

Évaluation du niveau de pollution électromagnétique à la Mission Catholique de Kimwenza, Kinshasa, en R.D. Congo.

Moyo K. P. M.^{1*}

Paper History

Received:
December 9, 2016

Revised:
October 8, 2017

Accepted:
March 3, 2018

Published:
July 27, 2018

Keywords:

Health, frequency, electromagnetic waves, specific absorption rate (SAR), antennas relays, in situ measurement, and electromagnetic pollution

*Département de Physique, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa/ Ngaliema

* To whom correspondence should be addressed : yogtamk@gmail.com

ABSTRACT

Evaluation of electromagnetic pollution level at the Catholic Mission of KIMWENZA, Kinshasa, D.R. Congo

Increase in emitting electromagnetic waves sources (cell phone antennas, mobile phone, etc.) is a worry the local population. This type of pollution is certainly invisible; however, but its effects on health are increasingly evident. The purpose of this study is to verify if the different cell phone antennas at Kimwenza mission emit according to the stipulated standards and if their electromagnetic radiation is reassuring for the surrounding population. We performed in situ measurements of electromagnetic fields of the relay antennas using a field meter and a spectrum analyzer. The procedure followed is that proposed by the protocol of the National Agency of Frequencies (ANFR) of France.

Of the twenty-four measurement points considered, field value varies between 0.03 and 6.71 V / m. After extrapolation, the largest of value of 0.31 V/m is that of GSM 1800's and this is 187 times lower than the norm. And therefore, the results obtained shows that the radiation conformed to the standards of the ICNIRP in use.

INTRODUCTION

Les équipements et installations qui nécessitent l'usage des ondes électromagnétiques (OEM) sont de plus en plus nombreux dans l'environnement proche des habitations. En effet, le nombre des téléphones augmente avec celui des antennes relais [ASOKE, 2015]. Cet état de chose peut être source de pollution de l'environnement.

Contrairement aux déchets qui jonchent les rues et les places publiques de certaines villes de la RDC, le déchet électromagnétique ne peut être vu ni senti. En effet, les rayonnements électromagnétiques ne sont pas facilement reconnaissables ni détectables. Cependant, leurs impacts sur la santé sont des plus en plus mis à jour ; c'est le cas de la destruction de la barrière hémato encéphalique, la destruction de l'ADN, les maux de tête, l'écoulement d'yeux, le problème de la peau, la brûlure de certains organes, l'apparition de certains cancer, etc. [GOWD et al., 2013 ; ARUNA et al. 2011 ; PHILLIPS et al. 2009 ; RUEDIGER., 2009].

C'est dans cette optique que le néerlandais Richard Vijgen a mis au point une application qui permet de visualiser les ondes électromagnétiques. Elle a été baptisée « Architecture of radio. » Désormais, en temps réel, les différents émetteurs électromagnétiques peuvent être localisés, qu'il s'agisse d'émetteur wifi, cellulaire, satellitaire, etc. Cette prouesse technologique donne au terme electrosmog son plein sens. En effet, « Smog » est constitué de deux termes tirés des mots anglais : « smoke », fumée et « fog » brume. Ainsi, « smog » a le sens de déchet, de pollution.

L'electrosmog est la pollution électromagnétique [ARONIA, 2013]. La Terre est couverte de cette pollution qui vient de plusieurs sources et dont les effets n'affectent pas seulement l'homme, mais

aussi, les plantes, les animaux et le climat [ASOKE, 2015].

La réalisation de ce travail s'est butée à deux difficultés majeures : l'accès aux données liées à la téléphonie mobile dans le pays et le manque d'instrument adapté à la mesure du débit d'absorption spécifique (DAS). Par ailleurs la mesure des champs électromagnétiques (CEM) est coûteuse [HOURS et al. 2009] et les instruments très chers.

La question qui meut cette étude est celle de savoir si les différentes sources d'OEM, spécialement les antennes relais installés à la mission catholique Kimwenza, émettent dans les normes ? En d'autres termes, l'environnement électromagnétique de cette partie de Kinshasa est-il sûr pour ses habitants? [ABDEL-RASSOUL et al., 2007 ; EGER et al., 2004 ; HETTER et al., 2006 ; KUNDI et al., 2009].

Une série de mesures in situ permet d'avoir les éléments concrets de l'évaluation du secteur. Le contrôle du niveau de rayonnement est en lien direct avec la santé publique comme le montre plusieurs études [ABDEL-RASSOUL et al., 2007, AWAD et al., 2008 ; BHARGAVI et al., 2013 ; HARDELL et al., 2003 ; GORPINCHEHKO, 2014 ; ASOKE, 2015].

