REVUE DE LITTÉRATURE #01 - MARS 2017

LORSQUE LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES S'INVITENT À L'ÉCOLE : LES EFFETS SUR LA SANTÉ ?

SERVICE UNIVERSITAIRE DE PROMOTION DE LA SANTÉ
RESO / IRSS / UCL

REVUE RÉALISÉE PAR
Dominique Doumont & Ségolène Malengreaux

AVEC LA COLLABORATION DE
William D'Hoore et Isabelle Aujoulat
et de l'Office de la Naissance et de l'Enfance

AVEC LE SOUTIEN DE

UNE PUBLICATION DU RESO - SERVICE DE PROMOTION DE LA SANTÉ DE L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

AUTEURS :

MALENGREAUX Ségolène
DOUMONT Dominique

AVEC LA COLLABORATION DE :

D'HOORE William et AUJOULAT Isabelle
et de l'Office de la Naissance et de l'Enfance (ONE)

EDITEUR RESPONSABLE :

AUJOULAT Isabelle

CONTACT :

Clos Chapelle-aux-champs, 30 bte B1.30.14,
B-1200 Woluwe-Saint-Lambert, Belgique
Tél. +32(0)2 764 32 82 – resodoc@uclouvain.be

RETROUVEZ LES AUTRES PUBLICATIONS DU RESO A L'ADRESSE :

WWW.UCLOUVAIN.BE/RESO

POUR CITER CE DOCUMENT :

MALENGREAUX Ségolène, DOUMONT Dominique, *Lorsque les ondes électromagnétiques s'invitent à l'école : les effets sur la santé?*, Woluwe-Saint-Lambert : RESO, 2017.

AVEC LE SOUTIEN DE :

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS 7

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE 8

2. LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE, DE QUOI PARLE-T-ON ? 9

2.1. Définition et préambules 9

2.2. Caractérisation des expositions 13

3. EFFETS POTENTIELS DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LA SANTÉ 18

3.1. Introduction 18

3.2. Méthode de recherche 19

3.3. Résultats de nos recherches 21

3. 3. 1. Réactions biologiques aux champs électriques et magnétiques 21

3. 3. 2. Effets potentiels sur la santé des champs magnétiques de fréquences extrêmement basses 22

3. 3. 3. Effets potentiels sur la santé des champs de fréquences intermédiaires 24

3. 3. 4. Effets potentiels sur la santé des radiofréquences 24

3. 3. 5. L'hypersensibilité électromagnétique 27

3.4. Discussion 29

3. 4. 1. Etude des effets sur la santé des champs électromagnétiques 29

3. 4. 2. Le principe de précaution 30

3. 4. 3. Le risque perçu 31

3.5. Conclusion 35

4. POSITIONNEMENT DES PARTIES PRENANTES EN MILIEU SCOLAIRE 36

4.1. Introduction 36

4.2. Positionnement des parties prenantes par rapport au Wi-Fi dans les écoles 37

4. 2. 1. Discours des institutions de santé 37

4. 2. 2. Règlementations politiques 38

4. 2. 3. Réaction du public 39

4.3. Des outils de communication et des recommandations 40

4.4. Le défi des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour les écoles 41

5. LA PERSPECTIVE DE LA PROMOTION DE LA SANTÉ 42

6. CONCLUSION 45

BIBLIOGRAPHIE 46

GLOSSAIRE 50

ANNEXES 51

ABRÉVIATIONS

ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BBEMG	Belgian BioElectroMagnetics Group
CEM	Champs électromagnétiques
Champs FEB	Champs de fréquence extrêmement basse
Champs FI	Champs de fréquence intermédiaire
Champs RF	Champs de radiofréquence
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
DAS	Débit d'Absorption Spécifique
FWB	Fédération Wallonie Bruxelles
IBGE	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
INSPQ	Institut National de Santé Publique du Québec
IRSS	Institut de Recherche Santé et Société
NTIC	Nouvelle technologie de l'information et de la communication
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONE	Office des Naissances et de l'Enfance
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau n°1	Résumé de l'état des connaissances des effets des champs électromagnétiques de fréquences extrêmement basses
Tableau n°2	Résumé de l'état des connaissances des effets des champs électromagnétiques de radiofréquences
Figure n°1	Le spectre des ondes électromagnétiques
Figure n°2	Enregistrement du champ magnétique 50Hz pendant 24h auprès de Français (enfants et adultes)
Figure n°3	Effets des champs FEB
Figure n°4	Evaluer, interpréter et édicter des règlements en matière de risques associés aux CEM
Figure n°5	Facteurs influençant la perception des risques environnementaux
Figure n°6	Voies par lesquelles la communication s'établit

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

Le service universitaire de promotion de la santé – RESO/UCL/IRSS a pour principale mission de permettre un accès aisé aux données probantes les plus récentes pour augmenter la pertinence, la qualité et la transférabilité des interventions de promotion de la santé. Pour remplir ce rôle, notre service dispose d'un centre de documentation spécialisé en promotion de la santé et d'une équipe de recherche qui assure le traitement, la synthèse et la diffusion de l'information scientifique récente et pertinente. Notre service apporte un appui aux décisions politiques et à l'élaboration, la mise en oeuvre et l'évaluation des actions de terrain.

En 2016, l'Office des Naissances et de l'Enfance belge (ONE) contacte le RESO pour la réalisation d'une revue de littérature. En effet, suite aux interpellations de parents quant à l'usage du Wi-Fi à l'école, la Commission Promotion Santé à l'Ecole demande à l'ONE de formuler des recommandations en matière d'exposition des enfants aux ondes électromagnétiques en milieu scolaire. La revue de littérature du RESO a pour but premier d'aider l'ONE à formuler des recommandations sur base de données probantes et récentes en la matière mais aussi de donner accès à nos résultats aux professionnels intéressés par ce sujet.

