

UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT-

ANNEE: 2017

THESE N°: 108

TELEPHONE PORTABLE :  
DANGERS, RISQUES ET EFFETS SUR LA SANTE

THÈSE

*Présentée et soutenue publiquement le : .....*

PAR

Mr. Zidane SOUAF

*Né le 10 Juin 1992 à Casablanca*

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

**MOTS CLES :** Téléphone mobile – Radiofréquence – Danger – Précaution –  
Onde électromagnétique.

JURY

Mr. M. ZOUHDI

Professeur de Microbiologie

PRESIDENT

Mr. Y. SEKHSOKH

Professeur de Microbiologie

RAPPORTEUR

Mme. M. NAZIH

Professeur d'Hématologie Biologique

Mme. M. CHADLI

Professeur de Microbiologie

JUGES

Mme. S. EL HAMZAOUI

Professeur de Microbiologie

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31

بِسْمِ اللَّهِ  
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ  
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI  
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI



**ADMINISTRATION :**

**Doyen** : Professeur Mohamed ADNAOUI  
**Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes**  
Professeur Mohammed AHALLAT  
**Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération**  
Professeur Taoufiq DAKKA  
**Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie**  
Professeur Jamal TAOUFIK  
**Secrétaire Général** : Mr. Mohamed KARRA

**1-ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS**

**ET  
PHARMACIENS**

**PROFESSEURS :**

**Décembre 1984**

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <b><u>Clinique Royale</u></b>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

**Novembre et Décembre 1985**

Pr. BENSAID Younes	Pathologie Chirurgicale
--------------------	-------------------------

**Janvier, Février et Décembre 1987**

Pr. CHAHED OUZZANI Houria	Gastro-Entérologie
Pr. LACHKAR Hassan	Médecine Interne
Pr. YAHYAOUI Mohamed	Neurologie

**Décembre 1988**

Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib	Chirurgie Pédiatrique
Pr. DAFIRI Rachida	Radiologie

### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed  
Pr. CHAD Bouziane  
Pr. OUAZZANI Taïbi Mohamed Réda

### Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid  
Pr. HACHIM Mohammed\*  
Pr. KHARBACH Aïcha  
Pr. MANSOURI Fatima  
Pr. TAZI Saoud Anas

### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia  
Pr. AZZOUZI Abderrahim  
Pr. BAYAHIA Rabéa  
Pr. BELKOUCHI Abdelkader  
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif  
Pr. BENSOU DA Yahia  
Pr. BERRAHO Amina  
Pr. BEZZAD Rachid  
Pr. CHABRAOUI Layachi  
Pr. CHERRAH Yahia  
Pr. CHOKAIRI Omar  
Pr. KHATTAB Mohamed  
Pr. SOULAYMANI Rachida  
Pr. TAOUFIK Jamal

### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed  
Pr. BENSOU DA Adil  
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib  
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza  
Pr. CHRAIBI Chafiq  
Pr. DEHAYNI Mohamed\*  
Pr. EL OUAHABI Abdessamad  
Pr. FELLAT Rokaya  
Pr. GHAFIR Driss\*  
Pr. JIDDANE Mohamed  
Pr. TAGHY Ahmed  
Pr. ZOUHDI Mimoun

### Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. EL BARDOUNI Ahmed

Médecine Interne – Doyen de la FMPR  
Pathologie Chirurgicale  
Neurologie

Pathologie Chirurgicale  
Médecine-Interne  
Gynécologie -Obstétrique  
Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation

Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation – Doyen de la FMPO  
Néphrologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pharmacie galénique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Biochimie et Chimie  
Pharmacologie  
Histologie Embryologie  
Pédiatrie  
Pharmacologie – Dir. du Centre National PV  
Chimie thérapeutique V.D à la pharmacie+Dir du CEDOC

Chirurgie Générale V.D Aff. Acad. et Estud  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Neurochirurgie  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
Microbiologie

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques Doyen de la FMPA  
Gynécologie Obstétrique  
Traumato-Orthopédie



Pr. EL HASSANI My Rachid  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. HADRI Larbi\*  
Pr. HASSAM Badredine  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. JELTHI Ahmed  
Pr. MAHFOUD Mustapha  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. ABDELHAK M'barek  
Pr. BELAIDI Halima  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHAMI Ilham  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. JALIL Abdelouahed  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. CHAARI Jilali\*  
Pr. DIMOU M'barek\*  
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine\*  
Pr. EL MESNAOUI Abbas  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. HDA Abdelhamid\*  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

### **Décembre 1996**

Pr. AMIL Touriya\*  
Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. MAHFOUDI M'barek\*  
Pr. OUADGHIRI Mohamed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan

Radiologie  
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS**  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Médecine Interne  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique  
Traumatologie – Orthopédie  
Gynécologie –Obstétrique  
Dermatologie

Urologie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Neurologie  
Pédiatrie  
Gynécologie – Obstétrique  
Traumatologie – Orthopédie  
Radiologie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Cardiologie - **Directeur HMI Med V**  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

Radiologie  
Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Radiologie  
Traumatologie-Orthopédie  
Néphrologie  
Cardiologie



Gynécologie-Obstétrique

Pr. BEN SLIMANE Lounis  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. ERREIMI Naima  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. HAIMEUR Charki\*  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TAOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

### Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA  
Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*  
Pr. KHATOUI ALI\*

### Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd  
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. ISMAILI Hassane\*  
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

### Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah\*  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MAHASSINI Najat  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae  
Pr. ROUIMI Abdelhadi\*

Urologie  
Neurologie  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Gynécologie Obstétrique

Gastro-Entérologie  
Neurologie – *Doyen de la FMP Abulcassis*  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie  
Cardiologie

Pneumophtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Traumatologie Orthopédie- *Dir. Hop. Av. Marr.*  
Anesthésie-Réanimation *Inspecteur du SSM*  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne



Neurologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie *Directeur Hop. Chekikh Zaied*  
Urologie  
Rhumatologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Anatomie Pathologique  
Pédiatrie  
Neurologie

### Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH\*

ORL

### Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJILIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. DRISSE Sidi Mourad\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABBAJ Saad  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MAHASSIN Fattouma\*  
Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie **Directeur. Hop.d'Enfants**  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Médecine Interne  
Chirurgie Générale  
Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie **Directeur Hôpital Ibn Sina**  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie



### Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane\*  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. BICHRA Mohamed Zakariya\*  
Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Psychiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie

Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair  
 Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
 Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
 Pr. HAJJI Zakia  
 Pr. IKEN Ali  
 Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
 Pr. KRIOUILE Yamina  
 Pr. LAGHMARI Mina  
 Pr. MABROUK Hfid\*  
 Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
 Pr. OUJILAL Abdelilah  
 Pr. RACHID Khalid \*  
 Pr. RAISS Mohamed  
 Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha\*  
 Pr. RHOU Hakima  
 Pr. SIAH Samir \*  
 Pr. THIMOU Amal  
 Pr. ZENTAR Aziz\*

Chirurgie Pédiatrique  
 Dermatologie  
 Gynécologie Obstétrique  
 Ophtalmologie  
 Urologie  
 Traumatologie Orthopédie  
 Pédiatrie  
 Ophtalmologie  
 Traumatologie Orthopédie  
 Gynécologie Obstétrique  
 Oto-Rhino-Laryngologie  
 Traumatologie Orthopédie  
 Chirurgie Générale  
 Pneumophtisiologie  
 Néphrologie  
 Anesthésie Réanimation  
 Pédiatrie  
 Chirurgie Générale

### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
 Pr. AMRANI Mariam  
 Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
 Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
 Pr. BOUGHALEM Mohamed\*  
 Pr. BOULAADAS Malik  
 Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
 Pr. CHAGAR Belkacem\*  
 Pr. CHERRADI Nadia  
 Pr. EL FENNI Jamal\*  
 Pr. EL HANCHI ZAKI  
 Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
 Pr. EL YOUNASSI Badreddine\*  
 Pr. HACHI Hafid  
 Pr. JABOUIRIK Fatima  
 Pr. KHARMAZ Mohamed  
 Pr. MOUGHIL Said  
 Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
 Pr. TARIB Abdelilah\*  
 Pr. TIJAMI Fouad  
 Pr. ZARZUR Jamila

Ophtalmologie  
 Anatomie Pathologique  
 Oto-Rhino-Laryngologie  
 Gastro-Entérologie  
 Anesthésie Réanimation  
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
 Neurologie  
 Traumatologie Orthopédie  
 Anatomie Pathologique  
 Radiologie  
 Gynécologie Obstétrique  
 Pédiatrie  
 Cardiologie  
 Chirurgie Générale  
 Pédiatrie  
 Traumatologie Orthopédie  
 Chirurgie Cardio-Vasculaire  
 Ophtalmologie  
 Pharmacie Clinique  
 Chirurgie Générale  
 Cardiologie

### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
 Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
 Pr. ALLALI Fadoua  
 Pr. AMAZOUZI Abdellah  
 Pr. AZIZ Noureddine\*  
 Pr. BAHIRI Rachid  
 Pr. BARKAT Amina  
 Pr. BENYASS Aatif  
 Pr. BERNOUSSI Abdelghani

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
 Chirurgie Générale  
 Rhumatologie  
 Ophtalmologie  
 Radiologie  
 Rhumatologie  
 Pédiatrie  
 Cardiologie  
 Ophtalmologie



Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. EL HAMZAOUI Sakina\*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. NIAMANE Radouane\*  
Pr. RAGALA Abdelhak  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

### Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

### Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. AKJOUJ Said\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. HANAFI Sidi Mohamed\*  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SEKKAT Fatima Zahra  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

### Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. ACHOUR Abdessamad\*  
Pr. AIT HOUSSA Mahdi\*  
Pr. AMHAJJI Larbi\*  
Pr. AOUI Sarra

Biophysique  
Microbiologie  
Cardiologie (mise en disponibilité)  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Rhumatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

Anesthésie Réanimation

Rhumatologie  
Radiologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Psychiatrie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie



Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Chirurgie générale  
Chirurgie cardio vasculaire  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie

Pr. BAITE Abdelouahed\*  
 Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
 Pr. BENZIANE Hamid\*  
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 Pr. CHARKAOUI Naoual\*  
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader\*  
 Pr. ELABSI Mohamed  
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 Pr. EL OMARI Fatima  
 Pr. GHARIB Noureddine  
 Pr. HADADI Khalid\*  
 Pr. ICHOU Mohamed\*  
 Pr. ISMAILI Nadia  
 Pr. KEBDANI Tayeb  
 Pr. LALAOUI SALIM Jaafar\*  
 Pr. LOUZI Lhoussein\*  
 Pr. MADANI Naoufel  
 Pr. MAHI Mohamed\*  
 Pr. MARC Karima  
 Pr. MASRAR Azlarab  
 Pr. MRABET Mustapha\*  
 Pr. MRANI Saad\*  
 Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
 Pr. RABHI Monsef\*  
 Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
 Pr. SEFFAR Myriame  
 Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
 Pr. SIFAT Hassan\*  
 Pr. TABERKANET Mustafa\*  
 Pr. TACHFOUTI Samira  
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 Pr. TANANE Mansour\*  
 Pr. TLIGUI Houssain  
 Pr. TOUATI Zakia

### **Décembre 2007**

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

### **Décembre 2008**

Pr ZOUBIR Mohamed\*  
 Pr TAHIRI My El Hassan\*

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*  
 Pr. AGDR Aomar\*  
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia

Anesthésie réanimation **Directeur ERSM**  
 Biochimie-chimie  
 Pharmacie clinique  
 Ophtalmologie  
 Pharmacie galénique  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Anesthésie réanimation  
 Psychiatrie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Radiothérapie  
 Oncologie médicale  
 Dermatologie  
 Radiothérapie  
 Anesthésie réanimation  
 Microbiologie  
 Réanimation médicale  
 Radiologie  
 Pneumo phtisiologie  
 Hématologie  
 Médecine préventive santé publique et hygiène  
 Virologie  
 Biochimie-chimie  
 Médecine interne  
 Radiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Radiothérapie  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Ophtalmologie  
 Chirurgie générale  
 Traumatologie orthopédie  
 Parasitologie  
 Cardiologie



Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation  
 Chirurgie Générale

Médecine interne  
 Pédiatre  
 Chirurgie Générale  
 Neurologie

Pr. AKHADDAR Ali\*  
 Pr. ALLALI Nazik  
 Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
 Pr. BOUI Mohammed\*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
 Pr. CHAKOUR Mohammed \*  
 Pr. CHTATA Hassan Toufik\*  
 Pr. DOGHMI Kamal\*  
 Pr. EL MALKI Hadj Omar  
 Pr. EL OUENNASS Mostapha\*  
 Pr. ENNIBI Khalid\*  
 Pr. FATHI Khalid  
 Pr. HASSIKOU Hasna \*  
 Pr. KABBAJ Nawal  
 Pr. KABIRI Meryem  
 Pr. KARBOUBI Lamya  
 Pr. L'KASSIMI Hachemi\*  
 Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
 Pr. MARMADE Lahcen  
 Pr. MESKINI Toufik  
 Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
 Pr. MSSROURI Rahal  
 Pr. NASSAR Ittimade  
 Pr. OUKERRAJ Latifa  
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani \*

**PROFESSEURS AGREGES :**

**Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
 Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
 Pr. BELAGUID Abdelaziz  
 Pr. BOUAITY Brahim\*  
 Pr. CHADLI Mariama\*  
 Pr. CHEMSI Mohamed\*  
 Pr. DAMI Abdellah\*  
 Pr. DARBI Abdellatif\*  
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
 Pr. EL HAFIDI Naima  
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
 Pr. EL MAZOUZ Samir  
 Pr. EL SAYEGH Hachem  
 Pr. ERRABIH Ikram  
 Pr. LAMALMI Najat  
 Pr. MOSADIK Ahlam  
 Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
 Pr. NAZIH Mouna\*

Neuro-chirurgie  
 Radiologie  
 Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale  
 Traumatologie orthopédique  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Hématologie clinique  
 Chirurgie Générale  
 Microbiologie  
 Médecine interne  
 Gynécologie obstétrique  
 Rhumatologie  
 Gastro-entérologie  
 Pédiatrie  
 Pédiatrie  
 Microbiologie **Directeur Hôpital My Ismail**  
 Chimie Thérapeutique  
 Chirurgie Cardio-vasculaire  
 Pédiatrie  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie Générale  
 Radiologie  
 Cardiologie  
 Pneumo-phtisiologie



Anesthésie réanimation  
 Médecine interne  
 Physiologie  
 ORL  
 Microbiologie  
 Médecine aéronautique  
 Biochimie chimie  
 Radiologie  
 Chirurgie pédiatrique  
 Pédiatrie  
 Radiologie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Urologie  
 Gastro entérologie  
 Anatomie pathologique  
 Anesthésie Réanimation  
 Chirurgie générale  
 Hématologie

Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anatomie pathologique

### Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BELAIZI Mohamed\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*  
Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL KHATTABI Abdessadek\*  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. MEHSSANI Jamal\*  
Pr. RAISSOUNI Maha\*

Chirurgie Pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Psychiatrie  
Traumatologie Orthopédique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Médecine Interne  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie pathologique  
Psychiatrie  
Cardiologie

### Février 2013

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOUR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
0.  
Pr. BENSGHIR Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali\*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. DINI Nouzha\*  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa  
Pr. ELFATEMI Nizare  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JOUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir  
Pr. EL KORAICHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
Pr. ERRGUIG Laila

Pharmacologie – Chimie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique  
  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-Chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologie  
Anatomie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie



Pr. FIKRI Meryim  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima  
Pr. KADIRI Mohamed\*  
Pr. LATIB Rachida  
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
Pr. MEDDAH Bouchra  
Pr. MELHAOUI Adyl  
Pr. MRABTI Hind  
Pr. NEJJARI Rachid  
Pr. OUBEJJA Houda  
Pr. OUKABLI Mohamed\*  
Pr. RAHALI Younes  
Pr. RATBI Ilham  
Pr. RAHMANI Mounia  
Pr. REDA Karim\*  
Pr. REGRAGUI Wafa  
Pr. RKAIN Hanan  
Pr. ROSTOM Samira  
Pr. ROUAS Lamiaa  
Pr. ROUIBAA Fedoua\*  
Pr. SALIHOUN Mouna  
Pr. SAYAH Rochde  
Pr. SEDDIK Hassan\*  
Pr. ZERHOUNI Hicham  
Pr. ZINE Ali\*

Radiologie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Pharmacologie  
Neuro-chirurgie  
Oncologie Médicale  
Pharmacognosie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Pharmacie Galénique  
Génétique  
Neurologie  
Ophtalmologie  
Neurologie  
Physiologie  
Rhumatologie  
Anatomie Pathologique  
Gastro-Entérologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Traumatologie Orthopédie

### **Avril 2013**

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim\*  
Pr. GHOUNDALE Omar\*  
Pr. ZYANI Mohammad\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Urologie  
Médecine Interne

**\*Enseignants Militaires**



## MARS 2014

ACHIR ABDELLAH  
BENCHAKROUN MOHAMMED  
BOUCHIKH MOHAMMED  
EL KABBAJ DRISS  
EL MACHTANI IDRISSE SAMIRA  
HARDIZI HOUYAM  
HASSANI AMALE  
HERRAK LAILA  
JANANE ABDELLA TIF  
JEAIDI ANASS  
KOUACH JAOUAD  
LEMNOUER ABDELHAY  
MAKRAM SANAA  
OULAHYANE RACHID  
RHISSASSI MOHAMED JM FAR  
SABRY MOHAMED  
SEKKACH YOUSSEF  
TAZL MOUKBA. :LA.KLA.

**\*Enseignants Militaires**

## DECEMBRE 2014

ABILKACEM RACHID'  
AIT BOUGHIMA FADILA  
BEKKALI HICHAM  
BENAZZOU SALMA  
BOUABDELLAH MOUNYA  
BOUCHRIK MOURAD  
DERRAJI SOUFIANE  
DOBLALI TAOUFIK  
EL AYOUBI EL IDRISSE ALI  
EL GHADBANE ABDEDAIM HATIM  
EL MARJANY MOHAMMED  
FEJJAL NAWFAL  
JAHIDI MOHAMED  
LAKHAL ZOUHAIR  
OUDGHIRI NEZHA  
Rami Mohamed  
SABIR MARIA  
SBAI IDRISSE KARIM

**\*Enseignants Militaires**

Chirurgie Thoracique  
Traumatologie- Orthopédie  
Chirurgie Thoracique  
Néphrologie  
Biochimie-Chimie  
Histologie- Embryologie-Cytogénétique  
Pédiatrie  
Pneumologie  
Urologie  
Hématologie Biologique  
Génécologie-Obstétrique  
Microbiologie  
Pharmacologie  
Chirurgie Pédiatrique  
CCV  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Génécologie-Obstétrique

Pédiatrie  
Médecine Légale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Maxillo-Faciale  
Biochimie-Chimie  
Parasitologie  
Pharmacie Clinique  
Microbiologie  
Anatomie  
Anesthésie-Réanimation  
Radiothérapie  
Chirurgie Réparatrice et Plastique  
O.R.L  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Psychiatrie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.



## AOUT 2015

Meziane meryem  
Tahri latifa

Dermatologie  
Rhumatologie

## JANVIER 2016

BENKABBOU AMINE  
EL ASRI FOUAD  
ERRAMI NOUREDDINE  
NITASSI SOPHIA

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
O.R.L  
O.R.L

## **2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES**

### PROFESSEURS / PRs. HABILITES

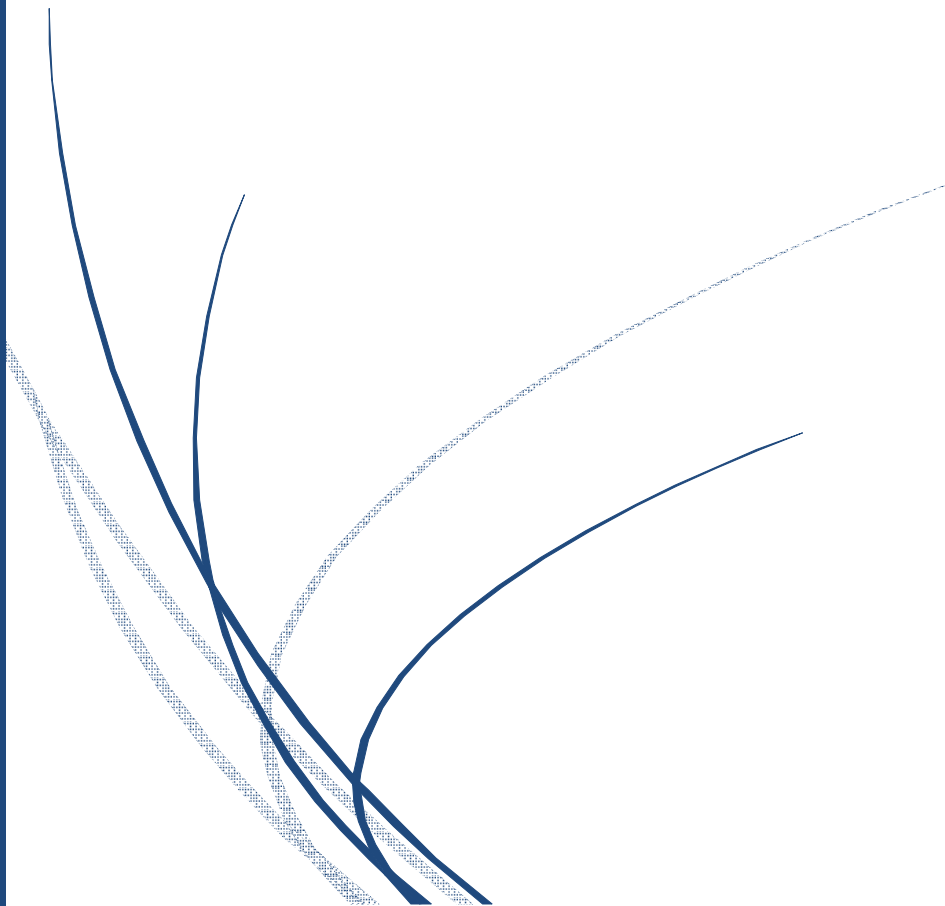
Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naïma	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootéchnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 14/12/2016 par le  
Service des Ressources Humaines*





# *Dédicaces*



 *Je dédie cette thèse à ...* 

## *A mes chers parents*

*Quelques soient mes expressions en ce moment, aucun mot ne saurait exprimer l'estime, le respect et le profond amour que je vous porte.*

