

SOMMAIRE

| PREMIERE PARTIE :REVUE DE LA LITTERATURE | Page |
|---|-------------|
| INTRODUCTION..... | 0 |
| I- GENERALITES SUR LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES..... | 1 |
| 1-1- HISTORIQUE..... | 2 |
| 1-2- QUELQUES DEFINITIONS..... | 2 |
| 1-2-1- Ondes électromagnétiques..... | 2 |
| 1-2-2- La Fréquence..... | 2 |
| 1-2-3- La Longueur d'onde..... | 3 |
| 1-2-4- La Densité de puissance..... | 3 |
| 1-2-5- Le champ électrique..... | 5 |
| 1-2-6- Le champ magnétique..... | 5 |
| 1-2-7- Champs et Rayonnements électromagnétiques..... | 6 |
| 2- LES EFFETS BIOLOGIQUES | |
| DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES..... | 6 |
| 2-1- DEFINITION DES EFFETS..... | 7 |
| 2-2- CLASSIFICATION DES EFFETS..... | 8 |
| 2-2-1- Les effets thermiques..... | 8 |
| 2-2-2- Les effets non thermiques ou athermiques..... | 8 |
| 2-3- PENETRATION D'UNE ONDE HYPERFREQUENCE | |
| DANS LE CORPS HUMAIN..... | 9 |
| 2-4- LES EFFETS PERTURBATEURS DES CHAMPS ELECTRO- | |
| MAGNETIQUES SUR LES ECHANGES IONIQUES..... | 11 |
| 2-4- 1- Oscillations, échanges et interférences ioniques | |
| des cellules vivantes..... | 12 |
| 2-4-2- L'émission en Extremely Low Frequency(ELF) :« résonance | |
| cyclotronique » ionique..... | 12 |
| 2-4-3- La fréquence en micro-ondes..... | 14 |

| | |
|---|----|
| 2-5- AUTRES PARAMETRES BIOLOGIQUES PERTURBES | |
| ET CONSEQUENCES POSSIBLES POUR LA SANTE..... | 14 |
| 2-5-1- La corticostérone-L'Adrenocorticotropie hormon (ACTH)..... | 14 |
| 2-5-2- La mélatonine..... | 14 |
| 2-5-3- L'Oxyde nitrique(NO)..... | 15 |
| 2-5-4- La réponse immunitaire..... | 15 |
| 2-5-5- La neurogénese..... | 15 |
| 2-5-6- Les noyaux cellulaires..... | 16 |
| 2-6- L'INTERFERENCE QUANTIQUE MOLECULAIRE | |
| 16 | |
| 2-7- ETUDES SUR LE CANCER..... | 16 |
| 2-8-LES EFFETS SUR LE CŒUR ET LE CERVEAU..... | |
| 17 | |
| 2-9- LES EFFETS SUR LES YEUX..... | 18 |
| 2-9-1- Les atteintes de la cornée..... | |
| 18 | |
| 2-9-2- Les effets sur le cristallin..... | 18 |
| 2-10- LES EFFETS SUR LES OREILLES..... | |
| 18 | |
| 2-11- LES SYMPTOMES DE STRESS CHRONIQUE..... | 19 |
| 2-12- LES EFFETS BENEFIQUES DES | |
| ONDES ELECTROMAGNETIQUES SUR LA SANTE..... | 19 |

DEUXIEME PARTIE :METHODOLOGIE ET RESULTATS

| | |
|--|----|
| 1-METHODOLOGIE..... | 20 |
| 1-1- METHODES..... | 20 |
| 1-2- MATERIELS..... | 20 |
| 1-2-1- Notion de Débit d'Absorption Spécifique(DAS)..... | 21 |
| 1-2-2- Valeur limite d'immission..... | 21 |
| 1-2-3- Valeur Seuil du DAS..... | 22 |
| 1-3- LE TELEPHONE MOBILE Global System Mobile (GSM)..... | 22 |
| 1-4- LES ANTENNES RELAIS..... | 22 |

| | |
|---|----|
| 2- RESULTATS..... | 23 |
| 2-1- QUELQUES VALEURS RELEVÉES DE CHAMPS..... | 23 |
| 2-2- LE DAS DE QUELQUES ORGANES..... | 25 |
| 2-3- ABSORPTION DE PUISSANCE DE QUELQUES ORGANES..... | 27 |

| | |
|--|----|
| 2-4- LE TELEPHONE MOBILE..... | 27 |
| 2-4-1- Nombre d'utilisateurs..... | 27 |
| a) Dans le Monde..... | 27 |
| b) A Madagascar..... | 27 |
| 2-4-2- Caracteristiques techniques..... | 32 |
| 2-5- LES ANTENNES RELAIS..... | 33 |
| 2-5-1- lieux d'implantation, Nombre d'antennes GSM et leur puissance maximale à Antananarivo..... | 33 |
| 2-5-2- Types d'implantation..... | 33 |
| 2-5-3- Types d'antennes GSM..... | 33 |
| 2-5-4- Champs dans le faisceau d'une antenne..... | 35 |
| TROISIEME PARTIE :COMMENTAIRES ,DISCUSSIONS<,PROPOSITIONS | |
| 3- COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS..... | 37 |
| 3-1- LE DAS..... | 37 |
| 3-2- LE TELEPHONE PORTABLE..... | 38 |
| 3-2-1- Absence d'information..... | 38 |
| 3-2-2- Nombre d'utilisateurs..... | 39 |
| 3-2-3- Notion de durée d'utilisations | 39 |
| 3-2- 4- Caracteristiques techniques..... | 40 |
| 3-2-5- Les effets des ELF des Portables | |
| 41 | |
| 3-3- LES ANTENNES RELAIS..... | 44 |
| 3-3-1- Lieux d'implantation..... | 44 |
| 3-3-2- Nombre d'antennes..... | 44 |
| 3-3-3- Puissance rayonnée des antennes..... | 45 |
| a) La puissance en fonction de la distance..... | 45 |
| b) Cas des antennes situées trop proches de bâtiments..... | 48 |
| c) Cas des antennes installées sur le bâtiment | 49 |
| 3-4- ABSENCE D' ETUDES SIGNIFICATIVES..... | 49 |
| 4- PROPOSITIONS DE PRECAUTIONS ET DE RECOMMANDATIONS SUR LES RADIOFREQUENCES | 52 |

| | |
|--|----|
| 4- 1- PRECAUTIONS D' UTILISATION DE TELEPHONIE MOBILE..... | 52 |
| 4- 2 - PRECAUTIONS SUR LES ANTENNES DE TELECOMMUNICATIONS | 53 |
| 4- 3- PROPOSITION DE NORMES OU DE RECOMMANDATIONS..... | 55 |
| 5- REMARQUE GENERALE..... | 58 |
| CONCLUSION | 60 |
| ANNEXES | |
| BIBLIOGRAPHIE | |

Rapport-Gratuit.com

LISTE DES TABLEAUX

| | Pages |
|---|-------|
| Tableau n°1 : Tableau synthétique des ondes représentant le spectre électromagnétique | 4 |
| Tableau n°2 : Valeurs expérimentales des champs électromagnétiques selon la distance..... | 24 |
| Tableau n° 3 : nombre d'utilisateurs de mobiles dans le monde..... | 28 |
| Tableau n° 4 : nombre d' utilisateurs de portables à Madagascar..... | 28 |
| Tableau n° 5 : nombre d'abonnés service fixe et service mobile | 29 |
| Tableau n° 6 : Lieux d'implantations , Nombre d'antennes GSM et Leur puissance maximale à Antananarivo | 34 |
| Tableau n° 7 : Recommandations de la la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants..... | 59 |
| Tableau n° 8 : Exemples de Recommandations de quelques pays..... | 59 |

LISTE DES FIGURES

| | Pages |
|--|-------|
| Figure n°1 : Schéma représentatif d'une propagation d'onde électromagnétique..... | 4 |
| Figure n°2 : Pénétration d'une micro-onde dans le corps humain..... | 10 |
| Figure n°3 : Représentation des puissances absorbées en mW de quelques organes..... | 25 |
| Figure n°4 : Absorption de la puissance par quelques organes..... | 26 |
| Figure n°5 : Nombre d'abonnés Service fixe et Service mobile..... | 29 |
| Figure n°6 : Nombre d'utilisateurs de portables dans le Monde..... | 30 |
| Figure n°7 : Nombre d'utilisateurs de portables à Madagascar..... | 31 |
| Figure n°8 : Coupe verticale du Champ dans le faisceau d'une antenne GSM..... | 36 |
| Figure n°9 : Séquence des événements moléculaires déclenchés par l'interaction des champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences (E.L.F.) avec la membrane cellulaire..... | 43 |
| Figure n°10 : Propagation des ondes des stations de base des télécommunications mobiles..... | 46 |
| Figure n°11 : Exemple de Rayonnement près d'un bâtiment..... | 50 |
| Figure n°12 : Une antenne émettant sur un bâtiment en béton armé..... | 51 |

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CENELEC : Comité européen de normalisation électrotechnique

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer

DAS : Débit d'Absorption Spécifique

ELF : Extremely Low Frequency.

GSM : Global System for Mobile .

ICNIRP : Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI).

IRPA :International Radio Protection Association

UMTS : Universal Mobile Telecommunication System

K : kilo (10^3)

M : mega(10^6)

G : giga (10^9)

m : milli (10^{-3})

μ : micro(10^{-6})

n : nano (10^{-9})

p : pico (10^{-12})

f : femto(10^{-15})

V : Volt (tension)

W : Watt (Puissance)

Hz: Hertz(fréquence)

A : Ampère(Intensité)

T : Tesla (Induction magnétique)

G : Gauss (Induction magnétique)

A/m :Ampère par mètre(Champs magnétiques)

V/m :Volt par mètre (Champs électriques)

W/m² :Watt par mètre carré (Champs électromagnétiques)

Wb/m² :Weber par mètre carré (Densité magnétique)

INTRODUCTION

Les téléphones mobiles représentent un des gadgets les plus populaires de ces dernières années.

Ils fonctionnent en utilisant les ondes électromagnétiques hyperfréquences.

Leur utilisation comporte des risques pour la santé de leur utilisateur et du public en général par exposition aux rayonnements électromagnétiques du mobile et des antennes de télécommunication implantées dans l'environnement humain (1).

Mais ces effets sont actuellement source de discussions pour les industriels et les opérateurs de téléphonie mobile d'une part et l'opinion publique et les scientifiques notamment médicaux d'autre part, vu les enjeux économiques et les avantages pratiques que cette technologie représente.

L'Organisation Mondiale de la Santé, pour ces raisons en 1998, a décidé de s'en préoccuper et elle incite les scientifiques du monde entier à mieux se concentrer sur la question car il est vrai que notre connaissance sur ce domaine est encore loin d'être suffisante (2).

Pour Madagascar, c'est un secteur récent en pleine expansion. Et nous ne sommes pas encore arrivés au stade où la question sur les effets des ondes électromagnétiques sur la santé attire l'attention de tout le monde.

Il faudrait dès maintenant, selon notre estimation parler de ces risques que représentent les ondes électromagnétiques utilisées par le réseau de téléphonie mobile.

L'objectif de notre étude est donc de faire connaître et surtout d'évaluer les risques sanitaires liés à l'utilisation des téléphones portables et leurs antennes à Madagascar, et d'apporter quelques propositions de précautions et de recommandations d'utilisation.

Notre étude comprendra trois grandes parties :

- La première partie est réservée à la revue de la littérature,
- La deuxième, à la méthodologie et aux résultats de
- La troisième, aux commentaires, discussions et propositions.

PREMIERE PARTIE : REVUE DE LA LITTERATURE

1- GENERALITES SUR LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES :

1-1- HISTORIQUE :

Les ondes électromagnétiques existent depuis la naissance de l'univers. Leur forme la plus connue est la lumière. Elles sont omniprésentes dans notre environnement du fait des sources d'origine naturelle et artificielle de plus en plus fréquentes.

Les champs électriques et magnétiques font partie du spectre électromagnétique, qui s'étend des champs électriques et magnétiques statiques aux rayons X et gamma, en passant par les radiofréquences et les rayonnements infrarouges (Tableau n°1)(3)

Le premier réseau de télécommunication mobile est mis en service en 1946 aux Etats-Unis. Il faut attendre 1975 pour voir l'introduction d'un premier réseau de téléphonie mobile pour véhicules. Dans les années 80, les précurseurs de nos téléphones mobiles actuels sont encore contenus dans des valises pesant dans les quinze kilos.

En 1987, le téléphone mobile est tel que nous le connaissons aujourd'hui. En 1992 est mis en service le réseau de téléphonie mobile numérique Global System Mobile (GSM) de structure cellulaire, tandis que certains systèmes de réseaux anciens sont progressivement abandonnés. Une nouvelle technologie de téléphonie mobile appelée Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) va bientôt faire son apparition

Les recherches sur les effets des champs électromagnétiques radiofréquences sur les systèmes biologiques ont débuté après la deuxième guerre mondiale. Elles ont été réactivées lorsqu'en 1992 un citoyen américain a engagé une procédure judiciaire et accusé les radiofréquences d'être à l'origine d'un cancer du cerveau dont sa femme était décédée. Depuis, les expériences sur des animaux ou sur des cellules isolées ont produit de nombreux résultats publiés dans les revues scientifiques. Les phénomènes physiques et biologiques à étudier sont très complexes, ce qui nécessite la mise au point de procédures d'expérimentation, de mesure et d'observation très rigoureuses.

1-2- QUELQUES DEFINITIONS :

1-2-1- Onde électromagnétique :

Elle consiste en de minuscules paquets d'énergie appelés photons ou quanta ou particules. Par convention, on utilise une courbe sinusoïdale pour schématiser une onde (Figure n°1)

L'image du photon est utilisée lorsque l'on parle de quantité de d'énergie transportée par les ondes magnétiques. L'énergie de chaque paquet ou photon est directement proportionnelle à la fréquence de l'onde(4). A une longueur d'onde correspond donc un photon d'une certaine **énergie**. Plus la longueur d'onde est grande, plus l'**énergie transportée** par le photon associé est petite.

Les ondes électromagnétiques se caractérisent par leur longueur d'onde, leur fréquence ou leur énergie. Ces trois paramètres sont liés entre eux. Il existe un rapport constant entre la fréquence, la vitesse et la longueur d'onde :

$$\text{Longueur d'onde} = \frac{\text{Vitesse}}{\text{Fréquence}} \quad \text{ou} \quad \text{Fréquence} = \frac{\text{Vitesse}}{\text{Longueur d'onde}}$$

Le tableau n°1 représente d'une façon synthétique les ondes dans le spectre électromagnétique

L'onde se propage à la vitesse 299 792 458 m.s^{-1} dans le vide. Elle se caractérise par son affaiblissement progressif à la manière d'un caillou dans l'eau, en fonction de la distance, de la puissance (qui s'affaiblit à mesure qu'on s'éloigne de l'antenne), de la fréquence, ou encore des obstacles rencontrés. Les matériaux courants, comme le bois et le métal, font écran aux champs électriques, tandis que les champs magnétiques ne sont pas arrêtés par la plupart des matériaux courants. Ils traversent les murs, la terre, la végétation et le corps humain (4)

1-2-2- La fréquence :

C'est le nombre de perturbations ou d'ondulations ou d'oscillations qui passent par un point fixe par unité de temps ; il se mesure en cycles par seconde ou Hertz(Hz). Les multiples du hertz couramment utilisés sont le kilohertz (kHz), le mégahertz (MHz), et le gigahertz (GHz).

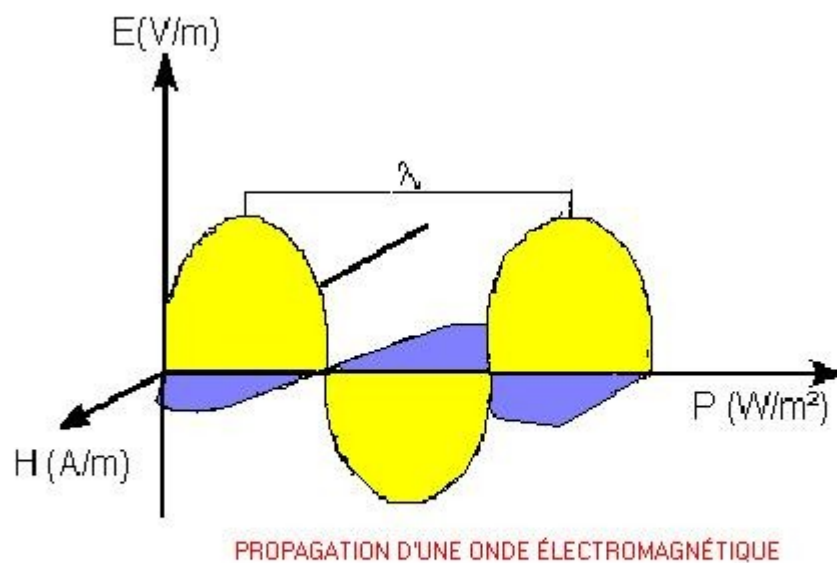
1-2-3- La longueur d'onde (λ) :

Elle représente la périodicité spatiale des oscillations (distance entre deux oscillations maximales par exemple) .C'est aussi la distance que parcourt l'onde pendant une période ; mesurée en mètre(m) et ses multiples et sous-multiples :kilo, cm, mm.

