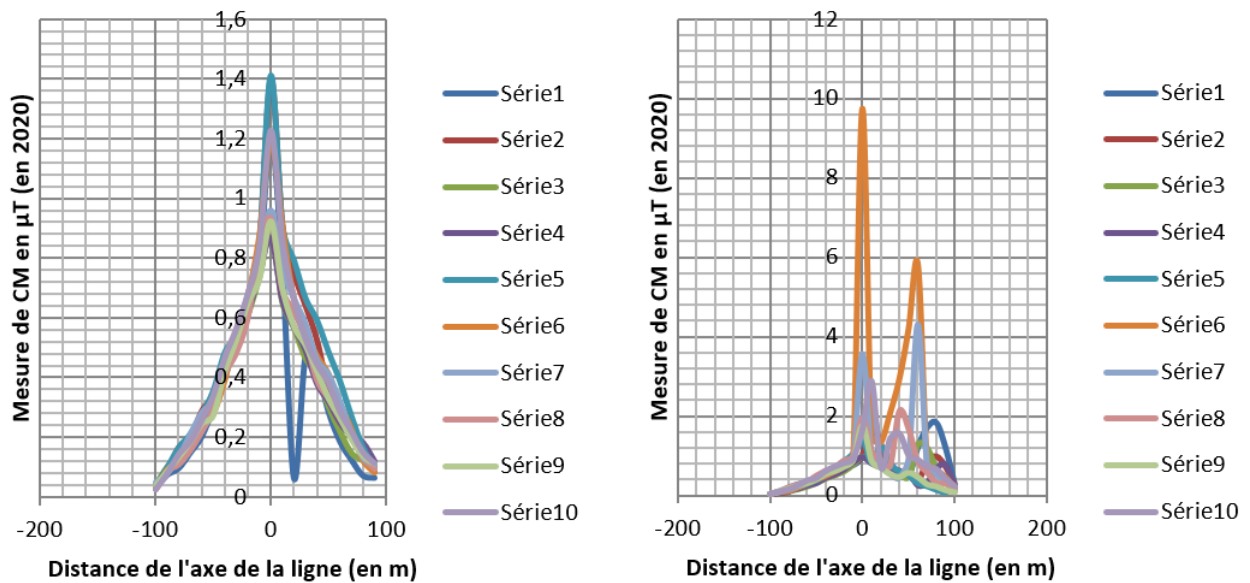
**3-3-1. Mesures dans la commune de Matete et Limete**



**Figure 3 : Graphiques des CM respectivement dans les communes de Matete et Limete (Janvier 2020)**

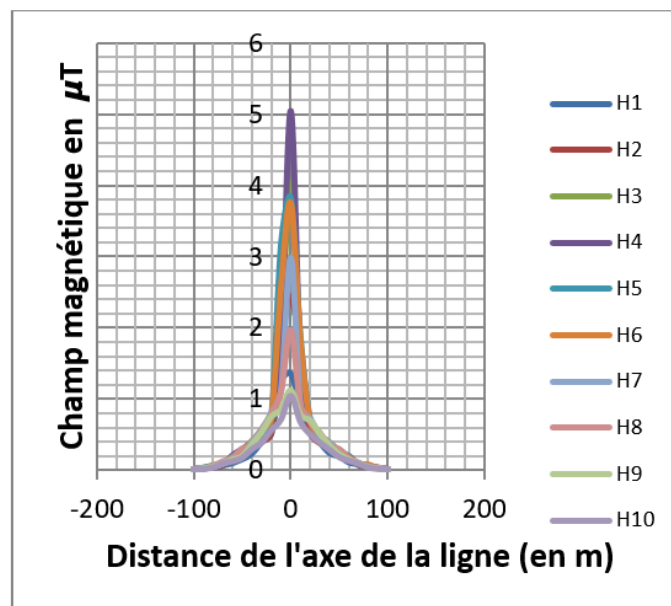


**3-3-2. Mesures dans les communes de Selembao et Bandalungwa**



**Figure 3 :** Graphiques des CM mesurés respectivement dans les communes de Selembao et Bandalungwa

**3-3-3. Mesures de CM dans la ville de commune de KISENSO**



**Figure 5 :** Graphique des CM mesurés respectivement dans les communes de Matete et Limete

**3-4. Graphiques représentant les CM mesurés dans la Province du Kongo Central**

Les **Figures 6 et 7** présentées dans cette section montrent l'allure des CM présentés dans les **Tableaux 6 à 8**.