*Vous êtes le modèle de la sincérité, d'intégrité et de dévouements.*

*Vos prières et vos immenses sacrifices m'ont toujours poussé à donner le meilleur de moi-même.*

*Puisse Dieu tout puissant, vous prêter longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour.*

*Que ce travail soit pour vous le gage de ma profonde reconnaissance et de ma tendre affection.*

*A Mon cher frère Adnane,  
et sa femme Hajar*

*En témoignage de toute l'affection et des profonds sentiments fraternels que je vous porte et de l'attachement qui nous unit.*

*Je vous souhaite du bonheur et du succès dans toute votre vie.*

*A toute ma famille*

*J'ai beaucoup de chance de vous avoir à mes côtés, et je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.*

*Veillez retrouver en ce travail l'expression de mon amour, ma gratitude et mon grand attachement.*

*A mes très chers amis*

*Vous trouverez ici l'expression de mes sentiments les plus sincères.*

*Avec tout mon amour, je vous souhaite un avenir souriant.*

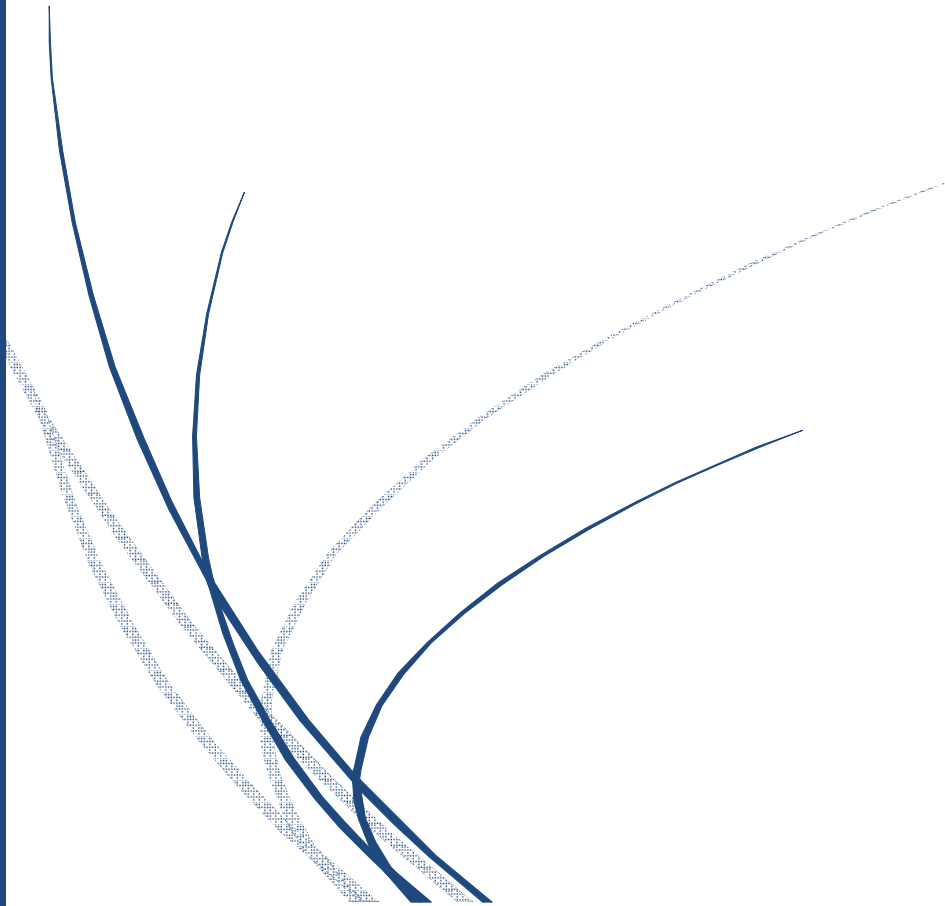
*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

*À tous ceux qui me sont très chers  
et que j'ai omis de citer*

*À toutes les personnes malades et qui souffrent  
Que Dieu vous garde et vous accorde des jours  
meilleurs.*



# *Remerciements*



*A notre maitre et président de thèse*

*Monsieur MIMOUN ZOUHDI.*

*Professeur de microbiologie CHU Ibn Sina-Rabat*

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre jury de thèse. Vous nous avez accueillis avec beaucoup de gentillesse et d'égard. Vos compétences, vos qualités humaines et la richesse de votre enseignement n'ont jamais cessé de susciter en nous l'admiration la plus profonde. Veuillez croire, cher maître à notre estime et notre respectueuse considération.*

*À notre maître et rapporteur de thèse*

*Monsieur le Colonel YASSINE SAKHSOKH.*

*Professeur de microbiologie Hôpital militaire Mohammed V*

*Vous nous avez fait le grand honneur de nous confier cette Thèse. Votre gentillesse, votre modestie et vos qualités humaines n'ont rien d'égales que votre compétence qui mérite toute admiration. Vous nous avez toujours reçus avec une immense sympathie. Recevez ici, l'expression de notre reconnaissance et notre profond respect.*

*A notre maitre et juge de thèse*

*Madame SAKINA EL HAMZAOU*

*Professeur de Microbiologie Hôpital militaire Mohammed V*

*Vous nous faites l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de siéger parmi notre jury de thèse. Veuillez accepter ce travail maître, en gage de notre grand respect et notre profonde reconnaissance.*

*A notre maitre et juge de thèse*

*Madame MARIAMA.CHADLI*

*Professeur de microbiologie*

*Je vous remercie, madame, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse. Qu'il me soit permis, madame, de vous exprimer toute ma reconnaissance, mon respect et mon estime. Veuillez croire, madame, à l'expression de mes sentiments les plus distingués.*

*A notre Maître et Juge de thèse*

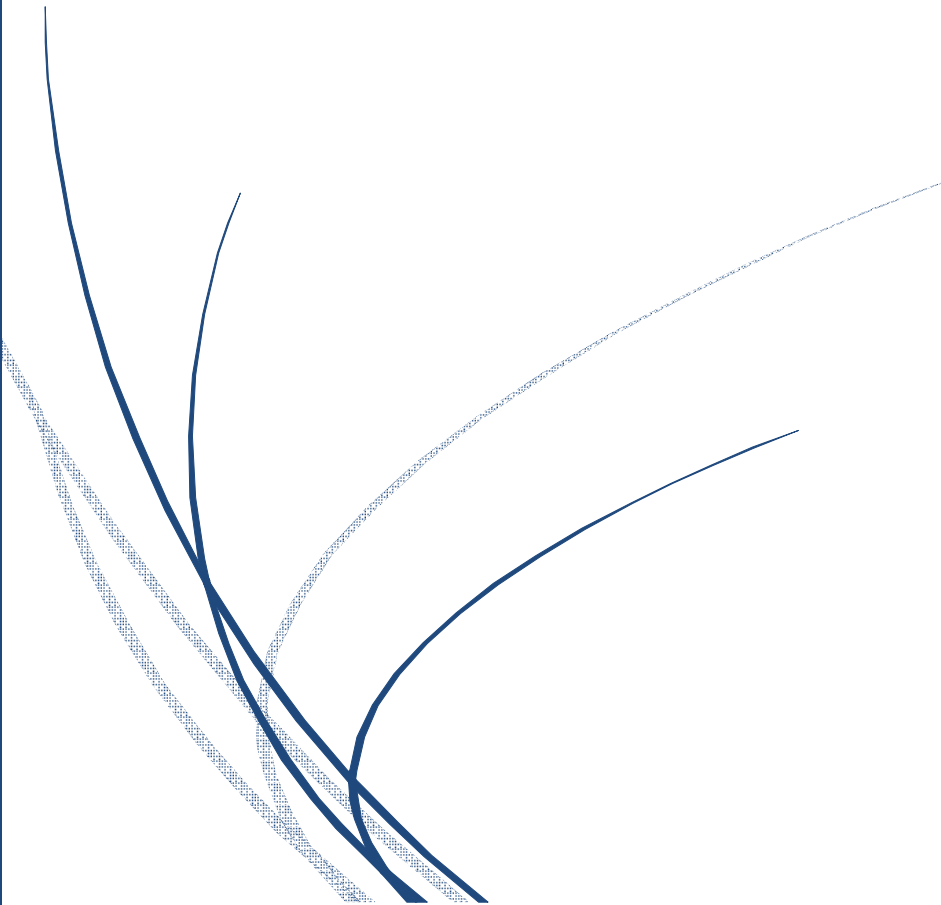
*Madame. NAZIH MOUNA*

*Professeur en Hématologie*

*Nous sommes très honorés par la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de juger ce travail, nous vous en remercions. Votre compétence scientifique et pédagogique fait de vous l'un des enseignants les plus remarquables qu'on puisse rencontrer au cours de son cursus universitaire. Veuillez trouver, chère Maitre, dans ce travail, l'expression de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.*



# *Liste des illustrations*



## Liste des abréviations

<b>1G</b>	: Première Génération
<b>2G</b>	: Deuxième Génération
<b>3G</b>	: Troisième Génération
<b>4G</b>	: Quatrième Génération
<b>ACD</b>	: La dermatite de contact allergique
<b>AMRC</b>	: Accès Multiple à Répartition par Code
<b>AMRF</b>	: Accès Multiple à Répartition en Fréquence
<b>AMRT</b>	: Accès Multiple à Répartition dans le temps
<b>CEM</b>	: Champs électromagnétiques
<b>DAS</b>	: Débit d'absorption spécifique
<b>EHS</b>	: hypersensibles électromagnétiques
<b>GPRS</b>	: General Packet Radio System
<b>GSM</b>	: Global Systems for Mobile Communications
<b>GSMA</b>	: Groupe Spéciale Mobile Association
<b>Icnirp</b>	: Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants
<b>OMS</b>	: Organisation mondiale de la santé
<b>RF</b>	: Radiofréquence
<b>UMTS</b>	: Universel mobile telecommunications system

## Liste des figures

Figure 1 : Onde électromagnétique .....	7
Figure 2 : Spectre électromagnétique .....	11
Figure 3 : Domaines d'utilisation du spectre des radiofréquence d'après Rania Ghosn.....	13
Figure 4 : Fonctionnement du Téléphone portable .....	16
Figure 5 : Réseau cellulaire de téléphonie mobile.....	18
Figure 6 : "Fantôme" dans lequel une sonde mesure le niveau d'exposition aux radiofréquences .....	20
Figure 7 : Première démonstration de la transmission de la voix .....	22
Figure 8 : Evolutions technologiques .....	25
Figure 9 : Ménages équipés d'au moins un téléphone mobile (% des ménages)	26
Figure 10 : Evolution des équipements des individus (12-65 ans) en téléphonie mobile par milieu de résidence .....	27
Figure 11 : Pénétration des ondes électromagnétiques dans le corps humain en fonction de leur fréquence .....	30
Figure 12: Images infrarouges d'un sujet féminin pendant la conversation sur le téléphone portable en mode contact à t = (a) 0, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20, (f) 25, (g) 30, (h) 35 et (i) 40 min, respectivement .....	32
Figure 13 : Images infrarouges d'un sujet féminin pendant la conversation sur le téléphone portable en mode sans contact à t = (a) 0, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20, (f) 25, (g) 30, (h) 35 et (i) 40 min, respectivement .....	33

Figure 14 : Schéma de l'oreille .....	36
Figure 15 : Degré de pénétration des radiations de portable.....	47
Figure 16 : Emissions potentielles de téléphones mobiles[79] .....	55
Figure 17 : Gravure de deuxième degré localisé sur la cuisse gauche après la destruction spontanée de la batterie du téléphone cellulaire. (A) brûlure obtenue à partir de la récupération de la batterie endommagée lors de la présentation initiale. (B) Après labrûlure de la cuisse gauche. (C) La brûlure observée en clinique une semaine après l'incidence initiale.....	61
Figure 18: Photographie d'une pochette anti-radiation .....	67
Figure 19 : Patch anti-radiation .....	68
Figure 20 : Positionnement du patch .....	68



# *Sommaire*



<b>Introduction</b> .....	1
<b>Première partie : Téléphones portables</b> .....	4
1- Généralités sur les ondes électromagnétiques.....	5
1-1- Qu'est qu'une onde ? .....	5
1-2- Définition des ondes électromagnétiques .....	5
1-3- Création d'un champ électromagnétique.....	6
1-4- Caractéristiques des ondes électromagnétiques.....	7
1-5- Spectre électromagnétique .....	9
1-5-1- Rayonnements ionisants .....	10
1-5-2- Rayonnements non ionisants .....	10
1-6- Sources d'exposition aux champs électromagnétiques.....	12
1-6-1- Champs électromagnétiques d'origine naturelle .....	12
1-6-2- Champs électromagnétiques créés par l'activité humaine .....	12
2- Radiofréquences et téléphonie mobile.....	12
2-1- Principe de la communication radioélectrique .....	14
2-2- Onde porteuse d'information .....	14
2-3- Fonctionnement du téléphone portable .....	16
2-4- Réseaux de téléphonie mobile.....	17

2-5- Puissance d'émission .....	18
2-6-Téléphones mobiles et débit d'absorption spécifique .....	19
3- Evolution de la téléphonie mobile et statistiques d'utilisation .....	21
3-1- Invention du téléphone .....	21
3-2- Evolutions technologiques .....	22
3-3- Statistiques d'équipement en téléphone mobile au Maroc .....	26
3-3-1- Equipement des ménages en téléphone mobile .....	26
3-3-2- Equipement des individus en téléphone mobile .....	26
<b>Deuxième partie : Dangers du téléphone portable .....</b>	<b>28</b>
1- Effets directs .....	29
1-1- Echauffement .....	30
1-2- Troubles de fertilité .....	33
1-3- Troubles d'audition.....	36
1-4- Troubles du sommeil .....	39
1-5- Interférence électromagnétique.....	41
1-6- Cancer du cerveau .....	42
1-6-1- Etude cohorte.....	44
1-6-1-1- Cohorte Danoise .....	44
1-6-1-2- Million women study .....	44

1-6-2- Etude cas-témoins.....	44
1-6-2-1- Première étude américaine .....	45
1-6-2-2- Etude INTERPHONE .....	45
1-6-2-3- Etudes chez les enfants .....	46
1-6-2-4- Etude CERENAT .....	47
1-6-3- Avis de l'organisation mondiale de la santé .....	48
1-6-4- Futures études épidémiologiques .....	48
1-6-4-1- Etude cas-témoins .....	48
1-6-4-2- Etude cohorte .....	49
1-6-5- Conclusions pouvant être tirées de ces études.....	49
1-7- Hypersensibilité électromagnétique .....	49
2- Effets indirects .....	51
2-1- Addiction.....	51
2-2- Risques sur l'environnement.....	53
2-2-1- Consommation d'énergie .....	53
2-2-2- Déchets .....	54
2-3- Accident par inattention humaine .....	56
2-4- Contamination bactérienne .....	57
2-5- Allergie de contact.....	59

2-6- Brûlures .....	60
3- Autres effets .....	62
<b>Partie 3 : Règles et conseils d'usage du téléphone portable .....</b>	<b>63</b>
1- Conseils .....	64
2- Moyens de protection contre les ondes électromagnétiques .....	66
3- Les limites d'exposition nous protègent ? .....	69
4- Comment connaître le DAS de son téléphone ? .....	69
<b>Conclusion .....</b>	<b>70</b>
<b>Résumé</b>	
<b>Bibliographie et webographie</b>	



# *Introduction*



Les ondes sont présentes partout où nous allons et de la même manière que l'air nous entoure, un champ électromagnétique nous enveloppe en permanence. Car depuis qu'il les a découverts et qu'il est en mesure de les expliquer d'un point de vue scientifique, l'homme a appris à maîtriser la création et la détection de champs électromagnétiques. Il est même en mesure de les moduler, c'est-à-dire de jouer sur leur amplitude ou leur fréquence, pour leur faire porter des informations. Dans ce cas, ce sont essentiellement les champs hautes fréquences qui sont mis à contribution. La téléphonie mobile est une application de ce principe.

Le téléphone portable est devenu un véritable phénomène de société, ainsi le secteur de la téléphonie mobile a connu de profondes mutations en l'espace de quelques années. Aujourd'hui l'union internationale de télécommunications, estime qu'en 2016 7,4 milliards de personnes sont équipées d'un téléphone portable, soit quasiment la totalité de la population mondiale [1]. Ce développement a entraîné une augmentation du nombre de personnes exposées, ainsi de nombreuses interrogations sont donc nées quant à la nocivité de cette technologie.

Classiquement en toxicologie, le risque caractérisé est directement lié à la « dose » de l'agent en cause et c'est le cas ici des champs électromagnétiques. Alors la question est très souvent présente dans nos esprits. Les ondes électromagnétiques utilisées dans les téléphones portables ont-elles un effet néfaste sur notre santé ? Surtout qu'avec la téléphonie mobile, on approche, pour la première fois, une source radiofréquence (RF) près du cerveau.

Le sujet recouvre plusieurs exemples d'effets causés par les ondes électromagnétiques utilisées dans les téléphones portables. Nous nous sommes focalisés sur les effets suivants : Echauffement, troubles de fertilité, troubles d'audition, troubles du sommeil, interférence électromagnétiques, hypersensibilité électromagnétiques et le cancer du cerveau.

Les risques pour la santé de téléphonie mobile, mettent également en lumière d'autres effets non liées aux ondes des téléphones portables comme les accidents de la route, les allergies, les risques sur l'environnement, les brûlures, la contamination bactérienne et l'addiction.

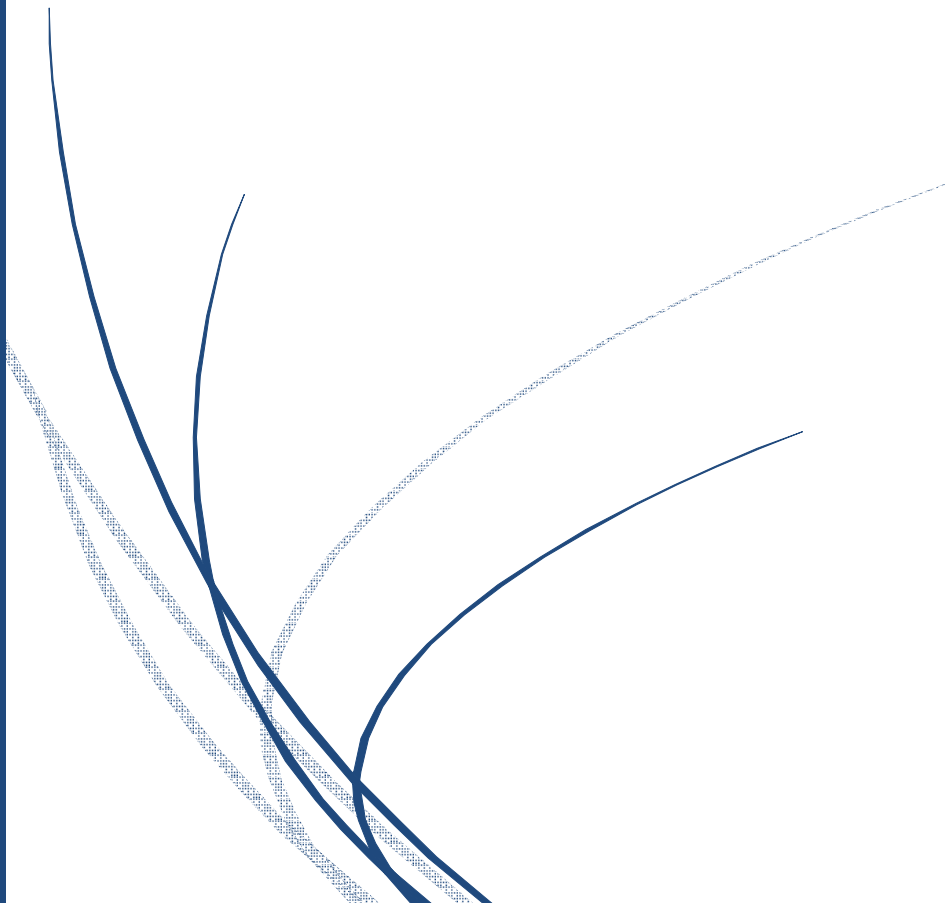
Nous nous sommes intéressés à présenter les effets sous forme d'effets directs liés aux ondes émises par le téléphone portable et effets indirects liés à d'autres facteurs.

Les objectifs de notre étude sont :

- Évaluer les risques liés à l'utilisation du téléphone portable
- Proposer des conseils pour réduire l'impact du téléphone sur la santé



*Première partie :  
Téléphones portables*



# **1- Généralités sur les ondes électromagnétiques**

## **1-1- Qu'est qu'une onde ?**

Dérivé du latin unda, le mot onde désigne d'abord l'eau mobile, en particulier les mouvements de la surface de la mer. À partir du XVIIIe siècle, le mot onde désigne une propagation à la surface d'un liquide. Il est ensuite généralisé à tout phénomène de propagation, supporté par un milieu matériel (les ondes mécaniques) ou sans support matériel (les ondes électromagnétiques). C'est dans ce cadre général que nous allons définir une onde. Toute onde est associée à une vibration, une oscillation, qui se transmet de proche en proche. Une oscillation ou une vibration est un changement périodique d'une quantité physique : une position, une hauteur, un champ électrique, une force, etc.[2].

## **1-2- Définition des ondes électromagnétiques**

Les rayonnements électromagnétiques sont une forme de transport de l'énergie sans support matériel. Très hétérogènes par l'énergie qu'ils transportent et par leurs possibilités d'interaction avec la matière et en particulier les structures biologiques, ils peuvent être décrits soit comme des ondes électromagnétiques (modèle ondulatoire), soit comme un flux de photons (modèle corpusculaire).

### **Modèle ondulatoire:**

Du à Maxwell (1865), le modèle ondulatoire est fondé sur la notion d'onde électromagnétique. Une onde électromagnétique est la combinaison d'un champ électrique  $E$ , exprimé en volt par mètre (V/m) et d'un champ magnétique  $H$ , exprimé en ampère par mètre (A/m), perpendiculaire à  $E$ . Ces deux champs se propagent à la même vitesse (appelée « célérité ») dans une direction

perpendiculaire au plan qui contient E et H. On utilise souvent une autre expression de la composante magnétique : « induction magnétique » ou « densité de flux magnétique » notée B, exprimée en tesla (T). Par abus de langage, B est souvent appelé « champ magnétique » [3].