MATÉRIELS ET MÉTHODE

Milieu d'étude

Les mesures in situ ont été effectuées à Kimwenza, cité située à 25 km au Sud du centre-ville de Kinshasa, dans la commune de Mont Ngafula. (Figure 1)

La mission semble être préservée de la pollution due aux ordures ménagères de la ville. Et pourtant, dans une surface de plus ou moins 1.5 km², on trouve sept antennes de communications appartenant à cinq opérateurs différents (Tableau 1). Vingt-sept points de mesure dans trois compartiments de neuf points chacun

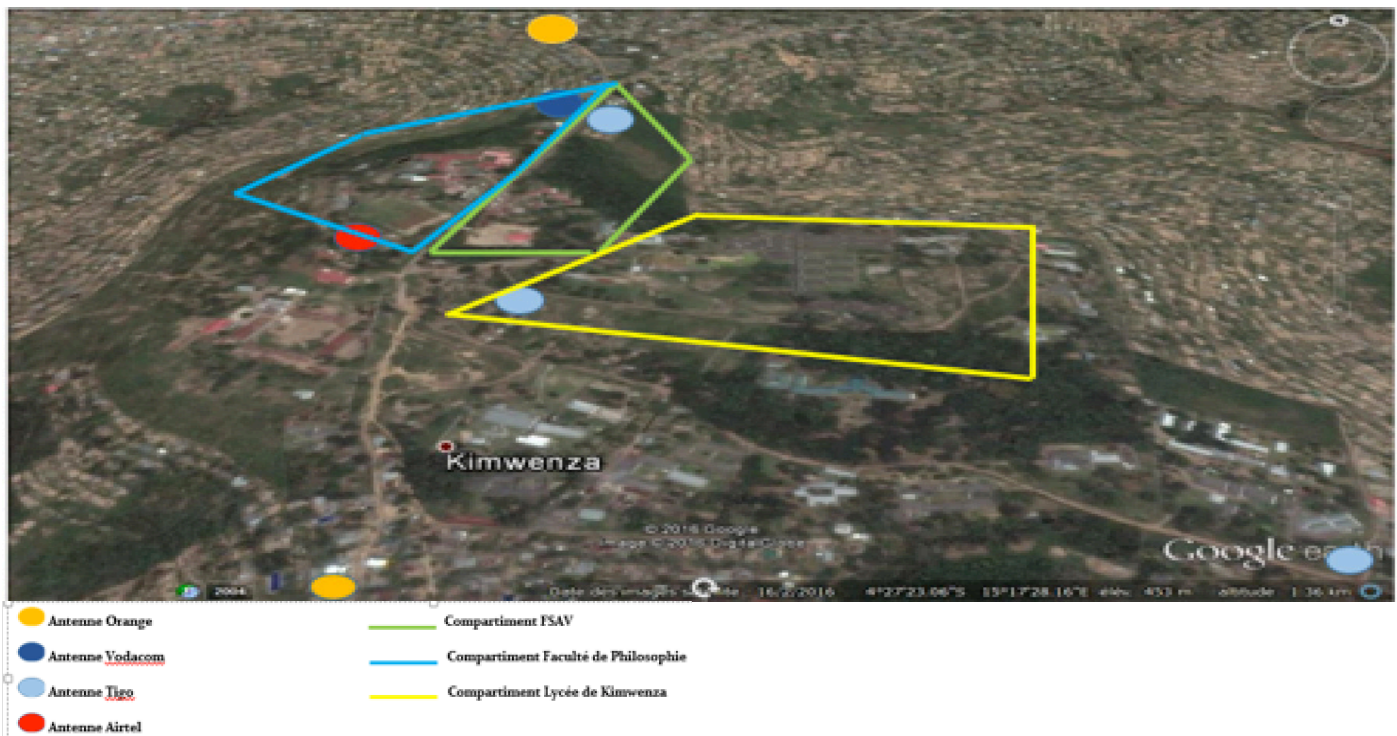


Figure 1 | Situation géographique de la mission catholique Kimwenza.

Tableau II | Opérateurs présents sur le plateau de Kimwenza.

N°	OPERATEURS	COORDONNEES GPS		REFERENCE
01.	Tigo	04°27'44.50" S	015°17'57.60" E	Trois maisons
02.	Orange	04°27'35.70" S	015°17'18.40" E	Mayulu
03.	Tigo	04°27'22.30" S	015°17'21.50" E	Devant le Lycée de Kimwenza
04.	Airtel	04°27'16.80" S	015°17'14.30" E	Paroisse Sainte Marie
05.	Tigo	04°26'59.50" S	015°17'22.90" E	Magnificat
06.	Vodacom	04°26'53.90" S	015°17'23.00" E	Triangle (Antenne)
07.	Orange	04°26'46.20" S	015°17'20.31" E	Kimbondou

ont été retenus, à savoir : la Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, FSAV (Ex-ISAV) et la Faculté de Philosophie de l'Université Loyola du Congo, (ULC), ainsi que le Lycée de Kimwenza. Les mesures ont été prélevées le 15 août 2016, de 9h00 à 18h30.

Matériels utilisés

La mesure de l'exposition au CEM (10 kHz-300GHz) exige beaucoup d'attention à la variabilité de l'espace et du temps du champ à mesurer. De ce fait, il faut des instruments adéquats et un dispositif de mesure valable [UIT, 2004 ; PYTHOUD, 2014].

Le champ-mètre ou mesureur de CEM

Toutes les antennes radio, TV, relais, wifi, etc. produisent un CEM qui affecte l'homme même si cela est invisible à l'œil [GOWD et al., 2013]. Pour des mesures « large bande », un champ-mètre de type Tenmars TM 196 a été utilisé. Cet appareil est destiné aux mesures radio fréquence de CEM. Il est calibré pour la bande de 10MHz-8GHz. Tenmars TM 196 permet d'indiquer le niveau de pollution électromagnétique générée artificiellement. Cet instrument est adapté pour les zones des champs lointains (CL). L'antenne de l'appareil doit être orientée vers la source d'émission EM.