### 3-4-1. Mesures de CM dans la ville de BOMA et la Cité de KIMPESE (Kongo Central)

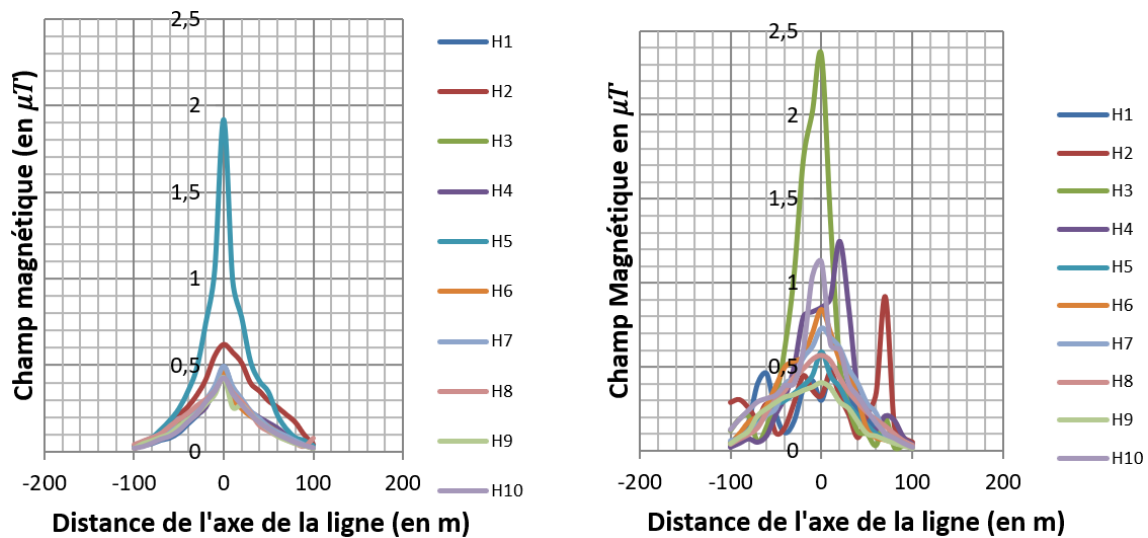


Figure 6 : Graphiques des CM mesurés respectivement dans la ville de Boma et la cité de Kimpeze

### 3-4-2. Mesures de CM dans la Cité de Kisantu

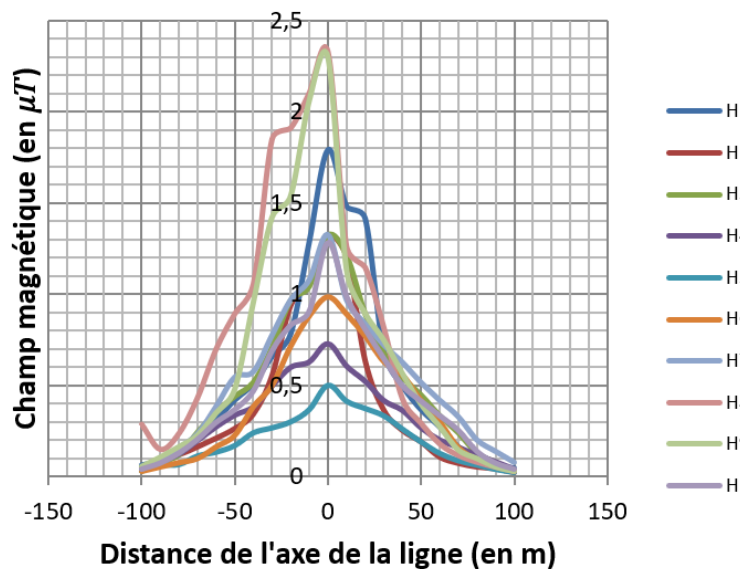


Figure 7 : Graphiques des CM mesurés dans la cité de Kisantu

## 3-5. Discussion

### 3-5-1. Dans la Ville de Kinshasa

#### 3-5-1-1. Dans la commune de Matete

En ce qui concerne la commune de Matete, Le **Tableau 1** montre que les intensités des CM dans l'axe de la ligne ont connu un accroissement par rapport à 2015 [25] et sont comprises dans l'intervalle  $[0.9430 ; 2.2753] \mu T$  avec une moyenne de  $(1.0910 \pm 0.0971) \mu T$ . La **Figure 1** montre aussi qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent à l'intervalle  $[0.3172; 0.3873] \mu T$  avec