Bien que la demande initiale émanant du terrain concernait spécifiquement les effets sur la santé du Wi-Fi, le RESO a décidé de traiter la question de manière plus globale afin d'offrir aux professionnels une vue d'ensemble et une compréhension des mécanismes qui découlent du Wi-Fi mais également d'autres sources d'ondes électromagnétiques de notre quotidien.

Le travail du RESO a bénéficié de relectures de la part d'experts belges dans le domaine de l'électromagnétisme. Nous les remercions pour leurs commentaires et leurs suggestions dont nous avons tenu compte dans la mesure du possible. Toutefois, le service universitaire de promotion de la santé – RESO/UCL-IRSS assume la responsabilité complète de la version finale du travail.

- **Madame Véronique Beauvois**, membre du groupe de recherche « *Applied and Computational Electromagnetics* » de l'Université de Liège.
- **Docteur Jacques Vanderstraeten**, médecin généraliste.
- **Monsieur Willy Pirard**, Responsable de la Cellule Champs électromagnétiques de l'Institut Scientifique de Service Public et expert au Conseil Supérieur de la Santé, pour sa relecture et ses commentaires en rapport avec l'électromagnétisme et les radiocommunications.
- **Monsieur André Vander Vorst**, professeur émérite, ancien directeur du laboratoire d'hyperfréquences de l'Université catholique de Louvain.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE

La question de l'impact des champs électromagnétiques (CEM) sur la santé est compliquée. D'abord, parce que la nature des phénomènes en cause est complexe. Ensuite, parce que les résultats des études sur ce sujet sont difficiles à interpréter. Et enfin, parce qu'elle fait l'objet de spéculations et d'inquiétudes au sein de la population.

L'ONE a contacté le RESO/UCL/IRSS pour réaliser une revue de littérature sur les effets des ondes électromagnétiques émises par les appareils radioélectriques de type Wi-Fi d'après les données probantes et récentes disponibles. Le RESO a cependant élargi la question aux effets potentiels des CEM sur une plus large bande de fréquences.

Les nouvelles technologies (*smartphone*, iPad, *SmartBoard*, Wi-Fi, …) apparaissent petit à petit dans les écoles. Ces dernières se mettent au goût du jour et s'équipent de technologies visant, entre autre, à aider les enseignants à atteindre leurs objectifs. A côté de cela, les jeunes ont un rapport privilégié avec ces technologies qui les accompagnent tout au long de la journée : au domicile, à l'école et dans les lieux publics.

Comme d'autres questions environnementales modernes, la question des effets possibles des CEM sur la santé fait partie des préoccupations du public. En effet, l'omniprésence et la proximité des champs dans notre environnement et l'accès à l'information (pas nécessairement de qualité) génèrent des questionnements qui sont renforcés par le manque de discours clairs et unanimes des pouvoirs publics et des scientifiques.

Notre objectif principal est de faire le point sur le débat des effets sanitaires possibles des CEM. Ce travail d'exploration se veut rigoureux dans le choix des références scientifiques utilisées et abordable d'un point de vue technique. Il s'agit également de questionner l'installation et l'usage d'appareils radioélectriques dans un milieu scolaire au prisme des principes de la promotion de la santé.

Dans la **première partie**, nous exposons brièvement les bases théoriques en matières de CEM et d'exposition aux CEM.

Dans la **deuxième partie**, nous répondons à la question suivante : « Que savons-nous des effets des CEM sur la santé dans le cadre d'une exposition quotidienne ? ». Nous y présentons la méthodologie de recherche ainsi que les résultats de notre revue de littérature. Cette partie porte donc sur les effets potentiels des ondes électromagnétiques émises par des appareils radioélectriques comme le téléphone portable ou le routeur Wi-Fi mais également sur les effets potentiels des ondes émises par d'autres appareils du quotidien comme les appareils électroménagers ou les transports en commun.

Dans la **troisième partie**, nous mènerons une réflexion sur l'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) en milieu scolaire et des défis à relever en la matière. La question suivante sera le fil rouge de cette partie : « Comment les parties prenantes en milieu scolaire se positionnent-elles par rapport au risque potentiel des ondes émises par les NTIC sur la santé ? ».

Dans la **quatrième et dernière partie**, nous nous interrogeons sur les perspectives que peut apporter la promotion de la santé dans ce débat.

2. LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE, DE QUOI PARLE-T-ON ?

2.1. Définition et préambules

Nous sommes quotidiennement exposés à des champs électriques et magnétiques qui peuvent provenir soit de sources naturelles soit de l'activité humaine. Les champs électromagnétiques ne sont pas perceptibles à l'oeil humain mais sont cependant omniprésents dans notre environnement.

Une lampe branchée à une prise électrique est chargée électriquement, ce qui génère un champ électrique. Lorsque l'on allume la lampe, le courant électrique passe dans les fils ; les charges électriques se déplacent et génèrent un champ magnétique. Les appareils électriques sont alimentés par un courant alternatif. Ce qui signifie que les champs électriques et les champs magnétiques alternent avec la même fréquence que le courant (en Europe, le courant est de 50 Hz). A de très basses fréquences, les champs électriques et magnétiques sont distincts mais à de plus hautes fréquences, les deux champs sont indivisibles et sont désignés comme des champs ou des ondes électromagnétiques.

L'ensemble des champs ou ondes électromagnétiques est rassemblé sous l'appellation « **spectre électromagnétique** » (voir figure n° 1). Il s'agit de la décomposition du rayonnement électromagnétique selon ses différentes composantes en termes de fréquence et de longueur d'onde.