1-2-4- La Densité de puissance par Unité de surface

Elle est représentée par le vecteur de poynting et s'exprime en $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

(Figure n°1)



E= champ électrique (V/m)

H= champ magnétique (A/m)

P= vecteur de propagation (poynting) représentant la densité de puissance de l'onde (W/m^2)

Figure n°1 : Schéma représentatif d'une propagation d'onde électromagnétique(5)

| <u>Gamme*</u> | <u>Nom</u> | <u>Fréquence</u> | <u>Longueur d'onde</u> |
|---------------|---------------------------------------|--|---|
| | | 0,03 Hz à 0,3 Hz | 10 000 000 km à 1 000 000 km |
| | | 0,3 Hz à 3 Hz | 1 000 000 km à 100 000 km |
| | | 3 Hz à 30 Hz | 100 000 km à 10 000 km |
| ELF | | 30 Hz à 300 Hz | 10 000 km à 1 000 km |
| | | 300 Hz à 3 kHz | 1 000 km à 100 km |
| VLF | radio (GO) | 3 kHz à 30 kHz | 100 km à 10 km |
| LF | radio (GO) | 30 kHz à 300 kHz | 10 km à 1 km |
| MF | radio (OM) | 300 kHz à 3 MHz | 1 km à 100 m |
| HF | radio (OC), radiotéléphone, CB | 3 MHz à 30 MHz | 100 m à 10 m |
| VHF | TV, FM | 30 MHz à 300 MHz | 10 m à 1 m |
| UHF | TV, radar & micro-ondes (bandes L, S) | 300 MHz à 3 GHz | 1 m à 10 cm |
| SHF | radar & micro-ondes (bandes C, X, K) | 3 GHz à 30 GHz | 10 cm à 1 cm |
| EHF | radar & micro-ondes | 30 GHz à 300 GHz | 1 cm à 1 mm |
| | infrarouge | 300 GHz à 385 000 GHz | 1 mm à 0,78 millièbre de mm |
| | lumière visible | 385 000 GHz à 750 000 GHz | 0,78 millièbre de mm à 0,4 millièbre de mm |
| | ultraviolet | 750 000 GHz à 6 millions de GHz | 0,4 millièbre de mm à 0,05 millièbre de mm |
| | rayons X | 6 millions de GHz à 300 milliards de GHz | 0,05 millièbre de mm à 1 milliardième de mm |
| | rayons gamma | Au-delà de 300 milliards de GHz | En dessous de 1 milliardième de mm |

* V = Very, U = Ultra, S = Super, E = Extremely, L = Low, M = Medium, H = High, F = Frequency

Tableau n°1_: Tableau synthétique des ondes représentant le spectre électromagnétique (5)

1-2-5- Le champ électrique :

Un champ électrique est produit par des variations dans le voltage: plus le voltage est élevé, plus le champ qui en résulte est intense. Il survient même

si le courant ne passe pas. Il est donc présent chaque fois qu'il existe une charge électrique. Il régit le mouvement des autres charges situées dans le champ. Lorsque des charges s'accumulent sur des objets, elles ont tendance à se repousser si elles sont de même sens et à s'attirer si elles sont de sens contraire. Cette tendance est caractérisée par la tension électrique et se mesure en volts (V). Tout appareil branché sur une prise de courant électrique, même s'il n'est pas en fonctionnement, possède un champ électrique associé, proportionnel à la tension de la source à laquelle il est relié. L'intensité du champ est maximale à proximité de l'appareil et diminue avec la distance. Les champs électriques(E)(Figure n°1)sont mesurés en volts par mètre (V/m) ou en kilovolts par mètre (kV/m).

1-2-6- Le champ magnétique :

Un champ magnétique se produit lorsqu'il y a déplacement de charges électriques, c'est-à-dire en présence d'un courant électrique : d'autant plus intense que le courant est élevé. Ainsi, lorsqu'on a un courant électrique, l'intensité du champ magnétique variera selon la consommation d'électricité, alors que l'intensité du champ électrique restera constante. Les champs magnétiques agissent sur les charges en mouvement.. Tout appareil électrique en fonctionnement, c'est-à-dire dans lequel circule un courant électrique, possède un champ magnétique associé qui est proportionnel à l'intensité du courant. Le champ est maximal à proximité de l'appareil et diminue avec la distance

Les champs magnétiques (H) sont exprimés en ampères par mètre (A/m).Mais on les caractérise généralement par l'induction magnétique correspondante ,qui s'exprime en teslas (T)et ses sous unités ,(en Gauss(G) aussi dans certains pays) et par la densité magnétique s'exprime en Weber par mètre carré Wb/m^2 ($1Wb/m^2=1$ Tesla)

1-2-7- Champs et rayonnements électromagnétiques : (3)

On désigne par champ électromagnétique .les ondes électromagnétiques à basse fréquence et par "rayonnement électromagnétique" les ondes à très

haute fréquence. Selon leur fréquence et leur énergie, les ondes électromagnétiques peuvent être classées parmi les "rayonnements ionisants" ou les "rayonnements non ionisants" :

- Les Rayonnements ionisants sont des ondes électromagnétiques de fréquence extrêmement élevée (rayons X et gamma) qui ont suffisamment d'énergie pour produire une ionisation (création d'atomes ou de parties de molécules portant une charge électrique positive ou négative) en cassant les liaisons atomiques à l'intérieur des molécules qui forment les cellules.

- Les "Rayonnements non ionisants" englobent un terme général qui désigne la partie du spectre électromagnétique où l'énergie des photons est trop faible pour provoquer la rupture des liaisons atomiques. Les rayonnements non ionisants comprennent le rayonnement ultraviolet , la lumière visible, le rayonnement infrarouge, les radiofréquences et les micro-ondes, les champs à fréquence extrêmement faible , ainsi que les champs électriques et magnétiques statiques. Les rayonnements non ionisants, même de forte intensité, ne peuvent provoquer d'ionisation dans un système biologique. Toutefois, on a montré qu'ils pouvaient avoir d'autres effets biologiques, par exemple en provoquant un échauffement, en modifiant des réactions chimiques ou en induisant des courants électriques dans les tissus et les cellules.

2- LES EFFETS BIOLOGIQUES DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES :

L'étude des effets biologiques des champs électromagnétiques est multidisciplinaire; elle relève de la physique, de l'ingénierie, des mathématiques, de la biologie, de la chimie, de la médecine, et de la santé environnementale.

Une des explications de la confusion et des polémiques qui existent dans le domaine aujourd'hui résultent des individus d'une discipline n'appréciant pas pleinement les faits ou les théories de base des autres.

Les effets des ondes électromagnétiques sur la santé sont généralement étudiés suivant les fréquences dans le spectre électromagnétique(Tableau n°1)

Ce qui nous intéresse sur cette étude ,ce sont les fréquences autour de 900 MHz, comprises dans la catégorie des radiofréquences, micro-ondes, hyperfréquences (300 Hz - 300 GHz).

En effet, les organismes vivants sont sensibles à d'ultra faibles intensités de champs externes parce que le vivant fonctionne lui-même avec des énergies électromagnétiques hyperfaibles.

Les études ne peuvent pas encore démontrer les mécanismes qui provoquent des nocivités mais de nombreuses pistes commencent à inquiéter les différents spécialistes (des problèmes d'audition , de vision ...commencent à apparaître)

Les problèmes occasionnés par les téléphones cellulaires ne seront bien identifiés dans sa totalité que dans quelques années.

«Il n'y a pas de limite d'intensité inférieure théorique à l'effet d'un rayonnement non-ionisant sur une cellule, un organisme vivant »(6).Les appareils et installations électriques et électroniques peuvent induire à court, moyen ou long terme, des perturbations biologiques sur un organisme vivant exposé :à :leurs rayonnements .

2- 1- DEFINITIONS DES EFFETS :(3)

Les effets biologiques des ondes électromagnétiques peuvent parfois, mais pas toujours, conduire à des effets nocifs pour la santé. Il est important de comprendre la différence entre les deux :

L'électrosensitivité se définit comme la faculté de réagir à des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques d'une intensité infime, sans que ce phénomène s'accompagne nécessairement de problèmes de santé.

L'électrosensibilité, c'est la capacité de développer des troubles de la santé sous l'influence de champs électromagnétiques. Elle est considérée néanmoins comme un phénomène subjectif dans la mesure où les personnes qui y sont sujettes associent généralement ses symptômes aux champs électromagnétiques isolés, il n'est guère possible d'établir un lien formel entre les deux.

2 -2- CLASSIFICATION DES EFFETS :

La relation quantitative et proportionnelle « dose - effet » n'est pas linéaire, c'est-à-dire que l'intensité du champ électromagnétique, son augmentation ou sa diminution, n'entraîne pas une réponse biologique proportionnelle -en hausse ou en baisse- chez les organismes vivants exposés

2 -2-1- Les effets thermiques :

Pour un Débit d'Absorption Spécifique(Voir deuxième partie) supérieur à 4W/kg, l'effet thermique produit une augmentation de la température des tissus et résulte de la forte teneur en eau du corps humain. La molécule d'eau, ainsi que celles constituant certains tissus, étant de type polaire, leur orientation tend à suivre celle du champ électrique, ce qui produit des frottements intermoléculaires, d'où une élévation de température. C'est ce principe qui est utilisé dans le four à micro-ondes, mais à un niveau de puissance nettement plus élevé que celui émis par un portable GSM.

L'effet thermique se traduit par : brûlures, inactivation progressive de certaines activités enzymatiques, augmentation de la létalité de certaines bactéries, modification de la production de certaines enzymes, stimulation du système immunocompétent lorsque l'hyperthermie est modérée (<41°C), cataractes, modifications du comportement et dommages au système nerveux central(7)...

L'effet thermogène, suivant son importance, va entraîner : Vasodilatation loco-régionale avec toutes les réactions physiopathologiques qui s'y rattachent telles que augmentation des métabolismes, élimination des déchets métaboliques, modification des systèmes enzymatiques, Altération plus ou moins transitoire des systèmes enzymatiques avec les perturbations métaboliques correspondantes, Coagulation des protéines aboutissant à la mort cellulaire et à la brûlure tissulaire, Aberration chromosomique (in vitro)(8)

2-2-2- Les Effets non thermiques ou athermiques :

Les effets dits "athermiques" résulteraient d'une interaction directe avec les tissus et auraient, notamment, une influence sur le système nerveux.

Certains de ces effets apparaîtraient pour des niveaux d'exposition nettement plus faibles que ceux produisant un échauffement significatif.

Sont souvent cités des symptômes subjectifs, tels que : problèmes de concentration, irritabilité, troubles du sommeil, fatigue, etc. Certaines études font également état d'effets sur l'œil : dégénérescence tissulaire de la rétine, de la cornée et de l'iris(9), d'effets sur les systèmes de reproduction, cardiovasculaire, immunitaire, hormonal ainsi que sur matériel génétique (ADN).

Selon ces mêmes études, il faut toutefois ajouter que les recherches relatives aux effets athermiques conduisent souvent à des conclusions divergentes, ou non significatives. D'autre part, ces études se basent généralement sur des expérimentations réalisées sur des animaux ou des cultures de cellules. L'extrapolation des résultats à l'espèce humaine n'est pas toujours aisée, notamment du fait de la différence de taille et de constitution des cellules.

2-3- PENETRATION D'UNE ONDE HYPERFREQUENCE DANS LE CORPS

HUMAIN : Figure n° 2 (10)

Si la profondeur de pénétration diminue avec l'augmentation de la fréquence, en revanche la densité d'énergie absorbée sera plus élevée dans les tissus traversés par le rayonnement.

La constante diélectrique joue un rôle important dans cette pénétration. C'est le facteur qui précise la perte de l'énergie de l'onde dans la matière. Si elle est élevée, cela voudra dire qu'il y aura une forte perte d'énergie dans la matière, ce qui se traduira par une faible pénétration de l'onde et un échauffement. Par contre si le coefficient diélectrique est faible, l'onde pénétrera plus profondément dans la matière parce que peu d'énergie sera absorbée par cette matière. Comme l'énergie absorbée est faible, l'échauffement sera faible.

L'onde étant piégée dans tous matériaux proches de sa longueur d'onde, il y aura un phénomène de points chauds. Plus la longueur d'un corps se rapproche de la longueur d'onde, plus il sera sensible aux hautes fréquences. Les enfants étant plus petits, ils seront plus sensibles que les adultes (un enfant de 2 ans " plus ou moins 1 mètre " est beaucoup plus proche de la longueur d'onde qu'un adulte)

Quand l'onde arrive sur le corps -onde incidente-une partie de l'onde sera réfléchi -onde réfléchi - et une autre partie traversera le corps. L'angle de pénétration changera à chaque fois que l'onde entrera dans un nouveau composant du corps. Par exemple, entre la peau et les muscles ou entre les muscles et les os. On considère sur ce schéma que l'os a une longueur égale à la longueur d'onde ce qui veut dire que l'onde sera emprisonnée dans l'os -création d'ondes stationnaires - et produira un échauffement. On parlera alors de points chauds :augmentation localisée de la température dans un matériau. Si on remplace l'os par une prothèse métallique, il y aura en plus un effet d'induction causée par le champ magnétique de l'onde hyperfréquence. Par exemple, si une prothèse a une longueur de 33 cm en 900 MHz, sa longueur étant proche de la longueur d'onde, elle va se mettre à chauffer et cela pourrait aller jusqu'à une destruction des tissus se trouvant autour. Il ne faut pas oublier que certains stérilets sont métalliques.

Des appareils peuvent également être perturbés comme certains stimulateurs cardiaques s'ils sont métalliques, ils pourront être influencés par les hautes fréquences. (Voir Effets sur le cœur)

Les phénomènes de points chauds peuvent aussi apparaître sur des tissus osseux, sur la boîte crânienne, sur certains organes ...

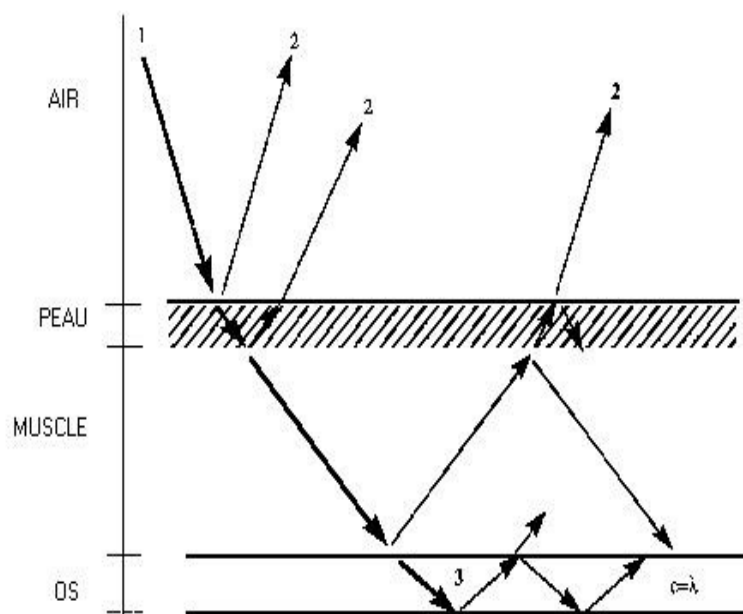


Figure n°2 : Pénétration d'une micro-onde dans le corps humain(10)

2 -4-LES EFFETS PERTURBATEURS DES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES SUR LES ECHANGES IONIQUES (11) (12)

Les particules de la matière inerte comme la matière vivante sont identiques et électromagnétiquement liées. La structure atomique est faite de la charge électrique positive des protons et de la charge électrique négative des électrons.«tournant».autour.du.noyau.

Les atomes des 4 éléments fondamentaux qui constituent le vivant (carbone, hydrogène, oxygène et azote) sont liés par leurs propriétés électriques et magnétiques. Ainsi l'homme est une « matière » vivante dont tous les composants depuis les cellules jusqu'aux organes, sont eux-mêmes fondamentalement électromagnétiques.

Le mécanisme d'interférence ionique appliqué aux structures biophysiques rotatoires, telles que les fragments ADN et ARN apporte une base de compréhension au mécanisme d'action biologique des champs faibles. Et particulièrement l'existence de degrés de liberté gyroscopiques moléculaires, parce que ces degrés de liberté ne sont pas thermodépendants dans des échelles de temps significatives en biologie.

Par conséquent, les mécanismes qui impliquent les gyroscopes moléculaires peuvent expliquer les effets biologiques des champs hyperfaibles. Il est important de garder à l'esprit que la possibilité de mécanisme d'interférence dépend de la valeur du champ local géomagnétique.

Comme ce champ varie de façon complexe à l'intérieur des buildings modernes, les effets d'interférence au niveau moléculaire, et ainsi l'effet biologique, peuvent ne pas être reproductibles dans des endroits différents, même quand tous les autres champs sont identiques.

Toute la matière vivante est construite des mêmes « briques », les acides aminés et les protéines. Malgré leurs différences spécifiques, elles ont des structures biophysiques très similaires. Ainsi, il est clair que le mécanisme d'interférence (une théorie de physique moléculaire) est également applicable aux systèmes biologiques ayant différents niveaux de complexité. Si un effet existe pour un système biologique pour un champ donné, on peut estimer qu'il existera pour un autre système biologique exposé au même champ.

La condition de cela est la présence dans chacun des deux systèmes biologiques de la même cible moléculaire.

2-4-1- Oscillations, échanges et interférences ioniques des cellules vivantes : (11) (12)

Les cellules vivantes produisent diverses émissions électromagnétiques cohérentes dans un très large spectre de fréquences. Les ions qu'elles contiennent génèrent eux-mêmes deux types de champs électromagnétiques :

des Extremely Low Frequency (ELF) et des micro-ondes .

2-4-2- L'émission en (ELF), dite de « résonance cyclotronique » ionique :

Elle correspond à la rotation de l'ion sur son axe. Sa fréquence varie légèrement en fonction du champ géomagnétique.

Les valeurs moyennes de résonance cyclotronique des principaux ions sont : pour un champ magnétique terrestre moyen de 45 micro tesla : Sodium = 30 Hz ; Potassium = 17 Hz ; Potassium⁴¹ = 50 Hz ; Calcium = 35 Hz ; Magnésium = 55 Hz ; Lithium = 100 Hz, etc.

Ces fréquences de résonance cyclotronique des ions de l'organisme sont situées dans la zone de nombreuses fréquences d'émission de nos appareils électroniques, ou de leurs premières harmoniques.

Par exemple, les ELF d'un téléphone portable comprennent une émission à 30-40 Hz, fréquence du calcium, ou à 217 Hz, première harmonique du Fer 51, etc.

Les interférences entre l'organisme et ces appareils à rayonnement électromagnétique vont de soi et relèvent des processus de physique élémentaire. Celles-ci sont d'ailleurs largement vérifiées expérimentalement pour l'ion calcium (Ca⁺⁺)

CAS DU CALCIUM :

L'ion calcium est impliqué dans l'activité de nombreuses enzymes de l'organisme. Par conséquent, toute variation de son taux intracellulaire est susceptible d'induire des modifications dans l'activité des enzymes intracellulaires, notamment celles des protéines kinases impliquées dans la transduction des signaux.

Le Calcium membranaire est vraisemblablement la cible des champs électromagnétiques. Les mécanismes affectant les modifications de flux calcique dans le cerveau ne peuvent être expliqués par les théories classiques biochimiques. Par exemple, dans les cellules hypophysaires de souris exposées aux rayonnements électromagnétiques d'un téléphone cellulaire, l'augmentation de la concentration intracellulaire de Ca^{++} , contemporaine d'une sécrétion accrue de l'ACTH (adrenocorticotropique hormone ou hormone corticotrope) observée, a pu modifier l'activité des enzymes impliquées dans la cascade de synthèse de cette hormone. S'il y a accumulation intra-cellulaire de calcium, celle-ci est le fait d'un déplacement de ses charges ioniques, qui doivent donc être déficitaires dans d'autres parties de l'organisme. On peut supposer que ces variations de concentration intra et extra-cellulaires obligent l'organisme à mettre en oeuvre des mécanismes de rétablissement des taux " normaux ", induisant ainsi un stress cellulaire avec risque de perte d'équilibre lors d'exposition à long terme, ou rattrapage d'un nouvel équilibre sur un autre niveau de fonctionnement possiblement pathologique.