### **1-3- Création d'un champ électromagnétique**

Le champ électrique E caractérise l'effet d'attraction ou de répulsion exercé par une charge électrique sur une autre. Toute charge électrique produit un champ électrique. La tension, qui traduit l'accumulation de charges, génère donc du champ électrique. Ainsi, lorsqu'une lampe est branchée, il y a un champ électrique, même si la lampe n'est pas allumée. L'intensité du champ électrique décroît très vite avec la distance. Son intensité se mesure en Volts par mètre (V/m).

Le champ magnétique B est généré par des charges électriques en mouvement (c'est-à-dire des courants électriques) et réciproquement, son action s'exerce également sur des charges en mouvement. Lorsque la lampe est allumée, il existe, en plus du champ électrique, un champ magnétique généré par le passage du courant dans le câble d'alimentation et l'ampoule. L'intensité du champ magnétique décroît rapidement avec la distance. Le champ magnétique se mesure en Ampères par mètre (A/m) ou Tesla (T). Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'air à la vitesse de la lumière, soit 300 000 km/s.

Les ondes électromagnétiques ne sont alors que la propagation couplée de ces deux champs ainsi créés (Figure 1) [4].

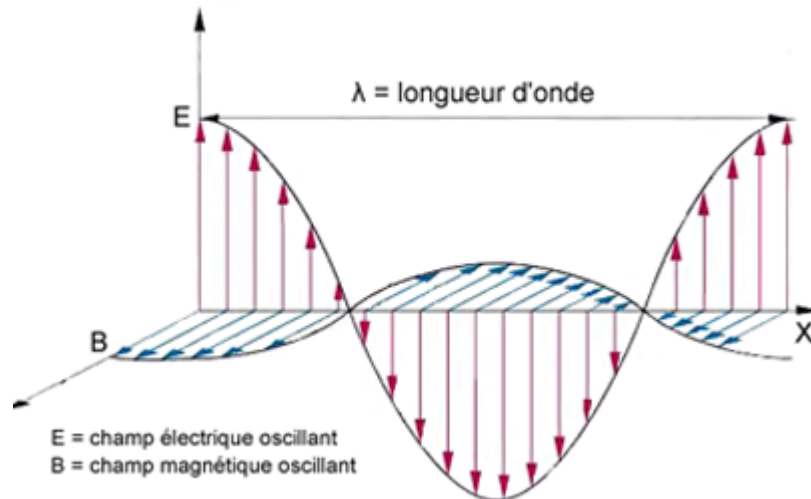


Figure 1 : Onde électromagnétique [5].

#### 1-4- Caractéristiques des ondes électromagnétiques

Les principales caractéristiques d'une onde électromagnétique sont :

- La longueur d'onde ( $\lambda$ ) : elle exprime le caractère oscillatoire périodique de l'onde dans l'espace. C'est la longueur d'un cycle d'une onde, la distance séparant deux crêtes successives. Elle est mesurée en mètre ou en l'un de ses sous-multiples, les ondes électromagnétiques utilisées en télédétection spatiale ayant des longueurs d'onde relativement courtes :

Le nanomètre  $\Rightarrow 1 \text{ nm} = 10^{-9}$  mètre

Le micromètre  $\Rightarrow 1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}$  mètre

Le centimètre  $\Rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2}$  mètre.

- La période (T) : elle représente le temps nécessaire pour que l'onde effectue un cycle. L'unité est la seconde.

- La fréquence ( $\nu$ ): inverse de la période, elle traduit le nombre de cycles par unité de temps. Elle s'exprime en Hertz (Hz), un Hz équivaut à une

oscillation par seconde ou en multiples du Hertz, les ondes électromagnétiques utilisées en télédétection spatiale ayant des fréquences très élevées :

Le kilohertz  $\Rightarrow 1 \text{ KHz} = 10^3 \text{ Hz}$

Le mégahertz  $\Rightarrow 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

Le gigahertz  $\Rightarrow 1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$ .

Longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles et unies par la relation suivante :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Où

-  $\lambda$  : longueur d'onde de l'onde électromagnétique

-  $c$  : vitesse de la lumière ( $3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

-  $\nu$  : la fréquence de l'onde

Par conséquent, plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et réciproquement [6].

### **Modèle corpusculaire :**

La notion d'onde électromagnétique est complémentaire à celle du photon. Cela repose sur le principe de la dualité onde- corpuscule selon lequel tous les objets microscopiques sont dotés simultanément des propriétés d'ondes et de particules. Ce concept s'intègre dans les fondements de la mécanique quantique.

D'un point de vue corpusculaire, l'onde électromagnétique représente donc un ensemble de photons dont l'énergie est définie par la relation de Planck-Einstein.

$$E = h.F$$

Où

-h est la constante de Planck. Elle est exprimée en joule par seconde (J.s).

$$h = 6,63.10^{-34} \text{J.s.}$$

-E est l'énergie d'un photon exprimée en joule dans le système international (SI) et est proportionnelle à la fréquence.

De plus, la puissance est proportionnelle à l'énergie. Comme le confirme la relation entre la puissance et l'énergie :

$$P = \text{Energie}/t \text{ (t = temps).}$$

- La puissance d'émission d'un émetteur s'exprime en watts (W) ou en décibels (dB). La puissance d'un émetteur dépend de la puissance électrique qui est fournie à l'émetteur, mais aussi des caractéristiques du rayonnement de l'émetteur considéré.

- La densité de puissance d'un champ électromagnétique représente la puissance par unité de surface en un lieu donné. A une certaine distance d'un émetteur, la densité de puissance correspond au produit du champ électrique par le champ magnétique et s'exprime donc en watts par mètre carré ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). La densité de puissance décroît très rapidement avec la distance. Ainsi, à une distance de 10 mètres de l'émetteur, la densité de puissance est divisée par 100 [7, 8].

## **1-5- Spectre électromagnétique**

Il existe plusieurs catégories d'ondes électromagnétiques. Chaque type de rayonnement est caractérisé par une gamme de fréquences.

Le spectre électromagnétique représente la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie. En partant des ondes les plus énergétiques, on distingue successivement les rayonnements ionisants et les rayonnements non ionisants [9].

Quelle différence y a-t-il entre un rayonnement ionisant et un rayonnement non ionisant ?

Pour certains rayonnements électromagnétiques, l'énergie du photon est tellement élevée que les ondes électromagnétiques sont capables de briser les liaisons intra- et intermoléculaires. Parmi les rayonnements qui composent le spectre électromagnétique, les rayons gamma émis par les substances radioactives, les rayons cosmiques et les rayons X possèdent cette propriété et sont appelés " rayonnements ionisants". Les rayonnements qui ne sont pas suffisamment énergétiques pour rompre les liaisons intramoléculaires sont dits " non ionisants" [10].

#### **1-5-1- Rayonnements ionisants :**

Certains rayonnements ultraviolets observés au-delà de la couche d'ozone, les rayons X (utilisés pour l'imagerie médicale) mais aussi les rayons gamma font partie des rayonnements ionisants.

#### **1-5-2- Rayonnements non ionisants :**

On distingue parmi les rayonnements non ionisants :

- Une partie des rayonnements ultraviolets (UV) naturels issus du soleil et atteignant la terre (de type UVA et UVB) mais aussi ceux produits pour le bronzage artificiel.

- Le domaine visible : correspond à la partie très étroite du spectre électromagnétique perceptible par notre œil. C'est dans le domaine visible que le rayonnement solaire atteint son maximum (0,5  $\mu\text{m}$ ) et c'est également dans cette portion du spectre que l'on peut distinguer l'ensemble des couleurs de l'arc en ciel, du bleu au rouge.

- Les rayonnements infrarouges : produits par le chauffage, les détecteurs de mouvement, les télécommandes et détectés par les appareils de vision de nuit, etc.

- Les RF : utilisées par la télévision, la radio, la téléphonie mobile, le Wifi, les services de secours, etc.

- Les basses fréquences : représentées par exemple par les lignes électriques [8].

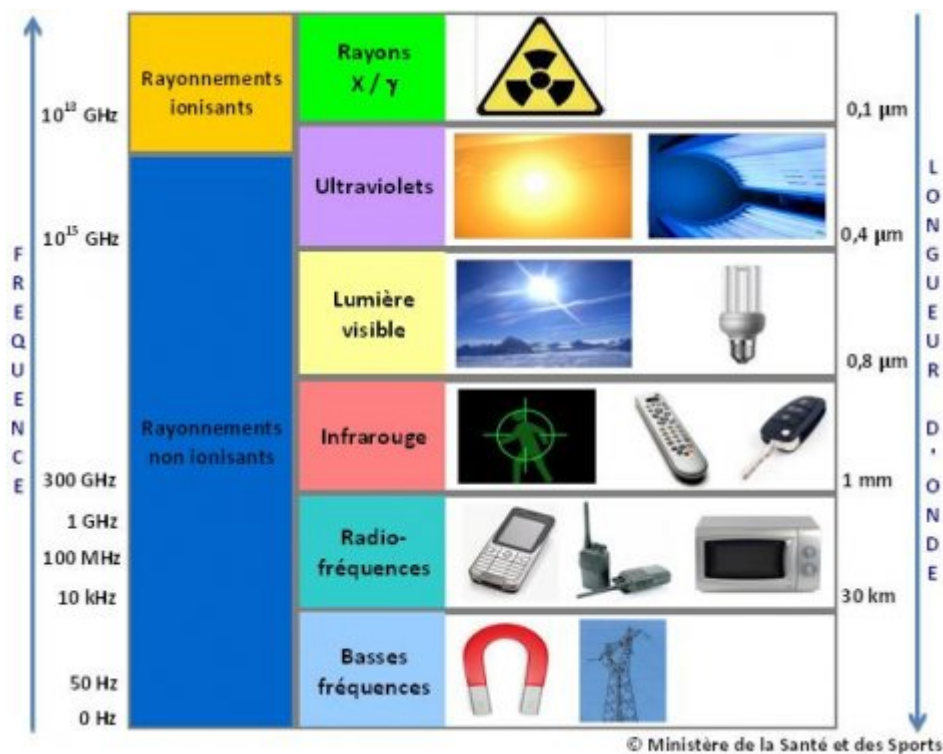


Figure 2 : Spectre électromagnétique [8].

## **1-6- Sources d'exposition aux champs électromagnétiques**

### **1-6-1- Champs électromagnétiques d'origine naturelle :**

Bien que non perceptibles par l'œil humain, des champs électromagnétiques sont partout présents dans notre environnement. Ainsi, l'apparition en certains points de l'atmosphère de charges électriques sous l'influence d'orages donne naissance à un champ électrique. L'orientation de l'aiguille aimantée d'une boussole dans la direction nord-sud est due au champ magnétique terrestre qui est également utilisé comme aide à la navigation par les oiseaux et les poissons.

### **1-6-2- Champs électromagnétiques créés par l'activité humaine :**

A côté des sources naturelles qui composent le spectre électromagnétique, existent d'autres champs qui résultent de l'activité humaine : ces champs sont par exemple à l'origine des rayons X que l'on utilise notamment pour mettre en évidence les fractures dues à des accidents de sport. Au niveau de toute prise de courant existe un champ électromagnétique de basse fréquence engendré par le courant électrique. Nous utilisons également toutes sortes de rayonnements dans le domaine des RF élevées pour la transmission d'informations, au moyen d'antennes de télévision et de radio ou encore pour la liaison avec les téléphones portables [10].

## **2- Radiofréquences et téléphonie mobile**

Les RF ont une fréquence située entre 3 KHz et 300 GHz, mais l'essentiel des applications des communications sans fil dont le téléphone portable utilise une onde de fréquence autour du GHz. Ces ondes se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière, et la puissance qu'elles transportent décroît avec le carré

de la distance. L'onde électromagnétique de la téléphonie mobile appartient précisément à la bande de fréquences ultra hautes (UHF) qui a une des fréquences comprise entre 300 MHz et 3 GHz.

Les ondes radio sont caractérisées par leur fréquence, leur modulation et la puissance avec laquelle elles sont émises. Le spectre RF est divisé en bandes (figure 3) [11].

	<i>Dénomination</i>	<i>Fréquence</i>	<i>Domaines d'utilisation</i>
<b>RADIOFRÉQUENCES</b>	Extrêmement basses Fréquences (ELF)	0 - 300 Hz	Réseaux électriques et électroménagers
	Fréquences audio (VF)	0,3 - 3 kHz	Chauffages par induction
	Très basses Fréquences (LF)	3 - 30 kHz	Radiolocalisation submeritaire
	Basses Fréquences (LF)	30 - 300 kHz	Radionavigation
	Fréquences moyennes (MF)	0,3 - 3 MHz	Radiotélécommunication
	Hautes Fréquences (HF)	3 - 30 MHz	Radiodiffusion locale
	Très Hautes Fréquences (VHF)	30 - 300 MHz	Radio FM, télévision
	Fréquences ultrahautes (UHF)	0,3 - 3 GHz	Téléphones mobiles
	Fréquences superhautes (SHF)	3 - 30 GHz	Radars
	Extrêmement hautes Fréquences (EHF)	30 - 300 GHz	Communications par Satellite
	Infrarouge (IR)	0,3 - 385 THz	Systèmes de sécurité
	Lumière visible	385 - 750 THz	Vision humaine
	Ultraviolet (UV)	750 THz - 3 PHz	Solarium

Figure 3 : Domaines d'utilisation du spectre des radiofréquence [12].

## **2-1- Principe de la communication radioélectrique**

Les télécommunications et les communications radioélectriques sans fil utilisent les ondes électromagnétiques comme support pour transmettre et véhiculer de l'information entre un émetteur et un récepteur. Ces informations peuvent être des données, de la voix, des images et des vidéos. Le principe d'une transmission radioélectrique repose sur la transformation du signal à transmettre (voix, données, vidéos) en une onde électromagnétique qui se propage jusqu'au récepteur. Ainsi, le système électronique d'émission transforme le signal à transmettre en signaux électriques, que l'antenne d'émission envoie dans l'espace sous forme d'onde électromagnétique. L'antenne de réception transforme alors les ondes reçues en un signal électrique et en données numériques ou analogiques correspondant au signal émis.

En fonction du signal à transmettre et donc de l'application ou du service associé, l'information est transmise entre l'émetteur et le récepteur selon des protocoles de communication et des techniques de modulation et de démodulation différents. Ces protocoles et types de modulations sont adaptés en fonction des caractéristiques des données à transmettre, des performances souhaitées (débit), des contraintes techniques (bande de fréquences utilisée, puissance d'émission maximale, distance entre l'émetteur et le récepteur, etc.) [13].

## **2-2- Onde porteuse d'information**

Les RF sont largement utilisées pour le transport de l'information. Toutefois, deux remarques s'imposent : d'une part, une onde "pure", dont l'amplitude et la fréquence sont constantes dans le temps, ne contient aucune information. D'autre part, l'information à transmettre (voix, image, son, texte,

etc.), une fois convertie en signal électrique, occupe un spectre de fréquences trop basses pour être directement émise au moyen d'une antenne. La solution consiste donc à utiliser une onde dite porteuse, de fréquence suffisamment élevée, pour être efficacement rayonnée par une antenne de dimension raisonnable. Avant d'être émise, cette onde porteuse est "marquée " par l'information à transmettre. Cette opération de marquage porte le nom de "modulation" [14].

Deux grandes classes de modulation existent

- Modulation analogique : le signal est transmis en faisant varier un des paramètres physiques de l'onde électromagnétique.
- Modulation numérique : les données sont transmises sous forme de valeurs binaires [13].

La démodulation désigne l'opération inverse de la modulation permettant de récupérer l'information contenue dans une porteuse modulée. Dans une chaîne de réception, c'est l'opération la plus délicate en raison du bruit, capté par l'antenne ou engendré par la chaîne de réception, qui se superpose au signal utile. La démodulation nécessite l'utilisation d'un circuit "non-linéaire". L'aspect non-linéaire est absolument essentiel pour faire réapparaître, puis, isoler les différentes composantes spectrales de l'information. Pour que la démodulation s'effectue dans de bonnes conditions, il est impératif que le rapport signal à bruit avant démodulation soit supérieur à un certain seuil, qui dépend du type de modulation. C'est ce seuil qui permet de définir la sensibilité de la chaîne de réception [14].

## 2-3- Fonctionnement du téléphone portable

Le téléphone mobile convertit la voix en un signal électrique ; ce signal est appliqué à une onde RF (la porteuse) qui se propage jusqu'à une antenne relais via l'antenne du téléphone. Le rôle des antennes est alors 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.

Le signal est ensuite transmis à une centrale, qui transmet à l'antenne relais la plus proche du destinataire, qui reçoit ensuite le signal. Chaque antenne relais couvre une portion du territoire constituant une cellule, d'où le nom de téléphone cellulaire [15, 16].

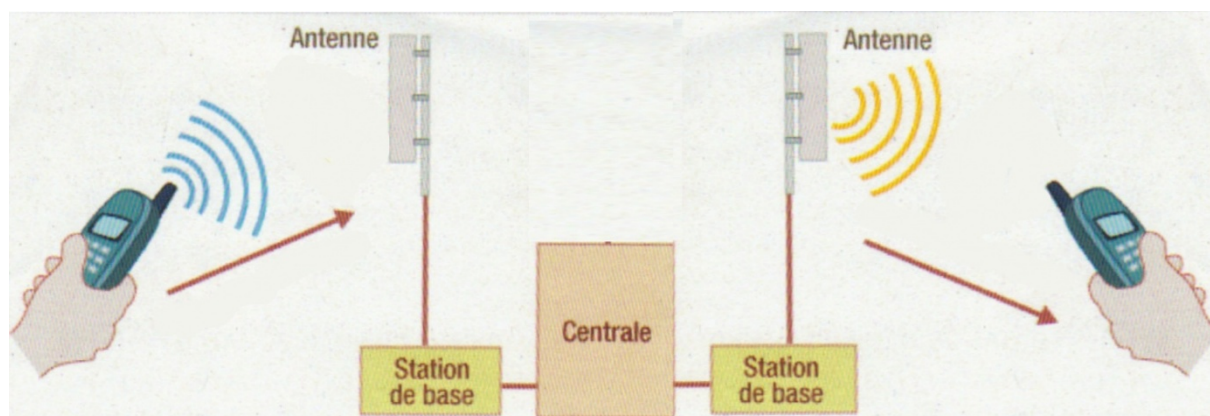


Figure 4 : Fonctionnement du Téléphone portable [15].

La téléphonie mobile met en œuvre des techniques de modulation numérique complexes. De plus, la même fréquence porteuse est utilisée pour transmettre plusieurs messages indépendants qu'il convient de ne pas mélanger. Ainsi, la modulation proprement dite de chacun des messages est suivie d'un

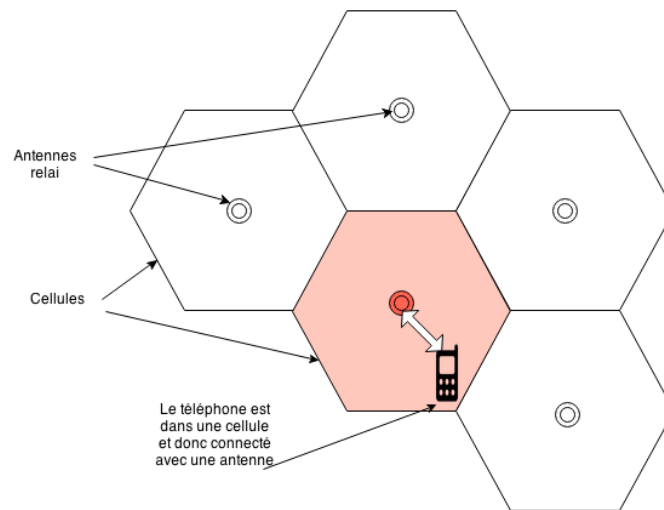
rassemblement des différents messages modulés véhiculés par la même onde porteuse. Il existe plusieurs modalités (protocoles d'accès) permettant d'y parvenir, qui fixent les conditions d'accès d'un utilisateur au réseau de transmission. On peut ainsi affecter à chaque utilisateur, soit un créneau temporel par la norme accès multiple à répartition dans le temps (AMRT), soit une bande de fréquence par la norme accès multiple à répartition en fréquence (AMRF), soit encore un code particulier par la norme accès multiple à répartition par code (AMRC). À la réception, la séparation des différentes communications s'effectue, respectivement, dans le domaine temporel, fréquentiel ou à partir de codes. Dans tous les cas, l'onde émise par un émetteur se présente sous la forme d'une porteuse modulée. Le spectre de la porteuse modulée se répartit de part et d'autre de la fréquence porteuse, sur une étendue qui dépend de l'information à transmettre, du système de modulation et du protocole d'accès. Les mécanismes de rayonnement et de propagation (interaction avec les obstacles, pénétration dans les tissus biologiques, etc.) dépendent de la fréquence porteuse et non pas du type de modulation.

Un téléphone portable est donc composé à la fois d'un modulateur associé au microphone et d'un démodulateur intervenant en amont du haut-parleur [17].

## **2-4- Réseaux de téléphonie mobile**

Les réseaux de téléphonie mobile sont des réseaux cellulaires construits à partir d'un ensemble de stations de base qui sont constituées d'antennes d'émission et de réception et des systèmes électroniques associés. Chaque station de base émet sur une zone de couverture définie (une cellule) et assure la communication avec les téléphones mobiles qui sont situés à l'intérieur de cette

cellule (*figure 4*). Les stations de base et les équipements terminaux (téléphone mobile) sont à la fois émetteurs et récepteurs [18].



**Figure 5 : Réseau cellulaire de téléphonie mobile [19].**

## **2-5- Puissance d'émission**

En effet, la puissance d'émission d'un téléphone est modulée par un dispositif dit de « contrôle de puissance », qui optimise la puissance d'émission du mobile. Par exemple, celui-ci va émettre 250 mW à plusieurs kilomètres de l'antenne, et uniquement 10 mW à proximité.

Le dispositif de contrôle de puissance a pour objet de réduire les interférences entre utilisateurs dans une même cellule, et de permettre la diminution du volume de la batterie, grâce à une moindre consommation. Lors de la connexion de l'utilisateur du mobile avec son correspondant, la puissance émise est ajustée à un niveau élevé permettant d'avoir une communication immédiate optimale, puis le contrôle de puissance réduit celle-ci, jusqu'à se

stabiliser au niveau minimum compatible avec une bonne qualité de la communication.

Le déplacement de l'utilisateur (lors de la marche ou d'un transfert en voiture, par exemple) fait prendre le relais par plusieurs stations de base («handover » ou changement de cellule) successivement, chacune démarrant sa communication à un niveau élevé, puis abaissant la puissance. Il arrive que l'environnement radioélectrique (éloignement...) ne permette pas une réduction systématique de puissance. Dans ce cas, le téléphone mobile émet au maximum. Cette possibilité impose que la puissance des mobiles soit forcée à sa valeur maximale pour opérer l'analyse de la conformité des radiotéléphones aux normes [20].