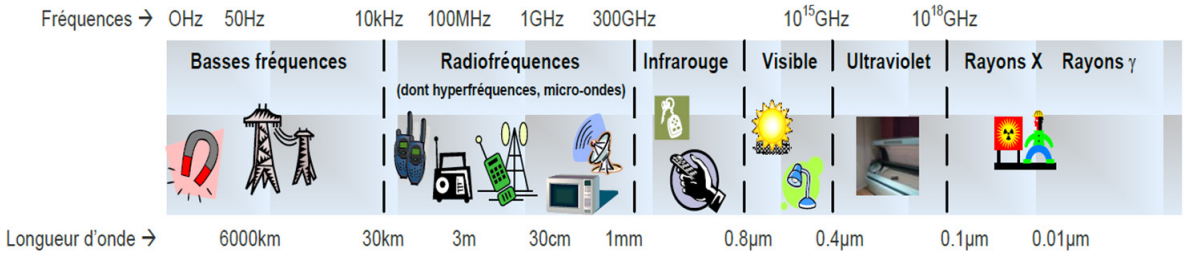


***Figure n°1** : Le spectre des ondes électromagnétiques*

Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement, Travail (France), « radiofréquences et santé », 2013, p.50

Le spectre des ondes électromagnétiques comprend notamment les basses fréquences, les radiofréquences, l'infrarouge, les ultraviolets, les rayons X, les rayons gamma et on peut ajouter le domaine du visible comme le rayonnement solaire.

Dans notre revue de littérature, nous nous sommes intéressés aux champs de fréquence extrêmement basse allant jusque 300 Hz que l'on notera « champs FEB », aux champs de fréquence intermédiaire allant de 300 Hz à 100 kHz, que l'on notera « champs FI » et aux champs de radiofréquence allant de 100 kHz à 300 GHz que l'on notera « champs RF ». (1) L'être humain est confronté à ces rayonnements au quotidien sur son lieu de travail, au domicile, à l'école, en rue, etc.

Le rayonnement des ondes qui nous intéressent dans ce travail est non ionisant, c'est-à-dire que l'énergie électromagnétique transportée ne suffit pas à provoquer l'ionisation d'atomes ou de molécules de la matière vivante. Il est important de le préciser puisque l'on sait que malgré les nombreuses utilités des rayonnements ionisants (notamment dans le domaine de la santé), ils sont nocifs à long-terme et mortels en cas d'exposition à des doses élevées. (2)

Nous allons maintenant brièvement présenter les 3 catégories de champs auxquelles nous nous intéressons afin de mieux visualiser les appareils qui sont associés à chaque type de fréquence.

Les champs électriques et magnétiques de fréquence extrêmement basse

Les champs électromagnétique d'extrêmement basse fréquence vont d'environ 3 Hz à 300 Hz. Ces ondes sont de très faibles fréquences. Dans notre environnement, la majorité des champs FEB ont une fréquence de 50 Hz. Ces champs sont générés par les conducteurs ou appareils électriques en fonctionnement.

Il y a deux types de champs FEB : les champs électriques et les champs magnétiques. Parce que les champs électriques pénètrent peu l'organisme, qu'ils sont atténués par les obstacles placés entre la source et le lieu d'exposition et qu'il est difficile et aléatoire de quantifier l'exposition moyenne des personnes, les champs électriques ne sont pas souvent retenus dans les études visant à évaluer l'impact éventuel des champs sur la santé. A l'inverse, les champs magnétiques pénètrent l'organisme et ne sont pas atténués par les obstacles. De plus, il est possible d'évaluer l'exposition des personnes aux champs magnétiques. C'est pourquoi, les champs magnétiques sont plus largement étudiés quant à leur impact éventuel sur la santé. (3)

Les principales sources de champs magnétiques FEB sont les installations électriques et appareils électriques en fonctionnement, les postes et cabines de transformation ou encore les lignes à haute tension. Les appareils électroménagers et les installations électriques sont responsables d'une plus grande part de l'exposition quotidienne en comparaison aux sources extérieures comme les lignes à haute tension.

L'intensité des champs magnétiques décroît lorsque la distance entre la source et le lieu d'exposition augmente. Dès qu'il est alternatif, le champ magnétique va générer dans le corps humain un courant électrique appelé le courant induit. L'intensité des courants induits est proportionnelle à la fréquence du champ magnétique. Aux intensités qui existent dans notre environnement, les courants induits sont néanmoins négligeables dans le corps humain. (3)

L'intensité des champs à laquelle le corps humain est confrontée varie au cours de la journée comme le montre la figure n°2 ci-dessous. Cette étude montre que notre exposition aux champs magnétiques est plus importante lors de l'utilisation des transports en commun et lorsque l'on effectue des tâches ménagères. (4)