Trois grandeurs peuvent être mesurées, au choix, l'intensité du champ électrique E, l'intensité du champ magnétique H et la densité de puissance S. Le champ-mètre TENMARS TM 196 est un appareil isotropique qui prévoit, pour chaque grandeur les résolutions suivantes : pour E (0.1 mV/m ou 0.01 V/m), pour H (0.1 A/m ou 0.1 A/m) et pour S (0.001W/m², 0.01 mW/m² et 0.001 W/ cm²). Il est conforme aux normes en matière de mesure du CEM.

L'analyseur de spectre

L'analyseur de spectre haute fréquence SPECTRAN HF 4040 a été

utilisé. Il est calibré sur la gamme de 100 MHz-6GHz et se base sur une méthode d'analyse spectrale très récente. Il permet les mesures de CEM, le repérage des sources de perturbation ainsi que leurs causes. Il permet aussi la recherche des plages des fréquences et des intensités respectives du signal tout comme la mesure et l'exploitation des valeurs limites conformes aux normes en vigueur [ARONA, 2013 et PYTHOUD, 2014]. Il donne la possibilité d'afficher plusieurs grandeurs à la fois : E, H et S, avec différentes unités : V/m, A/m, W/m², dBm ou encore dV. La conversion des unités est faite de manière automatique par SPECTRAN HF 4040. L'incertitude de mesure liée à l'appareil est de ±3dB.

Le GPS

Le GPS map 62s de GARMIN utilisé permet de faire la "cartoradio" (carte des sources de rayonnement électromagnétiques, notamment les antennes) du cadre expérimental et à géolocaliser les différents points de mesures effectuées. Sa précision est fortement dépendante du milieu dans lequel il se trouve. En milieu découvert, elle peut aller jusqu'à 3 m. Mais en théorie elle est de 15 m.

Le mètre ruban et le chronomètre

Le ruban à mesurer utilisé est un mètre rétractable de 5m de longueur. Sa lame graduée en acier s'enroule dans un boîtier en plastique grâce à un ressort interne. Il a permis de réaliser la moyenne spatiale dans la mesure des CEM dans le cas B.

Le chronomètre incorporé dans le GPSmap 62s a été utilisé pour les mesures du CE (champ électrique) moyennées par rapport au temps.

Méthode de récolte des données

La récolte des données a été faite selon le protocole de l'Agence

Nationale des Fréquences, ANFR.

Protocole de mesure des OEM haute fréquence (HF)

Deux raisons majeures justifient l'usage du protocole Français : primo, il est basé sur les normes de la Commission Internationale de Protection contre le Rayonnement Non Ionisant (ICNIRP) et secundo, le manque d'un protocole de mesure des ondes électromagnétiques propre à la RD Congo.

Il est adapté aux émissions des réseaux de téléphonie mobile, de radiodiffusion, des réseaux locaux sans fils et des radioélectriques indépendants. Il concerne essentiellement les rayonnements « imposés et permanents. » Il traite aussi des mesures nécessaires pour vérifier le respect des niveaux de référence pour les CEM dans le domaine des fréquences de 100 kHz à 300 GHz. Les basses fréquences ne sont pas concernées. La démarche adoptée consiste à : analyser le site, relever les niveaux de CEM et calculer les incertitudes associées. Les niveaux relevés sont ensuite comparés aux niveaux de référence.

Dans le processus, il y a deux étapes. La première consiste à décider si une mesure large bande (Cas A) suffit ou s'il y a plutôt nécessité de faire une mesure détaillée en fréquence, (Cas B) [ANFR, 2015].

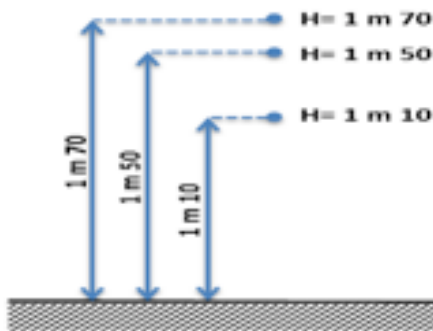


Figure 2 | Démarche pour une moyenne spatiale en trois points de mesure.

Application du cas A

Le cas A fournit un résultat qui prend en charge toutes les sources et les fréquences. C'est le cas général. Les résultats des opérations effectuées sont consignés dans les tableaux 3, 4, 5, suivant les sites ou compartiments considérés :

- Détermination de la zone de champ homogène, il s'agit de vérifier que l'on se trouve en zone de champ lointain (CL). Il suffit, pour les zones où subsiste le doute de vérifier que le rapport de l'intensité du champ électrique E par l'intensité du champ magnétique H donne 377Ω ($Z = E/H = 377 \Omega$) [CONIL, 2005]. Cette valeur représente l'impédance du vide, Z . Nos appareils permettent de prélever chacune des deux grandeurs : E et H . Si le rapport est proche de 377Ω , nous sommes dans une zone homogène.
- Prélever le niveau du champ avec un champ-mètre pendant une durée de 6 minutes à 150 cm du sol.