## **2-6- Téléphones mobiles et débit d'absorption spécifique**

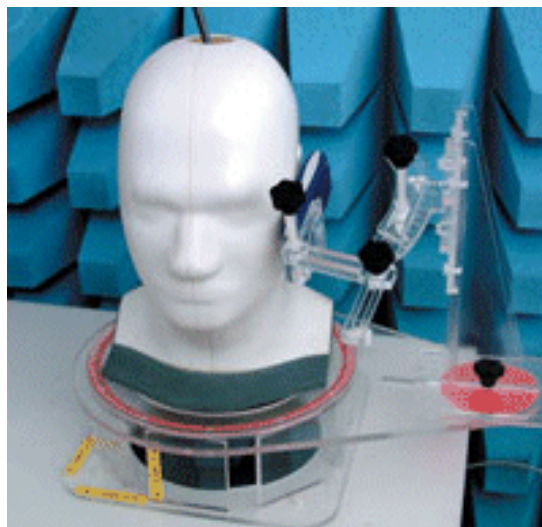
Les questions posées de façon récurrente à propos de la téléphonie mobile sont principalement d'ordre technique et biologique : à quel rayonnement est-on exposé et quel est le niveau d'exposition entraînant des effets néfastes avérés pour la santé ?

Le débit d'absorption spécifique (DAS) est pourtant l'indicateur utilisé pour quantifier le niveau de RF émises par un téléphone portable, lorsqu'il fonctionne à la puissance maximale. Il s'agit donc, à l'aide de cet indicateur, d'assurer une protection aux utilisateurs du téléphone mobile contre les effets sanitaires possibles des ondes électromagnétiques.

Exprimé en Watts par kilo, (W/Kg), le DAS représente la puissance absorbée par le corps par unité de masse de tissu.

Afin de déterminer de manière rigoureuse les niveaux de DAS pour les différentes configurations possibles, des méthodes et techniques de dosimétrie ont été développés. Celles-ci peuvent être expérimentales, mais aussi théoriques et numériques.

La dosimétrie expérimentale consiste à mesurer le DAS directement dans un échantillon exposé aux champs électromagnétiques, de tissus biologiques ou quand ce n'est pas réalisable, dans un mannequin ou fantôme réalisé pour représenter, aussi fidèlement que possible, les propriétés morphologiques et électromagnétiques de tout ou partie du corps humain. Pour cela, des sondes de champ électrique ou des sondes thermiques peuvent être utilisées, car le DAS découle de la répartition du champ électromagnétique dans les tissus qui se traduit alors par un échauffement de ces tissus. (Figure 5)



**Figure 6 : "Fantôme" dans lequel une sonde mesure le niveau d'exposition aux radiofréquences [21].**

La dosimétrie théorique et numérique est la résolution directe des équations de Maxwell qui décrivent l'interaction entre le champ électromagnétique et le milieu biologique ou équivalent. Les progrès tant au niveau des codes de calcul que des moyens informatiques ont considérablement amélioré les performances de ce type d'analyse, ce qui permet de traiter des modèles de plus en plus complexes, précis et réalistes des milieux exposés avec rapidité et efficacité.

Le DAS est utile pour définir les normes d'exposition dans le domaine de la santé publique et pour évaluer les effets induits par le téléphone portable [22].

### **3- Evolution de la téléphonie mobile et statistiques d'utilisation**

#### **3-1- Invention du téléphone**

Le 14 février 1876, l'Américain d'origine anglaise Alexander Graham Bell dépose un brevet pour un système de transmission de la voix. Ce sont les recherches menées à partir de 1870 pour transmettre simultanément plusieurs messages sur la même ligne du télégraphe (inventé en 1837), en utilisant le courant alternatif et non continu, qui devaient mener à l'invention du téléphone. L'histoire a retenu le 10 mars 1876 comme date pour la première transmission sur des fils électriques d'un message vocal, quand Bell réussit à transmettre jusqu'à une pièce située à un autre étage, où se tenait son assistant Thomas Watson, une phrase demeurée célèbre : « Monsieur Watson, venez ici, j'ai besoin de vous ! » [23].



**Figure 7 : Première démonstration de la transmission de la voix [23].**

### **3-2- Evolutions technologiques**

La décomposition de l’histoire de la téléphonie mobile en plusieurs générations technologiques (1G, 2G, 3G, 4G) peut être revue sous l’angle de la quête permanente du débit.

En effet, la rentabilité du réseau dépend de sa capacité à faire transiter un maximum d’unités en un minimum de temps. Le premier réseau de téléphonie mobile commerciale existant en France entre les années 1950 et 1970, limitait son usage à deux interlocuteurs. Les autres abonnés devaient attendre que la

fréquence soit libérée avant de pouvoir téléphoner à leur tour. Quand le service fut abandonné en 1973, il ne comptait que quelques centaines d'abonnés.

Le débit d'un réseau téléphonique dépend donc de deux choses : du nombre de personnes qui peuvent l'utiliser simultanément et de la quantité d'information échangée. On peut distinguer un « débit quantitatif », correspondant au nombre d'utilisateurs simultanément connectés, d'un « débit qualitatif » renvoyant à la qualité de l'information échangée.

Le premier système opérationnel de communication cellulaire a été déployé en Norvège en 1981 et a été suivi par des systèmes similaires aux États-Unis et au Royaume-Uni. Ces systèmes de première génération (1G) ont fourni des transmissions vocales en utilisant des fréquences d'environ 900 MHz et une modulation analogique.

La deuxième génération (2G) du réseau mobile sans fil était marquée par le passage de l'analogique au numérique. La technologie sans fil 2G la plus populaire est appelée Global Systems for Mobile Communications (GSM). Les premiers systèmes GSM utilisaient un spectre de fréquence de 25 MHz dans la bande de 900 MHz.

Plusieurs technologies ont été développées dans le système GSM. L'AMRF, qui est une technologie qui permet à plusieurs utilisateurs d'accéder à un groupe de bandes de fréquences radio et élimine les interférences du trafic de messages, est utilisée pour diviser les 25 MHz disponibles de bande passante en 124 fréquences porteuses de 200 kHz chacune. Chaque fréquence est ensuite divisée à l'aide d'un schéma AMRT en huit temps et permet huit appels simultanés sur la même fréquence. Ce protocole permet à un grand nombre

d'utilisateurs d'accéder à une fréquence radio en allouant des créneaux horaires à plusieurs appels vocaux ou de données.

Aujourd'hui, les systèmes GSM fonctionnent dans les bandes de 900 MHz et 1,8 GHz dans le monde entier à l'exception des Amériques où ils opèrent dans la bande de 1,9 GHz. En Europe, la technologie GSM a rendu possible l'itinérance transparente dans tous les pays.

Alors que la norme GSM a été développée en Europe, la technologie AMRC a été développée en Amérique du Nord. L'AMRC utilise la technologie du spectre étalé pour diviser le discours en petits segments numérisés et les encode pour identifier chaque appel. L'AMRC distingue les transmissions multiples transmises simultanément sur un seul signal sans fil. Il porte les transmissions sur ce signal, libérant une salle de réseau pour le transporteur sans fil et fournissant des appels sans interférences pour l'utilisateur.

Le résultat du développement de ces technologies est une capacité de réseau accrue pour le transporteur sans fil et un manque d'interférence pour l'appelant.

Tous les systèmes sans fil 2G sont centrés sur la voix. Le GSM comprend un service de messages courts (SMS), permettant d'envoyer des messages texte allant jusqu'à 160 caractères, reçus et affichés sur le combiné.

Des extensions de la norme GSM ont été mises au point afin d'en améliorer le débit. C'est le cas notamment du standard General Packet Radio Service (GPRS). Le GPRS utilise le réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données –notamment Internet. Cette technologie ne rentrant pas dans le cadre de l'appellation « 3G » a été baptisée 2.5G.

La norme Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE), présentée comme 2.75G triple les améliorations du débit de la norme GPRS, ouvrant ainsi la porte aux applications multimédias.

La troisième génération de systèmes cellulaires (3G) utilise la norme Universal mobile telecommunications system (UMTS). La 3G propose des usages multimédias tels que la transmission de vidéo, la visioconférence ou l'accès à Internet Haut débit. Les réseaux 3G utilisent des bandes de fréquences différentes des réseaux précédents : 1,885-2,025 GHz et 2,11-2,2 GHz.

La quatrième génération (4G) est la nouvelle génération des standards téléphoniques. Alors qu'au sein du réseau 3G, les données internet et conversations téléphoniques étaient séparées, le débit devant alors se partager entre les utilisateurs connectés, la 4G réunit l'ensemble de ces données. Cela garantit un transfert de données de meilleure qualité. La norme 4G utilisée est le Long Term Evolution (LTE) [24, 25].

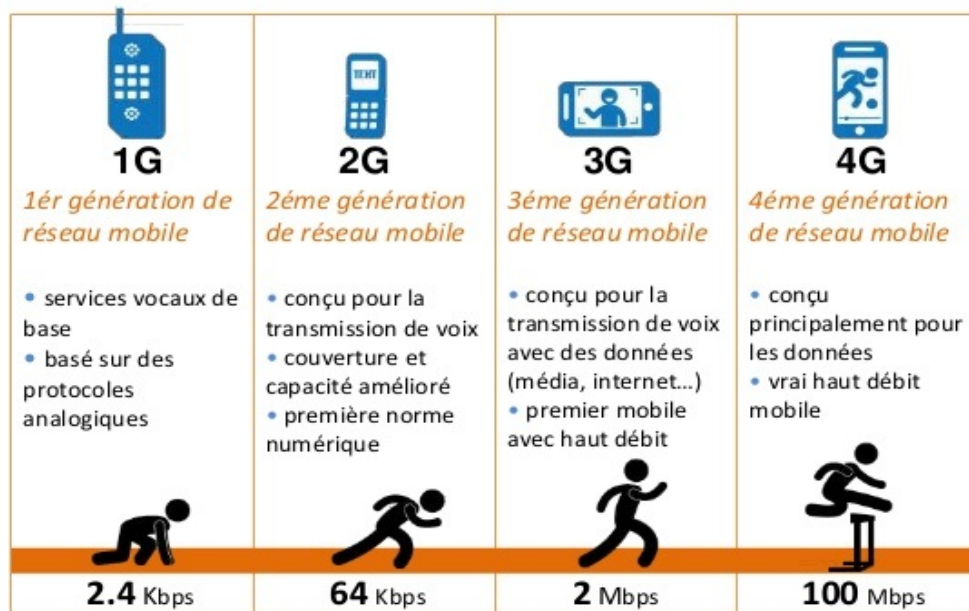


Figure 8 : Evolutions technologiques [26].

### 3-3- Statistiques d'équipement en téléphone mobile au Maroc

#### 3-3-1- Equipement des ménages en téléphone mobile

En 2016 la téléphonie mobile est généralisée pour la quasi-totalité des ménages aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural.

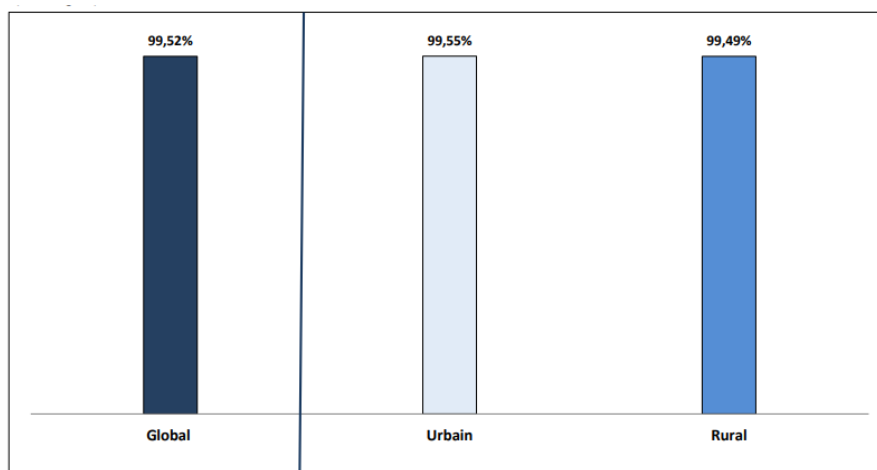
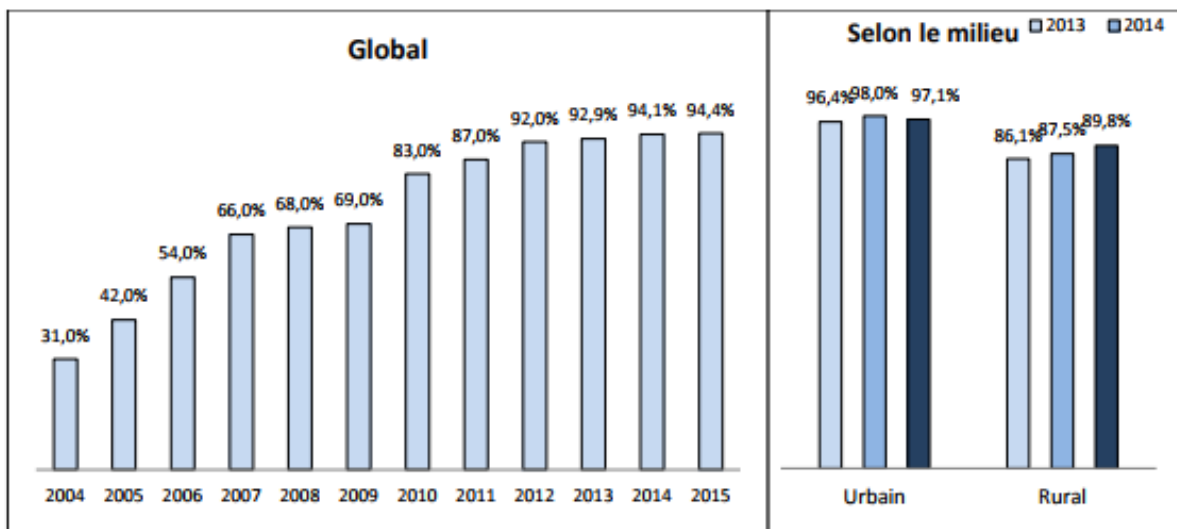


Figure 9 :Ménages équipés d'au moins un téléphone mobile (% des ménages) [27].

#### 3-3-2- Equipement des individus en téléphone mobile

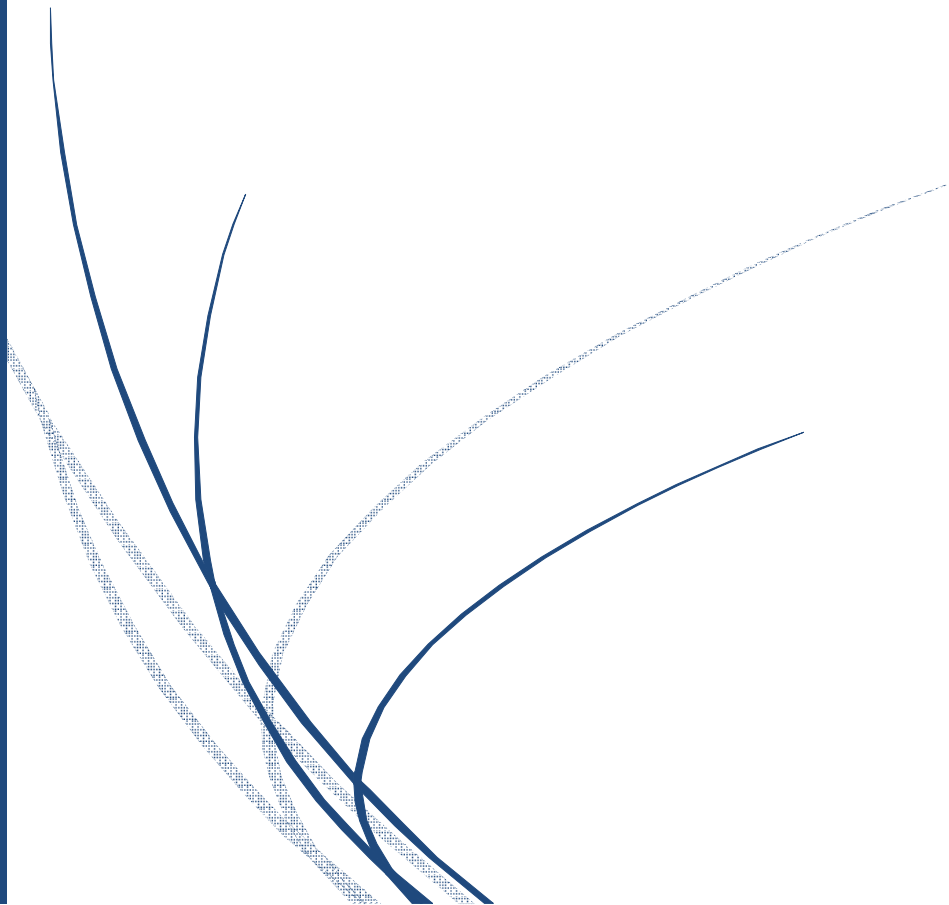
La quasi-totalité des individus (12-65 ans) est équipée en téléphonie mobile (94,4%). Cette proportion atteint 97,1% en milieu urbain et 89,8% en milieu rural. Au niveau global, l'équipement mobile chez les individus a connu une quasi-stagnation en 2015, une légère diminution en milieu urbain et une augmentation sensible en milieu rural ce qui réduit l'écart en matière d'équipement en téléphonie mobile entre ces deux milieux.



**Figure 10 : Evolution des équipements des individus (12-65 ans) en téléphonie mobile par milieu de résidence [27].**



## *Deuxième partie : Dangers du téléphone portable*



## 1- Effets directs

Interaction des ondes de RF avec les tissus biologiques :

Les effets d'une exposition aux champs électromagnétiques externes sur l'organisme humain et ses cellules dépendent principalement de la fréquence et du niveau de ces derniers.

Que se passe-t-il quand vous êtes exposé à des ondes électromagnétiques de téléphonie mobile ?

Les ondes de téléphonie mobile se situent dans le domaine des RF, ce qui est très inférieur au seuil d'ionisation des atomes ( $>10^{14}$  Hz) au-delà duquel les photons peuvent induire des mutations génétiques. Quand un tissu biologique est exposé à une onde électromagnétique non ionisante, une partie de l'énergie transportée par cette onde est réfléchi et une autre est absorbée.

La pénétration du rayonnement dans le tissu dépend de la nature, de la forme et des caractéristiques de la matière traversée. Il sera absorbé plus ou moins rapidement en fonction des constantes diélectriques (permittivité) de la matière en question ainsi que de la longueur d'onde du rayonnement. Plus la longueur d'onde est grande plus l'onde pénètre en profondeur. Plus la longueur d'onde est grande plus l'onde pénètre en profondeur, plus le tissu a une conductivité électrique importante plus l'onde est réfléchi et moins elle se propage dans le système (Figure 11).

Une fois que le champ RF aura pénétré dans l'organisme, le comportement de l'onde sera complexe suite à l'hétérogénéité et la structure des tissus. Ceci nous amène à poser la question suivante, est-ce que l'énergie absorbée par le corps peut causer des effets sur la santé humaine ? [28].

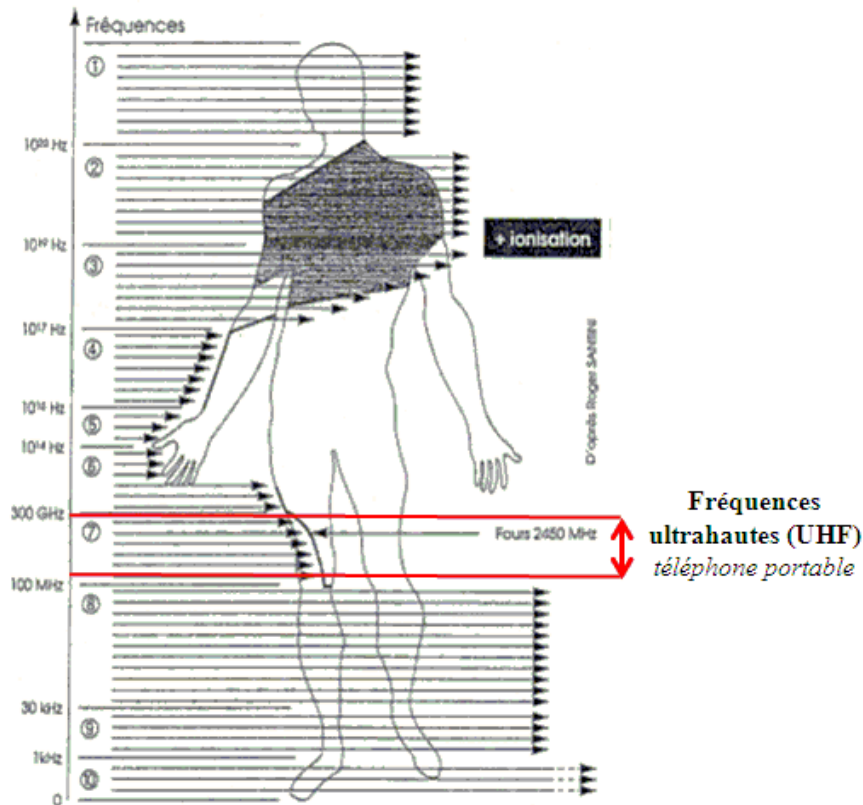


Figure 11 : Pénétration des ondes électromagnétiques dans le corps humain en fonction de leur fréquence [29].

### 1-1- Echauffement

L'échauffement est dû aux actions combinées d'absorption de l'énergie RF et au transfert de la chaleur de la batterie des téléphones mobiles à la peau.

En effet, lors d'une conversation, le téléphone portable dépense de l'énergie ce qui conduit nécessairement à une augmentation de sa température. Le contact entre la peau et le téléphone portable réduit le passage de l'air et permet de chauffer la peau ce qui conduit à une sensation désagréable.