une moyenne de  $(0.3528 \pm 0.0205) \mu T$ . L'examen du **Tableau 1** et de la **Figure 1** montrent que dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne sont au-dessus de  $1.000 \mu T$ , valeur supérieure au double du seuil d'exposition préconisé par le Comité International de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (CIPRNI), et on y a par ailleurs répertorié une proportion des cas de leucémie [4] supérieure aux statistiques nationales. Cette pathologie est également évoquée par [26] qui la considère comme une conséquence de l'exposition aux CEM EBF.

### *3-5-1-2. Dans la commune de Limete*

Pour le cas de la commune de Limete, le **Tableau 2** indique que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont comprises dans l'intervalle  $[0.8311 ; 1.8827] \mu T$  avec une moyenne de  $(1.3211 \pm 0.0785) \mu T$  [23]. La **Figure 2** renseigne par contre qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent à l'intervalle  $[0.2327 ; 0.3847] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.2748 \pm 0.0152) \mu T$ . De même, l'examen du **Tableau 2** et de la **Figure 2** montrent que dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne sont au-dessus de  $1.000 \mu T$ , valeur supérieure au double du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18], et l'on peut observer qu'à 50 m de la ligne cet accroissement est de 44 % alors que les travaux de Ngoma (2018) ont établi une occurrence des troubles du comportement plus importante que les statistiques nationales en accord avec [27].

### *3-5-1-3. Dans la commune de Selembao*

Dans la commune de Selembao, le **Tableau 3** indique que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne se retrouvent dans l'intervalle  $[0.8311 ; 1.8827] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.8705 \pm 0.0753) \mu T$ . La **Figure 3** montre aussi qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent aux intervalles  $[0.2870 ; 0.4853] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.3303 \pm 0.0324) \mu T$ . L'observation du **Tableau 3** et de la **Figure 3** indiquent que dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne sont au-dessus de  $1.000 \mu T$ , valeur supérieure au double du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18], et 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. Ce qui est préoccupant lorsqu'on se réfère aux effets que peuvent avoir les CM sur la santé tels qu'évoqués par [28].

### *3-5-1-4. Dans la commune de Bandalungwa*

L'examen du **Tableau 4** présentant les données de la commune de Bandalungwa révèle que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont contenues dans l'intervalle  $[0.9743 ; 9.7305] \mu T$  avec une moyenne de  $(1.3417 \pm 0.1342) \mu T$  en nette augmentation par rapport à 2015 [6]. L'observation du **Tableau 4** et de la **Figure 4** indiquent que dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne sont au-dessus de  $1.000 \mu T$ , valeur supérieure au double du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18], et à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent à l'intervalle  $[0.4713 ; 4.2073] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.5202 \pm 0.0374) \mu T$ . Le pic de  $9.7305 \mu T$  est très préoccupant parce qu'il affleure les valeurs où apparaissent les phosphènes magnétiques mentionnés par [19] et d'autres pathologies encore reprises dans l'étude de [29].

### *3-5-1-5. Dans la commune de Kisenso*

Dans la commune de Kisenso, le **Tableau 5** indique que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont contenues dans l'intervalle  $[1.039 ; 5.809] \mu T$  avec une moyenne de  $(2.309 \pm 0.178) \mu T$  en nette augmentation par rapport à 2015 [6]. La **Figure 5** renseigne sur le fait qu'à 50m de la ligne, les valeurs des

CM appartiennent à l'intervalle  $[0.1597; 0.309] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.244 \pm 0.019) \mu T$ . Dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne sont au-dessus [14], valeur supérieure au double du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18] et l'on a aussi relevé des pics au-dessus de  $2.000 \mu T$  correspondant au quintuple de la normée précitée, pour 7 ménages, et qui peuvent expliquer la prévalence des troubles de comportement que l'on rencontre dans cette commune à l'instar de ceux mentionnés par [12]. Comme on peut le voir, la moyenne des CM dans les cinq communes de la ville de Kinshasa est supérieure à  $1.000 \mu T$ , une moyenne supérieure au seuil d'exposition durant 24 heures du CIPRNI qui est de  $0.400 \mu T$ .