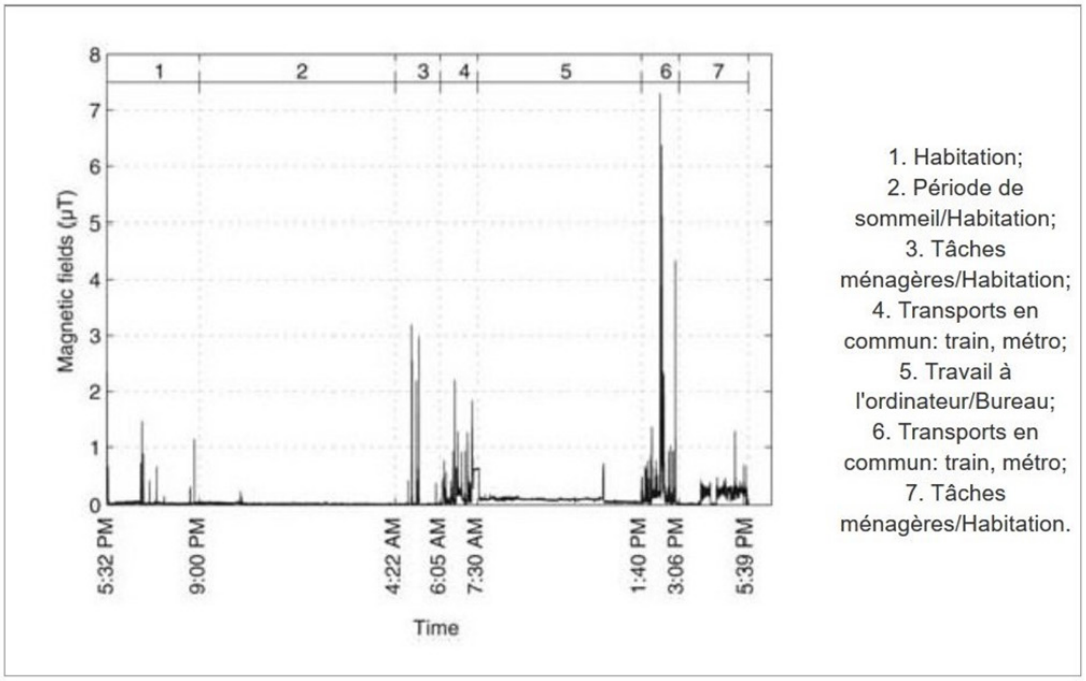


***Figure n°2** : Enregistrement du champ magnétique 50 Hz pendant 24h auprès de français (enfants et adultes)*

Source : Bedja M, Magne I, et al., « Methodology of a study on the French population exposure to 50 Hz magnetic fields », 2010.

A l'école, ces champs magnétiques FEB sont principalement émis par des appareils électriques en fonctionnement. Selon le lieu de l'implantation de l'école, des champs magnétiques FEB peuvent provenir également de câbles à haute tension enterrés, de lignes aériennes à haute tension ou de postes ou cabines de transformation situés à proximité de l'école.

Les champs magnétiques de fréquences intermédiaires

Les champs FI vont de 300 Hz à 100 kHz. Avec l'évolution des technologies, nous sommes sujets à des champs FI émis par des sources artificielles créées par l'Homme telles que les plaques à induction des cuisinières, les portiques antivols des magasins et détecteurs de métaux, les ampoules économiques ou encore les écrans cathodiques des télévisions et d'ordinateurs. Pour les mêmes raisons que pour les champs FEB, le champ magnétique est plus pertinent que le champ électrique dans l'étude de l'impact sur la santé. (3)

Il existe également dans notre environnement des champs FI émis par des sources naturelles. Ils sont principalement générés par des parasites atmosphériques (causés par des perturbations électriques naturelles). Les tornades sont par exemple sources de parasites atmosphériques et émettent de ce fait des champs FI.

A l'école, les champs magnétiques FI sont principalement émis par les ampoules économiques et les écrans cathodiques des ordinateurs.

Les radiofréquences

Il s'agit d'ondes de fréquences allant de 100 kHz à 300 GHz. La plupart des systèmes de radio et de télécommunication utilisent des champs électromagnétiques de la gamme des radiofréquences. On ne distingue plus ici les champs électriques et les champs magnétiques car à ces fréquences, les champs se combinent pour former un rayonnement électromagnétique. On exprime l'intensité d'exposition en valeur de champ électrique (Volts/mètre) ou en densité de puissance incidente (Watts/m²). On peut également évaluer la dose de rayonnement reçue en valeur de « Débit d'Absorption Spécifique » (DAS) en watt par kilo de masse de matière absorbante (W/kg)[1].

Autrement dit, le DAS est un indice qui permet de mesurer la quantité d'énergie par seconde des ondes RF absorbée par la masse de matière absorbante du corps humain. La masse de matière absorbante n'est pas la totalité de la masse du corps, ce n'est que la partie la plus proche de la peau. En effet, il a été démontré que lorsque la fréquence est élevée, le courant va moins pénétrer le corps humain (ou tout autre matériau). L'amplitude du champ va décroître en fonction de la profondeur de pénétration. Cela signifie que la valeur de l'onde à la surface du corps est plus élevée que lorsqu'elle pénètre la peau : le calcul montre qu'à une pénétration de 3 profondeurs de peau, la puissance de l'onde ne vaut plus que 1% de sa valeur à la surface du corps. C'est ce qu'on appelle « l'effet de peau ». Cela explique notamment en quoi les enfants sont moins protégés que les adultes. (5)

On distingue les sources d'émission continue, comme les antennes ou le Wi-Fi, des sources d'émission intermittente ou pulsée, comme le téléphone sans fil ou le combiné GSM. Les sources distantes (babyphone, routeur domestique sans fil, radio, télévision numérique, station de téléphone sans fil domestique, etc.) sont également distinguées des sources proches (combiné GSM contre l'oreille, système Bluetooth, four micro-ondes, talkie-walkie, téléphone sans fil domestique, etc.).

A l'école, les RF sont par exemple émises par les bornes Wi-Fi, les téléphones portables (qui ne sont pas en mode avion) ou encore par les tablettes. L'agence française de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail (ANSES) a récemment publié un rapport d'expertise collective (juin 2016) (6) sur l'exposition des enfants aux radiofréquences. Dans ce rapport, l'ANSES présente les résultats d'une étude (2012) du Laboratoire français de métrologie et d'essais qui a recensé les produits émetteurs de RF destinés aux enfants de moins de 6 ans sur le marché français. Les dispositifs identifiés ont été classés en catégories et les chercheurs ont calculé pour chaque catégorie, leur répartition sur le marché en pourcentage : les jouets radiocommandés (85%), les babyphones (9%), les talkies walkies (2%), les téléphones mobiles pour enfants (2%), les robots communicants (1%) et les autres dispositifs de surveillance (1%). A ceux-là, on peut ajouter le développement relativement récent des tablettes et des jeux connectés à destination spécifique des enfants.