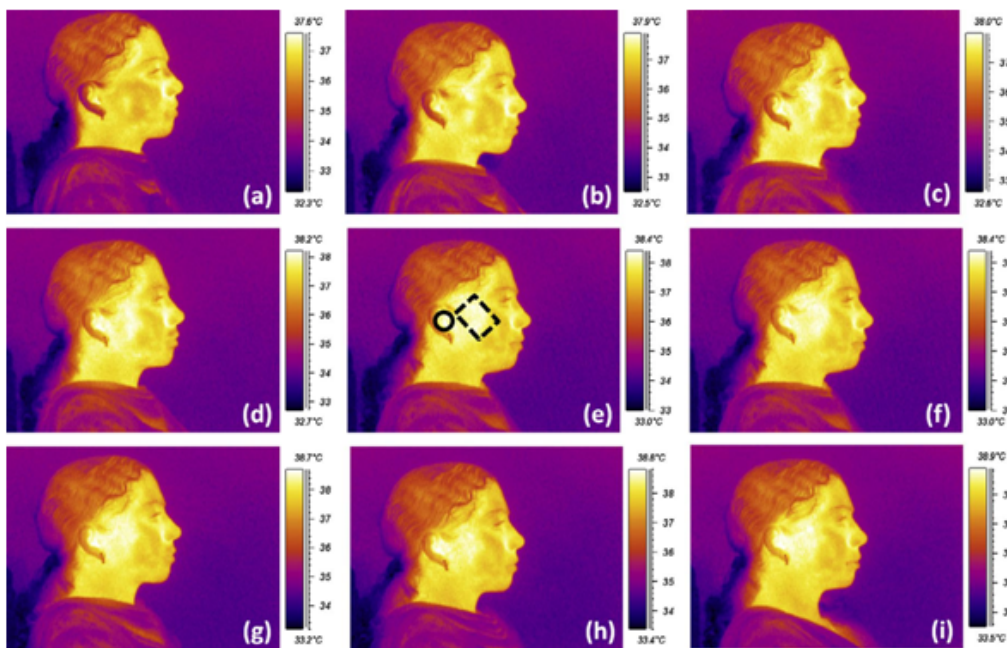
Il faut savoir aussi que les RF peuvent également être à l'origine de ce phénomène, au-delà d'une certaine fréquence (au-dessus de quelques centaines de KHz), des ondes électromagnétiques provoquent un échauffement des tissus. Ce mécanisme résulte de la forte teneur en eau de la plupart des tissus constituant le corps humain. De nombreuses études expérimentales ont permis de définir que le seuil d'apparition de troubles fonctionnels chez l'animal correspond à une hausse de 1°C de la température corporelle globale, c'est à dire un DAS pour le corps entier de 4 W/kg environ chez l'Homme. Au-dessous de cette valeur, le système de thermorégulation de l'organisme exposé est capable de maintenir la température corporelle, car la vascularisation des tissus biologiques permet l'évacuation de la chaleur [30].

Des expériences basées sur la thermographie infrarouge (méthode de mesure de la température sans contact) ont été effectuées pour estimer l'augmentation de la température. Kargel a signalé une élévation de la température de 1,2-2,3 °C pour une conversation de 35 minutes sur un téléphone portable avec une valeur de DAS de 1,26 W / kg. Mat et al ont également signalé une élévation de la température de 1,5-2 °C pour une exposition de 45 minutes aux rayonnements RF provenant de téléphones mobiles. Taurisano et Vorst ont rapporté que 40 à 45% de l'élévation de la température sur la surface de la peau était due à l'absorption de l'énergie RF seule, alors que 55-60% était due à la pression et au frottement entre le téléphone mobile et la surface de la peau lorsque les téléphones portables étaient en contact la peau [31].

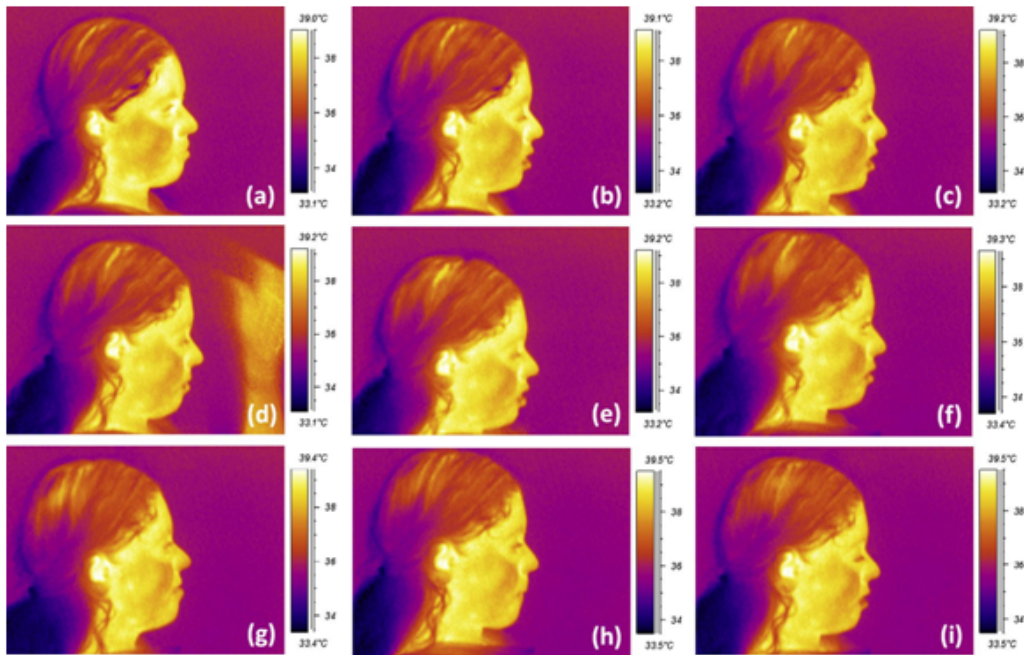
Une autre étude a été effectuée pour estimer l'augmentation de la température des régions de joue et d'oreille. L'augmentation de la température des régions de la joue et de l'oreille s'est révélée plus élevée lorsque les

téléphones portables ont été mis en contact avec la peau des TP avec une valeur de DAS de 0,83, 1,1 et 1,5 W / kg respectivement. Cette étude a constaté que l'utilisation de téléphones portables en mode sans contact est plus sûre par rapport à celle du mode de contact. (Figure 5 et 6) [31].

Ces études, du point de vue des résultats se contredisent. Les études expérimentales chez l'animal montrent qu'il faut un DAS de 4 W / kg pour une augmentation de 1°C de la température du corps, alors que les études chez les humains montrent une augmentation de la température de plus de 1°C pour des DAS inférieurs à 4 W / kg. Des études approfondies prenant en compte la diversité des modèles de téléphones mobiles sont nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions.



**Figure 12: Images infrarouges d'un sujet féminin pendant la conversation sur le téléphone portable en mode contact à  $t =$  (a) 0, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20, (f) 25, (g) 30, (h) 35 et (i) 40 min, respectivement [31].**



**Figure 13 : Images infrarouges d'un sujet féminin pendant la conversation sur le téléphone portable en mode sans contact à  $t =$  (a) 0, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20, (f) 25, (g) 30, (h) 35 et (i) 40 min, respectivement [31].**

## **1-2- Troubles de fertilité :**

Les RF peuvent avoir des effets à la fois thermiques et non thermiques sur le tissu biologique. Les interactions non thermiques sont suggérées pour augmenter la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), ce qui peut entraîner des dommages à l'ADN. Des données in vitro ont montré que les rayonnements électromagnétiques émis à la même fréquence que les téléphones mobiles augmentaient la production de ROS mitochondriale et la fragmentation de l'ADN dans le sperme, et diminuaient la motilité et la viabilité.

Les effets thermiques pourraient augmenter la température des testicules - puisque les téléphones mobiles sont souvent transportés dans les poches des pantalons près des organes reproducteurs, ce qui entrave la spermatogenèse. Ces effets thermiques peuvent être en grande partie dus à la chaleur générée par les téléphones portables plutôt qu'à la RF [32].

Dix-huit études avec 3947 hommes et 186 rats ont été incluses dans une revue systémique, dont 12 études (quatre études chez l'homme, quatre études in vitro et quatre études animales) avec 1533 hommes et 97 rats ont été utilisées dans les méta-analyses. La revue systémique a montré que les résultats de la plupart des études chez l'homme et des études in vitro indiquaient que l'utilisation du téléphone mobile ou l'exposition aux RF avait des effets négatifs sur les divers paramètres du sperme étudiés (concentration, motilité, viabilité, volume et pourcentage de la morphologie normale). Cependant, la méta-analyse a indiqué que l'utilisation du téléphone mobile n'a eu aucun effet néfaste sur les paramètres du sperme dans les études chez l'homme. En revanche, dans les études in vitro, la méta-analyse a indiqué que le rayonnement RF avait un effet néfaste sur la motilité et la viabilité des spermatozoïdes in vitro. En ce qui concerne les études chez l'animal, l'exposition aux RF a eu des effets néfastes sur la concentration et la motilité des spermatozoïdes [33].

Une autre revue systématique suivie d'une méta-analyse a conclu que l'exposition au téléphone mobile était associée à une réduction de la motilité et de la viabilité des spermatozoïdes [32].

Une étude a suggéré que certains aspects de l'utilisation du téléphone portable peuvent avoir des effets néfastes sur la concentration de spermatozoïdes. Les auteurs ont trouvé que parler pendant  $\geq 1$  h / jour et

pendant la charge du téléphone ont été associés à des taux plus élevés de concentration anormale de sperme. L'analyse multi variée a révélé que la conversation pendant la charge du dispositif et le tabagisme étaient des facteurs de risque de concentration anormale de spermatozoïdes [34].

Une autre étude a observé que le temps consacré à l'envoi ou à la réception des messages était significativement associé à la diminution du nombre de spermatozoïdes et le port du téléphone portable dans la poche du pantalon était significativement associé à l'augmentation des spermatozoïdes immobiles. les auteurs de cette étude ont conclu que l'utilisation du téléphone cellulaire pourrait avoir un effet négatif sur les paramètres de qualité du sperme et des recherches supplémentaires sont nécessaires [35].

Enfin une récente étude a révélé que, dans la gamme de l'utilisation des téléphones mobiles auto-déclarés, il n'y avait aucune preuve d'une relation avec la qualité du sperme [36].

Certaines de ces études ont rapporté des diminutions de la qualité du sperme chez les hommes, mais étant donné que la spermatogenèse est un processus physiologique sensible, les facteurs environnementaux peuvent jouer un rôle clé, les phtalates, les pesticides et les métaux, l'activité physique, le stress psychosocial et l'exposition à des produits chimiques tels que le bisphénol A, ont été explorés comme des déterminants potentiels de la qualité du sperme. Donc une autre étude multicentrique et standardisée est nécessaire pour évaluer le risque d'utilisation du téléphone mobile sur le système reproducteur [36].

### 1-3- Troubles d'audition

L'oreille, organe de l'audition, est composée de 3 parties :

- L'oreille externe composée du pavillon et du conduit auditif ;
- L'oreille moyenne, qui comprend le tympan et la chaîne des osselets (marteau, enclume, étrier) ;
- L'oreille interne, caractérisée par la présence de la cochlée, support des cellules sensorielles auditives en contact avec le nerf auditif. L'organe de Corti est un organe sensori-nerveux de la cochlée composé de cellules sensorielles ou cellules ciliées, des fibres nerveuses qui leur sont connectées, et des structures annexes ou support.

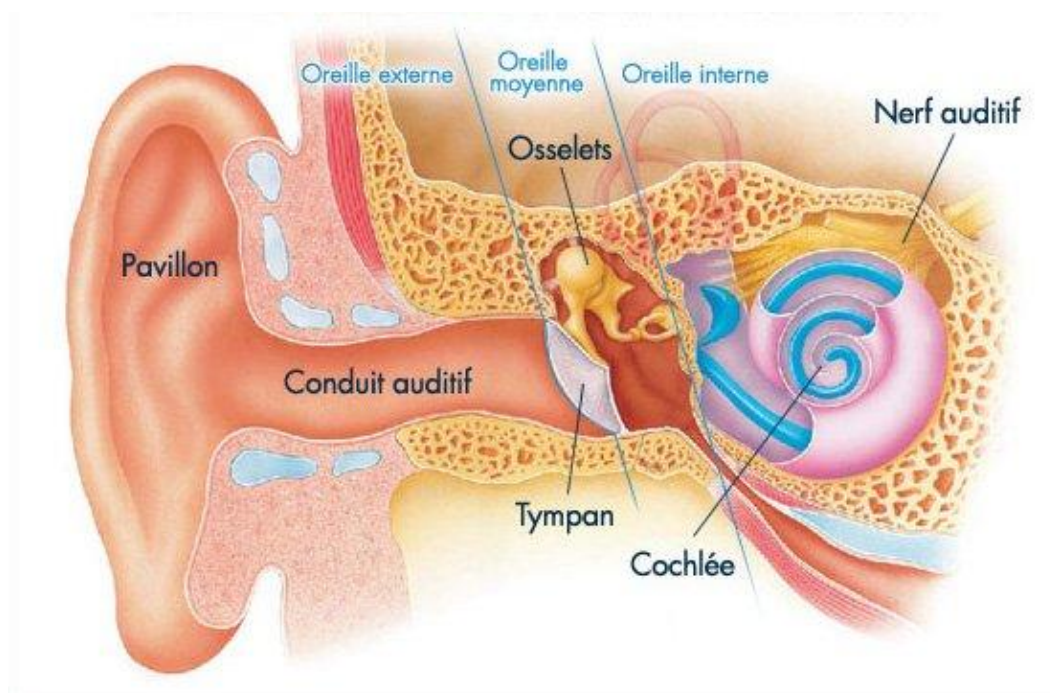


Figure 14 : Schéma de l'oreille [37].

Les altérations des fonctions auditives comportent :

- soit une diminution ou une abolition de la perception des sons (hypoacousie, surdité),
- soit au contraire la perception de sons qui n'existent pas (acouphènes) [38].

L'oreille, en particulier l'oreille interne, non seulement la plus proche du téléphone mobile, est le récepteur direct des RF, ce qui en fait l'organe affecté le plus probable. Les cellules ciliées délicates dans l'organe de Corti n'ont pas de propriétés régénératives, donc les dommages sont souvent permanents avec peu de chance de récupération dans les stades avancés. Les cellules ciliées sont connues pour être sensibles à l'exposition chronique à un bruit fort. Par conséquent, l'oreille risque d'être exposée au bruit du téléphone mobile ainsi qu'aux ondes électromagnétiques émises par le téléphone. Une exposition chronique à un son (onde de pression, définie par sa fréquence exprimée en Hertz (Hz) et par son intensité, mesurée en décibels (dB)) de plus de 90 dB peut entraîner une perte auditive permanente. Le téléphone mobile peut ne pas produire un son aussi fort dans une fraction, mais il y a possibilité d'exposition sonore à long terme [39, 40].

En fait, en pratique clinique, certains patients ont spontanément mentionné des symptômes auditifs pendant ou peu de temps après l'utilisation de téléphones cellulaires, tels que la chaleur ou la pression dans l'oreille qui est en contact avec l'appareil, ainsi que les acouphènes, la compréhension réduite ou la distorsion de la fréquence de l'ouïe.

100 patients consécutifs présentant des acouphènes ont été inclus dans une étude cas-témoins appariés individuellement. L'estimation du risque était significativement élevée pour un usage prolongé ( $\geq 4$  ans) d'un téléphone mobile, les auteurs ont conclu que l'utilisation du téléphone portable devrait être incluse dans les futures enquêtes comme facteur de risque potentiel de développer des acouphènes [41].

Une revue de littérature a été effectuée pour évaluer les preuves disponibles sur l'association causale possible entre l'acouphène et l'exposition aux ondes électromagnétiques. Les auteurs ont rapporté qu'il existe déjà des preuves raisonnables pour suggérer la prudence à l'utilisation des téléphones mobiles pour prévenir les dommages auditifs et l'apparition ou l'aggravation des acouphènes [42].

Le rapport de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail qui a été publié en 2013 a suggéré qu'il n'y a probablement pas d'effet à court terme d'une exposition aiguë sur l'audition [43].

Nous nous sommes intéressés à présenter quelques études récentes pour évaluer l'effet à long terme et pour une utilisation excessive. Ces études utilisent des tests audiométriques visant à déterminer le profil audiométrique d'une personne, c'est-à-dire à fournir un état précis sur son audition.

Une première étude évaluant la perte d'audition à haute fréquence (au-dessus de 8 kHz) chez les utilisateurs de téléphones mobiles prolongés a révélé que l'usage chronique du téléphone portable a révélé une perte auditive dans l'oreille dominante (téléphone mobile utilisé) par rapport à l'oreille non dominante [40].

Une deuxième étude a révélé que l'oreille dominante a donné des scores médiocres sur les tests audiométriques. En outre, la fonction auditive semble se détériorer avec l'augmentation des années et des heures d'utilisation du téléphone mobile [44].

Une troisième étude évaluant les effets à long terme de l'utilisation des téléphones mobiles sur les facultés auditives a montré que les fréquences électromagnétiques du téléphone portable causent des dommages aux voies auditives [45].

Enfin une quatrième étude a révélé que l'exposition prolongée et fréquente aux champs électromagnétiques causés par l'utilisation de téléphones portables peut endommager les cellules ciliées extérieures, surtout dans le tour basal de la cochlée [46].

Ces études montrent que l'exposition prolongée peut causer des dommages au système auditif.

#### **1-4-Troubles du sommeil :**

L'électroencéphalogramme (EEG) est une mesure de l'activité électrique du cerveau. Cette activité électrique est enregistrée comme des ondes cérébrales ou des oscillations qui varient en fonction de l'excitation (par exemple, cycle veille-sommeil), de la fonction cognitive (par exemple apprentissage et attention). L'EEG enregistré à partir du cuir chevelu humain varie en fréquence (<1-100 Hz) avec des bandes typiques comprenant delta (0-4 Hz), thêta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz), bêta Hz) et gamma (30-100 Hz). L'EEG peut être enregistré pendant les états de sommeil et d'éveil, et sa signification fonctionnelle dépend probablement de l'état [47].

Les troubles du sommeil est parmi les plaintes de santé les plus fréquemment rapportées attribuées aux téléphones mobiles. Or le fonctionnement du tissu cérébral est basé sur des processus électrochimiques et l'interférence par un dispositif électromagnétique (téléphone mobile) placé directement contre la tête est très probablement d'un point de vue physique se produire [48].

À ce jour, le seul effet biologique reproductible des champs RF de la téléphonie mobile est une modification de l'électro-encéphalogramme (EEG) du sommeil. Pour autant, des variations existent entre les différentes études concernant notamment les fréquences affectées, la cinétique de l'effet ou le sens de la modification (généralement un renforcement spectral) [49].

D'autre part, est-ce que ces altérations de l'EEG de sommeil pourraient influencer sur les paramètres du sommeil ?

Une étude confirme les résultats antérieurs d'émissions de type téléphone mobile affectant l'EEG pendant le sommeil, mais les auteurs ont rapporté qu'aucun changement significatif n'a été observé entre les conditions d'exposition pour la qualité du sommeil [50].

Une autre étude sur les effets possibles des champs électromagnétiques émis par le système GSM 900 et le système UMTS sur le sommeil ont été analysés. La seule constatation consistante était une augmentation dans l'un des stades du sommeil chez un tiers des individus mais ceci n'indiquait pas nécessairement une perturbation du sommeil [51].

Enfin une enquête sur l'utilisation des téléphones portables et les habitudes de sommeil. Les autres de cette enquête ont observé que près de six répondants

sur dix gardent leur téléphone portable avec eux au moment du coucher. Ils ont observé aussi que l'impact de l'utilisation du téléphone mobile sur la qualité du sommeil peut-être du à la lumière d'écran émise par les téléphones mobiles qui supprime la production de mélatonine ou de l'exposition aux RF émises par les téléphones mobiles [52].

Des études supplémentaires et approfondies sont nécessaires pour établir le lien entre les modifications de l'EGG du sommeil après exposition aux RF émises par le téléphone portable et la perturbation de la qualité du sommeil.

### **1-5- Interférence électromagnétique**

Lorsqu'un téléphone portable est utilisé à proximité de certains appareils médicaux (stimulateurs cardiaques et défibrillateurs implantables), il peut produire des interférences et en perturber le fonctionnement.

Une étude de Barbaro et al expliquait les mécanismes par lequel le signal RF émis par un GSM pourrait affecter la fonction du stimulateur cardiaque. Chaque stimulateur a été surveillée sous exposition à des signaux RF modulés et non modulés, et aux signaux GSM (900 et 1800 MHz). Les signaux RF non modulés n'ont pas modifié la réponse de stimulateur cardiaque. Les signaux RF modulés ont montré que le stimulateur cardiaque n'a pas réussi à éviter le signal RF, qui est en quelque sorte démodulé par les éléments de circuit interne non linéaire de stimulateur cardiaque ce qui explique l'interférence entre les deux [53].

Un grand nombre d'études ont traité l'influence des téléphones portables sur les stimulateurs cardiaques. Le dysfonctionnement signalé (inhibition, changement de mode de sécurité, stimulation avec un faux signal) peut entraîner

des inconforts et, dans de rares cas, poser un risque pour le patient. Les dysfonctionnements dépendent de différents paramètres: fréquence, puissance de transmission, principe de modulation du système de téléphonie mobile, distance entre le téléphone mobile et le stimulateur cardiaque, profondeur d'implantation, et le mode de fonctionnement du stimulateur cardiaque. Une distance de sécurité de 0,3 m suffit pour éviter le dysfonctionnement du stimulateur cardiaque. Cependant, certaines publications suggèrent moins de distances de sécurité. L'utilisation du téléphone mobile sur le côté opposé de l'emplacement du stimulateur réduit la probabilité d'interférence. Les patients ne doivent pas transporter leurs téléphones mobiles activés dans la poche de leur poitrine près du stimulateur cardiaque [54].

Les défibrillateurs semblent moins sensibles que les stimulateurs cardiaques en ce qui concerne les champs électromagnétiques émis par les téléphones mobiles. Une étude montre qu'il n'y a eu aucun changement dans la fonction des défibrillateurs implantables lors de l'une des procédures de test du téléphone [55].

Le risque d'interférence est fortement réduit pour les téléphones utilisant la technologie 3G et les appareils les plus récents [56].

## **1-6- Cancer du cerveau**

Plusieurs types de tumeurs peuvent survenir dans le cerveau : des tumeurs bénignes, qui restent localisées autour de leur point d'origine, et des tumeurs malignes, qui ont la capacité de diffuser dans le reste de l'organisme. Toutes les tumeurs cérébrales sont des pathologies graves.