- Relever la position géographique du point de mesure à l'aide du GPS.
- Reprendre dans un tableau les différentes mesures de moyenne temporelle.
- Là où le champ électrique est supérieur à $6V/m$, une moyenne spatiale a été effectuée suivant le modèle de la figure 2 (110 cm, 150cm et 170 cm).

La moyenne spatiale de l'intensité du champ électrique ou magnétique s'obtient par la formule suivante :

$$\vec{E} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n}} H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n H_i^2}{n}}$$

Avec E_i ou H_i l'intensité du champ électrique ou magnétique du point considéré. Normalement, dans notre cas $n=3$. En outre, le protocole n'encourage pas l'extrapolation pour le cas A. Une telle opération risque d'entraîner une erreur dans l'évaluation de l'exposition maximale.

Mesure à la sonde isotropique large bande : 10 MHz – 8 GHz.

Les différents tableaux reprennent les valeurs moyennes prélevées en chaque point considéré avec la sonde isotropique large bande 10 MHz – 8 GHz. Les tableaux 3 à 5 reprennent aussi les coordonnées GPS des différents points ainsi que l'estimation de la distance à une antenne de téléphonie mobile la plus proche. Vu la complexité que des telles mesures exigent, les distances sont des estimations en partant de l'application (règle) de mesure de « Google earth » (version 2016). Pour des points proches de plus d'une antenne, c'est la distance à l'antenne la plus proche qui est prise en compte.

Application du cas B

Le cas B est recommandé pour faire une évaluation détaillée du point considéré, soit parce que cela est demandé, soit parce que cela s'impose au vu des résultats avec la sonde large bande. Pour chaque service, on va reporter l'émission significative ou au moins deux émissions les plus fortes. Normalement le temps de mesure est de 6 minutes pour les fréquences comprises entre 100 KHz et 10 GHz. Mais dans la pratique, une durée inférieure est suffisante dès lors que la valeur moyennée est stable.

Mesure à l'analyseur de spectre : point 24

L'évaluation de l'environnement électromagnétique à l'aide de la sonde isotropique large bande 10MHz – 8 GHz montre que le champ moyenné est de $6.71 V/m$ au point 24. Cette valeur est supérieure à toutes les autres. Voilà pourquoi elle a été choisie pour une analyse spectrale. Les sources les plus proches de la zone d'étude sont les antennes relais. Les différentes valeurs prélevées sont consignées dans le tableau 7 et comparées avec les valeurs de seuils en matière d'exposition aux OEM.

Extrapolation des bandes de la téléphonie mobile

Pour prendre en compte la variation du trafic journalier, le champ électrique total mesuré dans la bande de GSM et UMTS est extrapolé. Le facteur d'extrapolation est en rapport direct avec le nombre d'habitant de la région considérée, tel que repris dans

Tableau 2 | Facteurs d'extrapolation pour les bandes de la téléphonie mobile.

N°	Type de zone de mesure	Facteur d'extrapolation		
		GSM 900	GSM 1800	UMTS
01.	Agglomération de haute densité	6	8	10
02.	Agglomération >> 400 000 habitants	6	6	10
03.	Agglomération >400 000 habitants	4	8	10
04.	Agglomération moyenne >100 000 habitants	4	6	10
05.	A l'intérieur des bâtiments (aéroport, gares, centre commercial, Immeuble très haut, etc.)	4	4	10
06.	Agglomération < 100 000 habitants	3	3	10

le **tableau 2**.

Calcul de champ extrapolé

Le champ total extrapolé pour une bande de fréquence considérée sera égal au produit du champ mesuré par la racine carrée du facteur d'extrapolation (**Tableau 2**) [MARCHAND et al., 2012]. Dans le cas de Kimwenza, une agglomération moyenne de plus de 100.000 habitants a été prise comme type de zone. D'où les résultats (**Tableau 8**) suivants :

- Champ extrapolé GSM 900 : (racine carré de 2)*0.02=0.04 V/m
- Champ extrapolé GSM 1800 : (racine carré de 6)*0.13= 0.31 V/m
- Champ extrapolé UMTS : (racine carré de 10)*0.02= 0.06 V/m

Incertitude

Elle s'appuie sur une seule mesure. C'est l'incertitude de type B. Elle est plus adaptée donc pour des cas où une étude statistique est impossible comme dans le type A. Les calculs se basent essentiellement sur des éléments qui sont donnés par le constructeur de l'appareil utilisé. L'incertitude-type se détermine comme la somme quadratique des différents incertitudes-types. Pour déterminer l'**incertitude élargie**, il suffit de faire le produit de l'incertitude type combinée par **k**, facteur de division: $U = k_{0,95} \cdot u = 2 \cdot u$ au niveau de confiance 95%. L'inconvénient de ce type d'incertitude c'est que les éléments fournis par le constructeur ne sont pas les seuls qui entrent en ligne de compte. Il y a d'autres facteurs dont il faut tenir compte, par exemple, la variation de la température, l'humidité, les matériaux utilisés dans les édifices proches, etc.

RESULTATS

Bilan des mesures des CEM

Les **tableaux 3 à 5** reprennent les différentes mesures selon les compartiments considéré, tandis que de 6, 7 et 8 donnent

successivement la moyenne spatiale du champ électrique au point 24, le niveau de par service et la valeur de extrapolée.