Au niveau du Système Nerveux Central et du système neuro-musculaire, on sait que le Ca^{++} joue un rôle très important dans l'excitabilité neuro-musculaire, en particulier pour le système nerveux autonome. Ses perturbations pourraient mener à des troubles du type spasmophilie avec tout un cortège de malaises et de dérèglements secondaires fonctionnels des organes ou grandes fonctions tels que le cœur, la circulation, la digestion, la respiration, la sensibilité à la douleur et à tout stimulus.

L'existence de cet effet fenêtre remet en cause, du moins en partie, le concept de seuil d'activité et donc de sécurité établie à partir des DAS ou de l'intensité de champ (3).

CAS DU MAGNESIUM

Des déplacements ioniques de Ca^{++} vont ainsi avoir pour conséquence le déplacement d'autres ions dont le métabolisme est interdépendant, en particulier déplacements inverses du Mg^{++} (Magnésium).

2-4-3- La fréquence en micro-ondes (11) (12)

Elle est produite par leur oscillation latérale dans les cavités des protéines qui les contiennent : les ions Ca^{++} et Mg^{++} par exemple oscillent entre 1 et 2 GHz, qui sont précisément les fréquences des ondes porteuses des systèmes GSM des téléphonies portables.

2-5-AUTRES PARAMETRES BIOLOGIQUES PERTURBES ET CONSEQUENCES POSSIBLES : (11) (12)

Les résultats de nombreux travaux en biologie permettent pour la science médicale d'établir des liens possibles entre les paramètres biologiques perturbés, observés sous exposition chronique à des champs électroniques, et certaines pathologies.

2-5-1-La corticostérone - L' ACTH :

Des modifications de libération hormonale peuvent aussi être la conséquence première de ces perturbations ioniques, avec variations anormales de l'ACTH (hormone adrenocorticotrope), des hormones cortico et minéralo-stéroïdes, de la calcitonine, de la parathormone, de la mélatonine.

Les variations de ces hormones entraînent à leur tour des perturbations systémiques ;

- au niveau système nerveux et musculaire : instabilité psychique, irritabilité, tendance à la dépression, troubles de la concentration et de la mémorisation, insomnie, faiblesse musculaire, crampes, contractures ;
- sur le système immunitaire : baisse des performances défensives contre les bactéries, virus, parasites, allergies (facilitation de dégranulation des cellules histamino-libératrices), tendance à l'entretien ou l'aggravation de maladies inflammatoires ou auto-immunes chez les sujets génétiquement prédisposés.

2-5-2- La mélatonine (13)

C'est une hormone des rythmes circadiens.

Elle a des propriétés anti-radicalaires, anti-tumorales, inductrices du sommeil, et, à fortes doses, anti-épileptiques.

La baisse de mélatonine constatée dans de nombreuses études pourrait donc

entraîner une diminution de l'activité des systèmes de recyclage des radicaux libres avec pour conséquence une accélération du stress oxydatif, responsables des dommages observés au code génétique. Ils seraient également associés à plusieurs maladies dégénératives, dont celle d' Alzheimer. **vieillesse prématurée, accélération d'un processus tumoral déjà engagé,**

Des troubles du sommeil sont aussi possibles, entraînant à leur tour une cascade de fatigue, fatigabilité pouvant mener à la dépression.

Une baisse importante de mélatonine pourrait aussi mener à une augmentation des crises épileptiques chez les sujets malades ou prédisposés.

2 -5-3- L'Oxyde Nitrique_:

L'augmentation du NO exhalé laisse supposer une possible élévation sanguine et locale au niveau de l'organe le plus exposé au téléphone portable pendant la communication : le cerveau.

Or le NO est un messager ubiquitaire, comme le calcium. Ses propriétés sont vasodilatatrices, pro-radicalaires.

Une augmentation plasmatique ou localisée pourra être la source d'autres radicaux libres plus virulents entraînant des dégâts cellulaires, consommant la mélatonine périphérique et renforçant les effets de la baisse de la mélatonine, donc pro-tumoral, et accélérateur du vieillissement.

Localement, le NO peut être neurotoxique. Il est possible que la diminution de la neurogenèse dans l'hippocampe puisse lui être imputée.

2-5-4- La réponse immunitaire :

Le système immunitaire "paraît" affecté : augmentation du taux d'anticorps thymodépendants, augmentation de la réponse aux mitogènes, augmentation de l'activité cytotoxique NK, Baisse de la cytotoxicité des lymphocytes T (in vitro),.La dépression immunitaire chez les jeunes poulets exposés à des écrans doit faire réfléchir sur la possibilité d'infections chroniques ou récidivantes, bénignes comme le "rhume de cerveau", ou plus graves comme facteur aggravant de la fragilité des porteurs de VIH ou d'autres virus à évolution lente.

2-5-5- La neurogenèse :

La diminution de la neurogenèse des cellules de l'hippocampe pourrait être

à l'origine de troubles de mémoire, car cette structure est impliquée dans les mécanismes de mémorisation à court terme et d'apprentissage.

2-5-6- Les noyaux cellulaires :

La multiplication de micro-noyaux observée dans les cellules immunitaires (lymphocytes - macrophages) sont le signe d'un dysfonctionnement des cellules concernées aboutissant à leur mort et destruction ou à leur développement anarchique impliquant alors une augmentation des risques de cancer.

2-6 - L' INTERFERENCE QUANTIQUE MOLECULAIRE :

Elle peut causer des effets biologiques non-thermiques qui illustrent un fonctionnement semblable à la résonance.

L'interférence d'états quantiques d'ions avec des groupes de molécules explique beaucoup des paradoxes concernant les effets non thermiques des champs électromagnétiques.

Il a été suggéré (13) qu'un effet non linéaire, impliquant l'interférence d'états quantiques d'ions et de molécules liées avec des protéines, en particulier calcium et calmoduline, est une cible générale moléculaire, pour les champs électromagnétiques externes

Le mécanisme d'interférence ionique prédit plusieurs pics d'effets biologiques dans plusieurs cas : champs électromagnétiques à magnitude modulée, vide magnétique, champs électromagnétiques pulsés, champs E faibles, actions combinées de champs différents de bruit de fond magnétiques, micro ondes modulées(14)

2-7- ETUDES SUR LE CANCER : (15)

Le cancer occupe une place de premier rang dans le programme de recherches international et de l'OMS concernant les ondes électromagnétiques: On estime qu'en 2020, 15 millions de nouveaux cas de cancer se déclareront chaque année dans le monde. Il faut donc savoir si l'exposition aux champs électromagnétiques contribue de façon significative à l'incidence de la maladie

Il n'existe pas de méthode incontestable pour déterminer si une exposition particulière est cancérogène chez l'homme, mais les critères le plus souvent

utilisés sont : la cohérence des études épidémiologiques, l'existence d'un effet dose, l'amplitude de l'association, et la plausibilité biologique.

Il ne faut pas aussi oublier qu'un cancer peut mettre jusqu'à 20 ans pour se déclarer .

Quelques données scientifiques ont été enregistrées : Baisse de capacité des lymphocytes T à neutraliser les cellules cancéreuses (in vitro) ,Carcinogénèse ,Augmentation de la synthèse des protéines (par augmentation de l'activité ARN polymérase), surtout parmi les cellules transformées cancéreuses, Risque relatif des cancers du cerveau (gliomes, leucémies myéloïdes) .

- Un certain nombre d'études épidémiologiques établissent un lien ténu entre la téléphonie mobile et les tumeurs cérébrales. On ne pourra en tirer de conclusions définitives avant 2004 ou 2005.

2-8- LES EFFETS SUR LE CŒUR ET LE CERVEAU : ⁽¹⁶⁾

Le cerveau et le cœur, sont susceptibles d'entrer en résonance avec des fréquences et des intensités externes similaires aux leurs. Le champ Très Basse Fréquence d'un écran de visualisation est de 250 nanoTesla au poste de travail, c'est-à-dire de l'ordre d'un million de fois supérieur en intensité aux champs développés par ces organes.

Le cœur produit un champ électrique jusqu'à 50 mV/m et un champ magnétique de 100 000 femtoTesla pour des fréquences électriques de 1 à 2 Hz. Les risques d'incompatibilité électromagnétique des ondes avec les pacemakers- et autres implants médicaux - demeurent toujours un problème entier. D'où les restrictions formulées par l'Organisation Mondiale de la Santé(OMS), et reprises par l'Union européenne(UE) demandant aux personnes appareillées de ne pas s'exposer à des niveaux supérieurs au 1/10ème des recommandations classiques (17)

La puissance d'émission magnétique d'un cerveau humain est d'environ 150 femtoTesla pour des fréquences électriques de 0 à 31,5 Hz et un champ électrique de 5 mV/m. L'orage magnétique induit dans le cerveau par une crise d'épilepsie produit une induction de 1 000 femtoTesla pour des fréquences de 17-18 Hz.

Si la compréhension de la genèse de l'épilepsie nécessite encore des recherches, les raisons relatives au déclenchement des crises ou à la

favorisation de celles-ci sont beaucoup plus nettes et les Champs électromagnétiques, que ce soit en extrêmement basse fréquences comme celles de l'électricité ou en radiofréquences telles celles de la téléphonie mobile sont démontrées comme capables de déclencher des crises d'épilepsie(18)(19)

Les micro-ondes qui ont une densité de puissance comprises entre 0,1 et 0,3 watt par kilogramme augmentent la perméabilité de la barrière hémato-méningée, système biologique qui assure des échanges ioniques entre le tissu nerveux et la circulation sanguine cérébrale. Ce qui signifie que le cerveau serait à la merci de toute sorte de virus et de bactéries, comme cela a déjà été établi chez la souris pour le virus de l'encéphalite. La qualité des échanges (glucose, acides aminés, ions) au niveau du cerveau serait également modifiée, ce qui pourrait affecter le fonctionnement du système nerveux. (10).

2- 9- LES EFFETS SUR LES YEUX :(9)

2-9-1- Les atteintes de la cornée :

Les ulcérations de la cornée constatées peuvent conduire à des kératites ou kérato-conjonctivites, surtout si les mécanismes de réparation, qui sont sous la dépendance d'échanges d'information nerveuse et d'échanges ioniques, sont perturbés .(20)

2-9-2- L'effet sur le cristallin :

Il est particulièrement sensible du fait de son avascularisation et de son absorption préférentielle de ces ondes .Au-delà de 150 mW/cm apparaît une cataracte. Cependant, en cas d'expositions répétées inférieures au seuil, une cataracte peut survenir si la fréquence des agressions ne permet pas une réparation des lésions physico-chimiques entraînées par chaque exposition .

2-10- LES EFFETS SUR LES OREILLES:

C'est l'organe en contact direct avec le téléphone donc le plus exposé.

Au niveau de l'oreille externe, la vasodilatation peut être source d'échauffement et de rougeur, et pour l'oreille interne de vertiges ou déséquilibres par modifications des flux sanguins dans les organes de l'équilibration.

2-11– LES SYMPTOMES DE STRESS CHRONIQUE : (21)

Les symptômes de stress, étudiés dans le protocole du Pr. D.Clements-Cromme : « **Building Sickness Syndrome** » sont habituellement liés aux facteurs ergonomiques, environnementaux et de stress général au travail dans les grands bâtiments de bureaux. Dans les deux cas, il y a celui de type neuropsychique, celui de type fonctionnelle et celui de type inflammatoire :

fatigue, lassitude , céphalées, maux de tête ; défaut de concentration ; irritabilité, comportement tendu ; dépression, pessimisme ; perte de mémoire à court terme et/ou : douleurs raideurs de nuque ; douleurs épaules ; douleurs région lombaire ; douleurs mains poignets ou doigts ; difficultés respiratoires ; douleurs raideurs ou inconfort dans : bras et coudes et/ou : yeux secs, démangeant ou fatigués ; toux, éternuements ; nez bouché ou avec écoulement ; gorge sèche, assoiffé ; enrhumé, grippé ; gorge douloureuse ; rougeurs ou démangeaisons .

L'ensemble de ces symptômes est superposable à la liste de perturbations pouvant survenir à la suite des effets biologiques déclenchés par l'exposition aux champs électromagnétiques .En effet, induire un effet biologique dans un organisme vivant par son exposition à un champ électromagnétique, c'est obliger cet organisme, ou certaines de ses cellules, à compenser cet effet, à rétablir son équilibre antérieur par un effort d'adaptation, avec dépense d'énergie, ce qui constitue une contrainte imposée aux cellules de l'organisme, donc un stress d'origine électromagnétique.

2-12- EFFETS BENEFIQUES DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES SUR LA SANTE :

Outre les avantages qu'elles offrent dans la vie quotidienne par leurs nombreuses applications dans différents domaines d'application, les micro-ondes procurent aussi de multitudes avantages thérapeutiques dans ce contexte d'exposition .

On a rapporté qu'une exposition de courte durée par exemple , aussi peu que 20 minutes, peut déclencher un stress dans l'organisme qui peut-être bénéfique. Cette réaction peut produire des protéines de stress qui agissent(6)

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE ET RESULTATS

1- METHODOLOGIE :

1-1- METHODES :

Il s'agit d'une étude prospective évaluant les risques sanitaires liés à l'utilisation de téléphones mobiles et leurs antennes à Madagascar.

1-2- MATERIELS :

Nous avons collecté des données auprès de l' Institut National de la Statistique (INSTAT),des opérateurs téléphoniques mobiles à Madagascar et l' Organisme officiel chargé d' Etudes et de Régulations de Télécommunications à Madagascar(OMERT) de l'année 2003 et du premier bimestre 2004.

Ces données concernent :

-L'évolution du nombre des populations utilisant les téléphones mobiles à Madagascar et dans le Monde.

- Les téléphonies mobiles
- Les antennes des téléphones mobiles implantées à Antananarivo : lieux,

nombre, puissance et caractéristiques techniques.

Sont exclus de notre étude :

- les téléphones fixes, les téléphones satellitaires,
- les téléphones analogiques de première génération ,les réseaux UMTS (Universal MobileTelecommunications System, utilisant les fréquences autour de 2100 MHz ,actuellement au stade de planification),
- Les autres antennes de télécommunications telles que les antennes d'émission de télévision, de radiodiffusion,de l'internet, les antennes radars.

Pour l'évaluation, la notion de Débit d' Absorption Spécifique sera analysée plus particulièrement.

L'accès à certains dossiers ainsi que leur publication sont interdites pour la raison qu'il s'agit des informations commerciales classées confidentielles privées et stratégiques.

1-2-1- Notion de Débit d'Absorption Spécifique :

Le Débit d' Absorption Spécifique(DAS) ou Taux d'Absorption Spécifique(TAS) ou Specific Absorption Rate (SAR) représente la vitesse de transfert de l'énergie de l'onde dans la matière. En d'autres termes ,c'est la puissance absorbée. Le T.A.S. dépend de la densité de puissance, de la fréquence de l'onde incidente, de la taille et de la masse, de la nature de l'exposition, de la pilosité, de l'orientation du sujet, de la température et de l'humidité.

La constante diélectrique est le facteur qui précise la perte de l'énergie de l'onde dans la matière. Si elle est élevée, cela voudra dire qu'il y aura une forte perte d'énergie dans la matière ce qui se traduira par une faible pénétration de l'onde et un échauffement. Par contre si le coefficient diélectrique est faible, l'onde pénétrera plus profondément dans la matière parce que peu d'énergie sera absorbée par cette matière. Comme l'énergie absorbée est faible, l'échauffement sera faible. (22). Si par exemple, on prend de l'eau qui a un coefficient diélectrique élevé, l'onde perdra beaucoup

d'énergie en la traversant, ce qui se traduira par un échauffement et une faible pénétration (les muscles, les différents organes et la peau contiennent beaucoup d'eau), par contre si on prend une matière qui ne contient pas d'eau, (coefficient diélectrique faible, comme les os ou la graisse), les ondes vont la traverser en perdant un minimum d'énergie, ce qui veut dire que le crâne ne vous protège pas contre les hyperfréquences.

On peut soit mesurer le DAS, soit le calculer. Son unité est le W/kg ou en mW/g) = $60/F$ (en GHz) x L (en cm)/ M (en g)

1-2-2- Valeur limite d' immission :

Les valeurs limites d'immission sont souvent indiquées comme des valeurs de Taux d'absorption spécifique.

La puissance maximale d'émission est limitée par des valeurs limites d'immissions strictes non seulement pour les stations de télécommunications mobiles, mais aussi pour les portables

Cette valeur s'applique, selon les recommandations internationales usuelles de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) ,aux lieux dans lesquels des personnes séjournent pendant une courte durée. La somme des émissions de toutes les installations de télécommunications ne doit en aucun cas dépasser cette valeur.

1-2-3- Valeur Seuil du DAS :

Le seuil est à partir duquel les premiers effets sur la santé commencent à se manifester.

La valeur seuil du DAS comme on l' a conçue est basée sur l'effet thermique .

Cette valeur seuil connue est l'exposition nécessaire pour augmenter la température des tissus de l'organisme d'au moins 1°C. Le taux d'absorption spécifique doit atteindre au moins 4 W/kg pour avoir des effets nocifs sur la santé des personnes exposées à des champs radiofréquences dont la fréquence se situe dans ces limites(23)

1-3- LE TELEPHONE GLOBAL SYSTEM MOBILE (GSM) :

Nom : Téléphone mobile ou Mobilophonie ou Téléphone cellulaire ou Poste cellulaire ou Mobiles ou Portables.

Le principe de la téléphonie mobile repose dans un premier temps sur la transformation, par le téléphone, de la voix en champs radiofréquences qui se propagent, par l'intermédiaire du téléphone, jusqu'à une antenne relais (station de base)(Figures de l'annexe 1)

Pour notre étude, on se basera sur l'évolution du nombre annuel d'utilisateurs de mobile à Madagascar et dans le monde, les caractéristiques techniques de différents téléphones mobiles(24)

1- 4- LES ANTENNES RELAIS :

Nom : Antennes- Relais ou Stations de Base ou Stations-relais

Physiquement, elles sont constituées d'une antenne et de matériel radio contenant le dispositif électronique.

Le rôle des antennes est de transformer le signal électromagnétique en signal électrique. Lorsqu'elle reçoit un appel, l'antenne transforme les ondes électromagnétiques qui transitent dans l'air en un signal électrique qui, lui circule dans des câbles sous forme de données numériques. Le phénomène a lieu dans le sens inverse lorsqu'elle émet le signal. Chaque antenne couvre une portion de territoire constituant une « cellule » d'où le nom de téléphonie cellulaire.

Les stations de base sont donc des émetteurs-récepteurs dont le rôle dans les communications mobiles est indispensable, puisqu'ils servent à acheminer les appels du réseau auquel elles sont connectées dans les deux sens, c'est-à-dire en provenance et à destination des téléphones mobiles situées dans leur zone de couverture. (24)

La puissance d'une antenne est la Puissance à haute fréquence , également considérée comme la puissance apparente rayonnée lorsqu'elle tient compte des caractéristiques de l'antenne. Elle s'exprime en watts (kilowatts, mégawatts).