La plupart des tumeurs cérébrales malignes sont des gliomes, c'est-à-dire qu'elles se développent à partir de cellules gliales, cellules qui servent de support et de source de nourriture aux cellules nerveuses. Les gliomes sont généralement à croissance relativement rapide.

Les tumeurs bénignes, de croissance lente et progressive, ne s'étendent pas aux autres parties de l'organisme. Les deux plus fréquentes, sont les méningiomes qui se développent à partir des cellules des méninges, enveloppés de tissus protecteurs entourant le cerveau et les neurinomes de l'acoustique qui touchent le nerf de l'audition, ou de l'équilibre [57].

En 1993 et à la suite d'un procès très médiatisé aux Etats-Unis, envers un constructeur de téléphones mobiles accusé d'être responsable du décès d'une femme par cancer, des recherches ont été menées à grande échelle pour évaluer les risques du téléphone portable sur le cerveau [11].

Nous nous sommes intéressés dans ce chapitre sur l'inquiétude majeure de la totalité des utilisateurs du téléphone portable, c'est-à-dire le risque du cancer au niveau de la tête. Compte tenu du contact étroit entre ces appareils et la tête, il convient de rechercher si les RF émises par ces appareils augmentent ou non le risque de cancer de la tête.

La réponse sera apportée par des études épidémiologiques. Ces études étudiant l'association entre téléphone cellulaire et risque de tumeurs cérébrales publiées sont de deux types :

- Etude de cohorte: comparant l'incidence des tumeurs dans deux groupes : sujets exposés au téléphone mobile versus sujets non exposés. Elles sont très rares du fait de la difficulté de mise en place.

- Etude cas-témoins: comparant un groupe de sujets atteints d'une tumeur (cas) à un groupe de sujets non malades (témoins) quant à leur exposition antérieure au téléphone mobile. Il s'agit d'études rétrospectives et sont les plus fréquentes [58].

### **1-6-1- Etude cohorte**

#### **1-6-1-1- Cohorte Danoise :**

Une étude de cohorte sur l'incidence du cancer a été menée au Danemark auprès de tous les utilisateurs de téléphones cellulaires pendant la période allant de 1982 à 1995. Les résultats de cette enquête, sur l'incidence du cancer chez les utilisateurs de téléphones cellulaires, ne soutiennent pas l'hypothèse d'une association entre l'utilisation de ces téléphones et les tumeurs du cerveau [59].

Une actualisation des données avec un suivi au 21 décembre 2002 a été publiée en 2006, et qui ne trouve aucune preuve d'association entre le risque de tumeur et l'utilisation du téléphone cellulaire chez les utilisateurs à court terme ou à long terme [60].

#### **1-6-1-2- Million women study :**

Des résultats ont été publiés en 2013 à partir de la cohorte Million Women Study en Angleterre. Ces résultats ne montraient pas d'association entre l'utilisation régulière du téléphone portable et la survenue de tumeurs cérébrales, quel que soit le type histologique. En revanche, le risque était augmenté pour le neurinome de l'acoustique, et pour une utilisation d'au moins 10 ans [61].

### **1-6-2- Etude cas-témoins**

Les premières études ont été menées aux Etats-Unis, puis un nombre important d'études ont été publiés. Nous nous sommes intéressés à présenter la

première étude américaine, la plus grande étude cas-témoin (Interphone) et 2 autres grandes études dont une sur les enfants.

Si la méthodologie est souvent assez comparable, les indicateurs analysés diffèrent fréquemment, notamment en raison des catégories et seuils utilisés. Il est donc parfois difficile de comparer les résultats entre les différentes études.

#### **1-6-2-1-Première étude américaine :**

Une première étude de cas-témoins menée dans 5 centres médicaux universitaires américains entre 1994 et 1998 en utilisant un questionnaire structuré. L'utilisation régulière du téléphone portable (définie par un abonnement souscrit auprès d'un opérateur) n'était pas associée au risque de cancer du cerveau. Le risque de tumeur n'était pas significativement associé à la durée mensuelle d'utilisation (2,5 heures par mois chez les cas contre 2,2 heures chez les témoins), ni au nombre moyen d'années d'utilisation (2,8 ans chez les cas contre 2,7 ans chez les témoins). Une étude complémentaire, basée sur l'hypothèse selon laquelle le dépôt d'énergie intracrânienne des téléphones cellulaires portables provoque des neurinomes de l'acoustique en 1997-1999 et incluant 90 cas de neurinomes et 86 témoins, ne retrouvait pas non plus d'association significative entre la fréquence ou la durée d'utilisation des téléphones portables et la survenue de ces tumeurs [62, 63].

#### **1-6-2-2-Etude INTERPHONE :**

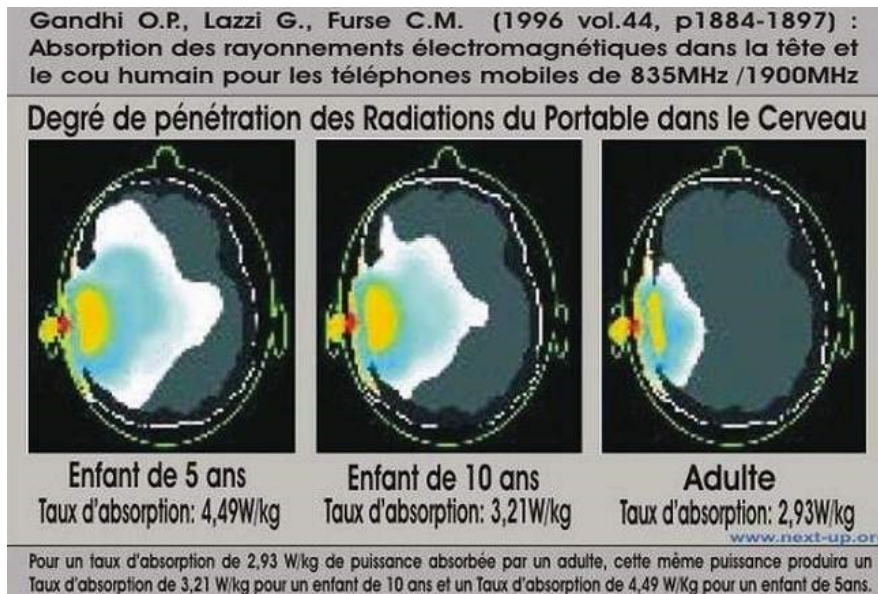
INTERPHONE est la plus grande étude cas-témoins de l'utilisation du téléphone mobile et des tumeurs cérébrales et comprend le plus grand nombre d'utilisateurs ayant au moins 10 ans d'exposition. Cette étude cas-témoins de grande envergure a été initiée dans 13 pays en 1999 : Allemagne, Australie,

Canada, Danemark, Finlande, France, Israël, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Royaume-Uni, et enfin Suède. Les résultats finaux concernant les gliomes et les méningiomes ont été publiés en 2010, ceux concernant les neurinomes de l'acoustique en 2011.

Les résultats globaux de cette étude ne permettaient pas de conclure à une augmentation du risque de méningiome, de gliome, ni de neurinome, avec l'utilisation régulière des téléphones portables. L'association mise en évidence était en faveur d'une diminution du risque pour les utilisateurs réguliers du téléphone portable. Une utilisation intensive du téléphone semblait augmenter le risque de gliome, pour une durée supérieure à 1640 heures en moins de 5 ans, du côté exposé au téléphone, avec une prédominance des tumeurs temporales. Par ailleurs un temps cumulé important ( $\geq 1640$  heures), sur une période longue (plus de 10 ans), semblait augmenter le risque de neurinome de l'acoustique du côté exposé au téléphone. Il n'y a pas eu d'augmentation du risque de neurinome de l'acoustique avec l'utilisation régulière d'un téléphone portable ou pour les utilisateurs qui ont commencé à utiliser régulièrement 10 ans ou plus avant la date de référence [64, 65].

#### **1-6-2-3-Etudes chez les enfants :**

La figure montre comment le rayonnement du téléphone portable pénètre dans le cerveau et une plus grande pénétration en profondeur de l'énergie absorbée pour les modèles plus petits.



**Figure 15 : Degré de pénétration des radiations de portable dans le cerveau [66].**

L'étude CEFALO qui s'est basée sur l'hypothèse que les enfants et les adolescents pourraient être plus vulnérables aux effets possibles sur la santé de l'exposition des téléphones mobiles que les adultes.

CEFALO est une étude multicentrique cas-témoins menée au Danemark, en Suède, en Norvège et en Suisse qui regroupe tous les enfants et adolescents âgés de 7 à 19 ans qui ont été diagnostiqués avec une tumeur cérébrale entre 2004 et 2008. Les auteurs ont conclu qu'aucun risque accru de tumeur cérébrale n'a été observé pour les zones cérébrales recevant la plus grande exposition [67].

#### **1-6-2-4- Etude CERENAT :**

CERENAT est une étude multicentrique cas-témoins menée dans quatre domaines en France. Au total, 253 gliomes, 194 méningiomes et 892 témoins appariés choisis parmi les listes électorales locales ont été analysés. Aucune association avec les tumeurs cérébrales (gliomes et méningiomes) n'a été

observée lors de la comparaison des utilisateurs réguliers de téléphones mobiles avec des non-utilisateurs .Cependant, l'association positive était statistiquement significative chez les utilisateurs les plus lourds lorsque l'on considère la durée cumulative de la durée de vie ( $\geq 896$  h, pour les gliomes et les méningiomes) et nombre d'appels pour les gliomes ( $\geq 18\ 360$  appels) [68].

### **1-6-3- Avis de l'organisation mondiale de la santé**

En 2011, les champs électromagnétiques RF des téléphones mobiles ont été classés en tant que groupe 2B, «cancérogène» possible par le centre international de recherche sur le cancer à l'organisation mondiale de la santé (OMS). La décision de l'OMS sur les téléphones portables était basée principalement sur l'étude Interphone [69].

### **1-6-4- Futures études épidémiologiques**

Des études sur les utilisateurs de téléphones portables avec un suivi à long terme ont été recommandées comme une priorité élevée par l'Organisation mondiale de la santé.

#### **1-6-4-1- Etude cas-témoins :**

MOBI-Kids, une étude multinationale de cas-témoins, étudie les effets potentiels de l'exposition des enfants et des adolescents aux champs électromagnétiques (CEM) à partir des technologies de communications mobiles sur le risque de tumeur cérébrale dans 14 pays. L'étude, qui vise à inclure environ 1000 cas de tumeur cérébrale âgés de 10 à 24 ans et deux témoins adaptés individuellement pour chaque cas, suit un protocole commun et s'appuie sur l'expérience méthodologique de l'étude d'INTERPHONE [70].

#### **1-6-4-2- Etude cohorte :**

L'étude de cohorte du Royaume-Uni sur l'utilisation du téléphone portable et santé (UK COSMOS) est une étude prospective établie pour étudier les effets possibles sur la santé associés à l'utilisation à long terme des téléphones mobiles. Cette étude a été conçue pour traiter les limites des études antérieures [71].

#### **1-6-5- Conclusions pouvant être tirées de ces études**

A ce jour, la grande majorité des études portant sur les RF émises par le téléphone portable montrent une absence d'élévation du risque de cancer du cerveau, certaines des plus récentes apportent des résultats divergents et accentuent l'inquiétude des gens.

Ces résultats contradictoires mettent en place la nécessité de faire des études approfondies prenant en compte l'évolution de la téléphonie mobile, ainsi que la mesure de l'exposition : la dosimétrie.

#### **1-7- Hypersensibilité électromagnétique:**

L'hypersensibilité électromagnétique est caractérisée par divers symptômes que les individus touchés attribuent à l'exposition aux CEM. Parmi les symptômes les plus fréquemment présentés, on peut mentionner des symptômes dermatologiques (rougeurs, picotements et sensations de brûlure), des symptômes neurasthéniques et végétatifs (fatigue, lassitude, difficultés de concentration, étourdissements, nausées, palpitations cardiaques et troubles digestifs). Cet ensemble de symptômes ne fait partie d'aucun syndrome reconnu.

Un nombre croissant de personnes dans le monde entier se plaignent qu'elles sont devenues hypersensibles électromagnétiques (EHS). La prévalence de l'EHS a fait l'objet d'estimations variant de 1,5 % en Suède à 5 % en Suisse, avec des valeurs de 3,2 % en Californie, de 4 % en Grande-Bretagne et de 3,5 %

en Autriche. Une seule équipe, celle de Leitgeb à l'Université de Graz (Autriche) a réalisé une étude de l'évolution de cette prévalence et a conclu à une augmentation de celle-ci qui serait passée de 2 % à 3,5 %.

En 2005, l'OMS a publié un aide-mémoire affirmant qu'il n'existe aucune base scientifique permettant de relier les symptômes de l'hypersensibilité électromagnétique à une exposition aux champs électromagnétiques [72, 73].

Les sources qui ont le plus souvent signalé avoir déclenché EHS étaient de type téléphonie mobile (téléphone portable, antennes-relais, Wifi, Bluetooth...)

En 2012, une enquête par questionnaire auprès des personnes EHS au Japon a identifié que le déclencheur le plus plausible de l'apparition de l'EHS était une station de base de téléphone mobile ou un système personnel de téléphone portable (37%). Les plaintes majeures déclarées étaient « fatigue, mal de tête, problèmes de concentration et de mémoire ». En outre, 85,3% devaient prendre des mesures pour se protéger contre les CEM, comme le déplacement vers des zones à faible CEM, ou l'achat téléphone à faible CEM. Les personnes souffrant d'EHS souffraient non seulement de leurs symptômes, mais aussi de problèmes économiques et sociaux [74].

En 2013, une étude, à partir de questionnaires recueillis auprès de 206 Finlandais se déclarant EHS, Dans la grande majorité des cas (76% des répondants), l'éviction ou l'atténuation de champs électromagnétiques a été à l'origine d'une amélioration totale ou partielle. Les meilleurs traitements rapportés étaient pour plus de 60% des répondants le changement de régime alimentaire, l'apport de compléments alimentaires et l'augmentation de l'exercice physique. Notant que les sources qui ont le plus souvent signalé avoir déclenché EHS étaient: "ordinateurs personnels" (50,8%) et "téléphones mobiles" (47,0%) [75].

## **2- Effets indirects :**

### **2-1- Addiction**

Il existe essentiellement deux types de dépendance: la dépendance au comportement et la dépendance aux substances. L'addiction au téléphone portable appartient à la dépendance au comportement, et se caractérise par l'utilisation répétitive du téléphone portable. la dépendance aux téléphones mobiles a été associée à des comportements qui incluent une incapacité à régler l'utilisation du téléphone mobile, ce qui entraîne divers problèmes sociaux, comportementaux et affectifs dans la vie quotidienne [76].

Un certain nombre d'enquêtes menées auprès de jeunes du monde entier ont compris qu'ils considèrent les téléphones portables comme faisant partie intégrante de leur survie et certains sont même allés jusqu'à dire qu'ils préféreraient se passer de nourriture pendant une journée que sans leur téléphone portable. Avec des textos, des appels, écouter de la musique, jouer à des jeux font partie intégrante de leur mode de vie, il n'est pas étonnant que le fait de ne pas en avoir crée chez eux une paranoïa. Ross a constaté trois caractéristiques de la dépendance au téléphone mobile. La première est que les personnes qui sont accrocs au téléphone portable gardent toujours leur téléphone portable. Deuxièmement, elles ont tendance à utiliser leur téléphone portable même lorsqu'ils ont un téléphone fixe à la maison. Enfin, elles sont normalement confrontées à des difficultés financières et sociales en raison de leur utilisation excessive de téléphones mobiles. James et Drennan ont mené des recherches sur l'utilisation des téléphones portables par les étudiants universitaires australiens et découvert un taux d'utilisation important de 1,5 à 5 heures par jour. Leurs résultats ont montré une gamme de caractéristiques associées à une utilisation

excessive. Ce sont: impulsivité, colère en cas de non utilisation du téléphone, échec des stratégies de contrôle et les symptômes de sevrage [77].

Des outils de diagnostic de la dépendance au téléphone ont été développés. Le test de la dépendance aux téléphones portables a été élaboré en utilisant les critères du manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux sur la dépendance et un échantillon de 1944 adolescents. Les résultats montrent qu'il existe une relation directe et statistiquement significative entre les résultats des tests et les principaux paramètres de dépendance: manque de contrôle de l'impulsivité, utilisation du téléphone mobile pour éviter les états d'humeur désagréables, abus de le téléphone mobile (comme le montre le nombre d'appels quotidiens, les messages, les appels manqués ou les «bips») et le temps investi quotidiennement dans les appels et les messages [78].

L'une des études menées sur le modèle de l'utilisation du téléphone portable chez les adolescents a révélé l'existence de relations significatives entre certains des principaux paramètres de l'utilisation mobile et les problèmes liés à son abus, ainsi que la présence d'indicateurs de la dépendance au téléphone mobile, selon les critères du manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux. Certains des symptômes les plus caractéristiques de la dépendance étaient les suivants: (a) utilisation excessive, manifestée à la fois à un coût économique élevé et à de nombreux appels et messages; (b) les problèmes avec les parents associés à une utilisation excessive; (c) ingérence dans d'autres activités scolaires ou personnelles; (d) une augmentation graduelle de l'utilisation du téléphone mobile pour obtenir le même niveau de satisfaction, ainsi que la nécessité de remplacer les dispositifs opératoires par les nouveaux modèles qui apparaissent sur le marché; et (e) la nécessité d'utiliser le téléphone mobile

fréquemment, ainsi que des altérations émotionnelles lorsque l'utilisation du téléphone est entravée [78].

## **2-2- Risques sur l'environnement**

### **2-2-1- Consommation d'énergie :**

La production de nouveaux téléphones mobiles contribue au changement climatique en épuisant l'énergie et les matériaux vierges dans les procédés, libérant ainsi des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. De nos jours, la consommation d'énergie dans un appareil mobile est une mesure de performance importante, car la communication sans fil a dépensé une quantité significative d'énergie par seconde. Le traitement des matières premières pour la production de téléphones portables utilisait de l'énergie précieuse, émet des gaz à effet de serre, ce qui a conduit à la pollution de l'air et de l'eau.

Yu et al indiquent que sur le cycle de vie du téléphone portable, la fabrication correspond à 50% de la consommation totale d'énergie, alors que la phase d'utilisation ne représente que 20%. Grimes et al ont noté que les niveaux de dissipation de l'énergie dans les téléphones mobiles continuent d'augmenter en raison du jeu, des applications de puissance supérieure et des fonctionnalités accrues associées à l'Internet [79].

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement, GSMA a estimé que la fabrication d'un téléphone mobile produit environ 60 kg de CO<sub>2</sub> e et l'utilisation d'un téléphone mobile pendant un an produit environ 122 kg de CO<sub>2</sub> e.

En outre, le GSMA a mentionné que si 10% des utilisateurs de téléphones mobiles du monde entier ont éteint leurs chargeurs après leur utilisation,

l'énergie économisée en un an pourrait alimenter 60 000 maisons européennes. GSMA a estimé que l'électricité et le diesel consommés par les réseaux mobiles dans le monde sont responsables d'environ 70 millions de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone annuellement. [79]

La consommation d'énergie est une grande préoccupation pour les appareils mobiles, car la puissance de la batterie des appareils mobiles est l'une des ressources les plus importantes. Ambrosio et al ont déclaré que l'amélioration de l'efficacité énergétique des appareils mobiles est essentielle dans le domaine de l'informatique verte et des économies d'énergie. Torres et al ont mis en évidence la nécessité de mettre en place des techniques de détection conscientes du point de vue de l'environnement pour une utilisation plus efficace des ressources énergétiques. Par conséquent, cette étude sensibiliserait à l'impact de la consommation d'énergie des téléphones portables.

### **2-2-2- Déchets :**

L'évolution rapide de la technologie et la production excessive de téléphones portables entraîne leur courte période d'utilisation et, par conséquent, peut constituer une source de pollution environnementale et contribue au réchauffement climatique. Les téléphones mobiles ou cellulaires sont fabriqués avec des métaux lourds tels que le cadmium, le plomb, le lithium, le mercure et les retardateurs de flamme bromé, qui sont utilisés dans les parties de la carte de circuit imprimé (PCB), l'écran, le clavier, le boîtier en plastique, batteries et chargeurs. Ces substances provoquent une collision sévère sur le plan environnemental en raison de leurs niveaux de toxicité.

Wu et al ont constaté que 12 éléments du téléphone mobile sont hautement dangereux et 12 sont moins nocifs, ce qui constitue une toxicité majeure pour

l'impact sur l'environnement et les auteurs ont souligné que les déchets électroniques pouvaient rapidement augmenter le volume d'apport toxique dans l'environnement s'il n'a pas été traité correctement. Les grandes quantités de logements en plastique à déchets de téléphones portables tels que le plomb, le cadmium, le nickel et l'argent alors qu'ils brûlent peuvent avoir des répercussions néfastes sur la santé de l'homme et l'écologie [79].

La phase d'utilisation des téléphones mobiles est l'une des plus courtes pour les produits électroniques, et il devient plus court conduisant à une augmentation des déchets électroniques. Robinson a déclaré que l'élimination incorrecte des déchets de téléphones portables a causé des effets significatifs sur la santé et la dégradation de l'environnement dans les pays en voie de développement. Ongondo et Williams ont prouvé que les téléphones portables rejetés représentent un problème important et croissant en ce qui concerne les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). La figure 7 montre un gaspillage potentiel de téléphone mobile qui a un impact sur l'environnement [79].



**Figure 16 : Emissions potentielles de téléphones mobiles [79].**

Deloitte a identifié l'absence de recyclage et de réutilisation appropriés, ce qui a entraîné le déversement de plus de 7 000 tonnes de composants toxiques pour le téléphone portable (c.-à-d. Plus de 80% de matières dangereuses) dans les déchets terrestres. La contamination qui en résultera laissera des conséquences considérables face à l'environnement et à toutes les formes vivantes de la terre. Dans les pays en voie de développement, les téléphones mobiles ne sont généralement pas éliminés par le bon flux de déchets pour le recyclage en raison de la domination des secteurs de recyclage informels [79].

Lakshmi et Na-gan ont signalé que le plomb, un cancérigène possible peut s'accumuler dans l'environnement, ce qui entraîne des effets aigus et chroniques sur les microorganismes, les plantes, les animaux et les humains, et les auteurs ont également signalé le mercure, qui se transforme et finit éventuellement dans les aliments, ce qui provoque des lésions cérébrales chez les humains et les animaux. Le lithium a un degré élevé d'activité chimique qui, par lui-même, peut polluer l'eau lorsqu'il est exposé. Ainsi, ces substances peuvent provoquer une crise majeure dans l'environnement en évacuant les déchets en décomposition dans les déchets terrestres en eaux souterraines, en contaminant le sol et en entrant éventuellement dans la chaîne alimentaire [79].