Mesure à la sonde isotropique large bande 10 MHz – 8 GHz

Au regard de ces résultats, il faut noter trois choses : l'antenne la plus proche des points de mesure du compartiment ISAV est celle devant le Lycée de Kimwenza. La valeur de champ diminue avec la distance. Et de manière générale, elle est de loin inférieure à 6 V/m. En d'autres termes, il y a respect des niveaux de référence (**Tableau 3**).

Dans le compartiment Canisius I, il y a presque le même constat que le précédent. La seule différence est que l'antenne de la paroisse Ste Marie est la plus proche d'un plus grand nombre des points de mesure de cette partie. Il y a aussi respect des niveaux de références car les valeurs sont de loin inférieures à 6V/m (**Tableau 4**).

Dans le compartiment du Lycée de Kimwenza, les valeurs sont relativement élevées par rapport aux deux précédents. Trois points de mesure ont des valeurs supérieures ou égales à 6V/m. Mais un seul point a été retenu pour la moyenne spatiale et le balayage à l'analyseur de spectre. C'est le point 24. Cependant, conformément au protocole, à ce niveau aucune conclusion n'est permise. Il faut attendre le balayage pour conclure (**Tableau 5**).

Calcul de la moyenne spatiale au point 24

Conformément à la norme, une moyenne spatiale a été mesurée au point 24. Elle est de 3.1 V/m. Cette dernière est 9 fois inférieure à la norme recommandée (**Tableau 6**).

Mesure du CE avec l'analyseur de spectre par service

Au niveau du point 24, des mesures ont été effectuées par service. Comme le montre le **tableau 7**, la priorité a été donnée au GSM, UMTS et Wifi. Les valeurs obtenues sont très faibles. La plus grande valeur, 0,20% est 205 fois inférieure aux normes. Malgré

Tableau 3| Mesure à la sonde isotropique large bande 10 Mhz-8 GHz (ISAV).

Point de mesure	Localisation	Coordonnées		Distance à l'antenne la plus proche (m)	Référence de l'antenne	Champ E Moyen (V/m)	Point retenu
		Longitude	Latitude				
01.	Chambre 409	S 04°27'12.9"	E 015°17' 22.2"	301.8	Devant le Lycée	0.26	
02.	Chambre 402	S 04°27'12.4"	E 015°17' 22.0"	298.5	Devant le Lycée	0.21	
03.	Paillote communauté	S 04°27'12.5"	E 015°17' 22.6"	303.5	Devant le Lycée	0.05	
04.	Terrain expérimental ISAV	S 04°27'14.3"	E 015°17' 22.1"	255.5	Devant le Lycée	0.04	
05.	Salle L2 ISAV	S 04°27'15.1"	E 015°17' 19.7"	271.0	Devant le Lycée	0.03	
06.	Paillote ISAV	S 04°27'13.6"	E 015°17' 21.2"	236.4	Devant le Lycée	0.15	
07.	Nouveau bâtiment	S 04°27'17.3"	E 015°17' 20.9"	154.9	Devant le Lycée	0.58	
08.	Champ FAO	S 04°27'04.3"	E 015°17' 22.2"	136.6	Magnificat	1.33	
09.	Entrée	S 04°27'12.7"	E 015°17' 19.4"	195.1	Paroisse Ste Marie	0.25	
Moyenne						0.31	

Tableau 4| Mesure à la sonde isotropique large bande 10Mhz-8GHz (Canisius I).

Point de mesure	Localisation	Coordonnées		Distance à l'antenne la plus proche (m)	Référence de l'antenne	Champ E Moyen (V/m)	Point retenu
		Longitude	Latitude				
10.	Devant la chapelle	S 04°27'11.7"	E 015°17' 18.0"	193.1	Paroisse Ste Marie	0.21	
11.	Bibliothèque	S 04°27'08.6"	E 015°17' 18.6"	280.4	Paroisse Ste Marie	0.07	
12.	Espace Kimia	S 04°27'07.2"	E 015°17' 18.1"	277.8	Magnificat	0.24	
13.	Salle G1 Philo	S 04°27'09.3"	E 015°17' 18.0"	243.4	Paroisse Ste Marie	0.07	
14.	Esplanade communauté	S 04°27'10.0"	E 015°17' 15.6"	202.6	Paroisse Ste Marie	0.04	
15.	Chambre 109 (Karibuni)	S 04°27'08.0"	E 015°17' 7.1"	246.1	Paroisse Ste Marie	0.24	
16.	Chambre 83 (Cana)	S 04°27'11.2"	E 015°17' 15.9"	167.9	Paroisse Ste Marie	0.22	
17.	Jardin communauté	S 04°27'10.7"	E 015°17' 14.0"	174.1	Paroisse Ste Marie	0.26	
18.	Ferme ISAV	S 04°27'11.4"	E 015°17' 11.9"	164.4	Paroisse Ste Marie	0.28	
Moyenne						0.18	

Tableau 5| Mesure à la sonde isotropique large bande 10MHz-8GHz (Lycée de KIMWENZA).

