

Mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur des personnes vivant sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa

Romain MAVUDILA KONGO^a; NGOMA BUVEKA^b, Rigobert MAVUDILA KISALA^a & Ignace BALOW'A KALONJI KAMUNA^a

^a Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM)/Kinshasa

^b Université Pédagogique Nationale (UPN)

I. INTRODUCTION

RESUME:

La présente étude a pour objectif de mesurer l'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences (CEM EBF) sur des personnes vivant sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa. Pour y arriver, nous avons mené une enquête transversale descriptive auprès d'un échantillon de 30 habitations éparpillées dans quatre communes de la ville de KINSHASA. Les résultats obtenus révèlent que les mesures des CEM EBF prélevées au niveau de ces habitations montrent que pour des personnes vivant sous les lignes THT, 20% des personnes âgées de moins de 6 ans sont exposées depuis plus au moins 10 ans. Par ailleurs, les mesures des champs magnétiques effectuées indiquent que les enfants sont exposés à un champ magnétique moyen de 1,15 μ T dans l'axe de la ligne et 0,46 μ T à 30 m de la ligne dans chacune de ces maisons. Ce qui donne des valeurs au moins 3 fois supérieures aux normes fixées par l'OMS.

Mots clés : Habitation, champ électromagnétique, exposition au champ magnétique.

ABSTRACT :

The present work aims at measuring the exposure to electromagnetic field of extremely low frequencies on people living under very high tension wire in Kinshasa. To achieve this study, we had transversal descriptive Survey on sample of 30 inhabitants from four township of Kinshasa. The results reveal that electromagnetic field of extremely low frequencies measurement used in these houses show that for people living very high tension wire 20% of them one less than 6 years old and are exposed for more or less the years. Furthermore the electromagnetic field measurements used show that children are exposed at an average of 1,15 μ T of electromagnetic at the line skis and at 0,46 μ T 30m from the line in each house which results in the values of at accost 3 times above the norms established by WHO.

Keywords : Habitation, electromagnetic field, magnetic field exposition.

*Adresse des Auteur(s)

Romain MAVUDILA KONGO, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM),

NGOMA BUVEKA, Université Pédagogique Nationale (UPN),

Rigobert MAVUDILA KISALA, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM),

Ignace BALOW'A KALONJI KAMUNA, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM),

Jusqu'au milieu des années soixante-dix, des restrictions conventionnelles réglementaient les constructions au voisinage des lignes électriques THT. A ce jour, dans la plupart des communes de la ville de Kinshasa que traversent lesdites lignes, il est désolant de voir des constructions, même en hauteur, y proliférer directement au mépris des règles sécuritaires les plus élémentaires et avec la passivité des autorités tant politico administratives que de la Société Nationale d'Electricité "S.N.E.L".

La présente étude a pour objectif de déterminer l'impact des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences (CEM EBF) sur la santé des personnes exposées dans la ville de Kinshasa.

Pour comprendre et mesurer l'impact potentiel des champs émis par les lignes à haute et très haute tension, il convient d'expliciter ces champs et de faire le point sur l'importance relative de différentes sources d'émission et sur les risques encourus par la population voire les individus. Si le champ est d'origine électrique on parle de champ électrique et s'il est d'origine magnétique, il s'agit alors d'un champ magnétique tandis que lorsque le champ est à la fois d'origine électrique et magnétique, on parle de champ électromagnétique (CEM).

Hormis l'électromagnétisme, le champ le plus connu est l'attraction mutuelle entre les corps célestes, notamment entre la Terre et le Soleil ou la Terre et la Lune, ou à la surface de la Terre elle-même ; ce champ d'attraction a conduit Isaac NEWTON à parler de la force de gravité qui fait que les objets soient attirés vers le sol^[1]

En effet, la mauvaise qualité d'un logement pourrait avoir de profondes incidences sur les enfants compte tenu de leurs besoins particuliers ; ce qui aura pour conséquence une certaine nocivité quant à leur croissance, à leur développement. En matière de pollution de l'environnement, nous évoquons la pollution électromagnétique qui si elle n'est pas méconnue, est tout au moins ignorée alors que dans nombre des pays développés, elle est depuis plus de trois décennies l'objet de nombreuses études.