### **2-3- Accident par inattention humaine**

Dans le monde d'aujourd'hui, le nombre d'accidents est dû à une conduite distraite, en particulier lors de l'utilisation du téléphone mobile pendant la conduite, ce qui a été déterminé comme la principale cause des accidents d'automobile. L'utilisation de téléphones mobiles par les conducteurs de véhicules et les piétons entraînera des accidents de la route en raison de leur perte de concentration. Conduire tout en parlant, en envoyant des messages

textuels ou en utilisant Internet distrait les conducteurs et augmente le risque d'accidents.

Les adolescents risquent le plus grand risque d'être victimes d'accidents en raison de l'utilisation du téléphone cellulaire tout en conduisant. Près de 9 jeunes adeptes sur 10 admettent s'engager dans des comportements de conduite désastreux, tels que des messages textuels ou des conversations sur un téléphone cellulaire. Acharya et al ont également souligné que l'accident dû à l'utilisation du téléphone cellulaire tout en conduisant est généralement vu sur les routes aujourd'hui. Fowles et al ont examiné que l'impact de l'utilisation du téléphone cellulaire sur les taux d'accidents des camions aux États-Unis et les résultats indiquaient que l'utilisation croissante du téléphone cellulaire a entraîné l'augmentation des taux d'accidents du camion [79].

Khan et al ont confirmé que 36% des accidents de la route sont dues à l'utilisation de téléphones mobiles lors de la conduite d'un véhicule. Muehleggera et Shoaga ont observé que les volumes d'appel horaires est en rapport avec l'existence d'un accident de véhicule à proximité qui a entraîné des blessures graves ou des accidents mortels. Selon le rapport de l'OMS, les blessures dans les accidents de circulation routière devraient devenir la troisième cause la plus importante du fardeau mondial des blessures / maladies d'ici 2020 [79].

#### **2-4- Contamination bactérienne**

Les téléphones mobiles sont continuellement utilisés toute la journée mais jamais nettoyés. Il n'existe aucune directive pour la désinfection et la décontamination appropriées de ces téléphones.

Une étude a été réalisée dans l'Etat de Khartoum montre que le téléphone est contaminé par des bactéries [80].

Or l'utilisation de téléphones mobiles dans l'hôpital par les agents de santé est devenue répandue et plusieurs études ont montré le rôle potentiel de cette technologie dans la diffusion des maladies.

Une étude sur le rôle des téléphones mobiles dans la propagation des infections bactériennes a révélé un pourcentage élevé (62,0%) de contamination bactérienne après l'analyse de 400 échantillons d'écouvillons provenant de téléphones mobiles. Le *Staphylocoques à coagulase négative* était l'agent bactérien le plus répandu des téléphones portables, suivi de *S. aureus* [81].

Une autre étude confirme le risque de la contamination microbienne du téléphone portable en milieu hospitalier. Tous les téléphones mobiles testés (100%) ont été contaminés par des agents bactériens simples ou mixtes. Les contaminants bactériens les plus répandus étaient *staphylocoques aureus* résistant à la méthicilline et *staphylocoques à coagulase négative* représentant respectivement 53% et 50% [82].

Comme le téléphone peut servir de véhicules de transmission des infections bactériennes, la désinfection semble alors nécessaire comme le montre une étude réalisée dans le service de bactériologie de l'hôpital militaire d'Instruction Mohammed V. Cette étude a révélé un taux de contamination bactérienne de 100% avec prédominance *Staphylocoque à coagulase négative*. Ainsi La désinfection des téléphones portables par la solution hydro alcoolique a réduit à 99,5% le nombre des colonies [83].

Enfin une étude indique que les téléphones portables à écran tactile sont moins contaminés que leurs homologues du clavier et qu'ils sont moins susceptibles d'abriter des bactéries pathogènes dans le contexte clinique [84].

## **2-5- Allergie de contact**

La dermatite de contact allergique (ACD), une réaction d'hypersensibilité à médiation par lymphocytes T, est fréquente chez les adultes et les enfants du monde entier. Par exemple, cette condition est souvent observée suite à une exposition cutanée aux articles métalliques qui libèrent du nickel en concentrations élevées. Il est important de noter que la réactivité au test de patch au nickel affecte jusqu'à 17% des femmes et 3% des hommes de la population générale. En outre, la sensibilisation au nickel est fréquente chez les enfants, avec des estimations de la prévalence de l'ACD allant de 17% à 33%. Les lésions apparaissent, la plupart du temps, lors d'utilisation prolongée (30 minutes d'affilée ou 1 heure répartie dans la journée).

Les rapports d'ACD au téléphone portable ont été signalés depuis 2000, lorsque Pazzaglia et al ont signalé deux cas d'allergie au nickel provoqués par l'utilisation d'un téléphone mobile. En 2000 en Italie 35 cas supplémentaires publiés par la suite, soit un total de 37 cas.

Une étude clinique danoise menée chez des patients atteints de dermatite évaluée consécutivement pour l'allergie au nickel entre 2007 et 2009 a également révélé qu'un tiers des téléphones mobiles de patients nickel allergiques ont libéré du nickel [85].

En dépit de l'ajout en 2009 de téléphones portables à la directive européenne sur le nickel, les taux de tests positifs au Danemark semblent inchangés entre 2008 et 2011. En l'espace d'une décennie, les rapports de dermatite de téléphonie mobile sont passés de 2 en 2000 à 27 en 2010, soit une augmentation de 1,250%. Au cours des 2 années suivantes, 11 cas supplémentaires ont été signalés, 28 à 34 montrant une augmentation de 40% de 2010 à 2012 [85].

Malgré les efforts visant à contrôler la libération d'allergènes dans les téléphones, de nombreux téléphones sur le marché libèrent des niveaux de métaux tels que le nickel qui sont suffisants pour induire une ACD [85].

## **2-6- Brûlures**

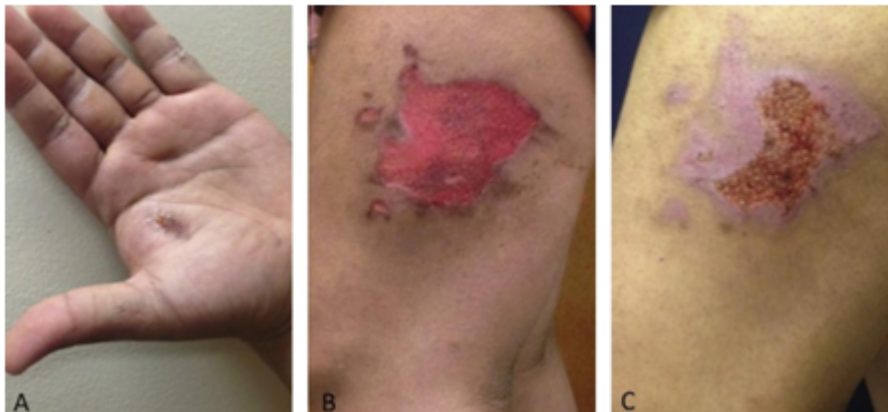
Avec l'augmentation de la destruction spontanée du téléphone signalée par le consommateur, le risque de brûlures subies par l'utilisation du téléphone cellulaire est de plus en plus préoccupant.

Une revue de la littérature sur les brûlures subies en association avec l'utilisation du téléphone cellulaire a montré que les téléphones cellulaires alimentés au lithium concernant six études de cas de brûlures de deuxième degré sont liées à l'utilisation du téléphone portable ont, la moitié de ceux-ci étant causés par un dysfonctionnement de la batterie [86].

Cherubino et al ont rapporté un cas similaire d'une explosion de batterie au lithium-ion, alors que le téléphone mobile était en mode veille, ce qui a provoqué des brûlures de deuxième et troisième degré. Dans un autre cas signalé, l'explosion du téléphone cellulaire s'est produite lorsqu'un jeune homme

écoutait de la musique alors que son le mobile a été branché pour le chargement [86].

Les batteries au lithium-ion peuvent contenir un certain nombre de composants dangereux, y compris le lithium métallique et les solutions hautement inflammables. Les défauts et les mauvaises utilisations pendant la production et le fonctionnement à leur application prévue peuvent provoquer des courts-circuits internes et externes, des surcharges, ou des surchauffes, ce qui peut entraîner une fuite thermique et / ou une explosion de batteries [86].



**Figure 17 : Gravure de deuxième degré localisé sur la cuisse gauche après la destruction spontanée de la batterie du téléphone cellulaire. (A) brûlure obtenue à partir de la récupération de la batterie endommagée lors de la présentation initiale. (B) Après la brûlure de la cuisse gauche. (C) La brûlure observée en clinique une semaine après l'incidence initiale [87].**

### **3- Autres effets :**

Le téléphone portable peut être associé à d'autres effets :

-Effet sur le système immunitaire : diminution des défenses immunitaires favorisant le développement de diverses pathologies.

-Effet sur le système cardio-vasculaire : Variabilité du rythme cardiaque et diminution de la tension artérielle.

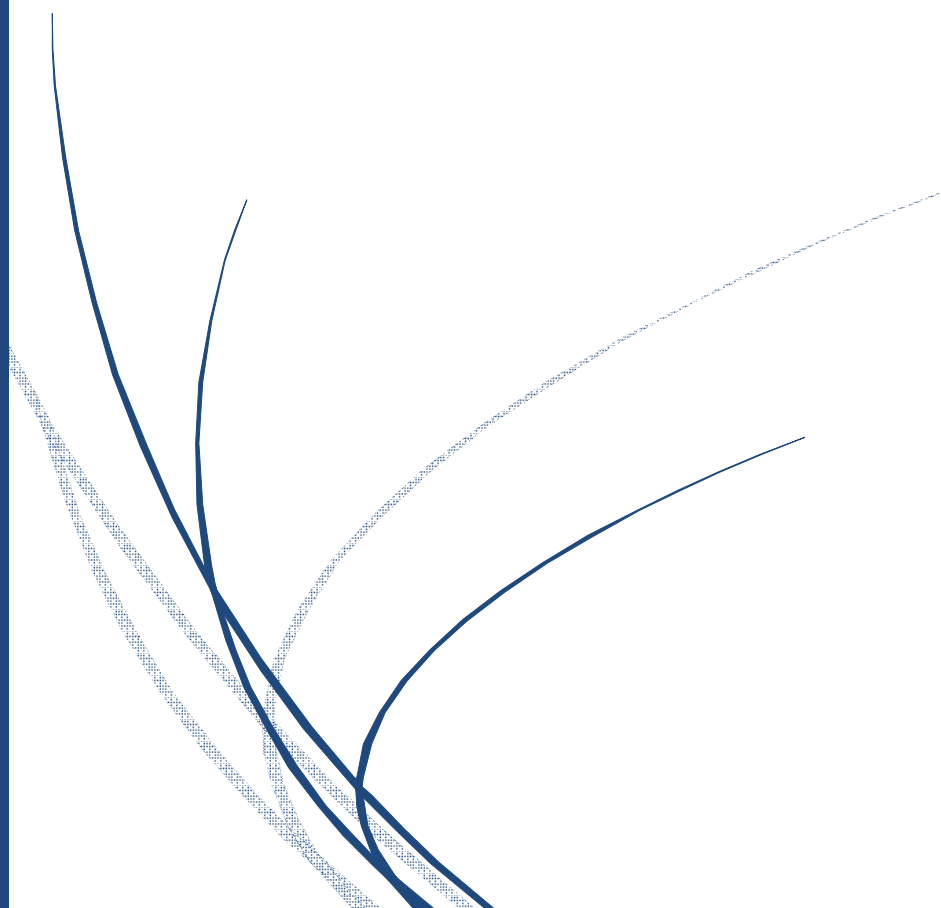
-Effet sur la grossesse : Malformation du fœtus.

-Effet sur les maladies neurologiques : favoriser les crises d'épilepsie...

Ces effets sont peu discutés en raison d'une absence de données de bonne qualité et un manque d'études sur les humains. Des études approfondies prenant en compte les évolutions technologiques sont nécessaires pour évaluer ces effets [88].



## *Partie 3 : Règles et conseils d'usage du téléphone portable*



Pour éviter les risques liés à l'utilisation du téléphone mobile, il revient à chacun de nous de prendre ses responsabilités, d'appliquer des méthodes préventives et de modifier quelque peu ses habitudes. La solution réside donc dans le fait de rester dans des limites telles que le processus biologique ne soit pas altéré.

Les paragraphes suivants présentent des conseils à suivre pour réduire l'impact du téléphone ainsi que le rôle de la commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (Icnirp) dans la mise en place des règles liées à l'utilisation du Téléphone portable.

### **1- Conseils :[89, 90]**

- Acheter de préférence un téléphone dont le DAS est le plus possible, et dont la mention est désormais obligatoire sur les fiches de vente.

- Ne pas acheter de téléphone aux enfants de moins de 10 ans, étant à priori les plus fragiles. S'ils en ont déjà un, Il est souhaitable de limiter leur recours au téléphone mobile. S'ils utilisent leur téléphone pour faire des jeux électroniques, il est préférable de le mettre en mode avion qui permet de réduire les émissions RF au plus bas niveau. Cette solution est valable si le téléphone n'est pas en usage.

- En dormant, le téléphone utilisé pour certains personnes comme réveil, posé proche de la tête, est une très mauvaise habitude.

- Ne pas conserver le portable à proximité du cerveau, des parties génitales ou des implants électroniques Mieux vaut porter son téléphone dans un sac que sur soi. Car un téléphone portable allumé, même en dehors de toute communication, émet régulièrement pour se situer par rapport au réseau

d'antennes. Si vous portez quand même le portable sur vous, placez au minimum son dos (qui reçoit et émet les ondes) vers l'extérieur plutôt que vers votre organisme.

- Éviter de téléphoner lors de déplacements, même à pieds et à fortiori en train ou en voiture et éteignez votre téléphone pour éviter qu'il ne cherche en permanence l'antenne relais la plus proche.

- Ne pas porter son téléphone à l'oreille dans les secondes qui suivent la numérotation. Attendre la première sonnerie. Le pic d'émission des ondes du téléphone est en effet lors de la connexion.

- L'usage d'oreillettes filaires pour les téléphones particulièrement en cas d'utilisation intensive, réduit le phénomène d'échauffement mais ne supprime pas la nocivité des ondes. Les oreillettes Bluetooth sont déconseillées puisqu'elles émettent des ondes directement dans l'oreille et ajoutent encore des ondes.

- L'utilisation du kit piéton ou de à main libres inclus dans tous les coffrets peut être privilégiée, mais pas en conduisant. Téléphoner en conduisant, peut multiplier le risque d'accident par manque de concentration.

- Utilisez votre téléphone portable avec modération surtout quand la réception est mauvaise, évitez les longues conversations et limitez l'usage aux communications indispensables,

- Une fois utilisées, Désactiver les fonctions de votre téléphone portable telles que les programmes nécessitant une connexion régulière (Wifi ou Bluetooth, météo, réseaux sociaux, GPS, téléchargements,...) pour réduire les RF.

- Changer d'oreille régulièrement quand vous êtes en conversation téléphonique. La meilleure option est de l'utiliser en mode haut parleur.

- les sms ou les texto chaque fois que c'est possible

## **2- Moyens de protection contre les ondes électromagnétiques :**

Sur le marché, il existe divers moyens de nous protéger des ondes électromagnétiques. On retrouve des pochettes anti-radiations et des patchs anti-radiations.

- Pochette anti-radiation pour téléphone portable : il s'agit d'un simple étui pouvant être adapté à n'importe quel mobile. Les pochettes sont composées des matériaux classiques (coton, nylon, synthétique) sauf qu'elles sont également doublées d'un tissu de protection électromagnétique ayant comme caractéristique de stopper les RF provenant des téléphones mobiles. Ce tissu révolutionnaire est composé de nanofibres d'acier inoxydable et de lin pour rendre la matière plus souple. Pour recevoir les appels, les pochettes disposent d'un premier compartiment où il faut loger le téléphone. La protection est conservée car ce compartiment est conçu spécialement avec une partie arrière doublée du tissu de protection que l'on place contre le corps. La pochette comporte un deuxième compartiment, ce dernier est doublé sur chaque face. Le téléphone placé dans ce compartiment est comme éteint. Les ondes ne passent plus (selon les industriels, des tests montrent que les ondes sont bloquées à 99%). Lorsque le mobile est dans ce compartiment, le téléphone n'a plus accès au réseau, ce point est repris par les industriels pour prouver l'efficacité du produit. Cependant, quelques rares cas de réception téléphonique ont été

enregistrés à proximité immédiate d'une station de base. Pour conserver une efficacité optimale, il faut éviter de laver et de froisser la pochette.

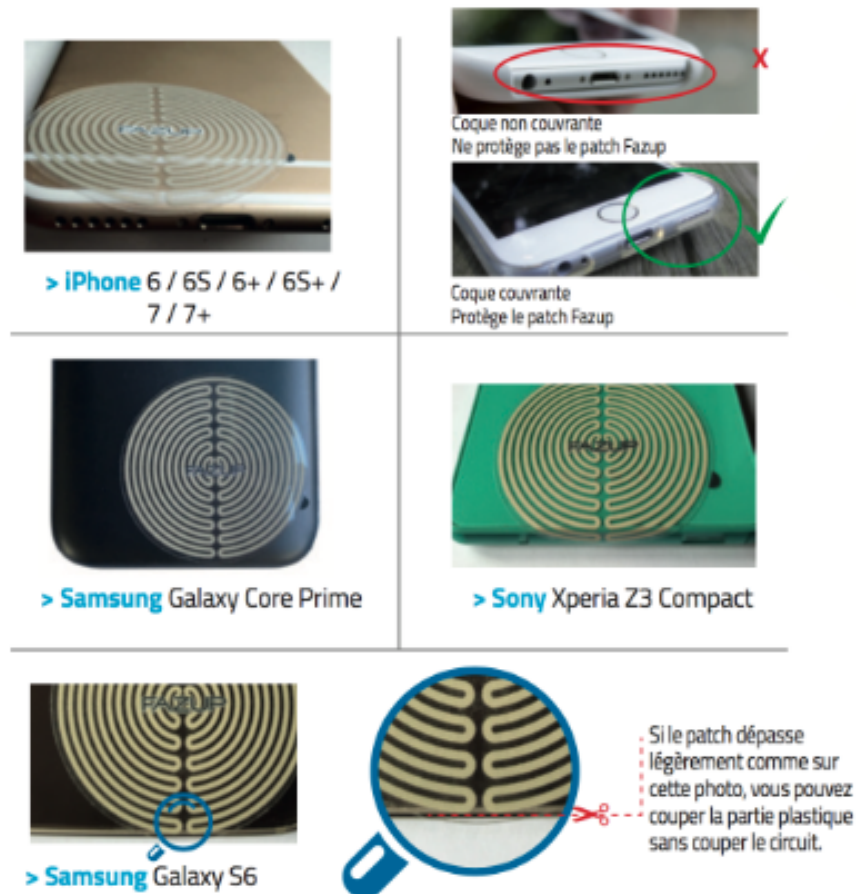


**Figure 18: Photographie d'une pochette anti-radiation [91].**

•Patch anti-radiation : patch de forme ronde avec 0,1 millimètre d'épaisseur et contenant une antenne passive à coller au dos du téléphone mobile. Ce dispositif qui n'est pas compatible avec tous les modèles de téléphones portables protégerait des effets présumés néfastes des ondes électromagnétiques sans perturber la qualité de réception et d'émission des appels. Le patch se positionne différemment en fonction des modèles de mobiles. Le patch peut être centré ou excentré.[92].



Figure 19 : Patch anti-radiation [93].



Utilisez une coque de protection pour protéger le patch de l'usure.

Figure 20 : Positionnement du patch [93].

### **3- Les limites d'exposition nous protègent ?**

Les règles directrices de l'Icnirp, qui couvrent les RF dont se trouve la téléphonie mobile définissent des restrictions de base et des niveaux de référence pour limiter l'exposition de la population aux champs électromagnétiques.

Les restrictions de base constituent les limites qui garantissent l'absence d'effets sanitaires connus, lorsqu'une personne est exposée à un champ électromagnétique. Elles incluent des facteurs de sécurité importants et se situent donc bien au-dessous des seuils pour lesquels des effets nocifs sont connus. Les restrictions de base sont définies en termes de quantités physiques directement reliées aux phénomènes observés sur le corps, appelées quantités dosimétriques ou, plus exactement, quantités biologiquement effectives. Pour les champs électromagnétiques RF, la quantité appropriée est le débit d'absorption spécifique (DAS).

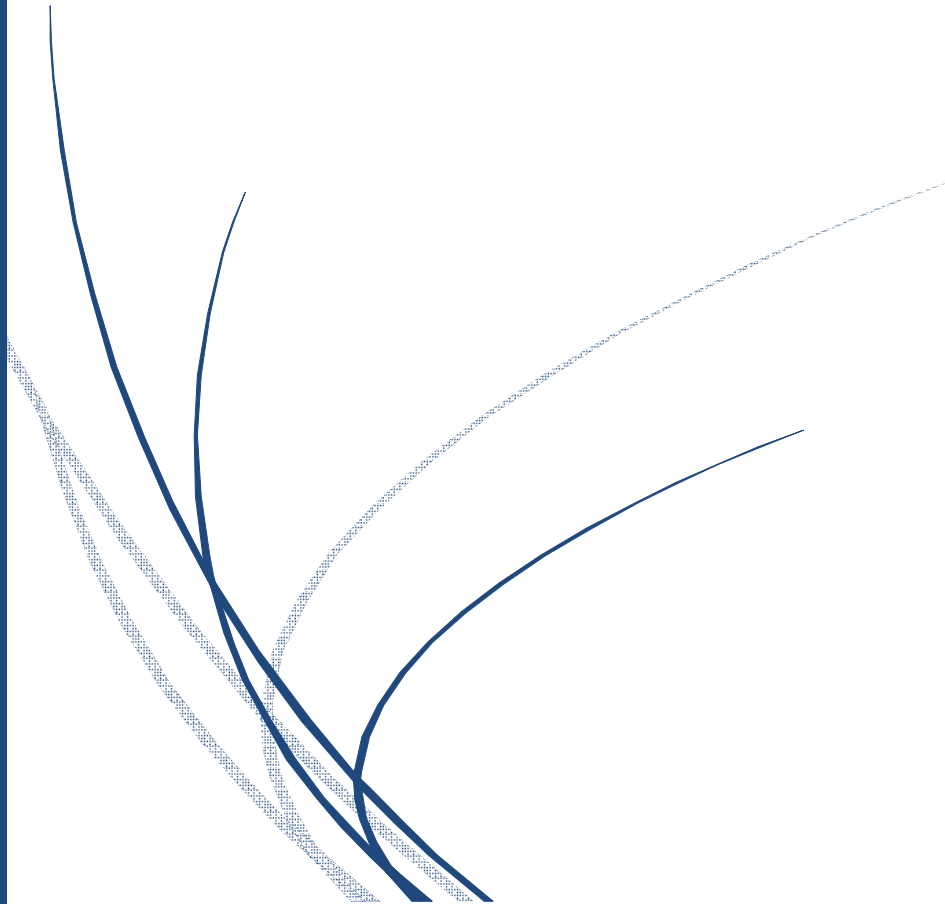
La valeur limite réglementaire à ne pas dépasser pour un portable est 2 W/kg .Alors que le temps maximum de chaque communication devrait être 6 minutes[94].