Pour notre étude , on se basera sur :

Les lieux d'implantations à Antananarivo, leur nombre et leur puissance maximale et

Les caractéristiques techniques d'une antenne GSM.

2- RESULTATS :

2- 1- QUELQUES VALEURS RELEVÉES DE CHAMPS :

Il est possible expérimentalement de mesurer les champs électriques et les champs magnétiques des téléphones portables et de leurs antennes relais. Les valeurs ainsi obtenues diminuent en fonction de la distance comme le montre le tableau suivant.

| Emissions GSM à 900 MHz | Champs électriques | Champs magnétiques |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| À 1 cm d'une antenne de téléphone mobile A proximité de l'antenne du mobile | 90 V/m | 0,3 microT |
| A 1 m d'une antenne de station de base A plus de 5 m d'une antenne de station de base A proximité d'une station de base | 50 V/m De 0,01 à quelques V/m | Jusqu'à 0,03 microT |

Tableau n°2 : Valeurs expérimentales des champs électromagnétiques selon la distance

2 -2- Le DAS DE QUELQUES ORGANES:

En milliWatt

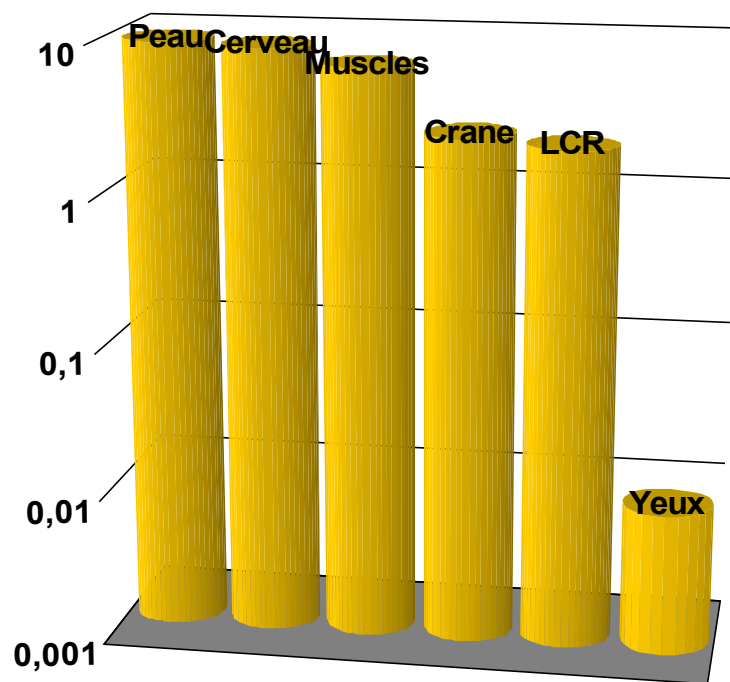


Figure n°3 : Valeur moyenne de la puissance absorbée par les tissus avec les radiotéléphones

%

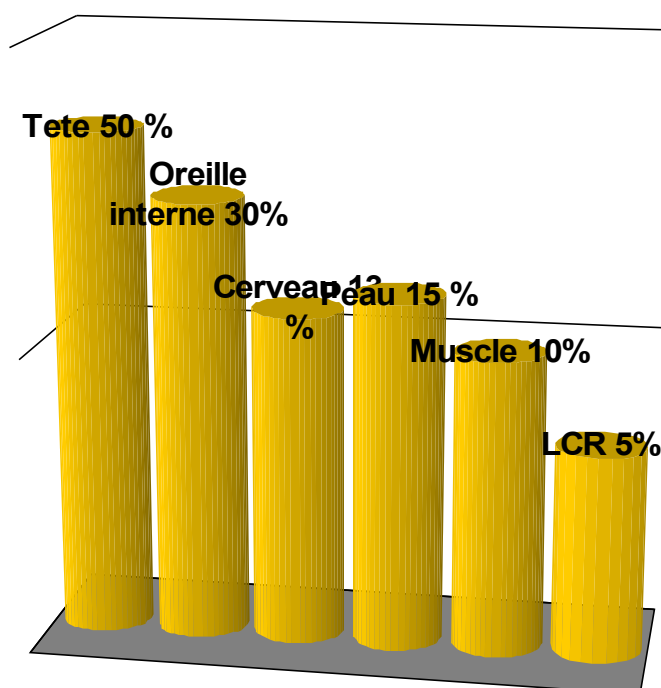


Figure n°4: Absorption de la puissance par quelques organes

2-3- ABSORPTION DE PUISSANCE DES ORGANES :Figure n°4

L'analyse dosimétrique d'un radiotéléphone opérant à 900 Mhz et avec une puissance crête de 2 Watts indique un DAS de 1,1 Watt /kilogramme.

La tête absorbe environ 50 % de la puissance émise par le radiotéléphone, l'oreille interne 30 %, le cerveau 13 %, la peau 15 %, le muscle 10 %, le liquide céphalo-rachidien 5 % .

Pour la tête ,l'absorption est principalement localisée dans la zone proche de l'oreille interne : 30 % de l'énergie est absorbée dans cette zone. La peau sur cette région absorbe 70 % de la puissance absorbée par l'ensemble de la peau

Les calculs se basent sur les caractéristiques électromagnétiques des tissus c'est-à-dire la permittivité et la conductivité . Cela permet l'étude de la distribution de l'énergie dans les principaux tissus.

2- 4- LE TELEPHONE MOBILE :

A Madagascar, le téléphone mobile est mis sur le marché depuis 1996 .

On compte actuellement 3 opérateurs dans ce domaine dont 2 du système GSM à 900 MHz.(25)

Une dizaine de villes sont actuellement couvertes par le réseau : ce sont les principales villes à intérêts économiques et /ou touristiques .

Presque 75 % des abonnés se trouvent à Antananarivo (Fin Décembre 2003).

2- 4- 1- Nombres d'utilisateurs : (26)

a) Dans le Monde :

En 2000 : 350 millions d'abonnés contre 50 millions en 1993, 34% d'abonnés en France ; 34,5 % aux USA et 24% au Japon.

Tableau n°3 Figure n°6

b) A Madagascar :

En 2002, 45 921 sont abonnés au service fixe tandis que 163 010 au service mobile (Tableau n°4). La proportion des utilisateurs de téléphones mobiles dépasse celle des fixes depuis l'année 2000 .

En 2003, le nombre d'abonnés correspond à 279 357.

Tableau n°5 Figure n°5

| Année | 1993 | 2000 | 2005 |
|--|------|------|------|
| Nombre d'utilisateurs ou abonnés (en millions) | 50 | 310 | 1600 |

Tableau n°3 : nombre d'utilisateurs de mobiles dans le monde (26)

| Année | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Nombre d'utilisateurs Ou abonnés | 12 431 | 35 752 | 63 090 | 147 500 | 163 010 | 279 357 |

Tableau n°4: nombre d' utilisateurs de portables à Madagascar (26)

| OPERATEURS | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Service Fixe | 44 471 | ---- | 52 124 | 48 166 | 45 921 |
| Service Mobile | 12 431 | 35 752 | 63 090 | 147 500 | 163 010 |

Figure n°5 :nombre d'utilisateurs des Service fixe et Service mobile de téléphonies à Madagascar

Nombre d'abonnés

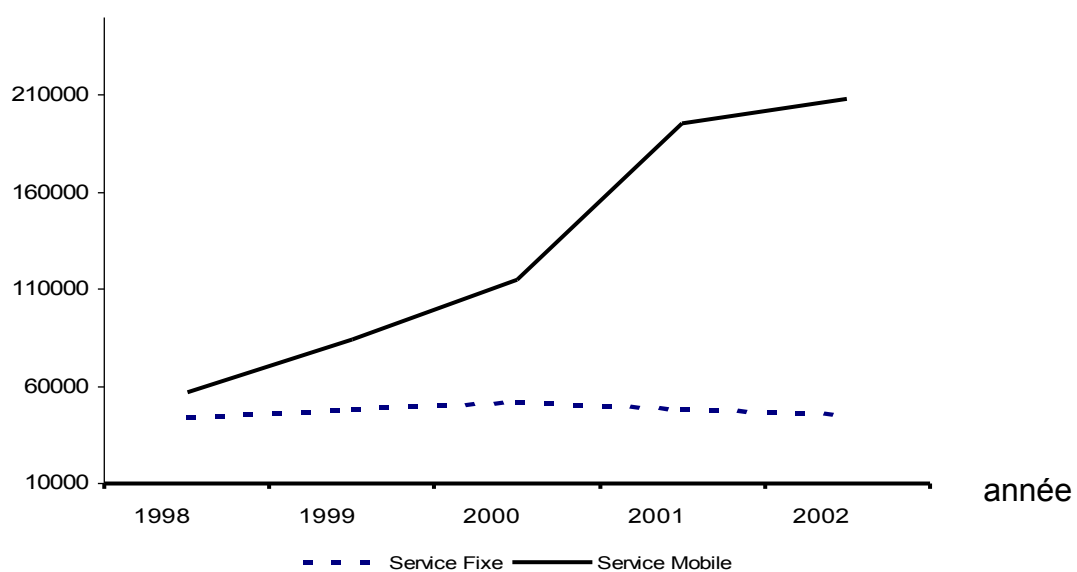


Figure n°5 :nombre d'abonnés Service fixe et Service mobile(26)

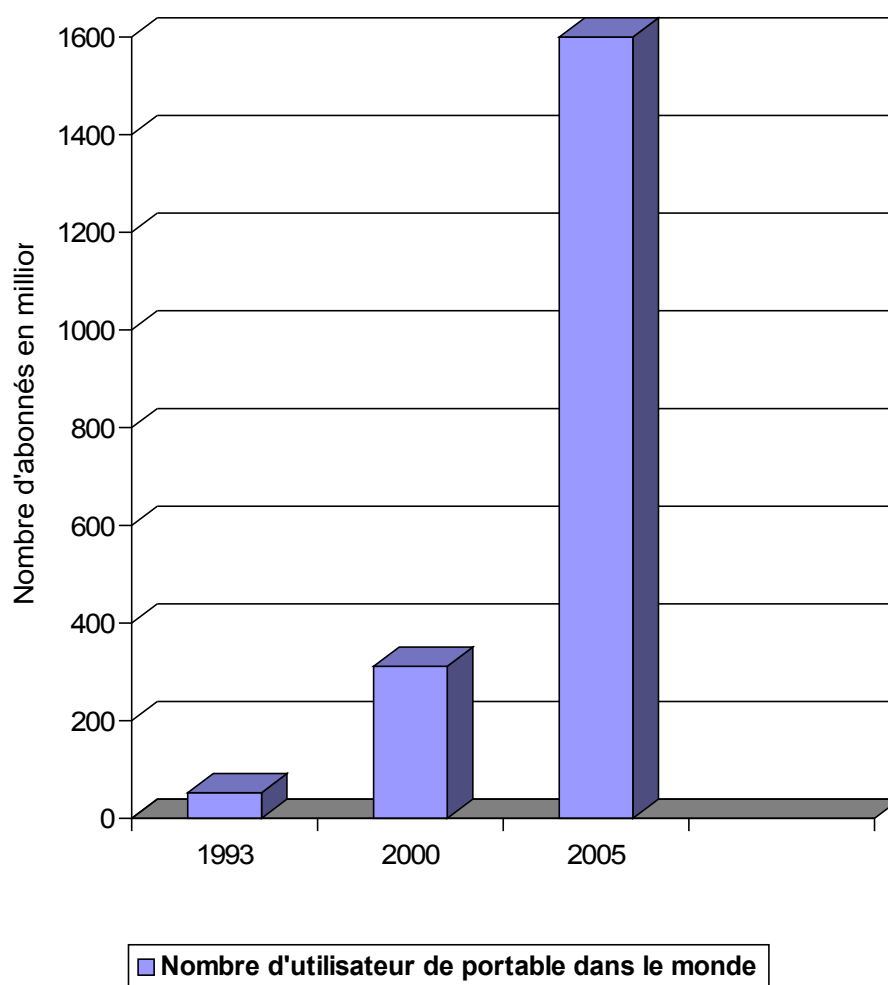


Figure n° 6 : nombre d' utilisateurs de portables dans le Monde(26)

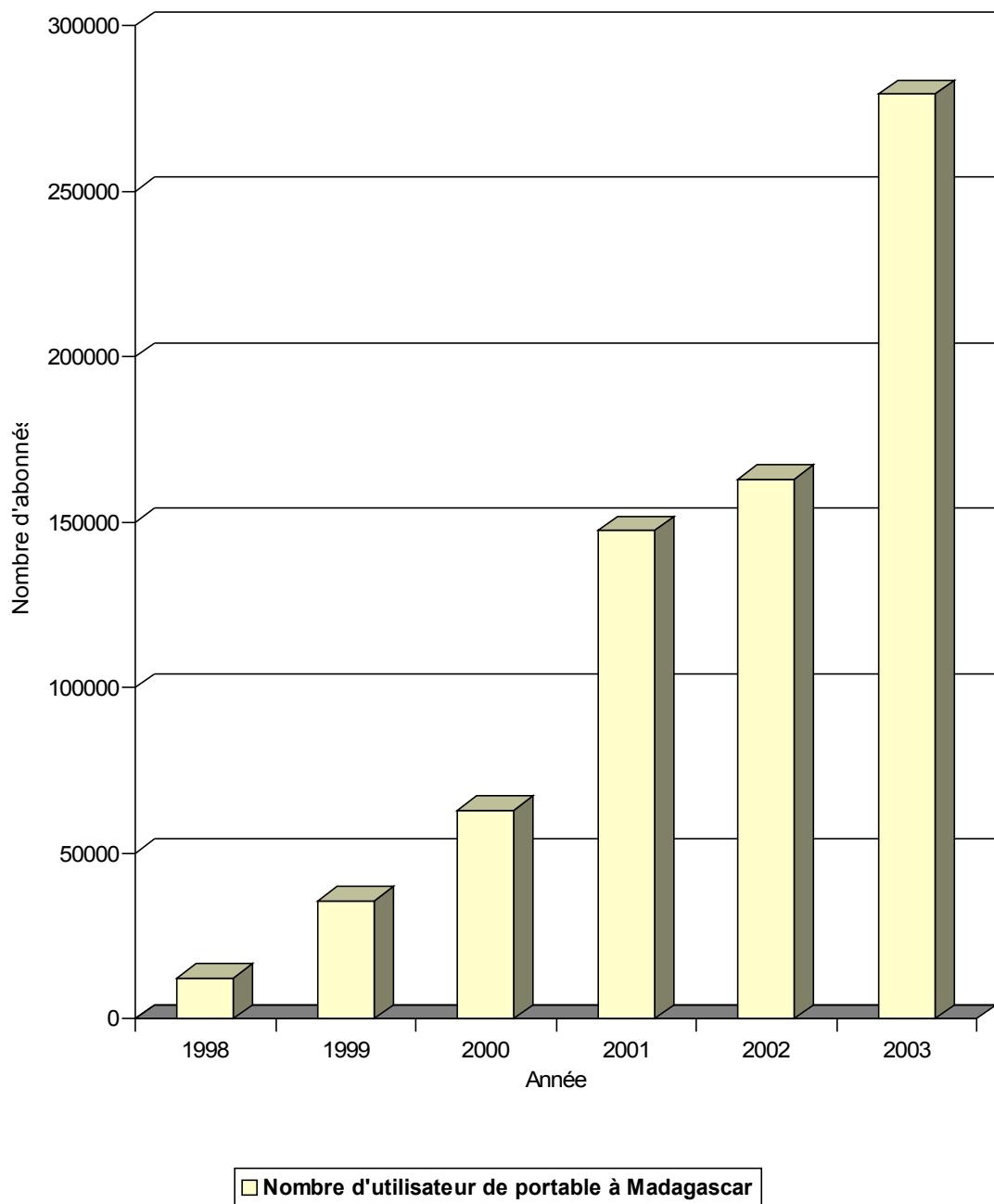


Figure n°7 : nombre d'utilisateurs de portables à Madagascar(25)

2- 4-2- Caractéristiques techniques :

Types d'appareil : analogique et numérique, doté de fonctions toujours plus nombreuses.

Il existe plusieurs marques commerciales et plusieurs options d'utilisations et de confort .

La plupart des terminaux GSM du marché sont bi-bande :900 et 1800 MHz.

Fréquences et systèmes utilisés à Madagascar : AMPS pour un opérateur et GSM 900 MHz pour les deux autres (système fonctionnel depuis 1993, d'invention franco-allemande) : respectivement 824 – 849 MHz et 869 - 894MHz , 898,2 - 906,4 MHz et 943,2 - 951,4 MHz , 906,4-914,4 MHz et 951,4 - 959,4 MHz.(23)

A l'intérieur de ces gammes, les antennes relais attribuent à chaque utilisateur une bande plus étroite de 0,2 MHz pour chaque communication (découpage fréquentiel). Cette bande est aléatoire et peut notamment être amenée à changer lorsque l'utilisateur se déplace ; sa communication est alors relayée d'une cellule à une autre. A l'intérieur de chaque bande utilisée de 0,2 MHz, il existe aussi un découpage temporel. Pour partager une bande de fréquence allouée entre plusieurs utilisateurs, de nombreuses techniques existent et notamment l'accès multiple par répartition temporelle. Cette technique telle qu'elle est utilisée dans le standard GSM permet à huit utilisateurs d'opérer sur une même bande de fréquence en la partageant dans le temps.

L'énergie radiofréquence est maximale lors des communications ,mis à part les signaux sporadiques utilisés pour garder le contact avec les stations de base les plus proches : position « stand-by ».Un appareil en position "stand-by" émet donc effectivement des micro-ondes, mais en moyenne à une puissance nettement inférieure à celle de la communication parlée. Si on coupe l'appareil, il n'émettra évidemment plus aucun signal.

La technologie GSM émet également des Très basses fréquences aux alentours de 210 –217 Hz(donc dans le domaine des ELF).C'est la fréquence de répétition des impulsions .Elle fonctionne donc selon le mode pulsé.

2-5- LES ANTENNES-RELAIS :

2-5-1- Lieux d'implantations , nombre d'antennes GSM et leur puissance maximale à Antananarivo :

Tableau n°6 : (25)

2-5-2- Types d'implantation :

On les installe sur le toit et façades des bâtiments, des pylônes , des châteaux d'eau à des hauteurs allant de 15 à 50 m au-dessus du sol.

2-5-3- Types d' antennes-relais :

Les antennes proprement dite mesurent classiquement 20 à 30 centimètres de diamètre, un mètre de longueur

Ces antennes sont de différents types (antennes perches, panneaux...) selon la couverture voulue dans la cellule, selon le territoire couvert et la densité des communications transmises .

Elles sont reliées par des câbles de liaison au matériel radio composé, entre autres, d'émetteurs-récepteurs, et contenues dans une « armoire » placée à proximité de l'antenne.