Le lien entre la santé et l'environnement a pris toute son importance depuis le sommet de la Terre de Rio au Brésil en 1992. La protection de l'environnement est alors apparue comme une étape incontournable des politiques de santé

publique mondiales. Ce lien est généralement désigné par le terme santé-environnement [2].

En ce qui concerne les courants induits, R. HAUF affirme que le corps humain se trouve intégré dans le circuit électrique lorsqu'il est plongé dans un champ électrique de sorte que si le sujet n'est pas relié à la terre, il se produit une tension sur la surface de son corps mais cette tension s'annule dans le cas contraire [3].

Ce courant dit courant de conduction14 dont un tiers se dirige vers la tête, écrit R. HAUF (1985)[4], passe en grande partie à l'intérieur du corps. Le même R. HAUF précise que si le sujet est bien isolé, le courant s'écoule normalement comme un courant détourné entre le corps et la terre.

Contrairement aux courants induits par les champs électriques qui sont détournés, ceux induits par les champs magnétiques alternatifs pénètrent complètement [3] et y créent des courants de Foucault qui au lieu de traverser directement le corps, y circulent. Le niveau de ces derniers, dépend de l'intensité du champ magnétique extérieur et de la taille de la boucle à travers laquelle le courant circule et lorsque ces champs sont suffisamment importants, ces courants peuvent provoquer une stimulation nerveuse et musculaire [5].

D'après l'OMS (1985), un calcul approximatif montre que la densité de courant à la verticale d'une ligne de haute tension d'environ 2,5 kA est de $50 \mu A/m^2$, la densité de flux magnétique étant de $25 \mu T$. Enfin en matière de courants induits, si dans la plupart de cas on ne ressent rien en cas d'expositions légères, les personnes exposées à des champs magnétiques s'approchant de $10 \mu T$ sont victimes de phosphènes magnétiques.

Pour établir des limites d'exposition, les recherches reposent aujourd'hui essentiellement sur l'expérimentation animale étant donné qu'on ne peut pas exposer l'homme.

Les troubles du comportement dans le cas d'exposition aux CEM sont un indicateur très sensible d'une réaction biologique et on considère qu'ils représentent l'effet sanitaire indésirable le plus subtil qui soit observable. Les recommandations formulées par l'OMS indiquent le niveau d'intensité du champ à partir duquel des troubles comportementaux commencent à se manifester : c'est le niveau auquel il faut éviter de s'exposer.

Les champs électromagnétiques de basse fréquence provoquent l'apparition de courants induits dans le corps humain. Mais les diverses réactions chimiques qui se déroulent dans l'organisme donnent également naissance à des courants. Si les courants induits sont d'une intensité inférieure à cette valeur de fond, les cellules ou les tissus seront incapables de les détecter. Par conséquent, dans le domaine des basses fréquences, les valeurs limites recommandées sont destinées à faire en sorte que l'intensité des courants induits par un champ électromagnétique reste inférieure à l'intensité des courants naturellement présents dans l'organisme [6].

Les recherches menées par l'ex URSS ajoutés à celles de KOROBOROVA et al, ont conclu selon l'OMS (1985) à

l'existence d'un effet délétère des champs électriques de plus de 5 kV/m et considère qu'il faut limiter le temps passé à l'intérieur des champs plus puissants. Depuis la publication de Nancy Wertheimer (1979) [6], de très nombreuses études ont été menées sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques : les cancers, les anomalies de la reproduction, les maladies cardiovasculaires, les maladies neuro-dégénératives ou des troubles comme des problèmes de sommeil, les céphalées, etc.

Pour Dominique BELPOMME, les lignes à très haute tension au-delà de 110 kV seraient productrices d'ions et de l'ionisation des polluants et les CEM provoqueraient une désorientation des cellules menant à des mutations cancéreuses [7].

L'intérêt de ce travail réside dans la conformité des indicateurs pertinents tels que : les valeurs des champs magnétiques mesurés, l'envergure de la pollution ainsi que le répertoire de quelques pathologies liées à l'exposition aux CEM EBF.

Sachant qu'il existe le long de ces lignes THT voire dans le voisinage immédiat de ces dernières un champ électromagnétique, on peut se poser la question de savoir quels risques encourent les personnes qui habitent sous ces lignes THT et quelle est l'ampleur de ces risques?