### **3-5-2. Dans la Province du Kongo Central**

#### **3-5-2-1. Dans la ville de Boma (commune de Kabondo)**

Dans la commune de Kabondo à Boma, le **Tableau 6** les intensités des CM sont comprises dans l'intervalle  $[0.423 ; 0.623] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.469 \pm 0.038) \mu T$ . Contrairement aux communes de Kinshasa, on remarque ici que les CM dans l'axe de la ligne oscillent autour de  $0.500 \mu T$ , valeur proche du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18]. La **Figure 6** montre aussi qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent à l'intervalle  $[0.113; 0.213] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.165 \pm 0.015) \mu T$ . On voit clairement que ces valeurs sont inférieures à celles trouvées à Kinshasa [4, 6].

#### **3-5-2-2. Dans la cité de Kimpese**

Pour le cas de la cité de Kimpese, le **Tableau 7** montre que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne sont comprises dans l'intervalle  $[0.300 ; 0.857] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.578 \pm 0.042) \mu T$ , valeur proche du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [20]. En dépit du fait qu'il y a chevauchement de 3 lignes de transport HT, on remarque dans cette commune, les CM dans l'axe de la ligne à du côté gauche, opposé au faisceau des lignes THT, oscillent autour de  $0.500 \mu T$ . La **Figure 7** montre qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent à l'intervalle  $[0.107; 0.383] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.270 \pm 0.017) \mu T$ , valeur nettement inférieure à celles obtenues par Ngoma dans les travaux de Kinshasa [24] autour de 30 m.

#### **3-5-2-3. Dans la cité de Kisantu**

En ce qui concerne la cité de Kisantu, le **Tableau 8** montre que les valeurs des CM dans l'axe de la ligne se retrouvent dans l'intervalle  $[0.500 ; 1.283] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.51 \pm 0.04) \mu T$ . Contrairement aux communes de Kinshasa, on remarque ici que les CM dans l'axe de la ligne sont oscillent autour de  $0.500 \mu T$ , valeur proche du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [20], valeur proche du seuil d'exposition préconisé par le CIPRNI [18]. A l'examen de la **Figure 7**, on remarque qu'à 50m de la ligne, les valeurs des CM appartiennent aux intervalles  $[0.170; 0.547] \mu T$  avec une moyenne de  $(0.362 \pm 0.027) \mu T$ , valeurs nettement inférieures à celles rapportées par Mavudila et Ngoma dans une précédente étude [6]. Il est néanmoins indispensable de signaler que les pics dans l'axe de la ligne sont essentiellement dus au relief vallonné de Kisantu qui diminue la hauteur des conducteurs générant ainsi des valeurs de CM qui peuvent avoir des effets sur la santé tels que le stress oxydatif, les troubles de reproduction et de comportement [30 - 35]. Contrairement aux communes de la Ville de Kinshasa, plus densément peuplées, on peut voir que pour le Kongo Central, la moyenne des CM dans les trois communes retenues n'est pas très éloignée de  $0.500 \mu T$ , une moyenne relativement proche du seuil d'exposition durant 24 heures du CIPRNI qui est de  $0.400 \mu T$ .