Les plus petites, c'est-à-dire les stations picocellulaires sont installées à l'intérieur de bâtiments comme des bureaux. Elles sont généralement placées sur les plafonds et les murs. Leur rayon d'action (leur portée) est inférieur à 100.m.

Les stations microcellulaires ont une puissance un peu plus élevée et sont utilisées pour couvrir des zones peu étendues mais où la densité des utilisateurs est forte . Elles sont installées sur les façades et leur rayon d'action est inférieur à 1 000.m.

| Lieu | Nombre | Puissance(Watts) |
|------------------|-----------|------------------|
| Ambohimitsimbina | 2 | 35 |
| Soarano | 1 | 35 |
| Analakely | 4 (3+1) | 35 / 50 |
| Ivandry | 2 | 35 / 50 |
| Tanjombato | 1 | 35 |
| Ampefiloha | 1 | 35 |
| Ambatoroka | 1 | 35 |
| Ampandrana | 1 | 35 |
| Isoraka | 1 | 35 |
| Soanierana | 1 | 35 |
| Ankoraotra | 1 | 35 |
| Ambatonakanga | 1 | 35 |
| Andravoahangy | 2 | 35 / 50 |
| Anosy | 1 | 35 |
| Tsimbazaza | 1 | 35 |
| Andraisora | 1 | 35 |
| Ambatolampikely | 1 | 35 |
| Ambohitrarahaba | 2 | 35 / 50 |
| Ambatobe | 2 | 35 / 50 |
| Isotry | 1 | 35 |
| Ambohimanarina | 2 | 35 / 50 |
| Antanimena | 1 | 35 |
| 67 ha Nord | 2 | 35 / 50 |
| Andraharo | 1 | 35 |
| Ambohimahitsy | 1 | 35 |
| Tsaralalana | 2 | 35 / 50 |
| Manjakaray | 1 | 35 |
| Ambatomitsangana | 1 | 10 |
| Ankatso | 1 | 50 |
| Androhibe | 1 | 50 |
| Fort Duschène | 1 | 50 |
| Ivato | 2 | 35 / 50 |
| Itaosy | 3 (2+1) | 35 / 50 |
| Andoharanofotsy | 2 | 35 / 50 |
| Ambohidratrimo | 3 | 35 |

| | | |
|-------------|---|--|
| Ankazomanga | 1 | |
|-------------|---|--|

Tableau n° 6: Lieux d'implantation , nombre d'antennes GSM et leur puissance maximale à Antananarivo(25)

Les plus courantes sont les stations macrocellulaires :physiquement, elles sont constituées d'une antenne et de matériel radio contenant le dispositif électronique. Les rayons d'action dépendent de leur situation géographique. Les stations les plus courantes peuvent émettre à une puissance maximum de 20 à 30 watts par bande de fréquence GSM (900 MHz ou 1800 MHz). En milieu rural, la puissance est élevée, pour couvrir des zones étendues :10-30 km sur un nombre limité de fréquences utilisatrices, alors qu'en ville, la puissance est

répartie sur de nombreuses bandes de fréquences utilisatrices dans un périmètre limité (500 m).

2-5-4- Champ dans le faisceau d'une antenne :

En pratique, l'essentiel du rayonnement est concentré dans un angle généralement compris entre 6 et 10°(Figure n°8).

Dans le plan horizontal, et dans le cas des antennes directives (qui sont les plus courantes), le faisceau couvre un angle de 120 à 180°, selon le type.

Ce faisceau peut être délimité par la courbe d'égale intensité correspondant à la limite de champ imposée; cette courbe, peut être calculée à partir de formules théoriques et du diagramme de rayonnement de l'antenne.

Les antennes émettent et captent donc, en même temps ,des faisceaux radiofréquences dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

Les rayons d'action dépendent de leur situation géographique. Les stations macrocellulaires les plus courantes peuvent émettre à une puissance maximum de 20 à 30 watts . En milieu rural, la puissance est élevée, pour couvrir des zones étendues :10-30 km sur un nombre limité de fréquences utilisatrices, alors qu'en ville, la puissance est répartie sur de nombreuses bandes de fréquences utilisatrices dans un périmètre limité 500 m.

Tous les matériaux métalliques ayant une longueur proche de la longueur d'onde ou d'un multiple de celle-ci qui se trouvent en direction des ondes ou tout près (ferrailles du toit par exemple) vont devenir des ré- émetteurs passifs .

Des effets de résonance pourrait aussi être engendrés par les « fers à béton » du mur du bâtiment.

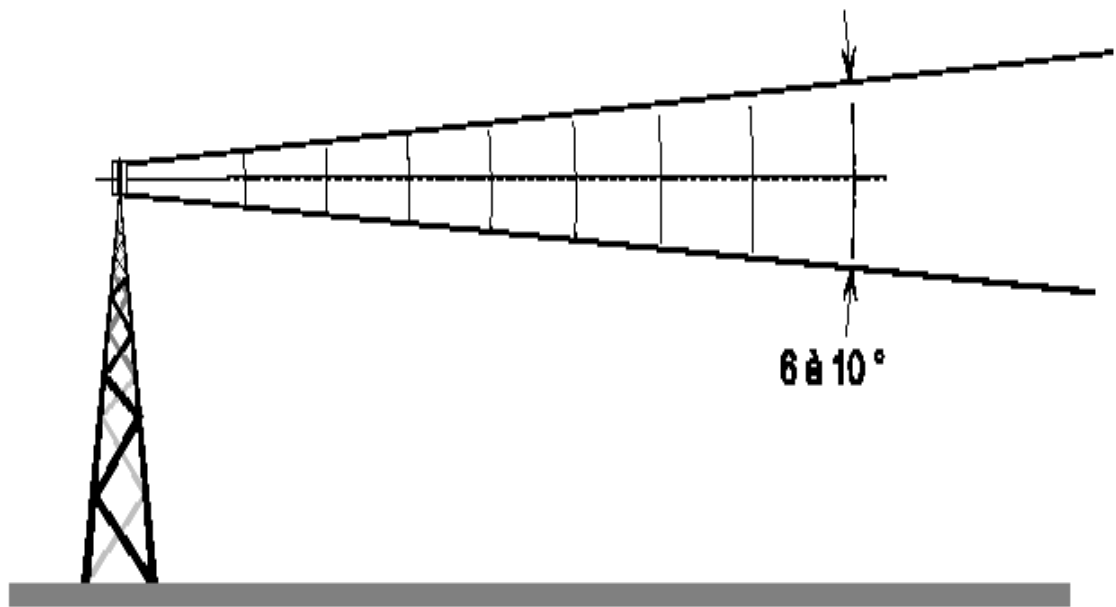


Figure n° 9 : Coupe verticale du Champ dans le faisceau d'une antenne GSM

TROISIEME PARTIE : COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS, PROPOSITIONS

3- COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS :

3-1- LE DEBIT D' ABSORPTION SPECIFIQUE :

La mesure du DAS, dans la plupart du temps, s'applique soit à des cadavres d'animaux, soit à des équivalents synthétiques de tissus ou d'organes « fantômes » dont les propriétés physiques et chimiques sont assimilées à celles de tissus vivants. Le DAS ne pouvant se mesurer dans un cerveau humain en activité : la sonde s'immerge dans un récipient contenant un liquide censé simuler les propriétés électriques des tissus biologiques.

En fait, un fantôme n'est que la réplique synthétique du volume d'une tête humaine remplie d'un liquide salin correspondant au sérum physiologique.

Il y a d'autres méthodes de mesure par l'imagerie médicale et les méthodes numériques de calcul électromagnétique permettant l'estimation des champs, électrique et magnétique, dans les tissus ; mais cette approche numérique se heurte à la difficulté de modéliser des systèmes aussi complexes que les radiotéléphones.

L'approche expérimentale, qui repose sur l'utilisation de téléphones commercialisés, ne rencontre pas ce type de problème, mais elle est limitée par les difficultés liées à la mesure dans les tissus.

En conséquence le DAS n'est que la signature physique de la composante électrique des micro-ondes et à cet égard, n'a aucune signification biologique, dès lors que sa mesure n'est pas contemporaine de l'observation d'un effet biologique sur le vivant. C'est une simple indication de la quantité d'énergie déposée dans les tissus.

Le DAS ne concerne que les effets dits "thermiques".

Il ne concerne en rien les effets "athermiques" liés aux rayonnements basses fréquences. En effet, le portable fonctionne avec des hyperfréquences pulsées en extrêmement basses fréquences, lesquelles seraient responsables d'effets nocifs à terme pour la santé.

La détermination de la valeur seuil pour les effets non thermiques est difficile. Aussi, comme l'expérimentation sur des sujets humains est exclue, les recommandations reposent essentiellement sur l'expérimentation animale. Les modifications comportementales subtiles observées à faible exposition chez les animaux annoncent souvent des anomalies plus graves lorsque l'exposition augmente(27)

Les troubles du comportement sont donc 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 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. La valeur limite recommandée n'est pas égale au seuil d'apparition des effets comportementaux.

3-2- LE TELEPHONE PORTABLE :

Le nombre d'abonnés augmente de jour en jour. Le marché est en pleine expansion. On estime à ce rythme que ce nombre sera doublé de 2003 à 2004 à Madagascar. Dans de nombreux pays, la moitié de la population s'en sert déjà. La publicité, son utilisation pratique ainsi que la gratuité des kits de connexion explique ce phénomène. Le téléphone cellulaire devient un mode de vie.

3- 2- 1- Absence d'information :

Dans les informations données par les sociétés qui fabriquent ces appareils, il paraît qu'aucune étude sérieuse n'avait été effectuée sur les effets (ou conséquences) néfastes des hyperfréquences employées et de leur incidence sur la santé de l'utilisateur et des personnes exposées. Mais par exemple, avant de mettre un médicament, un pesticide ou un colorant sur le marché, des études sont effectuées afin d'être sûr que le produit ne représente un danger pour la population. Ces fabricants émettent même des messages rassurants, semant ainsi inquiétudes et doutes pour tout le monde et **continuent à déclarer que leurs produits sont sans danger, sur la seule base que le**

rayonnement de leurs produits n'est pas suffisamment intense pour provoquer le réchauffement des tissus biologiques (effets thermiques)(28)

Les scientifiques sont parfois divisés sur la question, d'une part par la non-maîtrise de la discipline puisqu'il s'agit d'un domaine multidisciplinaire et d'autre part par les lobbies industriels qui financent eux-mêmes les études rendant ainsi ces résultats peu crédibles .

Il est évident que ces sociétés n'avaient aucun intérêt à faire état des études ayant déjà abouties dont la littérature existante à l'époque donnait déjà les résultats préoccupants mettant en cause la nocivité des hyperfréquences.

3-2-2- Nombre d'utilisateurs :

Il y a eu un accroissement rapide d'utilisation ces derniers temps. La croissance annuelle a atteint les 85,58 % en l'espace d'une année : de 2002 à 2003. Malgré cela, 1,75 % des malagasy a un téléphone mobile.

En France, en vingt ans ,50 % de la population en utilisent déjà.

Dans le monde de 2000 en 2005, le nombre d'utilisateurs serait multiplié par quatre à ce rythme.

Ces chiffres témoignent de l'engouement pour cette technologie. Cela est renforcé par les nouvelles et nombreuses applications offertes par les téléphones portables qui ne se limitent plus simplement dans le domaine de transmission des voix mais s'étendent vers la transmission de données, des images.

Ceci explique en partie cette augmentation.

3-2-3- Notion de durée d'utilisations :

D'une part pour les téléphones mobiles, la durée et le nombre des appels entrants et sortants compte beaucoup pour évaluer les risques, quand on connaît la généralisation des portables actuellement.

Certaines catégories professionnelles sont particulièrement touchées :il s'agit surtout des personnes travaillant dans le secteur, les grands utilisateurs de téléphones dans leur travail .Elles deviendraient automatiquement et involontairement les meilleurs témoins pour l'identification des effets des ondes électromagnétiques sur la santé.

D'autre part pour les stations de base, la durée de l'exposition est permanente au voisinage, involontaire aussi. Les risques ici concernent tout le monde.

Pratiquement, on ne pourrait pas surtout pour les téléphones portables de définir exactement la durée d'utilisations en fonction d'une période à laquelle un risque ou un effet apparaîtra. De même pour les antennes-relais l'exposition dite permanente ne permet aucunement de relier les effets en fonction de la durée.

Il est possible par contre de connaître le volume du trafic des communications des appels pendant une période donnée sauf que ce volume représente tous les types d'appel confondus (25)

La notion de durée d'utilisation et d'exposition est donc à la fois une grandeur difficile à définir et qu'il ne faut pas en même temps négliger pour déterminer et évaluer les risques sanitaires liés aux ondes électromagnétiques en général.

Elle trouve son intérêt et sa place dans les laboratoires d'expérimentation. Le Débit d' Absorption Spécifique tient compte parfois de la durée d'exposition longue quand il y en a mais d'une façon vague et imprécise(22)(23).

3-2-4- Caractéristiques techniques :

La téléphonie mobile est une technologie relativement récente. Cette technologie est sensiblement la même que les micro-ondes. C'est un micro-onde sur l'oreille. Dans notre système GSM 900, la fréquence porteuse est dans la gamme des 900 MHz : de 824 à 959,4 MHz pour les trois opérateurs à Madagascar, c'est-à-dire dans la même gamme de radiofréquences comme les radiodiffusions, les télévisions, les micro-ondes, les radars.

A cette bande, il y a, non des effets thermiques mais des effets non thermiques.

Le portable dégage une puissance de crête de 2 Watts à cette fréquence, qui produit, à une distance de 2 m, un champ de 3 V/m. La puissance courante est le 1/8 éme de la puissance de crête sachant que huit utilisateurs au maximum peuvent se partager la connexion en même temps dans une cellule.

La Densité de puissance serait de 1000 à 2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ au niveau de l'oreille. Le corps réagit à une puissance de 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Sur une tête de 3 kg, le DAS correspondant est en moyenne de l'ordre de 30 mW/kg à 900 MHz. Cependant, comme la puissance absorbée décroît exponentiellement en fonction de la profondeur, le DAS local est d'autant plus important qu'il est calculé sur un petit volume : pour 10g, il est de 0,4 à 1 W/kg. Les enfants sont particulièrement touchés si on considère cette situation. Les risques semblent d'autant plus élevés que la taille des enfants se rapprochent de la longueur d'onde.

Ils sont mis directement en contact avec l'oreille de l'utilisateur et les antennes émettent un halo d'hyperfréquences en fonction du nombre de cellules. Les champs radiofréquences pénètrent dans les tissus exposés à une profondeur jusqu'à un centimètre aux fréquences utilisées par les téléphones mobiles.

Surtout les téléphones numériques utilisés actuellement représentent un grand risque pour la santé, par les ondes pulsées mises en jeu qui agiraient comme « une mitrailleuse » sur les cellules du cerveau. Les téléphones analogiques d'autrefois émettent des signaux continus qui semblent moins agressifs pour les cellules humaines.

Le téléphone " mains libres " utilisé dans les voitures aura une puissance de 8 watts. Il utilise ses puissances maximales en fonction de la vitesse de déplacement et l'armature métallique réfléchit les ondes, formant de nombreuses ondes secondaires.

A ces conditions, le fait de téléphoner dans une voiture est plus que dangereux qu'ailleurs pour ne parler que des risques sanitaires.

3-2-5- Les effets des ELF des Portables (29)(30)

L' intensité des ELF émises par le dispositif portable (tenu contre l'oreille) peut atteindre une puissance de 10 à 25 fois plus élevée (1,8 μ T à 5,2 μ T) que celle des normes qui concernent les ELF des écrans d'ordinateurs (0,2 μ T à 50 cm) .

Ces ondes secondaires seraient en partie liées à la présence de la batterie à l'intérieur du boîtier.

L'effet pratique que les champs ELF peuvent avoir sur les tissus vivants est l'induction de champs et de courants électriques au sein de ces tissus qui seraient responsables d'effets nocifs à terme pour la santé.

C'est un ensemble d'effets non –thermiques.

Les hyperfréquences pulsées en extrêmement basses fréquences(217 Hz) correspondent strictement aux ondes alpha du cerveau. Pour ces ELF, il y a justement modification physiologique des processus calcium.

En outre, ces champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences modifieraient d'abord des événements de transduction de signaux de membrane cellulaire précurseurs, et ainsi influenceraient les fonctions à l'intérieur de la cellule via une cascade de transductions de signaux est actuellement l'hypothèse de loin la plus plausible dans la compréhension des effets des champs à extrêmement basses fréquences sur les cellules.

L'aboutissement d'une mitogénèse stimulée par l'action des champs à extrêmement basses fréquences, stade final du processus de transduction de signaux, est une augmentation réellement hors normes de la probabilité de mutations génétiques. Le résultat final est le cancer, selon le modèle épigénétique d'Ames de la cancérogenèse. (Figure n°9)

Les champs électriques affectent la sécrétion des glandes endocrines, la réponse à la stimulation hormonale, les échanges d' ions calcium du cerveau, l' immunoréactivité des lymphocytes, l'excitabilité électrique du tissu neuronal et le taux de croissance des tissus.

Selon aussi des études épidémiologiques récentes ,il laisse à penser que l'exposition aux champs électromagnétiques à basse fréquence émis par les portables serait liée à une augmentation de l'incidence de maladies du système nerveux central comme la maladie d' Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique .

Les ondes extrêmement basses fréquences des téléphones portables et de ses stations de base ne pouvant être supprimées .La diminution d'intensité, les

techniques de filtrage des autres gammes de fréquence ne pourraient constituer une solution totalement efficace pour la protection effective des organismes vivants._

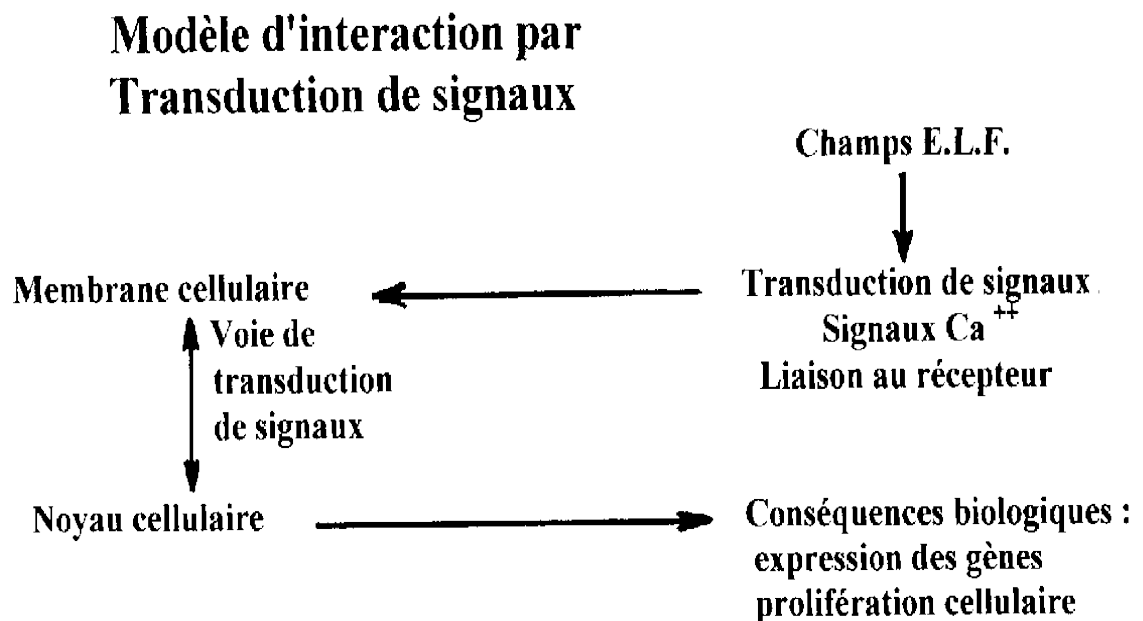


Figure n°9 : Séquence des événements moléculaires déclenchés par l'interaction des champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences (E.L.F.) avec la membrane cellulaire. (32)

3- 3- LES ANTENNES RELAIS :

3-3-1- Lieux d'implantations :

Ces antennes relais sont installées sans procédure administrative. Les opérateurs ont le champ libre pour négocier avec le propriétaire d'un champ

,d'un balcon ou d'un immeuble, avec le maire d'une commune. Ils se livrent à une concurrence acharnée, surenchérisent les offres tout en minimisant, quand elles ne les taisent pas, les risques inhérents aux installations.