En guise d'hypothèse nous pensons que les personnes vivant sous lignes électriques THT courent certaines conséquences, parmi lesquelles on peut citer : d'une part, l'intensité des champs électromagnétiques sous les lignes THT qui serait supérieure aux normes fixées et observées au niveau international, et d'autre part, l'exposition des occupants à des dommages corporels pouvant conduire au développement de quelques pathologies éminemment dangereuses.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel de l'étude

Le matériel de l'étude est constitué des habitations des familles situées sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa. Les mesures quasi directes de l'exposition aux champs électromagnétiques sont réalisées dans des points fixes : la chambre à coucher, l'école, représentatifs de lieu de vie au cours de longues périodes dans une journée ou dans une année.

II.2. Méthodes

Cette étude se propose de mesurage des intensités des champs magnétiques. Ces mesures permettent d'accroître la précision des données et de se rapprocher d'une mesure de l'exposition individuelle au moyen d'appareils de mesure de basses fréquences.

La détermination de l'impact d'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence est faite en comparant les résultats obtenus aux différentes normes internationales reprises dans les tableaux I et II.

Tableau I. Exposition maximales admissibles aux champs électriques

Exposition autorisée	
Champ électrique (kV/m)	(minutes)
0-5	Illimitée
5-10	180
10-15	90
15-20	10
20-25	5
25 ou plus	0

Tableau II. Résumé des limites d'exposition recommandées par la CIPRNI dans le cas des lignes électriques^[8].

	Fréquence du courant Européen	Fréquence des bases de téléphones portables	Fréquence des fours à micro-ondes
Fréquence	50Hz	50Hz	900 Mhz
	Champ électrique (V/m)	Champ Magnétique (μT)	Densité ducourant (W/m ²)
			Densité du courant (W/m ²)
Limites d'exposition du public	5000	100	4,5
Limites d'exposition professionnelle	10000	500	22,5
			45
			9
			10

Tableau III. Exposition maximum typique pour le public

Sources	Exposition maximum typique pour le public	
	Champs électriques (V/m)	Densité de flux magnétique (μT)
Champs naturels	200	70 (Champ magnétique terrestre)
Energie électrique (dans les foyers éloignés des lignes à haute tension)	100	0,2
Energie électrique (sous les lignes à haute tension)	10000	20

Chaque pays fixe ses propres normes nationales relatives à l'exposition aux champs électromagnétiques. Toutefois, dans la majorité des cas, les normes nationales s'inspirent des recommandations émises par la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (CINPRI). Cette organisation non-gouvernementale, qui est officiellement reconnue par l'OMS, examine les données scientifiques émanant de tous les pays du monde.

La Commission établit des limites d'exposition recommandées en s'appuyant sur une étude approfondie de la littérature scientifique. Ces recommandations sont réexaminées périodiquement et mises à jour en cas de nécessité.

Pour ce faire, nous avons utilisé le ME 3030B et le TM 19134, deux appareils de mesures de basses fréquences mesurant respectivement de 1 nT à 1999 nT et de 1 μT à 200 μT35 (tous deux avec une résolution de 0,01 μT); un GPSMAP T8 de marque GARMIN pour déterminer les coordonnées géodésiques.

L'approche qui sied le mieux à la lecture de nos résultats impose la combinaison des paramètres majeurs que sont les familles ciblées et les champs auxquels leurs membres de famille ont été exposés.

Quoiqu'il en soit la norme de 0,4, mesurée à 1,50 m du sol, considérée particulièrement comme le seuil moyen critique d'exposition à ne pas franchir pour les enfants durant 24 heures, constituera dans notre étude un étalon de choix pour valider l'existence d'un impact selon l'une des approches de R. GINNOCHIO.

II.3. Type d'étude

Il s'agit d'une enquête transversale descriptive dans les quartiers traversés par les lignes THT dans ces quatre communes (MATETE, LIMETE, BANDALUNGWA ET SELEMBAO).

II.4. Échantillonnage

Nous nous sommes résolus de travailler sur un échantillon de 30 habitations sélectionnées de façon aléatoire simple. Les proportions d'enfants en général et ceux âgés de moins de 6 ans en particulier constituent la cible d'étude en vue de déterminer l'ampleur de l'exposition desdits enfants, la mise en évidence des risques sanitaires qui pèsent sur cette tranche d'âge et partant, de la vulnérabilité des générations à venir.