Point de mesure	Localisation	Coordonnées GPS		Distance à l'antenne la plus proche (m)	Référence de l'antenne	Champ E Moyen (V/m)	Point retenu
		Longitude	Latitude				
19.	Ecole primaire	S 04°19'15.4"	E 015°17' 50.4"	104.1	Devant le Lycée	0.95	
20.	Conseiller Pédagogique CO	S 04°27'19.3"	E 015°17' 28.5"	238.4	Devant le Lycée	3.40	
21.	Esplanade CO	S 04°27'19.1"	E 015°17' 29.1"	248.4	Devant le Lycée	1.10	
22.	Paillotte communauté	S 04°27'17.5"	E 015°17' 24.3"	184.0	Devant le Lycée	6.28	
22.	Salut au drapeau	S 04°27'18.6"	E 015°17' 31.3"	333.2	Devant le Lycée	2.00	
24.	Couloir internat	S 04°27'17.2"	E 015°17' 32.2"	362.4	Devant le Lycée	6.71	Retenu
25.	Derrière le dortoir 6ème	S 04°27'20.3"	E 015°17' 34.1"	424.4	Devant le Lycée	6.14	
26.	6ème Sc.	S 04°27'16.7"	E 015°17' 34.1"	389.6	Devant le Lycée	3.62	
27.	Camp des professeurs	S 04°27'20.3"	E 015°17' 34.1"	394.8	Devant le Lycée	5.14	
Moyenne						3.93	

Tableau 6| Moyenne spatiale du champ électrique E.

Champ électrique	moyenne en V/m
Point de mesure haut 1,7 m	2.0
Point de mesure central 1,5 m	3.5
Point de mesure bas 1,1 m	8.3
Moyenne spatiale résultante	3.1
% Valeur limite la plus basse (28 V/m)	11.07%

Tableau 7| Mesure de niveau de champ par service

N°	Fréquence en MHz	Service	Champ E mesuré (V/m)	Seuils limites (V/m)	Comparaison avec le seuil limite (%)
01.	100 - 862	Radio - TV	0.02	28	0.07
02.	880-960	GSM 900	0.08	41	0.20
03.	1710-1875.5	GSM 1800	0.08	58	0.13
04.	1920-2170	UMTS	0.01	61	0.02
05.	2440-2470	WIFI	0.003	61	0.005

Tableau 8| Champ électrique extrapolé.

N°	Service	E mesuré (V/m)	Facteur d'extrapolation	E (V/m) extrapolé	Limite (V/m)	%/ la limite
01.	GSM 900	0.02	4	0.04	41	0.10
02.	GSM 1800	0.13	6	0.31	58	0.53
03.	UMTS	0.02	10	0.06	61	0.10

Tableau 9| Incertitude de mesure du champ électrique large bande.

Source d'erreur	Valeur de l'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur de ki	Ci	Incertitude-type (dB)
Equipement de mesure					
Etalonnage	1.0	Normale	2	1	0.5
Isotropie	1.0	Rectangulaire		1	0.6
Platitude de fréquence	2.4	Rectangulaire		1	1.4
Linéarité	1	Rectangulaire		1	0.6
Influence de la température	0.2	Normale	2	1	0.1
Incertitude standard combinée				u	$u_c=1.71$ à 95%
Incertitude Elargie		normale	2	$u_e=k \cdot u_c$	$u_e=2*1.71=3.42$

Tableau 10| Incertitude de mesure du champ électrique à l'analyseur.

Source d'erreur	Valeur de l'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur de ki	ci	Incertitude-type (dB)
Equipement de mesure					
Atténuation	2,0	Normale	2	1	1
câble	1,0	Normale		1	0,5
Humidité	1,0	Rectangulaire		1	0,6
Isotropie	1,5	Normale		1	0,8
Analyseur	3,0	Normale	2	1	1,5
Incertitude standard combinée				u	u_c=2,1 à 95%
Incertitude Elargie		normale	2	u_e=k. u_c	u_e=2*2,1=4,2

le fait que les valeurs moyennes à large bande soient relativement supérieures ou égales à 6 V/m, il y a respect des niveaux de référence.

Calcul du champ extrapolé

Après extrapolation, la valeur la plus grande est 0,31 V/m du GSM 1800 ; elle est 187 fois inférieure à la norme. Dans ce cas aussi, il y a respect des niveaux de référence.

Calcul des incertitudes

Incertitude de mesure du champ électrique large bande

Les différentes valeurs retrouvées dans le certificat fourni par le fabricant permettent de calculer l'incertitude large bande. Les différentes grandeurs considérées sont dans le [tableau 9](#). Cela étant, l'incertitude de mesure large bande est de 3,4 dB à 95%. Avec Ci, facteur de pondération.

Incertitude de mesure du champ électrique à l'analyseur

Dans la suite du point A, le [tableau 10](#) reprend les grandeurs disponibles pour l'analyseur de spectre. Ces grandeurs ont permis de calculer les incertitudes type et de là, trouver l'incertitude cumulée de l'analyseur. Elle est estimée à 4,2 dB à 95%. Ci, facteur de pondération.