[1] Attention que la masse de matière absorbante n'est pas le poids corporel : la masse absorbante pour un être humain d'une taille de 1,70m pesant 65 kg à 900 MHz est d'environ 17 kg, au lieu des 65 kg de poids corporel.(5)

2.2. Caractérisation des expositions

Les CEM sont omniprésents dans le quotidien de la population : les sources d'exposition sont nombreuses et diverses en nature, en intensité et de par la fréquence des rayonnements émis. Dans ce travail, nous avons considéré trois catégories de fréquences : les extrêmement basses fréquences, les fréquences intermédiaires et les radiofréquences. Dans cette partie, nous caractérisons l'exposition à ces fréquences avec une attention particulière pour l'exposition des enfants aux CEM. Rappelons que bien que les ondes émises par le routeur Wi-Fi et le GSM se situent dans la même bande de fréquence (radiofréquences), leurs intensités respectives diffèrent énormément : en terme de dose de rayonnement reçue, le DAS du Wi-Fi est très en deçà de celui du combiné GSM par exemple.

Exposition aux champs magnétiques de fréquence extrêmement basse

Nous ne désirons pas rentrer dans des considérations techniques de notre exposition aux champs magnétiques FEB mais à titre indicatif, voici les intensités moyennes approximatives de champs magnétiques 50 Hz dans des situations d'exposition rencontrées en région bruxelloise reprise des données de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE) (3) :

- Bruit de fond résidentiel (à distance de tout appareil électrique en fonctionnement) : ≤ 0,1 µT
- Proximité (30 cm) de divers appareils électriques en fonctionnement : 0,1 à 10 µT
- Cabine de transformation 10-15kV/220-400V: 0,4-2,5 µT à 2 m ; 0,2-2 µT à 4 m
- Poste de transformation ≥ 30kV/10-15kV: > 1 µT à 4m ; 0,5 µT à 6 m
- Câble enterré à haute tension (150 kV) : 1 à 3,5 µT à l'aplomb ; 0,2 µT à 10m
- Ligne aérienne à haute tension (150 kV) : 1 µT à l'aplomb ; 0,5 µT à 30 m

En Belgique, des chercheurs du Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ont mené une campagne de mesures de l'exposition d'enfants de moins de 15 ans (entre 2005 et 2009) aux champs magnétiques de FEB au domicile et à l'école. (7) Ils avaient deux objectifs : d'une part, évaluer l'intensité des champs auxquels les enfants de l'étude étaient exposés et d'autre part, évaluer la probabilité qu'ils soient exposés aux valeurs-seuils de champs magnétiques de 0,2, 0,3 et 0,4 µT. Chaque enfant a reçu un enregistreur de champs magnétiques FEB qui a mesuré pendant 24 h l'exposition individuelle aux champs magnétiques FEB.

A l'égard de l'objectif visant à évaluer l'intensité des champs auxquels les enfants sont exposés, les chercheurs concluent que l'exposition médiane aux champs magnétiques de FEB est très faible à l'école (0,01µT) et à la maison (0,02µT). L'exposition des enfants serait donc « négligeable en comparaison au niveau de référence des recommandations du Conseil de l'Europe ».

Quant à l'objectif visant à évaluer la probabilité que l'exposition atteigne les valeurs seuils, les auteurs notent qu'en moyenne, 1% des enfants à l'école, 1,5% à la maison et 2% pendant le sommeil sont exposés à des intensités supérieures à 0,4µT. Selon leurs estimations, si une relation causale existe entre la leucémie infantile2[2] et le dépassement de la valeur-seuil de 0,4 µT, 24 000 enfants en Belgique **seraient à risque** de leucémie du fait de leur exposition aux champs magnétiques de FEB à domicile. Ils concluent également que les pourcentages d'enfants exposés aux valeurs-seuils étaient à l'époque plus faibles à l'école qu'à la maison.

[2] Les données, auxquelles nous avons accès, ne précisent pas le type de leucémie considéré par les chercheurs.

Les auteurs reconnaissent les limites de leur étude : la taille restreinte de l'échantillon, les limites méthodologiques et le manque de connaissance des variables confondantes. Malgré ces biais, leur étude est cependant essentielle d'une part car il s'agit des seules mesures de champs magnétiques de FEB dont nous disposons à notre connaissance en Belgique ; d'autre part car leurs mesures permettent aux instances gouvernementales et non gouvernementales de prendre des décisions concernant l'impact possible de l'exposition aux champs magnétiques de FEB sur la santé publique et sur la gestion des villes, des campagnes et de l'environnement.

Il faut retenir que l'intensité des champs (aussi bien des FEB que des FI) diminue si l'on s'éloigne de la source. En s'éloignant même de quelques centimètres, les valeurs d'intensité diminuent fortement. L'intensité peut également diminuer en fonction de la configuration des câblages électriques de la maison. Précisons que si les champs magnétiques traversent les murs, les champs électriques, eux, ne passent pas les obstacles. (8)

Exposition aux champs magnétiques de fréquence intermédiaire

Tout comme pour les champs magnétiques FEB, voici à titre indicatif les sources les plus courantes de champs FI dans notre quotidien, tirées des données de l'IBGE (3) :

- Portique antivol des magasins et détecteur de métaux (selon la fréquence de fonctionnement) : jusqu'à > 300 µT (220 - 530 Hz) et jusqu'à > 20 µT (58 - 132 kHz)
- Ecran cathodique des télévisions et d'ordinateurs (1 à 150 kHz) : < 0,05 µT à 30 cm
- Plaques de cuisinière à induction (20 à 50 kHz) : 2 µT à 5 cm et 0,2 µT à 30 cm
- Ampoule économique (entre 30 et 60 kHz) : < 0,03 µT à 30 cm

Expositions aux radiofréquences

En ce qui concerne les sources de RF, il en existe de 2 types. Il y a d'une part les sources environnementales ou distantes qui sont situées à une distance plus ou moins grande de la personne et qui existent indépendamment de la personne. Elle n'a donc aucun contrôle direct sur la source (par exemple les antennes radio). Et d'autre part, il y a les sources locales qui sont situées à proximité du corps de l'utilisateur qui a un contrôle sur l'utilisation de ces sources qui n'émettent pas en permanence la même intensité (par exemple les smartphones). L'intensité de l'exposition du premier type de sources sera généralement faible mais continue tandis que pour le deuxième type, elle sera généralement plus forte mais de courte durée. Que ce soit pour les sources environnementales ou locales, l'intensité des RF décroît généralement avec l'augmentation de la distance entre la source et la personne exposée.