II.5. Critères de sélection

Pour faire partie de l'étude, il fallait satisfaire aux conditions ci-après :

- Etre un de chef de ménage
- Avoir une habitation sous la ligne THT ;
- Se situer dans un couloir suffisamment dégagé pour être propice au mesurage ;
- Avoir accepté de participer librement à l'enquête ;

Parler les langues locales utilisées dans l'enquêté (français et le lingala).

II.6. Traitement et analyse des données

L'analyse des données a été effectuée grâce au logiciel Epi info 3.5.1, 2008

Les proportions et les moyennes des principaux indicateurs sont présentées avec leur intervalle de confiance à 95%.

Pour la comparaison des plus de 3 moyennes, le test d'analyse de la variance (ANOVA) est utilisé tandis que pour

Mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques...

la comparaison des proportions le test de Khi-carré est mis en contribution.

III. RESULTATS

Tableau IV. Nombre des habitations enquêtées par commune

Communes	MATE	LIME	BANDALUNGWA	SELEMBAO	TOTAL
Nombre d'habitatis	8	7	8	7	30

Tableau V. Répartition d'enfants par habitation par commune et en fonction des tranches d'âge

Communes	Tranches d'âge (ans)	Nombre d'enfants par Habitation								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Matete	> 14	8	3	8	15	5	1	6	18	64
	< 6	6	1	6	3	2	0	3	11	32
Limete	> 14	7	1	9	5	2	3	5	0	32
	< 6	2	0	4	2	0	3	3	0	14
Selembao	> 14	8	13	7	5	16	14	5	0	68
	< 6	3	5	3	1	8	6	0	0	26
Bandalungwa	> 14	5	3	10	14	15	4	2	4	57
	< 6	1	0	6	6	8	3	2	2	28

Le Tableau V révèle un nombre élevé des enfants de plus de 14 ans dans la commune de Selembao (68 enfants) suivie de la commune de Matete (64 enfants).

Tableau VI. Durée de séjour par habitation sous ligne THT par commune enquêtée

Communes	Tranches d'âge (ans)	Nombre d'enfants par Habitation								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Matete	> 14	8	3	8	15	5	1	6	18	64
	< 6	6	1	6	3	2	0	3	11	32
Limete	> 14	7	1	9	5	2	3	5	0	32
	< 6	2	0	4	2	0	3	3	0	14
Selembao	> 14	8	13	7	5	16	14	5	0	68
	< 6	3	5	3	1	8	6	0	0	26
Bandalungwa	> 14	5	3	10	14	15	4	2	4	57
	< 6	1	0	6	6	8	3	2	2	28
6	54	5	1	5	5	27	0	0	97	12,13
7	27	27	0	0	0	0	0	0	54	6,75
Bandalungwa	1	1	6	0	0	0	0	0	7	0,875
	2	2	11	3	0	0	0	0	16	2
	3	37	11	3	0	0	0	0	51	6,375
	4	4	40	9	2	6	0	0	61	7,625
	5	39	1	1	6	5	1	1	55	6,875
	6	3	4	0	0	0	0	0	7	0,875
	7	2	2	0	0	0	0	0	4	0,5
	8	26	0	0	0	0	0	0	26	3,25
										9,2

Ce tableau montre que la plus longue durée moyenne des séjours d'habitations sous la ligne THT est observée dans la commune de Selembao (12,3 ans) suivie de la commune de Matete (11 ans).

IV. DISCUSSION

Tenant compte des normes internationales, nous nous sommes évertués à déterminer en un couloir en dessous

duquel les habitants qui occupent les maisons ciblées étaient exposés à des champs magnétiques pouvant être nocifs.

A ce titre, nous avons commencé par mesurer les champs magnétiques au centre de la ligne pour chaque habitation, puis tous les 10 mètres à gauche jusqu'à atteindre 50 mètres et avons fait la même chose à droite du centre de la ligne. Cela nous a donné un couloir de deux fois 50 m.