Il se trouve que la distance entre les antennes sont de plus en plus rapprochées et trop proche des zones d'habitation .

Dans les quartiers bas et plats, la plupart des antennes sont implantées sur les bâtiments tandis qu'elles sont sur les pylônes pour les zones d'altitude.

Il y a effectivement une exposition involontaire de certains groupes au sein de la population à des émissions d'antennes et de stations 24 heures par jour et 7 jours par semaine si celles-ci ont été installées sans aucun égard à proximité d'habitations, d'écoles et d'hôpitaux. L'environnement dans lequel vivent ces personnes est pollué en permanence sans possibilité d'éviter les émissions. Ils sont réellement les sujets involontaires d'une expérience de masse.

D'autre part, le grand public est formé d'individus de tous âges et d'états de santé divers et que bien souvent, ces personnes n'ont pas conscience d'être exposées à des champs électromagnétiques. On ne peut pas non plus demander à tout le monde de prendre des précautions pour éviter de s'exposer ou pour s'exposer le moins possible.

3-3-2- Nombre d'antennes :

Le nombre est déjà important et promis à une croissance préoccupante. On en compte 52 au total à Antananarivo(30.000 en France). C'est la zone où il y a une plus forte concentration à Madagascar .

Pour les autres villes, vu le nombre moins important des utilisateurs et l'implantation des antennes encore possible loin des zones à forte densité de populations ,le risque pour ces populations en général reste pour le moment moins significatif.

3-3-3- Puissance rayonnée des antennes :

L' intensité peut aller jusqu'à 25 fois supérieure à celle des portables (50 watts au maximum) selon la taille de la région ou « cellule » qu'elles desservent.

Cette puissance rayonnée dépend du nombre de conversations en cours dans la cellule; ce nombre est relativement faible pendant les périodes creuses et est presque nul pendant la nuit. Par conséquent, l'exposition moyenne sur une durée de 24 heures sera forcément inférieure.

Un émetteur type a une puissance de 10 W à 20 W en moyenne,

La dispersion des hyperfréquences émises par les antennes, dans l'espace et sous l'horizontale, crée autour des antennes relais des zones plus ou moins "riches" en champs électromagnétiques. Figure colorée sur les ondes

Leurs radiations micro-ondes sont modulées en ELF comme pour les téléphones cellulaires. Cela veut dire que les risques sont les mêmes sur ce point et en plus continus.

Notons que ces ELF ne peuvent pas être supprimées techniquement.

a)- La puissance en fonction de la distance :Figure n°10(24)

La puissance du champ radiofréquence (et donc l'exposition d'un utilisateur) diminue rapidement avec la distance. A cause de cette faible ouverture du faisceau dans le plan vertical(6 – 10 degrés), l'intensité au sol du champ radiofréquence est faible immédiatement en-dessous de la station. Elle augmente ensuite légèrement en s'éloignant un peu puis diminue à de plus grandes distances.

Le public ne devrait jamais avoir accès à la zone située tout près d'une antenne

Propagation des ondes des stations de base des télécommunications mobiles

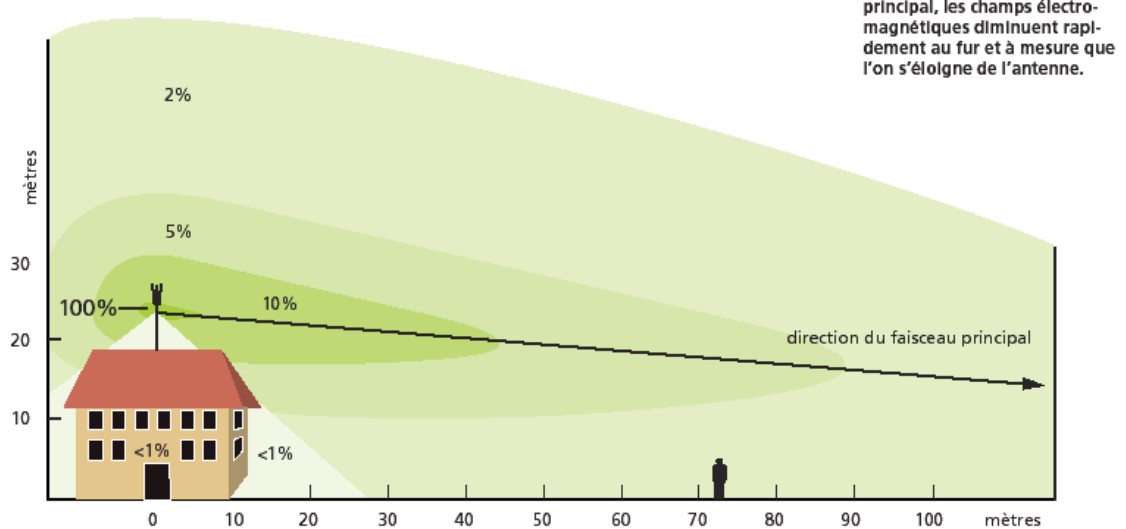


Figure n°10 : Propagation des ondes des stations de base des télécommunications mobiles (24)

Applications pratiques :

*) Pour une antenne macrocellulaire 900 MHz ayant une ouverture verticale de 8° et une ouverture horizontale de 90° , le périmètre de sécurité correspondant par exemple à 41 V/m est de 2 m en face de l'antenne, 20 cm derrière l'antenne ainsi que au-dessus et au-dessous, et 1 m sur les côtés de l'antenne.

*) Pour les sites microcellulaires en façade, le périmètre correspondant à la valeur de 41 V/m est de 10 cm autour de l'antenne ainsi que au-dessus et au-dessous. La valeur de champs est de 3 V/m à une distance de 1 m derrière l'antenne, 10 V/m à 1 m sur les côtés de l'antenne, et 1,5 V/m à 15 m en face de l'antenne.

*) Pour les sites picocellulaires, le périmètre de sécurité défini dans les mêmes conditions est de 10 cm autour de l'antenne et de 5 cm au-dessous de l'antenne. »

Pour une antenne possédant 16 canaux, une densité de puissance de $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ pourra être mesurée à 12 mètres et $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ à 50 mètres

*)Pour une antenne à 1 m de la bordure d'un toit terrasse en béton armé, la simulation met en évidence une valeur maximale de $0,5 \text{ V/m}$ à 2 m sous l'antenne (dans l'étage situé en dessous).

Pour une antenne macrocellulaire en façade, le champ est de 15 V/m à 1 m sur les côtés de l'antenne et de $1,5 \text{ V/m}$ à 1 m derrière l'antenne en tenant compte d'une absorption de 10 dB par le mur.

*)Les antennes placées sur de hauts pylônes sont dirigées vers le bas sous un angle de 10 degrés maximum :

-Pour une antenne installée à une hauteur de 35 mètres, cela signifie que le faisceau primaire arrivera au niveau du sol à une distance d'environ 200 m du pylône.

- Une antenne sur pylône de 23 m de haut conduit aux résultats suivants : 15 V/m à 10 m en face de l'antenne, 7 V/m à 20 m en face de l'antenne. 3 V/m à 50 m en face de l'antenne, $2,25 \text{ V/m}$ à 5 m sous l'antenne à une distance horizontale de 20 m du pied du pylône et 1 V/m à 10 m sous l'antenne à une distance horizontale de 20 m du pylône.

- Pour une hauteur d'antenne de 10 mètres cette distance n'est plus que de 60 mètres. Au pied du pylône, la densité de puissance est dès lors très faible, inférieure à $0,001 \text{ mW}/\text{cm}^2$.

- Il y a des cas où on peut mesurer des puissances de $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ en haut de certains immeubles, et de 20 à $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dans nombre de rues.

Les opérateurs s'appuient sur les études menées, notamment, dans les laboratoires . Ces études concluent que les champs électromagnétiques engendrés derrière et sous les stations-relais sont inexistantes ou presque puisque leur intensité ne dépasseraient pas $0,5 \text{ volt par mètres (V/m)}$. (France Telecom)(14)

La cause est en partie dans les structures métalliques que l'on trouve dans l'environnement des stations-relais : châssis, volets de fenêtres, et garde-corps sont en effet susceptibles de jouer un rôle de réémetteurs passifs pouvant amplifier les ondes hyperfréquences émises par les stations-relais. C'est pour cette raison que l'Union Internationale des Télécommunications a décidé de multiplier les intensités théoriques des champs électromagnétiques par un facteur dit de réflexion égal à 2,56.

b) Cas des Antennes situés trop près des bâtiments : (33)

Lieux considérés sensibles : ce sont les hôpitaux, les écoles,...

Certaines écoles à Antananarivo se trouvent en face des antennes-émettrices (Analakely, Ampefiloha, Ambohimananarina, Ambohimitsimbina...) comme le cas de la Figure n°11.

Pour cela, les caractéristiques de l'antenne (puissance, gain, angle d'inclinaison du faisceau...) devraient être réglées afin de contrôler si les limites d'exposition prescrites sont respectées. Si ce n'est pas le cas, une solution consiste à utiliser un pylône plus élevé.

L'antenne placée sur le toit de l'immeuble va émettre en grande partie dans la direction du lobe principal, ce qui veut dire que tous les matériaux métalliques ayant une longueur proche de la longueur d'onde ou d'un multiple de celle-ci vont émettre passivement des hyper fréquences. Un châssis métallique, une hampe de drapeau, un cadre ou tout autre objet métallique devient une antenne passive susceptible de polluer une maison en produisant des hyper fréquences. Il ne faut pas oublier que ces ondes traversent les murs. De plus, des lobes secondaires dus aux pertes vont rayonner tout autour de l'antenne qui, si elle se trouve sur un toit en béton armé polluera tout l'étage situé juste en dessous, la ferraille du toit devenant un ré-émetteur passif (34) Ce type de fréquences traversant le béton, les occupants ne seront pas protégés de la résonance qui pourrait être engendrée dans les " fers à béton ".

c) Cas des antennes installées sur le bâtiment : (Figure n°12)

Au dernier étage d'un immeuble doté d'une antenne GSM, on est soumis à une radiation maximale 10 à 20 fois sous la norme de sécurité égale à

Volt/mètre). La radiation sera plus forte si vous vous trouvez au dernier étage de l'immeuble d'en face . Au sol, elle sera minime. Se trouver dans un rayon de trois à quatre mètres dans l'axe d'une antenne-relais GSM est naturellement à bannir.

Les craintes soulevées par l'implantation d'antennes sur les toits d'hôpitaux ou d'écoles(à Antanimena ,Ampefiloha par exemple) sont généralement non fondées, car il est de loin préférable d'installer les antennes sur le toit du bâtiment que l'on veut protéger, plutôt que sur un autre toit qui serait situé à 200 ou 300 m. (Figure n°11)

3- 4- ABSENCE D' ETUDES SIGNIFICATIVES :

Peu de travaux ont été entrepris jusqu'à maintenant sur les effets non thermiques de téléphones mobiles et leurs antennes c'est-à-dire sur les expositions aux radiofréquences en général. Les études se poursuivent encore actuellement.

L'OMS a publié en 2002 la synthèse de ses travaux concernant particulièrement les effets des ondes électromagnétiques sur la santé. D'autres résultats sont attendus prochainement. Elle incite d'ailleurs les scientifiques du monde à mieux se concentrer sur la question pour lever les doutes et les inquiétudes(35).

La littérature existante se consacre aux effets thermiques qui pour la gamme de fréquence de ces appareils ne semblent pas évidents. Certains profitent de ces situations pour affirmer que ces appareils et ces antennes sont effectivement inoffensifs pour la santé ,ou tout au moins pour entretenir les doutes sur la question.

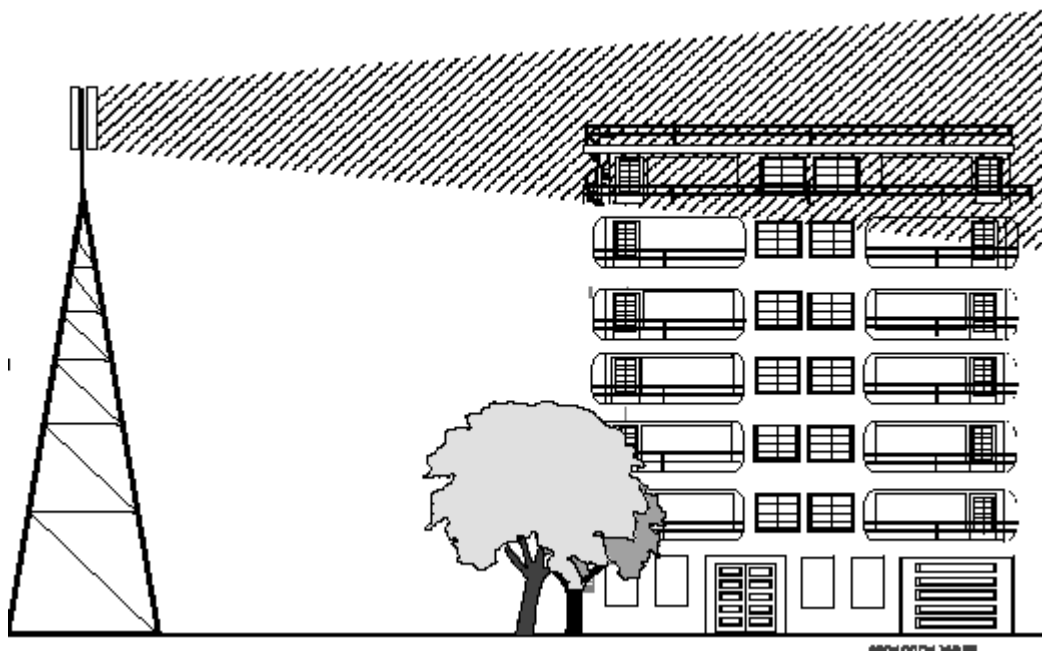


Figure n°11 : Exemple de Rayonnement près d'un bâtiment

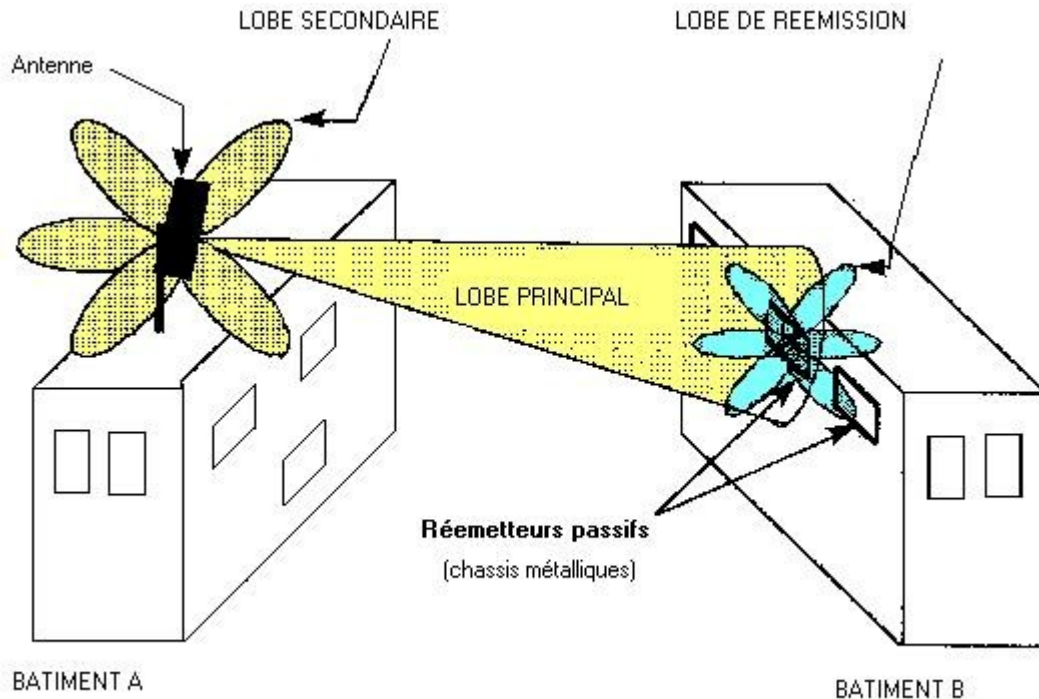


Figure n°12 :une antenne émettant sur un bâtiment en béton armé.

4- PROPOSITIONS DE PRECAUTIONS ET DE RECOMMANDATIONS SUR LES RADIOFREQUENCES :

Le principe de précaution est un principe politique de gestion prudente de risques incertains, qui peut s'appliquer dès lors qu'existent des mécanismes plausibles ou des observations –expérimentales ou épidémiologiques – qui lui donnent un minimum de fondement scientifique. Il relève par essence de la gestion des risques.

L' évaluation des risques doit s'efforcer de demeurer dans l'espace des faits ou des hypothèses fondées scientifiquement et destinées à être éprouvées à l'aide de l'expérimentation ou de protocoles épidémiologiques rigoureux.

Les diverses mesures de réduction des expositions peuvent être mises en œuvre par les individus eux mêmes et les acteurs industriels.