A titre indicatif, voici quelques exemples de sources de RF communes dans notre environnement. Ces exemples sont tirés des données de l'IBGE (3) :

Sources environnementales :

- Babyphone (440 et 860 MHz) : ≤ 50 mW/m² à 50 cm
- Station de téléphone sans fil domestique (DECT, 1.900 MHz) : < 1 mW/m² à 1 m
- Routeur domestique sans fil (Wifi, 2,4 GHz) : ≤ 3 mW/m² à 1 m
- Systèmes divers à courte portée (interphonie ou microphones sans fil, alarmes et détecteurs de mouvement) : intensité négligeable

Sources proches :

- Combiné GSM contre l'oreille : 10 à 100 mW/kg et au maximum 0,2 à 1,5 W/kg (en cas de mauvaises conditions de transmission et selon le modèle)

- Ordinateur portable avec carte Wifi : 50 à 400 mW/kg
- Four à micro-ondes (2,45 GHz) : 5 mW/kg à 30 cm
- Walkie-talkie (entre 30 et 900 MHz, dont les fréquences TETRA): ≥ 2 W/kg

Dans le cas des sources environnementales, le niveau d'exposition à un certain endroit dépend de plusieurs facteurs : la puissance rayonnée, la direction de la transmission du signal, l'atténuation en raison d'obstacles comme les bâtiments et les arbres par exemple. Il n'est donc pas toujours facile de calculer précisément l'intensité des RF à un endroit donné. Dans le cadre des sources locales, il est tout aussi difficile de calculer l'intensité des RF, bien que le corps exposé se trouve à proximité de la source. Son évaluation nécessite l'utilisation de mesures et de modèles numériques plus complexes. (9)

Contrairement aux champs FEB et FI, les champs RF passent à travers les obstacles mais ils sont atténués en fonction de la nature de l'obstacle et de son épaisseur.

Il n'est pas non plus aisé d'estimer la quantité de rayonnement absorbée car elle dépend des caractéristiques du champ incident (fréquence, intensité, etc.), des caractéristiques du corps exposé ou encore des réflexions par des objets situés près du corps de la personne exposée. Il existe diverses méthodes de mesures de l'exposition aux RF. Chacune a ses avantages et inconvénients, le choix dépend donc des objectifs de la mesure. Nous ne développerons pas les spécificités des appareils de mesure mais nous les nommerons à titre informatif : les appareils à large bande, les appareils à bande étroite, l'exposimètre personnel. Il est également possible de réaliser des simulations numériques (ou mesures en laboratoire sur des modèles physiques) pour évaluer l'exposition aux RF. (9)

Pour quantifier le transfert d'énergie dans les tissus, causé par l'effet thermique des RF, on utilise le DAS. Dans l'Union européenne, le DAS limite pour l'exposition de l'intégralité du corps humain de la population est de 0,08 W/kg. (10)

Il existe de nombreuses données dans la littérature quant à notre exposition aux RF. Elles sont présentées en fonction du type de sources (téléphone, Wi-Fi, four à micro-ondes, etc.) ou du type d'appareils de mesure ou encore en fonction de la région du corps exposée. Les protocoles de recherche varient d'une étude à l'autre. Depuis que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (11) a ciblé dans ses orientations de recherches la nécessité de quantifier les niveaux d'exposition individuels aux différentes sources, de nombreuses recherches ont été menées. Cependant, il est toujours aussi compliqué de comparer les mesures et de tirer des conclusions sur l'évaluation de notre exposition. Les capacités techniques des exposimètres sont encore limitées pour décrire précisément l'exposition des personnes à des sources lointaines et proches du corps, en temps réel. (6)

La conclusion du comité scientifique indépendant mis en place par la commission européenne, le « Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks » (SCENIHR), permet quelques remarques quant à l'apparition des nouvelles technologies telles que les smartphones ou tablettes et leur part dans notre exposition (12) :

- Les nouveaux systèmes de téléphonie mobile sont dotés d'une technologie permettant de réduire l'intensité d'émission radio lors des appels (pouvant le réduire jusqu'à 50%), ce qui fait que le DAS de ces appareils peut être moins élevé que celui des téléphones portables plus anciens.
- Les smartphones, tablettes, laptops ont ajouté une certaine complexité à l'évaluation de l'exposition car ces appareils utilisent plusieurs technologies simultanément et se situent à proximité de plus nombreuses régions du corps autrefois limitées à la tête.
- L'introduction de nouvelles sources environnementales de RF liées aux nouvelles technologies de télécommunication ne semble pas augmenter les niveaux moyens de CEM dans l'environnement.

- Le nombre de sources à l'intérieur des habitations et des lieux publics a augmenté (Wi-Fi, les téléphones sans fil, etc.) mais les niveaux d'exposition restent cependant inférieurs aux normes européennes.

- Finalement, la tendance est à utiliser des appareils émettant une puissance radio faible (grâce aux technologies de contrôle) mais à une distance plus proche du corps humain et à des fréquences plus élevées.

Des suites de sa revue de littérature, l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ) conclut que « les données récentes sur l'exposition de la population aux radiofréquences montrent que l'exposition a vraisemblablement peu augmenté depuis l'évaluation de l'OMS, […] de 2006 ». (p20) (9)

Sur son site internet[3], l'OMS prévoit de réaliser une évaluation formelle du risque pour tous les effets sur la santé dus à une exposition à des RF d'ici 2016. Nous n'avons pas pu nous procurer d'information quant à la date de publication de ce rapport.

Spécificités de l'exposition des enfants aux CEM

Les enfants doivent être considérés comme un public potentiellement plus exposé aux CEM et plus particulièrement aux RF : de par l'usage précoce qu'ils peuvent avoir des dispositifs radioélectriques, de par la longue durée de leur exposition qui en résultera, de par leurs spécificités anatomiques (taille et poids) et de par le fait qu'ils soient en plein développement physique et physiologique.