Pour chaque distance à la verticale de la ligne THT, toutes les mesures correspondantes relatives à chaque habitation d'une commune, nous avons calculé la moyenne dans le respect des principes des calculs sur les erreurs [9].

La lecture du tableau V démontrent que les 30 habitations ciblées comme échantillons abritent un total de 108 différents ménages et 584 habitants. Nous avons constaté que près de 8 familles sur 10 habitent les communes de SELEMBAO, MATETE et BANDALUNGWA et que 6 personnes sur 10 de notre échantillon y vivent. Nous avons établi aussi que près de 20 personnes en moyenne occupent chaque maison située sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa. Ce qui signifie que 4 enfants de moins de 6 ans vit dans chacune de ces maisons.

Il s'est avéré au terme de notre enquête sur les ménages que les communes de MATETE et de BANDALUNGWA ainsi que celles de LIMETE et SELEMBAO ont fourni le même nombre d'habitations mais ont des concentrations d'habitants différentes. Les résultats ont montré que près de 4 personnes sur 10 constituant notre échantillon sont des enfants. Il ressort que près de 2 personnes sur 10 de notre échantillon sont âgées de moins de 6 ans, cette tranche d'âge qui est la plus sensible à l'électrosmog.

Et enfin, il a été établi que près de 3 personnes sur 10 formant notre échantillon vivent depuis au moins 10 ans dans des maisons situées sous la ligne THT et près de 5 personnes sur 10 y résident depuis au moins 5 ans.

Les champs mesurés dans la commune de MATETE ont révélé une moyenne de $1,9 \mu T$ dans l'axe de la ligne et $0,4 \mu T$ à 30 m de cet axe. Nous y avons mesuré un pic de $3,48 \mu T$. La commune de LIMETE a livré une moyenne de $0,8 \mu T$ dans l'axe de la ligne et $0,4 \mu T$ à 30 m dudit axe, avec un pic de $0,9 \mu T$.

Dans la commune de SELEMBAO nous avons trouvé une moyenne de $0,86 \mu T$ dans l'axe de la ligne et $0,41 \mu T$ à 30 m de cet axe, avec un pic de $1,79 \mu T$. La commune de BANDALUNGWA quant à elle a livré une moyenne de $1,09 \mu T$ dans l'axe de la ligne et $0,54 \mu T$ à 30 m de cet axe, avec un pic de $1,742 \mu T$. Par ailleurs les graphiques permettent de révéler une répartition anormale des champs dans les deux dernières communes ; cela est dû à un faisceau de lignes de transport (220 kV, 75 kV et 30 kV) qui font qu'on s'éloigne d'un champ pour entrer dans un autre.

Ces données, éclairées par le graphique synthèse des champs mesurés dans les quatre communes, donnent une moyenne de champ magnétique de $1,15 \mu T$ dans l'axe de la ligne et un champ de $0,46 \mu T$ à 30 m de la ligne. Comme nous l'avons

évoqué plus haut, l'OMS recommande de ne pas exposer les enfants à des CEM EBF dépassant $0,4 \mu T$, valeur à partir de laquelle, selon des études comme celles du Professeur Eric INCHULLA et tant d'autres que nous avons citées, des pathologies telles que la pseudo-déficience en fer et la leucémie infantile pouvaient affecter des enfants exposés pendant 24 heures.

Etant donné que les maisons examinées étaient toutes situées dans l'axe de la ligne, il ressort que les habitants qui y vivent ont été exposés dans l'ensemble à un champ moyen de $1,15 \mu T$, soit environ 3 fois plus que la norme de l'OMS. Bien plus, le pic de $3,48 \mu T$ représente environ 9 fois plus que la norme de l'organisme onusien. Lorsqu'on s'appuie sur la proportion d'enfants vivant dans ces maisons, particulièrement ceux de moins de cinq ans, l'on peut aisément se rendre compte de l'ampleur du problème. Nous avons pu établir que pour descendre en dessous de $0,40 \mu T$ dans tous les cas, quel que soit l'endroit d'où l'on avait effectué les mesures, il fallait aller au-delà de 40 m de l'axe de la ligne contrairement aux 20-25 m que recommande la S.N.EL.