4- 1- PRECAUTIONS D' UTILISATION DE TELEPHONIE MOBILE :

Les mesures ci-après devraient être appliquées :

- obliger les constructeurs à indiquer sur les emballages et notices d'utilisation l'existence d'une probabilité de risque, ainsi que la capacité de rayonnement des appareils, afin de responsabiliser les utilisateurs. Et de les inciter à surveiller l'usage qu'en feront leurs enfants, sans doute plus exposés, leur organisme étant en plein développement ;

- systèmes d'absorption des rayonnements radioélectriques : l'état des connaissances scientifiques ne justifie pas que l'on doive équiper les téléphones mobiles de systèmes de protection pour absorber de tels rayonnements ; ces systèmes n'ont aucune justification sur le plan sanitaire et leur efficacité, pour la plupart d'entre eux, n'est pas prouvée ;

- utiliser un dispositif mains libres, qui augmente la distance entre le téléphone et la tête;

- ne porter l'appareil à l'oreille que lorsque la communication est établie;

- tenir compte du fait que lorsque la réception est mauvaise, la puissance est plus élevée;

- tenir compte des indications concernant l'utilisation des téléphones portables à proximité d'appareils ou d'instruments électroniques particulièrement sensibles ,dans les hôpitaux ou les avions par exemple ;

- limiter la durée de communication à un minimum ;

- se méfier des surfaces métalliques susceptibles de réfléchir les ondes électromagnétiques ou les ôter(dans une voiture, train...) ;recourir lorsque l'on téléphone souvent d'un véhicule, non seulement à un dispositif mains libres, mais aussi à une antenne extérieure, qui améliore encore la qualité de la réception.

4- 2 - PRECAUTIONS SUR LES ANTENNES DE TELECOMMUNICATIONS :

Il faudrait ici prendre les précautions suivantes :

- limitation d'une distance minimale de sécurité par rapport à un émetteur défini :Celle-ci devra être telle que le champ électrique incident ne dépasse pas 3 V/m à l'endroit considéré, soit d'après mesure sur site (en tenant compte de

tout rayonnement électromagnétique préexistant, dans la gamme de fréquence considérée), soit d'après calcul (tenant compte des caractéristiques techniques de l'émetteur, de la puissance maximale d'émission et d'une propagation de l'onde supposée en " espace libre"). Cette distance devra, en tout cas, être toujours supérieure à la limite des champs dits " proches " (tenant compte des dimensions de l'émetteur et de la longueur d'onde du rayonnement). Cette dernière recommandation devra être modulée en fonction de la présence éventuelle d'une interface dont la conductivité déterminerait une forte atténuation du rayonnement incident. Exemple : antenne posée sur un toit en béton armé.

En présence de sources multiples c'est la somme de toutes les densités de puissance des rayonnements incidents qui devra satisfaire à la norme de 2,4 mW/cm², elle-même correspondant à un champ total moyen de 3 V/m .La discussion reste ouverte de savoir s'il faut éventuellement tenir compte du champ dit " maximum ", plus élevé et correspondant à la somme des champs électriques individuels ;

--éloigner les stations-relais des zones sensibles comme les écoles, les établissements hospitaliers en fixant une distance minimale, comme c'est le cas chez certains pays européens ;

--il conviendrait d'installer des grillages ou des barrières, voire d'autres mesures de protection, autour de certaines stations de base (essentiellement celles situées sur les toits des immeubles) pour interdire l'accès à des zones où les limites d'exposition risquent d'être dépassées ;

--l'information : un système efficace d'information sur la santé et de communication entre les experts scientifiques, les gouvernements, l'industrie et le public est nécessaire pour aider à mieux faire connaître la technologie du téléphone mobile et à dissiper la méfiance et les craintes plus ou moins fondées. Cette information devra être à la fois précise et adaptée au public ciblé ;

-- rendre publique la cartographie des implantations des antennes ;

--éviter la concentration des antennes relais sur un même site en milieu urbain ;

--étude d 'incidence :A l 'installation de tout émetteur dans la gamme des fréquences micro-ondes, une étude d'incidence devrait être réalisée, évaluant, sur base de calculs, la correspondance à la norme de l'installation projetée. Ceci implique, pour l'installateur, la communication honnête et complète des caractéristiques techniques de l'émetteur en question. Ceci implique également une consultation systématique et obligatoire des riverains, en vue d'une transparence totale et pour éviter l'effet désastreux du "fait accompli" dans un domaine encore chargé d'incertitudes.

En cours de fonctionnement de tout émetteur installé, il devrait être possible d'effectuer des mesures de contrôle afin de s'assurer du maintien de la correspondance de l'installation à la norme. Tout calcul, toute mesure, doivent être effectués par des experts indépendants du milieu industriel ;

■ établissement de Valeurs limites de nocivité ou Valeurs d'immission

Une immission est le rayonnement que l'on peut mesurer à un endroit précis. Les valeurs limites d'immission protègent contre les risques d'atteinte à la santé humaine prouvés scientifiquement et tiennent compte de l'ensemble du rayonnement existant à un endroit donné. Elles seraient fixées pour éviter des augmentations de température de 1/10ème de degré au plus. Ces valeurs doivent être respectées partout où des personnes séjournent, même brièvement ;

--établissement de Valeurs limites d'installation ou limites préventives :

Les valeurs limites de l'installation limitent à titre préventif le rayonnement émis par chaque installation. Une antenne-relais particulière comme un ensemble d'antennes groupées, sont considérées comme une installation. Le principe de prévention est que le rayonnement soit maintenu aussi bas que possible, dans la mesure où la technique et les conditions d'exploitation le permettent, et pour autant que cela soit économiquement supportable.

Les valeurs limites de l'installation sont nettement inférieures aux valeurs limites d'immission. Elles s'appliquent au rayonnement d'une installation unique et doivent être respectées partout où des personnes séjournent un certain temps

(habitations, écoles, hôpitaux, par exemple). Elles sont fixées en fonction des possibilités techniques disponibles.

4-3- PROPOSITION DE NORMES OU RECOMMANDATIONS :

Les normes ont pour but de protéger la santé de la population.

Il existe aussi des normes destinées à limiter la surexposition aux champs électromagnétiques présents dans notre environnement.

Les recommandations officielles de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants proposent des normes d'exposition pour tout le spectre des micro-ondes, sans exclusion d'aucune fréquence particulière. Une attention particulière devrait néanmoins être apportée aux antennes relais de mobilophonie étant donné leur grande proximité avec les habitations, leur nombre déjà important promis à une croissance préoccupante.

Pour établir des limites d'exposition, il faut néanmoins procéder à des études scientifiques destinées à déterminer le seuil à partir duquel les premiers effets sur la santé commencent à se manifester. On se base sur la limite à laquelle des effets peuvent être décelés

Il faut tenir compte ensemble à ces moments des effets thermiques :DAS (comme c'est le cas) et des effets non thermiques , parce que dans les bandes de fréquences utilisées en téléphonie mobile, la plupart des normes et recommandations internationales sont fondées sur l'effet thermique seulement . L'effet thermique produit une augmentation de la température des tissus et résulte de la forte teneur en eau du corps humain. La molécule d'eau, ainsi que celles constituant certains tissus, étant de type polaire, leur orientation tend à suivre celle du champ électrique, ce qui produit des frottements intermoléculaires, d'où une élévation de température. C'est ce principe qui est utilisé dans le four à micro-ondes, mais à un niveau de puissance nettement plus élevé que celui émis par un portable GSM.

Il est important de noter qu'une limite recommandée ne constitue pas une démarcation précise entre sécurité et danger. On ne peut pas considérer qu'à

partir de tel ou tel niveau d'exposition précis il y a danger pour la santé car en fait, le risque sanitaire augmente graduellement à mesure que l'exposition s'intensifie.

Ce que ces recommandations indiquent, c'est qu'au-dessous d'un certain seuil, l'exposition à un champ électromagnétique ne comporte pas de risque dans l'état actuel des connaissances. Il n'en résulte pas automatiquement qu'au-dessus de ce seuil, de cette limite, l'exposition soit dangereuse.

Elles sont destinées à la population dans son ensemble et ne peuvent pas satisfaire directement les exigences d'une minorité de personnes susceptibles de présenter une plus grande sensibilité

Les utilisateurs de la téléphonie mobile, le public doivent connaître les informations relatives à l'intensité des rayonnements et aux effets potentiels sur leur santé et sur l'environnement.

D'autre part, l'administration publique a un devoir légal d'informer la population en général et de protéger la santé de celle-ci face aux risques.

Chaque pays fixe ses propres normes nationales relatives à l'exposition aux champs électromagnétiques (Tableau n°7). 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 (Tableau n°6 -Tableau n°7).

Les limites d'exposition sont plus rigoureuses pour le grand public que pour les personnes exposées de par leur profession .

La population exposée sur le lieu de travail est constituée d'adultes qui sont généralement confrontés à des champs électromagnétiques dans des conditions bien connues. Ces travailleurs ont une formation qui leur permet de comprendre le risque auquel ils sont exposés et ils savent quelles sont les précautions à prendre. En revanche , le grand public est formé d'individus de tous âges et d'états de santé divers. Bien souvent, ces personnes n'ont pas conscience d'être exposées à des champs électromagnétiques. On ne peut pas non plus demander à tout le monde de prendre des précautions pour éviter de s'exposer ou pour s'exposer le moins possible.

Il n'existe actuellement à Madagascar aucune norme spécifique pour le rayonnement électromagnétique. En attendant une norme définitive, on applique la norme de sécurité Internationale .

Nous proposons une valeur seuil à l'exposition de 3 V/m de champ " efficace ", soit la norme de compatibilité électromagnétique. Cette norme correspond à une densité de puissance de 24 mW/m² en espace libre. Elle est valable pour toute fréquence du spectre considéré : il n'existe pas d'argument pour tolérer un seuil plus élevé à fréquence plus élevée .Elle est de l'ordre de grandeur des plus basses intensités de rayonnement mentionnées à ce jour dans la littérature scientifique, et reconnues comme pouvant probablement produire certains effets sur un organisme vivant.

La norme de 3 V/m paraît en effet convenir pour une juste application du principe de précaution :

Elle correspond à un phénomène quantifiable et reproductible, s'agissant du seuil d'intensité de champ électrique au-delà duquel des interférences peuvent être observées avec l'appareillage électronique et en perturber le bon fonctionnement.

Certains demandent par principe de précaution de réduire le seuil d'exposition maximum du public inférieur 1 volt par mètre ,même s'il n'est pas avéré que ces premiers effets, avant tout thermiques, aient une incidence en matière de santé.

V-REMARQUE GENERALE :

L'évaluation des risques sanitaires liés aux ondes électromagnétiques de type micro-ondes pour un individu, une communauté, un pays entier ne se limite pas aux téléphonies mobiles et leurs antennes puisque de nombreuses sources sont mises en cause. Il ne faut pas oublier que de multitudes d'appareils électromécaniques ,électroniques d'usage domestique, professionnel, médicaux, d' autres antennes de télécommunications se trouvent dans notre

vie quotidienne , fonctionnant à des puissances semblables aux stations de base et, souvent, à des fréquences identiques. Aussi, dans les zones urbaines, les antennes de télévision et de radiodiffusion transmettent couramment des radiofréquences à des niveaux plus élevés que les stations de base des téléphones mobiles. L'exposition réelle est supérieure lorsque les champs provenant de diverses installations se recouvrent.

Dans ce cas, l'évaluation des risques prendra en compte ces sources dans la réalité et recouvre les différentes longueurs d'ondes du spectre électromagnétique.

A Antananarivo en 2003, on compte 36 antennes-émettrices de radiodiffusion FM de puissances variant entre 13 Watt à 1 Kwatts et 10 antennes de Télévision de puissance variant entre 150 Watt à 5 Kwatts et d'autres antennes émettrices de télécommunication.

| | Fréquence des bases de téléphones portables | |
|--------------------------------------|---|---|
| Fréquence | 900 MHz | 1.8 GHz |
| | Densité du courant (W/m ²) | Densité du courant (W/m ²) |
| Limites d'exposition du public | 4.5 | 9 |
| Limites d'exposition professionnelle | 22.5 | 45 |

Tableau n° 7 : Recommandations de la la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants(22)

| Pays | Champ électrique | Densité de puissance |
|------|------------------|----------------------|
|------|------------------|----------------------|

| | En V/m | En mW/m |
|------------------------------------|------------------|---------|
| Autriche (Salzbourg) : | 0,6 volts/mètre, | 1 |
| Italie(Région de Toscane) | 0,5 volts/mètre | 1 |
| Luxembourg, Belgique (Wallonie) | 3 volts/mètre | 24 |
| Italie, Pologne, Chine | 6,1 volts/mètre | 100 |
| Liechtenstein, Suisse : | 4 volts/mètre | 42 |
| France | 41 volts/mètre | 4500 |
| Australie, Nouvelle -Zelande | 27,5 volts/mètre | 2 000 |
| Projet de Directive européenne | 41,9 volts/mètre | 4 700 |

Tableau n°8 : Exemples de Recommandations de quelques pays (33)

CONCLUSION

De 2003 à 2004 ,le nombre d'utilisateurs de téléphones portables sera estimé multiplié par deux à Madagascar . Ce phénomène est mondial ;on évalue à 1,6 milliards les personnes qui en utiliseront en 2005.

La technologie mise en oeuvre pour les téléphones portables est sensiblement la même que pour les micro-ondes .En plus, le réseau de téléphonie génèrent aussi des ondes à Très Basse Fréquence qui interagissent avec les ondes électromagnétiques naturelles présentes dans le corps humain, entraînant ainsi des perturbations électriques et magnétiques modifiant la physiologie normale de certains organes comme le cœur et le cerveau.

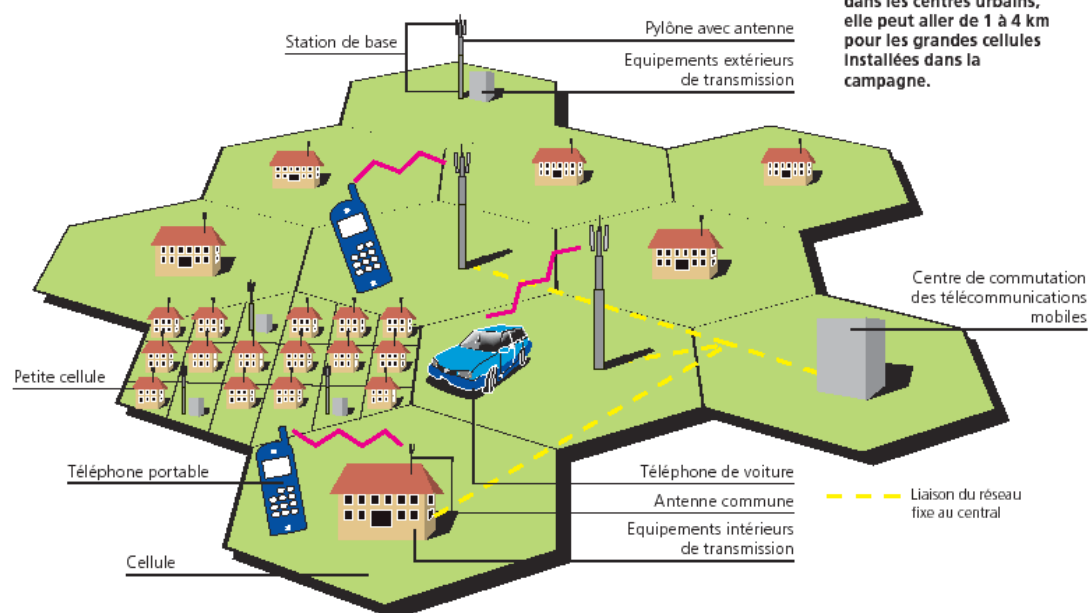
On connaît les conséquences néfastes pour la santé des ondes extrêmement basses fréquences et des micro-ondes : induction de courant électrique dans l'organisme et effets thermiques, mesurables par le Débit d'Absorption Spécifique .

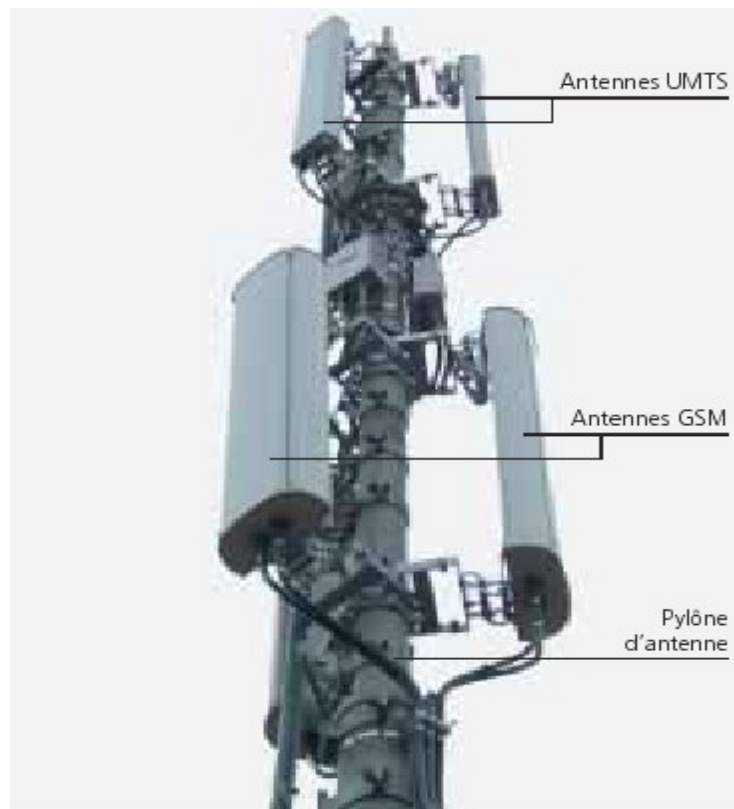
L'existence ou non des effets non thermiques sur la santé sont à l'origine de nombreuses discussions . Le public est parfois dans l'ambiguïté et la brouille du fait que les opérateurs dans ce domaine émettent des messages rassurant ou du moins négligent les risques pour la santé.

Les risques ne viennent pas seulement de ces appareils mais de leurs corollaires dont les antennes-relais qui représentent des risques permanents du fait de leur puissance relativement plus élevée, leur emplacement toujours plus proche des zones d'habitations, leurs nombres de plus en plus inquiétants. En attendant, des mesures de précaution et de recommandation s'avèrent nécessaires.

ANNEXE 1

Structure d'un réseau de télécommunication mobile cellulaire





Un réseau de télécommunication mobile cellulaire et Schéma d'antennes

ANNEXES 2

Les organisations internationales qui se préoccupent des Champs électromagnétiques :

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants)

L'ICNIRP est un groupe d'experts scientifiques indépendants. Son rôle consiste essentiellement, à partir de l'évaluation de données scientifiques et de l'estimation des risques, à émettre des recommandations sur les limites d'exposition aux rayonnements. L'ICNIRP a ainsi formulé des recommandations de valeurs limites pour l'ensemble du spectre de fréquences électromagnétiques, qui ont été reprises par la plupart des pays (Suisse incluse) à titre de normes nationales.