Pour mieux comprendre le phénomène d'« effet de peau », dont nous parlions plus haut et qui explique notamment en quoi les enfants sont moins protégés que les adultes vis-à-vis des fréquences plus élevées, voici une illustration du phénomène communiquée par Monsieur André Vander Vorst : « L'épaisseur du « blindage » [c'est-à-dire la profondeur de peau] est environ la même chez l'enfant et chez l'adulte, les constituants étant les mêmes, soit d'environ 5 cm. Un torse d'adulte, d'environ 40 cm de large, blindé sur 5 cm de chaque côté, dispose donc d'environ 30 cm d'organes intérieurs protégés de l'exposition micro-onde directe, soit les trois-quarts de la largeur du torse. Un torse d'enfant, d'environ 20 cm de large, blindé sur 5 cm de chaque côté lui aussi, ne dispose donc que d'environ 10 cm d'organes intérieurs protégées de l'exposition micro-onde directe, soit seulement la moitié de la largeur du torse. » (5)

Le rapport d'expertise de l'ANSES (2016) (6) portant sur l'exposition des enfants aux RF fait état d'observations concernant les caractéristiques de leur exposition. Les experts notent d'abord une forte expansion de l'usage des nouvelles technologies chez les très jeunes enfants. N'oublions pas que la diversité et la multitude des sources d'exposition engendrent des situations d'exposition très variables et que les usages des dispositifs radioélectriques évoluent rapidement (par exemple, les jouets connectés).

Ensuite, certaines mesures de DAS du téléphone mobile ont montré que l'exposition résultante pourrait être élevée. Cette observation a son importance lorsque l'on sait que le taux d'équipement en téléphone mobile connait une importante progression depuis quelques années (55% des 12-17 ans avaient un smartphone en 2013 contre 22% en 2011) et que les habitudes téléphoniques évoluent également en termes d'âge de la première utilisation, de consommation téléphonique mais aussi d'utilisations (le smartphone a ajouté le mode « visionnage » au téléphone classique).

De plus, des études ayant évalué le DAS « corps entier » relèvent des niveaux d'exposition plus élevés chez les enfants que chez les adultes. Ils concluent que pour les personnes de taille inférieure à 1,30 mètre, les valeurs limites d'exposition réglementaires sont moins adaptées.

Enfin, des modélisations numériques de l'exposition de la tête montrent que les enfants pourraient être plus exposés que les adultes pour des raisons anatomiques ou liées aux propriétés diélectriques des tissus jeunes ou immatures.

[3] http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/fr/, consulté le 21 juin 2016

Le comité d'experts de l'ANSES recommande entre autres de limiter l'utilisation par les enfants des dispositifs électroniques émetteurs et de ne pas laisser le téléphone en communication au contact du corps pour éviter les éventuels effets thermiques. Il émet également des recommandations en matière de réglementations : adapter les valeurs limites d'exposition réglementaires, étendre les limites publicitaires pour les téléphones mobiles aux autres appareils communicants destinés aux enfants et réaliser des mesures de DAS des appareils radioélectriques à destination des enfants au même titre que pour les téléphones mobiles.

Puisque la demande initiale pour ce dossier découlait de l'inquiétude de parents et de directions d'école quant à l'installation du Wi-Fi dans les écoles, nous avons voulu ajouter un commentaire spécifique à cette source d'émission de RF.

Entre octobre 2012 et avril 2013, Verloock L. *et al.* (13) ont réalisé des mesures des niveaux d'exposition aux RF dans différents milieux : des écoles, des habitations, des lieux publics et des bureaux. D'après leurs mesures, la valeur la plus élevée des sources internes (c'est-à-dire les sources se trouvant à l'intérieur des locaux et qui ont été installées volontairement et peuvent être de ce fait contrôlées) a été prise dans les écoles et provenait du Wi-Fi. Cependant, toutes les mesures prises, y compris les plus élevées se trouvent sous les seuils d'exposition recommandés par l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Ils précisent qu'au moment des mesures, les nouvelles technologies Long Term Evolution (ou 4G) étaient en train de se développer. Ils recommandent de réaliser une évaluation régulière de l'exposition aux RF dans des milieux fréquentés par l'ensemble de la population (école, habitation, bureaux, etc.) afin de prendre en considération les technologies émergentes.

L'Agence de sécurité sanitaire anglaise a investigué l'exposition des enfants aux RF émises par les différents types d'équipement Wi-Fi installés dans les écoles. L'Agence conclut que pour un scénario pire-cas prenant en compte une classe avec 30 ordinateurs portables et un point d'accès Wi-Fi émettant une densité de puissance maximale à 50 cm, l'exposition des élèves de la classe est nettement inférieure (16,6 mW/m²) aux niveaux de référence recommandés par l'ICNIRP (10 W/m²). (6) Le Wi-Fi rayonne en moyenne 10 fois moins à sa puissance maximale qu'un téléphone mobile. De plus, il y a des considérations de distance à prendre en compte : le CEM émis par une borne Wi-Fi est 10 fois moindre aux environs d'un mètre de distance du lieu d'exposition pour devenir négligeable au-delà d'un mètre. Enfin, les bornes Wi-Fi ne rayonnent pas en permanence ; lorsqu'il n'y a pas de communication sur le réseau, l'exposition tombe à 1% de l'exposition maximale. (14)

Les institutions de santé publique comme l'ANSES ou l'Agence de sécurité sanitaire anglaise ne s'inquiètent donc pas de l'installation de bornes Wi-Fi dans les écoles. Par contre, tous deux en appellent au principe de précaution, que nous développerons au point *2.4.2. Le principe de précaution* ci-dessous.