Les cas des communes de BANDALUNGWA et SELEMBAO sont plus préoccupants que ceux de MATETE et LIMETE en ce que l'espace balayé par l'électrosmog est plus large, ce qui nécessite une réflexion particulière du fait d'une double voire triple influence des lignes sur les habitations.

Les champs magnétiques sous les lignes THT mesurés dans l'ensemble des cas étaient environ 3 fois supérieurs à la norme de $0,4 \mu T$ établie par l'OMS sur l'exposition des enfants et dans certains cas, ils atteignaient 9 fois ladite norme. Au-delà de cette norme, des études internationales permettent à ce jour d'établir un lien avéré entre les CEM EBF et la leucémie infantile. C'est dire que notre traque des champs magnétiques supérieurs à $0,4 \mu T$ nous a permis de mettre à nu un impact notable sur l'environnement des habitations situées sous la ligne THT dans la ville de Kinshasa en ce que ces champs affectent une moyenne de 4 enfants dans chaque habitation.

L'enquête organisée sur les familles habitant sous les lignes THT dans la ville de Kinshasa a permis d'établir que près de 5 personnes sur 10 qui y vivent sont des enfants et deux d'entre elles avaient moins de six ans de sorte que sur 100.000 personnes qui vivraient sous la ligne, environ 50.000 d'entre elles seraient des enfants et 20.000 d'entre eux auraient moins de six ans. C'est dire l'ampleur du préjudice subi par les enfants appartenant à cette tranche d'âge qui est sujette à la leucémie infantile dont nous avons parlé.

La solution la plus sûre serait l'éloignement des habitants de part et d'autre de la ligne THT de 220 kV d'environ 50 m au-delà desquels les champs magnétiques mesurés descendaient en dessous de $0,20 \mu T$. Cette précaution tient compte des incertitudes qui ne font pas de la norme de $0,4 \mu T$ une sécurité absolue.

V. CONCLUSION

En conclusion nous pouvons dire que les populations sur lesquelles nous nous sommes penché dont 20% sont âgés de moins de 6 ans, sont quotidiennement exposées en moyenne à des champs magnétiques d'environ $1,15 \mu T$; soit trois fois plus que le seuil maximum d'exposition préconisé pendant vingt-quatre heures par l'OMS, seuil à partir duquel il y a risque de contracter la leucémie infantile pour les moins de 6 ans en particulier.

En vue de résoudre cet épique problème, des efforts s'imposent à travers une synergie de tous les acteurs que sont les politiques, les scientifiques, la S.N.EL, les leaders communautaires ainsi que les média afin de dégager des solutions de moindre coût y relatives mais aussi de veiller de façon contraignante au respect d'une servitude que nous avons évaluée à au moins 2×50 m pour les lignes de 220 kV.

En perspective, nous souhaitons qu'une étude soit réalisée sur les pathologies relatives à l'exposition à des champs magnétiques de grande envergure.

REFERENCES

- [1] Marcus BINDUNGWA, Une histoire de la pensée de la théorie relativité des Grecs antiques à Albert EINSTEIN, MEDIASPAUL, Kinshasa. **2011**; 271 p.
- [2] P. BINZ et al. La santé empoisonnée, faits et arguments en faveur d'une médecine de l'environnement, Editions Frison-Roche, Paris, **1998**; 190 p.
- [3] OMS Bureau Régional de l'Europe, Michael J. GUESS. La protection contre les rayonnements non ionisants, Publications régionales Série Europe N°10, imprimé en Suisse, **1985**; 291 p.
- [4] R. HAUF. L'électromagnétique dans nos villes, Horizon, Bruxelles. **1985**
- [5] OMS-AFFSET. Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques, Editions de l'Organisation Mondiale de la Santé, Genève. **2008**; 66 p.
- [6] Farhad RACHID. « Introduction aux champs électromagnétiques, cours dispensé à l'EPFL », inédit. **2013**; 32 p
- [7] Daniel RAOUL et al, Les effets sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension ; Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris. **2010**; 177 p.
- [8] Rapport de la CIPRNI sur l'exposition recommandée le cas des lignes électriques. ICNIRP. **1998**
- [9] MATA TOMBO et al, notes de cours de Labo Approfondi en L2 à l'U.P.N, inédit. **2015**
- [10] INCHULLA E. Pathologies infantiles causées par les champs électromagnétiques, OMS. **2008**