DISCUSSION

La multiplication des sources de rayonnement électromagnétique dans l'environnement de la population s'accompagne-t-elle d'un dépassement des niveaux de référence ? Cette question est la raison des mesures in situ qui ont été effectuées. Sur les vingt-quatre points de mesure considérés, la valeur de champ varie entre 0,03V/m et 6,71 V/m. Le protocole de l'ANFR [2015] stipule que si la valeur est inférieure à 6 V/m, il faut conclure au respect de niveau de référence. Ce qui veut dire que les niveaux de référence sont respectés dans les compartiments I et II, ex-ISAV et CANISIUS I.

Dans le cas où la valeur de champ serait supérieure ou égale à 6 V/m, il n'y a pas de conclusion possible avant d'avoir fait le balayage à l'analyseur de spectre. Le point 24 a été choisi pour faire le balayage à l'aide de l'analyseur de spectre. Les sources les plus en vue ont été privilégiées, ce sont elles qui inquiètent les plus les populations riveraines, à savoir, les antennes relais. Les fréquences considérées correspondent à ces sources, il s'agit notamment de: GSM 900, GSM 1800 et le UMTS. Dans les trois cas, les valeurs recueillies sont très inférieures aux niveaux de référence. Même après extrapolation, ces valeurs restent en deçà des niveaux de référence. La conclusion finale est que les niveaux de référence sont respectés.

Cependant, il faut mentionner le fait qu'au Lycée de KIMWENZA où se trouve le point 24, le niveau est relativement élevé par rapport

aux deux autres compartiments, à distance égale de l'antenne. La raison est sûrement dans le fait qu'il y a beaucoup des métaux dans les structures des murs du lycée, ce qui peut constituer des antennes secondaires. Les mesures doivent continuer dans cette institution.

L'aspect positif c'est de faire le contrôle. Il permet non seulement de vérifier si les niveaux de référence sont respectés, mais aussi de rassurer les populations riveraines de ces sources, surtout pour ce qui est des antennes relais.

Critique des mesures de CEM.

Il est vrai que ces mesures ont été conduites dans le respect du protocole et en conformité avec les recommandations de l'ICNIRP [1998]. Cependant, il reste que le balayage soit fait en partant des fréquences standards proposé par l'appareil de mesure. Il est cependant nécessaire de convaincre les opérateurs de rendre public les fréquences exactes pour savoir quelle antenne rayonne à quelle hauteur exactement.

CONCLUSION

Les rayonnements électromagnétiques, notamment ceux émis par les antennes relais environnant la mission Catholique de Kimwenza ont été mesurés in situ. Les mesures prises dans les conditions de cette étude montrent que les valeurs moyennes de rayonnements sont en deçà des niveaux de références. En considérant ces résultats, au regard des normes de l'ICNIRP, on peut affirmer que la population de KIMWENZA est réellement en sécurité. Pourtant, deux choses restent à préciser à savoir : primo, les normes ne prennent en compte que les effets thermiques des ondes électromagnétiques sans les effets athermiques. Secundo, l'ICNIRP précise que le fait de respecter les niveaux de références ne rime pas nécessairement avec la sécurité sanitaire [ICNIRP, 1998]. Ceci conduit à dire que la population de Kimwenza n'est pas totalement à l'abri des méfaits induits par les ondes de la téléphonie [ZHAO et al., 2007 ; SANTINI et al., 2002 ; XU et al., 2010 ; NITBY et al., 2009]. Toutefois, ce travail aura contribué à présenter les premières données assez complexes mais assez prometteuses, quitte aux études ultérieures de poursuivre les mêmes recherches pour relever les effets réels de la pollution sur la population de Kimwenza.

Ce travail reste un tremplin pour un éveil de la conscience de tous et peut aider à devenir électro conscient [ASOKE, 2015]. La population est exposée à la pollution électromagnétique dans son environnement direct ; mais peut gérer celle dont elle est responsable en faisant bon usage de son téléphone portable, des micro-ondes à la maison, et de tous les gadgets qui utilisent les OEM.

Dans cette optique, la République démocratique doit se doter

de ses propres recommandations pour la sécurité en matière de pollution électromagnétique, comme c'est le cas dans d'autres pays du monde en comblant ce vide juridique criant [KODJO, 2009].

RÉSUMÉ

L'augmentation des sources émettrices d'ondes électromagnétiques (antennes relais, téléphones portables, etc.) inquiète les populations riveraines. Cette pollution est certes invisible ; mais ses effets sur la santé sont de plus en plus mis en exergue.

Cette étude vérifie si les différentes antennes relais de la mission Kimwenza émettent dans les normes et si leur rayonnement électromagnétique est rassurant pour la population environnante. Les mesures in situ des champs électromagnétiques des antennes relais ont été effectuées à l'aide d'un champ-mètre et d'un analyseur de spectre selon le protocole de l'Agence Nationale des Fréquences, (ANFR) de France (2015).

Sur les vingt-quatre points de mesure considérés, la valeur de champ varie entre 0,03V/m et 6,71 V/m. Après extrapolation, la plus grande valeur est celle du GSM 1800, soit 0,31 V/m. Elle est 187 fois inférieure à la norme. Les résultats obtenus montrent que le rayonnement est conforme aux normes de la Commission Internationale de Protection contre le Rayonnement Non-Ionisant (ICNIRP) en vigueur, soit 6 V/m.