### **4- Comment connaître le DAS de son téléphone ?**

Le DAS maximal des téléphones mobiles figure obligatoirement dans leur notice d'emploi. Des conseils d'utilisation pour réduire les niveaux d'exposition des utilisateurs pour réduire les niveaux d'exposition des utilisateurs doivent obligatoirement y figurer.[89]



# *Conclusion*



Dans le monde entier, les téléphones portables sont au cœur d'un certain nombre de conversations et c'est surtout leur possible danger pour la santé qui fait de ces ondes un sujet plus que d'actualité.

Les téléphones mobiles ont suscité une énorme inquiétude de la part des citoyens, amenant ce problème à être pris au sérieux. De ce fait, de nombreuses études ont vu le jour mais suite aux résultats, il existe un véritable débat sur la possible nocivité des téléphones portables. On assiste à un face à face opposant deux camps.

D'un côté, on a des réponses rassurantes et sécurisantes qui redonnent confiance aux citoyens. Il s'agit des conclusions apportées par des études traitant le sujet et par les agences nationales et internationales. En effet, l'OMS affirme, compte tenu des connaissances actuelles, qu'il n'existe pas de rapport de cause à effet entre les l'utilisation du téléphone portable et un risque pour la santé.

De l'autre côté, des chercheurs ont publié des études fournissant des conclusions préoccupantes quant aux effets délétères du téléphone portable sur la santé des citoyens.

Notre thèse a permis de constater un certain nombre d'études révélant un effet négatif du téléphone portable sur la santé.

De ce fait, sans pour autant proscrire l'utilisation du téléphone portable, il faut s'en méfier. Il existe des gestes simples pour minimiser notre exposition et ainsi nous protéger : utiliser le mobile le moins fréquemment possible et ceci durant une courte période, appeler sans se déplacer et dans des lieux dotés d'un bon réseau, ne pas mettre le téléphone portable sur la table de chevet pendant la nuit, utiliser un kit mains libres, privilégier l'envoi de sms, attendre de mettre à son oreille le mobile tant que le correspondant n'a pas décroché,...



# *Résumé*



# RESUME

**Titre** : Téléphone portable : Danger, risque et effet sur la santé

**Auteur** : Zidane Souaf

**Mots clés** : Téléphone mobile- Radiofréquence- Danger- Précaution- Onde électromagnétique

Le téléphone portable est devenu un véritable phénomène de société. Aujourd'hui presque la quasi totalité de la population mondiale est équipée de téléphones portables. Ainsi le secteur de la téléphonie mobile a connu de profondes mutations en l'espace de quelques années, ce qui a soulevé de nombreuses questions, notamment celles liées aux risques encourus par l'utilisation excessive de cette technologie.

Malheureusement cette technologie s'accompagne de nouveaux dangers. En effet, l'exposition aux RF émises par le téléphone portable peuvent avoir plusieurs effets néfastes : l'échauffement, baisse de la fertilité, les problèmes auditifs, la perturbation de la qualité du sommeil, l'interférence électromagnétique, le cancer du cerveau et l'hypersensibilité électromagnétique. Parallèlement à ces effets, d'autres risques indirectement liés aux RF peuvent survenir comme la détérioration de l'environnement, les accidents par inattention humaine, l'addiction, la contamination bactérienne, les allergies de contact et les brûlures.

Bien que des conclusions apportées par des études soient rassurantes, d'autres laissent persister le doute. Compte tenu des études actuelles, la précaution reste la seule recommandation envisageable afin de limiter les risques sanitaires et environnementaux liées à l'utilisation aberrante du téléphone portable.

## **Abstract**

**Title:** Mobile phone: Danger, Risk and Effect on Health

**Author:** Zidane Souaf

**Key words:** mobile phone- radiofrequency- danger- precaution- electromagnetic radiation

The mobile phone has become a real social phenomenon. Today almost all the world's population is equipped with mobile phones. Thus, the mobile telephony sector has undergone profound changes in the space of a few years, which raised many questions, in particular those related to the risks incurred by the excessive use of this technology.

Unfortunately this technology is accompanied by new dangers. Indeed, exposure to RF emitted by the mobile phone can have several detrimental effects: warming up, lowering of fertility, hearing problems, disruption of sleep quality, electromagnetic interference, brain cancer and electromagnetic hypersensitivity. In addition to these effects, other risks indirectly related to RF can occur such as environmental degradation, human inattention accidents, addiction, bacterial contamination, contact allergies and burns.

Although conclusions from studies are reassuring, others leave room for doubt. Given the current studies, precaution remains the only recommendation that can be considered in order to limit the health and environmental risks associated with the aberrant use of the mobile phone.

## ملخص

العنوان: الهاتف المحمول: المخاطر والتأثير على الصحة

الكاتب : زيدان الصواف

الكلمات الأساسية : الهاتف المحمول- الترددات الراديوية- خطر- احتياط- موجة كهرومغناطيسية

أصبح الهاتف المحمول ظاهرة اجتماعية حقيقية. فالיום أصبح جميع سكان العالم مجهزين بالهواتف النقالة. كذلك، شهد قطاع المهاتفة المتنقلة تغيرات عميقة في غضون بضع سنوات، مما أثار العديد من التساؤلات، ولا سيما تلك المتعلقة بالمخاطر التي يتكبدها الاستخدام المفرط لهذه التكنولوجيا. للأسف هذه التقنية مصحوبة بمخاطر جديدة. والواقع أن التعرض للترددات الراديوية المنبعث من الهاتف المحمول يمكن أن يكون له آثار ضارة عديدة: الإحماء، خفض الخصوبة، مشاكل السمع، اضطراب النوم، التداخل الكهرومغناطيسي، سرطان الدماغ، فرط الحساسية الكهرومغناطيسية. وبالإضافة إلى هذه الآثار، يمكن أن تحدث مخاطر أخرى ذات صلة غير مباشرة بالترددات الراديوية مثل التدهور البيئي، الحوادث بسبب عدم الانتباه البشري، الإدمان، التلوث البكتيري، الحساسية والحروق.

وعلى الرغم من أن النتائج المقدمة من الدراسات تطمئن، فإن البعض الآخر يترك مجالاً للشك. بالنظر إلى الدراسات الحالية. الاحتياطات هي التوصية الوحيدة التي يمكن النظر فيها من أجل الحد من المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بالاستخدام المفرط للهاتف المحمول.



# *Bibliographie et webographie*



- [1] **L'union internationale de télécommunications.** [En ligne]. Disponible sur : [www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/](http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/). ( Consulté en 2017 ).
- [2] **Nicolas M.** Ondes et électromagnétisme : Cours, applications, QCM et exercices corrigés. 2009 : Dunod. p.1.
- [3] **Perrin A, Souques M.** Champs électromagnétiques, environnement et santé. 2010: Springer Paris. p.5.
- [4] **Alain G.** Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Les incidences éventuelles sur la santé de la téléphonie mobile. France. 2009. p.17.
- [5] La perception des couleurs. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.bioinformatics.org>. ( Consulté en 2017 ).
- [6] Cours d'université virtuelle d'environnement et développement durable.Le rayonnement électromagnétique : nature et propagation.France. 2008.
- [7] **Perrin A, Souques M .**Champs électromagnétiques, environnement et santé. 2010: Springer Paris. p.5-6.
- [8] Que sont les radiofréquences ? Portail radiofréquences-santé-environnement. [En ligne]. Disponible sur : [www.radiofrquences.gouv.fr](http://www.radiofrquences.gouv.fr). ( Consulté en 2017 ).
- [9] Cours d'université virtuelle d'environnement et développement durable. Le spectre électromagnétique. France. 2008.

- [10] **Organisation mondiale de la santé.** Que sont les champs électromagnétiques ?.[En ligne]. Disponible sur : [www.who.int](http://www.who.int). ( Consulté en 2017 ).
- [11] **Perrin A, Souques M.** Champs électromagnétiques, environnement et santé. 2010. p.69-70.
- [12] Dossier des ondes électromagnétiques Sur quelle fréquence sommes nous ? . [En ligne]. Disponible sur : <http://www.ecoguide-it.com>. ( Consulté en 2017 ).
- [13] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2009. p.59.
- [14] **Aran J et al.** Rapport à l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale :Téléphonie mobile et santé. 2003. p.6-7.
- [15] Quelles sont les ondes des téléphones portables ? . [En ligne]. Disponible sur : <http://tpe-ondes-portable.blogy.fr>. ( Consulté en 2017).
- [16] **Lorrain J, Raoul D.** Rapport sur l'incidence éventuelle de la téléphonie mobile sur la santé. 2002. p.11.
- [17] **Aran J et al.** Rapport à l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale :Téléphonie mobile et santé. 2003. p.7.
- [18] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2009. p.66.

- [19] **Makanera M.** Comment fonctionne l'internet qu'on utilise, du filaire au non filaire en passant par la connexion par ondes radio, la téléphonie mobile etc. Son origine et ses différents modes d'accès. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.rivieresdusud.info>. ( Consulté en 2017 ).
- [20] **Lorrain J, Raoul D.** Rapport sur l'incidence éventuelle de la téléphonie mobile sur la santé. 2002. p.22-3.
- [21] **Frédéric Constans.** Téléphonie mobile et santé : comprendre l'indice DAS. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.cnetfrance.fr>. ( Consulté en 2017 ).
- [22] **Djamel ALLAL.** Dosimétrie radiofréquence (DAS/SAR) :Introduction .2015.
- [23] Olivier Lavoisy. « INVENTION DU TÉLÉPHONE ». Encyclopædia Universalis. [en ligne]. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/invention-du-telephone/>. ( Consulté en 2017 ).
- [24] **Vion A, Dudouet F, Grémont E.** Normalisation et régulation des marchés: la téléphonie mobile en Europe et aux Etats-Unis. 2008: Centre d'études et de recherches internationales:11-3.
- [25] **Pereira V, Sousa T.** Evolution of Mobile Communications: from 1G to 4G. Department of Informatics Engineering of the University of Coimbra, Portugal, 2004.
- [26] L'évolution des technologies cellulaires. [En ligne]. Disponible sur : <http://blog.sphinxfrance.fr>. ( Consulté en 2017 ).

- [27] **Agence Nationale de Réglementation des Télécommunications.** Résultats de l'enquête annuelle de collecte des indicateurs TIC auprès des ménages et des individus Année 2016. [En ligne]. Disponible sur : [www.anrt.ma](http://www.anrt.ma) ( Consulté en 2017 ).
- [28] Les reflets de la physique n°23. Les ondes de téléphonie mobile. 2011. p.22.
- [29] **Santini R, Seigne M, Bonhomme-Faivre L.** Danger of cellular telephones and their relay stations. 2000.
- [30] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013. p. 116.
- [31] **Lahiri B** et al. Infrared thermography based studies on mobile phone induced heating. *Infrared Physics & Technology* 2015; 71: 242-51.
- [32] **Adams J.A** et al. Effect of mobile telephones on sperm quality: a systematic review and meta-analysis. *Environment international* 2014; 70: 106-12.
- [33] **Liu K** et al. Association between mobile phone use and semen quality: a systemic review and meta-analysis. *Andrology* 2014; 2(4): 491-501.
- [34] **Zilberlicht A** et al. Habits of cell phone usage and sperm quality—does it warrant attention? *Reproductive biomedicine online*; 2015. 31(3): 421-26.

- [35] **Al-Bayyari N.**The effect of cell phone usage on semen quality and fertility among Jordanian males. Middle East Fertility Society Journal 2017.
- [36] **Lewis R.C** et al. Self-reported mobile phone use and semen parameters among men from a fertility clinic. Reproductive Toxicology 2017; 67: 42-7.
- [37] Schéma de l'oreille. [En ligne]. Disponible sur : [www.chorus.e-monsite.com](http://www.chorus.e-monsite.com) ( Consulté en 2017 ).
- [38] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013. p. 205-6.
- [39] **Karthikeyan P, Christian J.S, Audhya A.** Hearing evaluation in mobile phone users at a tertiary care hospital. Indian Journal of Otology 2014; 20(1): 24.
- [40] **Velayutham P** et al. High-frequency hearing loss among mobile phone users. Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery 2014; 66(1): 169-72.
- [41] **Hutter H.P** et al. Tinnitus and mobile phone use. Occupational and environmental medicine 2010; 67(12): 804-8.

- [42] **Medeiros L.N, Sanchez T.G.** Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation. Brazilian journal of otorhinolaryngology 2016; 82(1): 97-104. Brazilian journal of otorhinolaryngology.
- [43] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013. p. 205-11.
- [44] **Nair P.G** et al. Effect of Mobile Phone Use on Auditory Function. Research in Otolaryngology 2016; 5(2): 21-7.
- [45] **Sharma G** et al. Assessment Long Term Effect of Mobile Phone Usage on Hearing Faculties Using Brainstem Evoked Response Audiometry. J Neurol Neurophysiol 2016; 7(387): 2.
- [46] **Philip P** et al. The effect of mobile phone usage on hearing in adult population. Indian Journal of Otology 2017; 23(1): 1.
- [47] **Zhang J, Sumich A, Wang G.Y.** Acute effects of radiofrequency electromagnetic field emitted by mobile phone on brain function. Bioelectromagnetics 2017.
- [48] **Roggeveen S** et al. EEG changes due to experimentally induced 3G mobile phone radiation. PLoS One 2015; 10(6): 1-13.
- [49] **Lagroye I.** Champs magnétiques, champs électromagnétiques et santé. Environnement, Risques & Santé 2016; 1(1): 24.

- [50] **Loughran S.P** et al. Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem. *Bioelectromagnetics* 2012; 33(1): 86-93.
- [51] **Danker-Hopfe H** et al. Effects of mobile phone exposure (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on polysomnography based sleep quality: An intra-and inter-individual perspective. *Environmental research* 2016; 145: 50-60.
- [52] **Exelmans L, Van den Bulck J**. Bedtime mobile phone use and sleep in adults. *Social Science & Medicine* 2016; 148: 93-101.
- [53] **Barbaro V** et al. On the mechanisms of interference between mobile phones and pacemakers: parasitic demodulation of GSM signal by the sensing amplifier. *Physics in medicine and biology* 2003; 48(11): 1661.
- [54] **Kainz W** et al. Electromagnetic compatibility of electronic implants .review of the literature . 2001.p. 903-14.
- [55] **Tandogan I** et al. Effects of mobile telephones on the function of implantable cardioverter defibrillators. *Annals of Noninvasive Electrocardiology* 2005; 10(4) : 409-13.
- [56] **Organisation mondiale de la santé**. Quels sont les risques sanitaires associés aux téléphones portables et à leurs stations de base?. [En ligne]. Disponible sur : [www.who.int](http://www.who.int). ( Consulté en 2017 ).

- [57] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013. p.290.
- [58] Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement. tumeurs de la tête et du cou et téléphone mobiles. p.2.
- [59] **Johansen C** et al. Cellular telephones and cancer—a nationwide cohort study in Denmark. *Journal of the National Cancer Institute* 2001; 93(3): 203-7.
- [60] **Schüz J** et al. Cellular telephone use and cancer risk: update of a nationwide Danish cohort. *Journal of the National Cancer Institute* 2006; 98(23): 1707-13.
- [61] **Benson V.S** et al. Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study. *International journal of epidemiology* 2013; 42(3): 792-802.
- [62] **Muscat J** et al. Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology* 2002; 58(8): 1304-6.
- [63] **Muscat J.E** et al. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *Jama* 2000; 284(23): 3001-7.
- [64] **Group I.S.** Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International journal of epidemiology* 2010; 39(3): 675.

- [65] **Group I.S.** Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case–control study. *Cancer epidemiology* 2011; 35(5): 453-64.
- [66] **Gandhi O.P, Lazzi G, Furse C.M.** Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. *IEEE transactions on microwave theory and techniques* 1996; 44(10): 1884-97.
- [67] **Aydin D** et al. Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multicenter case–control study. *Journal of the National Cancer Institute* 2011; 103(16): 1264-76.
- [68] **Coureau G** et al. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occup Environ Med* 2014; 71(7): 514-22.
- [69] **Organisation Mondiale de la Santé.** Champs électromagnétiques et santé publique: téléphones portables. [En ligne]. Disponible sur : [www.who.int](http://www.who.int). ( Consulté en 2017 ).
- [70] **Sadetzki S** et al. The MOBI-Kids study protocol: challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk. *Frontiers in public health* 2014; 2.
- [71] **Toledano M.B** et al. Cohort profile: UK COSMOS—a UK cohort for study of environment and health. *International Journal of Epidemiology* 2017; 46(3): 775-87.

- [72] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2009. p. 294.
- [73] **Organisation mondiale de la santé.** Champs électromagnétiques et santé publique: hypersensibilité électromagnétique. [En ligne]. Disponible sur : [www.who.int](http://www.who.int). ( Consulté en 2017 ).
- [74] **Kato Y, Johansson O.** Reported functional impairments of electrohypersensitive Japanese: a questionnaire survey. *Pathophysiology* 2012; 19(2): 95-100.
- [75] **Hagström M, Auranen J, Ekman R.** Electromagnetic hypersensitive Finns: symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. *Pathophysiology* 2013; 20(2): 117-22.
- [76] **Chen L et al.** Mobile phone addiction levels and negative emotions among Chinese young adults: the mediating role of interpersonal problems. *Computers in Human behavior* 2016; 55: 856-66.
- [77] **Goswami V, Singh D.R.** Impact of mobile phone addiction on adolescent's life: A literature review. *Int J Home Sci* 2016; 2: 69-74.
- [78] **Choliz M.** Mobile phone addiction: a point of issue. *Addiction* 2010; 105(2): 373-4.
- [79] **Velmurugan M.S.** Sustainable perspectives on energy consumption, EMRF, environment, health and accident risks associated with the use of mobile phones. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2017; 67: 192-206.

- [80] **Abd Elrahim E.O.I.** Assessment of Gram-positive Bacterial Contamination on Mobile Phone-Khartoum State. 2014, Sudan University of Science and Technology.
- [81] **Akinyemi K.O** et al. The potential role of mobile phones in the spread of bacterial infections. *The Journal of Infection in Developing Countries* 2009; 3(08): 628-32.
- [82] **Selim H.S, Abaza A.F.** Microbial contamination of mobile phones in a health care setting in Alexandria, Egypt. *GMS hygiene and infection control* 2015; 10. 2015.
- [83] **Uwingabiye J, Moustanfii W, Chadli M, Sekhsokh Y.** Etude de la flore bactérienne contaminant les téléphones mobiles avant et après la désinfection: comparaison entre les professionnels soignants de l'hôpital militaire d'instruction Mohammed V de Rabat et les témoins.
- [84] **Pal P** et al. Keypad mobile phones are associated with a significant increased risk of microbial contamination compared to touch screen phones. *Journal of Infection Prevention* 2013; 14(2): 65-8.
- [85] **Richardson C** et al. Mobile phone dermatitis in children and adults: a review of the literature. *Pediatric allergy, immunology, and pulmonology* 2014; 27(2): 60-9.
- [86] **Corazza M** et al. Thermal injury caused by the explosion of a lithium-ion mobile phone battery. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 2017.

- [87] **Mankowski P.J** et al., Cellular phone collateral damage: A review of burns associated with lithium battery powered mobile devices. *Burns* 2016; 42(4): 61-4.
- [88] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013.
- [89] Téléphones mobiles, santé et sécurité. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.radiofrquences.gouv.fr/>. ( Consulté en 2017 ).
- [90] **KchikachM.** Guide de prévention contre les risque dus aux équipements électriques et aux TIC sur la santé-Cas du Maroc. p. 68-71.
- [91] Isophone- Pochette anti-radiation pour téléphone portable. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.okinaha.com>. ( Consulté en 2017 ).
- [92] Patch anti ondes FAZUP pour téléphone portable - Fabrication Française. [En ligne]. Disponible sur : [www.robe-materiel-medical.com](http://www.robe-materiel-medical.com). ( Consulté en 2017 ).
- [93] Patch de protection anti-ondes Fazup pour téléphone. [En ligne]. Disponible sur : [www.celyatis.com](http://www.celyatis.com). ( Consulté en 2017 ).
- [94] Rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. 2013. p.412.

# *Serment de Galien*

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté :*

- *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- *D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé publique, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- *D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- *De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisée de mes confrères si je manquais à mes engagements.*

جامعة محمد الخامس  
كلية الطب والصيدلة  
- الرياض -

### قسم الصيدلي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَحْسِنُ بِاللَّهِ الْعَظِيمِ

- ◀ أن أراقب الله في مهنتي
- ◀ أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوما وفيا لتعاليمهم.
- ◀ أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبدا في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- ◀ أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأداب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- ◀ أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلى أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- ◀ لأحظى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

"والله على ما أقول شهيد"

## الهاتف المحمول: المخاطر والتأثير على الصحة

### أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : .....

### من طرف

**السيد: زيدان الصواف**

المزاد في: 10 يونيو 1992 بالدار البيضاء

### لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: الهاتف المحمول - الترددات الراديوية - خطر - احتياط -  
موجة كهرومغناطيسية.

### تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

السيد : ميمون زوهدي

أستاذ في علم الأحياء الدقيقة

مشرف

السيد : ياسين سخسوخ

أستاذ في علم الأحياء الدقيقة

السيدة : منى نزيه

أستاذة في علم الدم البيولوجي

السيدة : سكيينة الحمزاوي

أعضاء

أستاذة في علم الأحياء الدقيقة

السيدة : مريم الشادلي

أستاذة في علم الأحياء الدقيقة