OMS (Organisation mondiale de la Santé)

L'OMS mène un projet international sur les CEM, dont l'objet principal est d'estimer les incidences sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques dans la gamme des fréquences comprise entre 0 et 300 GHz et à les communiquer au public. Toutes les conclusions et estimations de risques disponibles à ce jour sont regroupées sous forme de health criteria (critères de santé). Le premier volume sur les CEM à basse fréquence devrait paraître en 2004, celui concernant les CEM à haute fréquence en 2007.

CIRC (Centre international de recherche sur le cancer)

Le CIRC fait partie de l'Organisation mondiale de la Santé. Son objectif déclaré est de coordonner et de diriger les recherches sur les causes du cancer et sur les mécanismes de la carcinogenèse, mais aussi de mettre au point des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer. Le CIRC a publié en 2002 un rapport évaluant le risque de cancer chez les êtres humains exposés à des champs électromagnétiques à basse fréquence.

CENELEC :Comité européen de normalisation électrotechnique

IRPA :International Radio Protection Association

ANNEXE 3

EXTRAIT

DE L' APPEL DE FRIBOURG du 09 Octobre 2002

Signé par les 150 médecins allemands toutes disciplines médicales confondues.

Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin e. V.
IGUMED, Bergseestr. 57, 79713 Bad Sackingen Tel. 07761 913490, FAX
913491, e-mail: igumed@gmx.de

Par grand souci pour la santé de nos contemporains nous nous adressons - en tant que médecins de toutes spécialités (spécialement de la médecine environnementale), ayant un cabinet - au corps médical, aux responsables de l'hygiène et santé publiques et au public.

Nous constatons ces années passées chez nos patients une augmentation dramatique de maladies graves et chroniques, en particulier des

▢ troubles de l'apprentissage, de la concentration et du comportement chez les enfants (hyperactivité par exemple)

- troubles de tension artérielle

- troubles cardiaques

- infarctus et accidents vasculaires cérébraux (aka AVC, apoplexie)

- maladies à dégénérescence neurologique (par exemple morbus Alzheimer) et épilepsie

- maladies cancéreuses comme la leucémie et des tumeurs cérébrales.

Nous constatons en plus la présence de différents troubles, qui sont souvent mal interprétés comme psychosomatiques, telles que

- maux de tête et migraine

- épuisement chronique

- inquiétude intérieure

- insomnie et asthénie

- bruit dans les oreilles

- prédisposition aux infections

- douleurs dans les nerfs et les parties molles qu'on ne peut pas expliquer par des raisons normales pour mentionner seulement les symptômes les plus frappants.

Comme nous connaissons l'environnement résidentiel et les habitudes de nos patients, nous voyons - après une interrogation à but précis - toujours plus souvent une claire relation temporelle et spatiale entre l'émergence de ces maladies et le début d'une richesse en ondes radio, par exemple sous forme

- de l'installation d'une disposition de téléphone cellulaire mobile dans les environs de nos patients

- d'une utilisation intensive de portables

- de l'achat d'un téléphone sans fil standard DECT dans la propre maison ou dans le voisinage.

IGUMED - Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin e.V.

FREIBURGER APPELL

Nous n'arrivons plus à croire à une coïncidence seulement par hasard, car

□ trop souvent nous constatons une accumulation frappante de certaines maladies dans des quartiers ou immeubles,

□ trop souvent la maladie s'améliore ou des maux qui ont duré des mois ou des années disparaissent en relativement peu de temps après la réduction ou l'élimination de la richesse en ondes radio dans les environs d'un patient

□ trop souvent des mesures de la biologie de la construction par rapport à des intensités d'ondes radio électromagnétiques extraordinaires sur place confirment en plus nos observations.

En raison de nos expériences quotidiennes nous considérons la technologie du téléphone cellulaire mobile, introduite en 1992 et entre temps omniprésente, et les téléphones sans fil depuis 1995 avec le standard DECT comme un des déclencheurs importants de cette évolution fatale ! Personne ne peut échapper totalement à ces hyperfréquences.

Elles renforcent les risques d'influence de l'environnement chimiques et physiques déjà existants, changent en outre les défenses immunitaires et sont capables de faire succomber les mécanismes de contre-régulation qui créent encore un équilibre.

Ce danger existe spécialement pour les femmes enceintes, les enfants, les adolescents et les personnes âgées et malades.

Nos efforts thérapeutiques pour le rétablissement de la santé restent toujours sans succès. Car la pénétration, sans obstacles, du rayonnement permanent dans les appartements et les lieux de travail, spécialement dans les chambres des enfants et les salles de séjour (que nous considérons comme des lieux importants pour la détente, la régénération et la guérison) causent du stress sans arrêt et empêchent le rétablissement fondamental du malade.

En vue de cette évolution inquiétante, nous nous sentons obligés d'informer le public de nos observations, spécialement après avoir entendu que des tribunaux allemands considèrent le danger par le téléphone cellulaire mobile simplement comme

“ uniquement hypothétique » (voir des jugements du tribunal constitutionnel fédéral allemand [Bundesverfassungsgericht] à Karlsruhe et du tribunal administratif d'appel à Mannheim [Verwaltungsgerichtshof] du printemps 2002). Ce que nous vivons dans le quotidien de notre cabinet est loin d'être hypothétique.

Nous voyons un nombre croissant de malades chroniques, conséquence d'une politique irresponsable de valeurs limites, qui - au lieu de prendre la protection de la population envers les conséquences du rayonnement du téléphone cellulaire mobile à court et surtout à long terme comme mesure pour ses actes - se soumet à l'injonction d'une technologie qui est reconnue assez longtemps déjà comme dangereuse. Pour nous c'est le début d'une évolution qu'on doit

prendre très au sérieux, par laquelle la santé de beaucoup de personnes est menacée.

IGUMED - Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin e.V.
FREIBURGER APPELL

Nous ne nous laissons pas renvoyer à d'autres résultats de recherche irréels, qui sont- comme le montre souvent l'expérience - influencés par l'industrie, tandis que des expertises probantes sont ignorées ! Agir revêt une nécessité absolue pour nous !

En tant que médecins, nous sommes avant tout les avocats de nos patients. Dans L'intérêt de toutes les personnes concernées, dont le droit fondamental de vie et de l'intégrité du corps sont mis en jeu actuellement, nous en appelons aux responsables dans la politique et la société.

Soutenez avec toute votre influence nos revendications :

- de nouvelles techniques de communication conformes à la santé humaine, ayant égard aux risques, surtout avant l'introduction, sans dépendre de n'importe quel bailleur de fonds privés

et comme mesures immédiates et dispositions transitoires

- réduction massive des valeurs limites, des puissances d'émission et des charges en ondes radio à une mesure responsable par rapport à la biologie, surtout dans les zones de sommeil et de régénération

- aucune extension de la technologie du téléphone cellulaire mobile afin que l'exposition aux rayonnements ne se multiplie pas

- le droit d'intervention de la population et des communes lors de la planification des endroits des antennes, ce qui devrait aller de soi dans une démocratie

- éclaircir la population - et surtout les utilisateurs de portables à des risques de santé causés par des champs électromagnétiques et ainsi une fréquentation plus consciente, interdiction de portables pour les enfants et restriction d'emploi pour les jeunes

- interdiction d'utilisation de portables et de téléphones sans fil de standard DECT dans les écoles maternelles, écoles, hôpitaux, maisons de retraite, lieux de rencontre, bâtiments publics et transports en commun analogue à la défense de fumer

- des zones sans portable ni téléphone cellulaire mobile analogues à des zones sans automobiles

- révision du standard DECT pour les téléphones sans fil dans le but de réduire l'intensité des rayonnements et de limiter le rayonnement à la durée de l'emploi réel ainsi que d'éviter la pulsation biologiquement critique

- la recherche scientifique indépendante de l'industrie ayant enfin égard aux multiples résultats de la recherche critique et nos observations médicales.

BIBLIOGRAPHIE

1. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/). Champs électromagnétiques et Santé Publique :Le Projet international CEM. Organisation Mondiale de la Santé, Aide Mémoire, 1998 ;181.
2. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/) : Effets des téléphones mobiles sur la santé : de nouvelles informations sont nécessaires. Organisation Mondiale de la Santé, Communiqué OMS , 2000 ;45.
3. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/). Champs électromagnétiques et Santé Publique :Propriétés physiques et effets sur les systèmes biologiques. Organisation Mondiale de la Santé, Aide Mémoire, 1998 ;182.
4. [Http://www.univ-nantes.fr](http://www.univ-nantes.fr). Ondes électromagnétiques. Université de Nantes, 2001.
5. [Http://www.hachette-multimedia.fr/web/index/.phtml](http://www.hachette-multimedia.fr/web/index/.phtml) . Ondes électromagnétiques .Dictionnaire Hachette encyclopédique , 2002.
6. Litovitz T .Champs électromagnétiques et Biologie. France :Congrès de l'European BioElectromagnetics Association,1996.
7. Weisbrot D, Lin H, Ye L, Blank M,Goodman R.Effects of mobile phone radiation on reproduction and development in Drosophila melanogaster. Journal of Cellular Biochemistry,2003;89:48-55.
8. Hyland G J, Clements-Croome D J. Toxicologic study of electromagnetic radiation emitted by television and video display screens and cellular telephones on chickens and mice. Indoor and Built environment . 2001;10:91-98.
9. Miyata M et coll .Ocular functions during loading by visual display terminal and the effect of Tecno AO.Tokyo:Japanese Review of Clinical Ophtalmology,1999;11:1627,1634.
10. Messagier R. Effets biologiques des Champs Electromagnétiques et leur incidence possible sur la santé .Les Champs Electromagnétiques et le Vivant.Montpellier:Académie des sciences , 2001.
11. Youbicier-Simo B J. Effets biologiques des rayonnements électromagnétiques :possibles pathologies et moyens de prévention. Centre International de Recherche en Biophysique Tecnolab, Electromagnétique,Academic Press,2002.
12. Binhi V N. Magnetobiology Underlying Physical Problems .Centre

Internatioanal de Recherche en Biophysique Electromagnétique TecnoLab,
Academic Press , 2002.

13. Kheifets L. Electric Power Research Institute, EMF Effects, Assessment Management, Palo Alto . Occupational Exposure assessment in epidemiological studies of EMF ,Nuclear Technology Publishing, 1999;83: 61-69.
14. Weisbrot D, Lin H, Ye L, Blank M.Goodman R. Journal of Cellular. Biochemistry. Nuclear Technology Publishing,2003;89:48-55
15. Cardis E and Kilkenny M. International Case-control study of adult brain, head and neck tumours: results of the feasibility study. Radiation Protection Dosimetry, Nuclear Technology Publishing, 1999 ;83 :179-183.
16. Lorrain J L et Raoul D. L'incidence éventuelle de la téléphonie mobile sur la santé. Rapport 52 de l' Office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. 2002.
17. [Http://www.ciao.fr/Sciences_et_Avenir](http://www.ciao.fr/Sciences_et_Avenir) Sciences & Avenir.Les risques du portable. La recherche . 2000 ;337.
18. Croft et coll. Acute mobile phone operation affects neural function in humans . Clinical Neuropsychology.2002 :1623-1632.
19. Zhang et coll. Extremely low frequency magnetic fields promote neurite. varicosity formation and cell excitability in cultured rat chromaffin cells. Comp Biochem Physiol Pharmacol Toxicol Endocrinol .1997 ;118:295
20. Miro L. Risques liés aux rayonnements radio-électromagnétiques. Paris-France :Editions techniques Toxicologie-Pathologie,Encycl-Méd-Chir, 2002.
21. Clements-Croome D. Jukes J. Healthy Buildings 2000: Exposure, Human Responses and Building Investigations. Syr Indoor Air , 2000 ;1: 119,124
22. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection .Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. Health Physics.1996;70 :587-593.
23. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/) . Champs électromagnétiques et Santé Publique : Effets des champs de radiofréquences sur la santé .Organisation Mondiale de la Santé,Aide Mémoire.1998 ;183
24. [Http:// www.mobilenature.ch](http://www.mobilenature.ch). Communication mobile et environnement. Swisscom Mobile SA .2002
25. [Http://www.omert.mg /home.htm](http://www.omert.mg/home.htm).Panorama du secteur.Office Malagasy d'Etudes et de Régulations des Télécommunications OMERT.2002.

26. [Http://www.instat.mg](http://www.instat.mg) . Enquête auprès des Ménages 2002 .Rapport Principal Novembre 2002.Institut National de la Statistique INSTAT.2002.
27. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/) Que sont les Champs électromagnétiques. Organisation Mondiale de la Santé.2004 ;5
28. [Http://www.francetelecom.com](http://www.francetelecom.com) . Ondes électromagnétiques . France Telecom.2001
29. Sheppard A R ,Eisenbud M. Biologic effects of electric and magnetic fields of extremely low frequency .New York :New York University Press.1997
30. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/). Champs électromagnétiques :Fréquences Extrêmement Basses. Organisation Mondiale de la Santé,Aide Mémoire. 1998 ;205
31. Veyret B. Etudes expérimentales portant sur les actions biologiques des radio-frequences .ENSCP B :Université de Bordeaux I.2001.
32. Liburdy R P.On the Nature of Electromagnetic Field Interaction with Biological systems. California :Edition Landes . 1994 .
33. Pirard W. Les Champs électromagnétiques à proximité des antennes relais de mobilophone. Liège : Ministère de la Région wallonne, Ressources naturelles et Environnement. 2001
34. Santini R.Téléphones cellulaires. Danger ? Editions Marco Pietteur. 1998 ;208.
35. [Http://www.who.int/peh-emf/](http://www.who.int/peh-emf/) . Champs électromagnétiques et Santé Publique :Projet International Champs électromagnétiques. Organisation Mondiale de la Santé, Aide Mémoire.1998 ;181.

VELIRANO

«Eto anatrehan'i Zanahary, eto anoloan'ireo mpampianatra ahy sy ireo mpiara-mianatra tamiko ,eto amin'ity toeram-pampianarana ity, ary eto anoloan'ny sarin'i Hippocrate.

Dia manome toky sy mianiana aho fa hanaja lalandava ny fitsipika hitandrovana ny voninahitra sy ny fahamarinana eo am-panatontosana ny raharaham-pitsaboana.

Hotsaboiko maimaim-poana ireo ory ary tsy hitaky saran'asa mihoatra noho ny rariny aho, tsy hiray tetika maizina na oviana na oviana ary na amin'iza na amin'iza aho mba hahazoana mizara aminy ny karama mety ho azo.

Raha tafiditra an-tranon'olona aho, ka tsy hahita izay zava-miseho ao ny masoko, ka ho tanako ho ahy samirery ireo tsiambaratelo aboraka amiko ary ny asako tsy avelako hatao fitaovana hanatontosana zavatra mamofady na hanamorana famintan-keloka.

Tsy ekeko ho efitra hanelanelanana ny adidiko amin'ny olona tsaboiko ny anton-javatra ara-pinoana, ara-pirenena, ara-pirazanana, ara-pirehana ary ara-tsaranga.

Hajaiko tanteraka ny ain'olombelona, na vao notorontoronina aza, ary tsy hahazo mampiasa ny fahalalako ho enti-manohitra ny lalan'ny maha-olona aho na dia vozonana aza.

Manaja sy mankasitraka ireo mpampianatra ahy aho, ka hampita amin'ny taranany ny fahaizana noraiko tamin'izy ireo.

Ho toavin'ny mpiara-belona amiko anie aho raha mahatanteraka ny velirano nataoko.

Ho rakotry ny henatra sy horabirabian'ireo mpitsabo namako kosa aho raha mivadika amin'izany».

Name and first name : RAMANANTSOA Jeanaëlhovah

Title of the thesis : EVALUATION OF THE MEDICINE RISKS RELATED TO
THE USE OF THE MOBILE PHONE AND THEIR
ANTENNAS IN MADAGASCAR.

Heading : Fundamental science and mixt (Biophysics)

Number of pages : 60 Number of annex : 03

Number of tables : 08 Number of bibliographical references : 35

Number of figures : 12

SUMMARY

The mobile phone has quickly progressed and became a very famous mean of communication in just a few years. It offers indisputable and recognized practical advantages. The operation of these apparatuses and their antennas is based on the use of microwaves - ultra high frequencies.

Our study is to evaluate the medical risks related to the use of mobile phone and their antennas in Madagascar.

It is an exploratory study. The data were obtained from the mobile phone companies in Madagascar, from the national Institute of the Statistics and from the organization in charge of the Studies of Regulations of Telecommunications in order to obtain the more precise technical information possible.

The human body absorbs these microwaves. The risks are indeed present even if the existence of the non thermal effects is not completely well-known; they are all more significant as the massive use of mobile phones supports the installation of new antenna-relay more powerful and more numerous in downtown.

A system of precautions and recommendations is thus necessary to Madagascar for a correct use of the mobile phone for each other and the population in general.

Key words : Electromagnetic fields - Mobile phone GSM-
Antennas-relay – Risks- Health

Director of the thesis : Professor FIDISON Augustin

Reporter of the thesis : Doctor RANAIVONDRAMBOLA Michel

Address of author : 532 Cité des 67 Ha Antananarivo- Madagascar

Nom et prénoms : RAMANANTSOA Jeanaëlhovah
Titre de la Thèse : EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A
 L' UTILISATION DE TELEPHONES MOBILES ET DE
 LEURS ANTENNES A MADAGASCAR
Rubrique :Sciences Fondamentales et Mixtes(Biophysique)
Nombre de pages :60 Nombre d'annexes :03
Nombre de tableaux :08 Nombres de références bibliographiques : 35
Nombre de Figures :12

RESUME

La téléphonie mobile a évolué rapidement et est devenue en quelques années un moyen de communication très répandu. Elle offre des avantages pratiques indiscutables et reconnus. Le fonctionnement de ces appareils et leurs antennes est basé sur la mise en œuvre de micro-ondes ou hyperfréquences.

Notre étude est d'évaluer les risques sanitaires liés à l'utilisation de téléphones mobiles et leurs antennes à Madagascar . C'est une étude prospective. Les données ont été obtenues auprès des opérateurs de télécommunications mobiles à Madagascar, de l' Institut National de la Statistiques et auprès de l'organisme chargé des Etudes ,de Régulations de Télécommunications afin d'obtenir les informations techniques les plus précises possibles.

Le corps humain absorbe ces micro-ondes. Les risques sont effectivement présents bien que l'existence des effets non thermiques n'est pas totalement bien connue ; ils sont d'autant plus importants que l'utilisation massive de téléphones portables favorise l'installation de nouvelles antennes-relais plus puissantes et plus nombreuses en ville .

La mise en place d'un système de précautions et de recommandations s'avère donc nécessaire à Madagascar pour un usage correct de la téléphonie mobile pour chacun et pour la population en général.

Mots-clés : Ondes électromagnétiques - Téléphone mobile GSM
 Antennes-émettrices - Risques- Santé.
Directeur de Thèse : Professeur FIDISON Augustin
Rapporteur de Thèse : Docteur RANAIVONDRAMBOLA Michel
Adresse de l'auteur : 532 Cité des 67 ha Antananarivo - Madagascar