Mots clés :

Santé, fréquence, ondes électromagnétiques, débit d'absorption spécifique (DAS), antennes relais, mesure in situ, pollution électromagnétique.

Remerciements

Nous remercions les Professeurs TONDOZI, KUPELESA et TSHIKENDA et le Chef des Travaux CIRAFI pour leur encadrement. Un merci spécial aux Docteurs KASANGANA P. et KABAMBA W.

REFERENCES ET NOTES

- ABDEL-RASSOUL G. , EL-FATEH O.A., SALEM M.A., MICHAEL A., FARAHAT F., EL-BATANOUNY M., SALEM E. [2007]. *Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotoxicology*. 28, 434-440.
- ANFR [2015]. *Protocole de mesure des mesures in situ*, www.anfr.fr (Janvier 2016)
- ARONA A. [2013]. *Manuel spectran V3*, Berlin.
- ARUNA.T., MANO J., DUHAN, and DINESH, B. [2011]. *Effects of Mobile Phone Radiation on Brain activity GSM Vs CDMA*, *IJSTM*, 2, 2, 15.
- ASOKE [2015]. *Are we safe with our cellphones, Smartphones? A comprehensive study on Evil effects on Human Health? International journal of Advance Research in computer science and Management studies*, 3, 4, 253-262.
- AWAD S.M. and HASSAN N.S. [2008]. *Health Risks of electromagnetic radiation from mobile phone on brain of rats. J. Appl. Sci. Res.* 4, 12, 1994-2000.
- BHARGAVI K., BALACHANDRURU K.E., NAGESWAR P. [2013]. *Mobile Phone Radiation Effects on Human Health, International Journal of Computational Engineering Research*, 3, 4, 198-203.
- CONIL E. [2005]. *Propagation électromagnétique en milieu complexe : champ proche au champ lointain. Thèse de doctorat, Institut polytechnique de Grenoble, Grenoble.*
- EGER, H., HAGEN, K.U., LUCAS, B., VOGEL, P., VOIT, H. [2004]. *Influence of spatial proximity of mobile phone base stations on cancer rater. Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 17, 273-356.
- GOWD K. P., GUPTA R. P., SANGEETA J. [2013]. *Determination of invisible Environmental pollution due to cellphones EMF Radiation and projection for 2030, Current World Environment*, 8, 2, 283-290.

HARDELL L. CALBERG M., MILD K.H. [2003]. *Pooled analysis of two case controlled studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003, Journal Int J Oncol.* 28, 509-518.

HETTER H.P., MOSHAMMER H., WALLNER P., KUNDI M. [2006]. *Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. Occup. Environ. Med.* 63, 307-313.

HOURS M, RAYMOND C, GAILLARD E, BURAI N. [2009], *Ondes électromagnétiques, santé et réglementation*, Lyon, <https://www.youtube.com/watch?v=R3PzHgTytYo> (janvier 2016)

ICNIRP [1998]. *Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques, et électromagnétiques, in cahier de note documentaire, hygiène et sécurité du travail n° 182, 1er Trimestre 2001.*

GORPINCHEHKO I. [2014]. *The influence of Direct mobile phone radiation on sperm quality, Central European journal of urology:* 67, 1, 65-71.

KODJO N. [2009]. *Cyber droit : télécoms, internet et contrats de e-commerce, une contribution au droit congolais, P.U.C, Kinshasa.*

KUNDI M. and HUTTER H.P. [2009], *Mobile phone base-station effects on wellbeing and health, Pathology, PP.123-135.*

MARCHAND A, AUCLERC M, GUARINO R. [2012], *Rapport de Mesure de CEM in situ, Aexpertise.www.cofrac.fr* (Mars 2016.)

NITBY H., BRUN A., EBERHARDT J, MALMGREN L., PERSSON B.R., SALFORD L.G. [2009], *Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. Pathophysiology.* 16, 103-112.

PHILLIPS J.L., SINGH N.P., LAI H. [2009]. *Electromagnetic fields and DNA damage. Pathophysiology.* 16, 79-88.

PYTHOUD F. [2014]. *Mesure de champs magnétiques et Incertitude in MetInfo-Metas*, 21, 8-14.


RUEDIGER H.W. [2009]. *Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. Pathophysiology.* 16, 2, 89-102.

SANTINI R., SANTINI P., DANZE J.M., LE RUZ P. [2002]. *Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1. Influence of distance and sex. PatholBiol*, 50, 369-373.

UIT [2004]. *Rapport UIT-R BS.2037 : Evaluation des champs rayonnés par des systèmes d'émission radiodiffusion de terre fonctionnant dans une bande de fréquence quelconque aux fins d'évaluation de l'exposition à des rayonnements non ionisant, Question UIT-R 50/6* (www.itu.int/MD/R03-SG06-C-0030/fr) (Mai 2016)

XU S., ZHOU Z., ZHANG L., YU Z., ZHANG W., WANG Y., WANG X., LI M., CHEN Y., CHEN C., HE M., ZHANG G., ZHONG M. [2010], *Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons. Brain Research.* 1311, 189-196.

ZHAO T., ZOU S., KNAPP P. [2007]. *Exposure to cell phone radiation up-regulates apoptosis genes in primary culture of neurons and astrocytes. Neurosci Lett.* 412, 1, 34-38.

 This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>