## 4. Conclusion

En République Démocratique du Congo, le phénomène de spoliation des servitudes le long des lignes THT expose les populations riveraines de ces lignes aux effets néfastes des CM EBF. Cette étude consistait à observer le comportement des CM EBF, dus aux lignes THT, dans les Zones résidentielles de l'Ouest de la RD Congo. Les résultats obtenus indiquent que ces CM sont plus intenses dans les cinq communes de Kinshasa retenues dans cette étude, à savoir Matete, Limete, Bandanlungwa et Selembao, où la densité des populations est plus importante que dans les 3 villes de la Province du Kongo Central que sont Boma, Kimpese et Kinsantu. Les résultats obtenus montrent que pour les communes de la ville de Kinshasa pris dans l'ordre considéré ci-haut, les moyennes des CM mesurés sont respectivement de  $(1.09 \pm 0.10) \mu\text{T}$ ,  $(1.32 \pm 0.08) \mu\text{T}$ ,  $(0.87 \pm 0.08) \mu\text{T}$ ,  $(1.34 \pm 0.13) \mu\text{T}$  et  $(2.31 \pm 0.18) \mu\text{T}$  à tandis que pour les communes de la Province du Kongo Central, elles sont respectivement de  $(0.47 \pm 0.04) \mu\text{T}$ ,  $(0.58 \pm 0.04) \mu\text{T}$  et  $(1.58 \pm 0.14) \mu\text{T}$ . Ces résultats montrent la nécessité de veiller à ce que la densité des populations vivant dans les environs des lignes THT soit la plus faible possible en vue de contribuer à un cadre de vie conforme aux normes internationales de radioprotection contre les RNI dus aux CM EBF.

## Références

- [1] - R. EL - BAKATOUCHI, Genetic diversity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) growing near a high voltage transmission line, *Romanian Journal of Plant Biology*, 55 (2) (2010) 71 - 87 p.
- [2] - A. BALAJI, Effect of High Voltage Transmission Lines on Human Health, Plant Life, and Animal Activity, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2 (3) (2015) 441 - 446 p.
- [3] - M. C. NGOMA, 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 (2018) 37 - 49
- [4] - M. REPACHOLI, Concern that "EMF" magnetic fields from power lines cause cancer, *Sci Total Environ*. Jun 1, 426 (2012) 454 - 8
- [5] - P. BARMAN, R. BHATTACHARYA, Survey on the potential impact of high voltage transmission lines on the growth characteristics of plants, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, Vol. 6, N°2 (2015)
- [6] - R. MAVUDILA et C. NGOMA, 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
- [7] - P. A BENITO BENITO, M. Y. FERNANDEZ TORRES, J. O TOLOSA CETINA, Effects of electromagnetic radiation : A case study, *South Florida Journal of Development*, Vol. 2, N°5 (2021) 7040 - 7052
- [8] - J. CHEN, H. HUANG, J. HE, Z. XIN, Effects of Pulsed Electromagnetic Fields of Different Frequencies on the Gene Expression of RANK and NFATc1 in Rat Osteoclasts Co-Cultured with Osteoblasts. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, Vol. 10, N°1 (January 23) (2017)
- [9] - J. SCHÜZ, Exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer :update of the epidemiological evidence, *Prog Biophys Mol Biol*, 107 (3) (Dec 2011) 339 - 42
- [10] - L. KHEIFETS and al., A Pooled Analysis of Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and Childhood Brain Tumors, *American Journal of Epidemiology*, 172 (7) (2010) 752 - 761
- [11] - S. SCHMIEDEL *et al.*, Spatial clustering and space-time clusters of leukemia among children in Germany, 1987-2007, *European Journal of Epidemiology*, Vol. 25, N° 9 (2010) 627 - 633
- [12] - L. KHEIFETS and al., Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukemia. *British Journal of Cancer*, 103 (2010) 1128 - 1135

- [13] - J. GRELLIER, P. RAVAZZANI and E. CARDIS, Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe, *Environment International*, 62 (2014) 55 - 63
- [14] - I. CALVENTE *and al.*, Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia : A systematic review, *Sci Total Environ*, 408 (16) (2010) 3062 - 3069
- [15] - M. C PEREIRA, IdC. GUIMARÃES, D. ACOSTA AVALOS, W. F. ANTONIALLI JUNIOR, Can altered magnetic field affect the foraging behaviour of ants? PLoS ONE, 14 (11) (2019)
- [16] - T. SADEGHI et al, Preterm birth women living within 600 meters of high voltage overhead Power lines : a case control - study. *Rpm J Intern Med*, 55 (3) (2017)
- [17] - L. MIGAULT, Maternal cumulative exposure to extremely low frequency electromagnetic fields, prematurity and small for gestational age : a pooled analysis of two birth cohorts, *Occupational and Environmental Medicine*, 77 (1) (January 2020) 22 - 31
- [18] - M. W. KHAN, J. JUUTILAINEN and P. ROIVAINEN, Registry of Buildings With Transformer Stations as a Basis for Epidemiological Studies on Health Effects of Extremely Low-Frequency Magnetic Fields, *Bioelectromagnetics*, 41 (1) (Jan 2020) 34 - 40
- [19] - M. LU and S. UENO, Safety Assessment of H-Coil for Nursing Staff i deep Transcranial Magnetic Stimulation ? *IEEE Magnetics letters*, Vol. 13, (2022) 3104805
- [20] - C. SINGH and N. KAPOOR, Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs. Hindawi Publishing Corporation *Advances in Biology*, Vol. 2014, Article ID 198609, 24 p, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/198609>
- [21] - K. WALTER et S. BOSCH, Réseau intercontinental d'approvisionnement énergétique - scénario pour un tracé de la ligne de transport électrique de l'Afrique du Nord à l'Europe centrale, *Energies renouvelables et territoires : les défis de la transition énergétique en Allemagne*, <https://doi.org/10.4000/rge.5447>, Vol. 55, N°1-2 (2015)
- [22] - Y. CAI, M. XIN and C. CHEN, Survey of Clean Energy Industry Based on Information Analysis Method. *Journal of Power and Energy Engineering*, 11 (2023) 69 - 74. doi: 10.4236/jpee.2023.116007
- [23] - C. NGOMA, F. ILANGA, G. SAMU, L. EFOTO, 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
- [24] - C. NGOMA BUVEKA, C. W. MULUMBA MAYAUDI & J. CIMBELA KABONGO, Fluctuations de la pollution électromagnétique dans les environs des habitations sous les lignes très haute tension de la ville de Kinshasa. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 60, N° 1 (April 2022) 57 - 65 p.
- [25] - J-E. MATA TOMBO, INDENGE J. Y'ESAMBALAKA et S. N'GUIZANI za MAKIONA, TANAR 10 : Un auxiliaire didactique pertinent pour l'apprentissage des mesures physiques réelles dans l'enseignement secondaire. Projet d'un logiciel sur le principe directeur de TANAR 05, 10 et 20. in CRPA, Vol. 013, (2018), Spécial Physique (Mai-Juin 2004) : 157 - 158
- [26] - C. BRABANT *et al.*, Exposure to magnetic fields and childhood leukemia : a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies March 2022. *Reviews on Environmental Health*, 38 (2)
- [27] - P-P. WATEL, C. VERGELYS et B. HAMMER, Ces ondes qui nous menacent. Perceptions profanes des risques associés à quatre dispositifs émettant des ondes électromagnétiques, *Natures Sciences Sociétés*, 3 (Vol. 21) (2013) 282 - 292 p.
- [28] - A. KARIM *et al.*, Effects of exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on spatial and passive avoidance learning and memory, anxiety-like behavior and oxidative stress in male rats. *Behaviour Brain Research*, Vol. 359, (1 February 2019) 630 - 638 p.
- [29] - S. SCHMIEDEL *et al.*, Spatial clustering and space-time clusters of leukemia among children in Germany, 1987-2007, *European Journal of Epidemiology*, Vol. 25, N°9 (2010) 627 - 633 p. <https://doi.org/10.1007/s10654-010-9488-7>. Epub 2010 Jul 11

- [30] - C. NGOMA *et al.*, Incidence de l'exposition aux champs magnétiques sur la santé des ménages vivant aux environs des lignes très haute tension de Kinshasa. *Afrique SCIENCE*, 21 (3) (2022) 44 - 59
- [31] - E. G. KIVRAK *et al.*, Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *J Microsc Ultrastruct*, 5 (4) (2017 Oct-Dec) 167 - 176
- [32] - D. SCHUERMANN and M. MEVISSSEN, Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress - Biological Effects and Consequences for Health, *Int. J. Mol. Sci.*, 22 (7) (2021) 3772, <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>
- [33] - A. WDOWIAK, P-A. MAEUREK, A. WDOWIAK and I. BOJAR, Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Ann Agric Environ Med*, 24 (1) (2017) 13 - 18
- [34] - JIN-HWA MOON, Health effects of electromagnetic fields on children, *Clin Exp Pediatr.*, 63 (11) (2020 Nov) 422 - 428
- [35] - Z. A. KASHANI *et al.*, Electromagnetic fields exposure on fetal and childhood abnormalities : Systematic review and meta-analysis. *Open Med (Wars)*, 18 (1) (2023) 20230697