3. EFFETS POTENTIELS DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LA SANTÉ

3.1. Introduction

La santé est « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. » (15) Cette définition bien connue et rappelée à maintes reprises dans les travaux de recherche en promotion de la santé n'est pas anodine. Considérant cette définition globale, il est donc important de ne pas négliger les effets indirects sur la santé de l'utilisation excessive et/ou inopportune des appareils émettant des CEM.

Cependant, notre question de recherche étant l'impact sanitaire des CEM, nous ne nous sommes pas attardés aux effets positifs et négatifs sur le bien-être mental et social des nouvelles technologies. Ici, les effets potentiels des CEM sur la santé sont donc majoritairement présentés sous leurs aspects physiologiques bien que nous parlerons brièvement des effets possibles sur le bien-être, le sommeil et la santé perçue. Cette partie a pour objectif de répondre à la question : que savons-nous actuellement des effets sur la santé des CEM ?

En réalité, nous n'allons pas nous intéresser à tous les CEM. Notre intérêt porte sur les CEM émis par des sources du quotidien. Des sources auxquelles les enfants et les adolescents sont confrontés quotidiennement au domicile, à l'école, dans les lieux publics, etc. Ces CEM, nous les avons présentés au point précédent, il s'agit des champs FEB, des champs FI et des RF.

3.2. Méthode de recherche

La question des effets sur la santé des CEM est plus que jamais sur le devant de la scène du fait de l'ubiquité des nouvelles technologies dans notre quotidien. De nombreuses recherches sont menées pour mieux comprendre leurs effets possibles mais de nombreux paramètres doivent être pris en compte pour croiser et interpréter les résultats de ces recherches : le type d'étude (expérimentale ou épidémiologique), la méthode d'évaluation du niveau d'exposition, le type d'ondes électromagnétiques, le public cible, l'environnement, etc.

Vu la multitude d'aspects à considérer entourant notre question, nous avons décidé de réaliser une overview, autrement dit, une revue de littérature permettant de faire un état des lieux des connaissances scientifiques.

Nous nous sommes limités à la littérature « tertiaire », c'est-à-dire aux rapports d'expertises basés sur les conclusions de la littérature « primaire ». Nous avons identifié 4 rapports/groupes de recherche portant sur cette question. Nous les présentons succinctement dans l'encadré de la page 13.

Nos critères d'inclusion ayant permis la sélection de ces travaux sont les suivants :

- Les travaux devaient disposer d'une bibliographie importante d'études scientifiques aussi bien expérimentales (in vivo et in vitro) qu'épidémiologiques ;
- Les travaux devaient prendre en compte les effets des CEM sous plusieurs angles : aussi bien d'un point de vue cancérogène que neurologique ou même subjectif (hypersensibilité électromagnétique) ;
- Les travaux devaient avoir été publiés après 2011[4] ;
- Etant donné les différents niveaux de développement technologique entre les pays et donc de sources de CEM dans l'environnement, il était important de rester au plus proche de la situation de la Fédération Wallonie Bruxelles. Les travaux devaient donc être réalisés par des groupes de recherche issus de pays industrialisés ;
- Les travaux de recherche devaient présenter les effets d'un ou de plusieurs types de fréquences que nous prenons en compte dans ce dossier.

En plus de ces 4 travaux, nous utilisons deux études dites « primaires » :

- Sadetzki S, Langer CE, 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 », 2014. (16)

MOBI-Kids est le nom d'une étude épidémiologique de type cas-témoins de grande échelle réalisée dans 14 pays. Elle vise à évaluer le risque potentiel de tumeur cérébrale chez l'enfant et l'adolescent (de 10 à 24 ans) lié à l'exposition aux CEM générés par les téléphones mobiles et par d'autres sources d'exposition dans leur environnement. Cet article porte uniquement sur le protocole de l'étude MOBI-kids puisque les résultats ne sont pas encore disponibles.

Il nous paraissait important d'évoquer l'existence de cette étude de grande ampleur dont les résultats sont très attendus dans la communauté scientifique.

- Huss A, van Eijsden M, et al., « Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields Exposure at Home, Mobile and Cordless Phone Use, and Sleep Problems in 7-Year-Old Children », 2015. (17)

[4] Il est commun de limiter les études aux 5 dernières années lorsque l'on réalise une revue de littérature mais de plus, cette année-là (2011), les radiofréquences ont été classées comme « possiblement cancérogènes pour l'Homme » par le CIRC des suites de l'étude Interphone analysant l'association entre l'utilisation du téléphone mobile et la survenue de tumeurs cérébrales.

Les chercheurs ont voulu savoir si l'exposition à des RF était associée à la qualité du sommeil d'enfants âgés de 7 ans (2 361 enfants). Dans un premier temps, les chercheurs ont évalué l'exposition d'enfants de 5 ans aux RF. Ils ont pris en compte l'exposition à domicile et à l'école à des sources extérieures, comme les stations de base, et intérieures, comme le Wi-Fi et le téléphone mobile. Les parents devaient également relever quotidiennement l'utilisation du téléphone mobile par leur enfant. Lorsque ces enfants ont eu 7 ans, les chercheurs ont évalué la qualité de leur sommeil via un questionnaire approfondi (durée de sommeil, réveil nocturne, respiration, etc.) rempli par les parents.

Cette étude n'est pas reprise dans les rapports utilisés car elle est récente. Vu l'intérêt que nous portons sur les effets potentiels sur la santé des enfants, nous avons estimé intéressant d'ajouter les résultats de cette étude à notre revue de littérature.

Le « Belgian BioElectroMagnetics Group » (BBEMG)

Cinq équipes de chercheurs belges (francophones et néerlandophones) composent le BBEMG. Depuis 1994, le groupe de recherche est financé par le gestionnaire du réseau de transport d'électricité à haute tension, Elia. L'une de leurs missions est la veille scientifique des nouvelles études et la revue systématique d'études pertinentes traitant de l'effet de l'exposition aux champs électriques et magnétiques sur la santé. Tous les trimestres, le BBEMG met en ligne les études analysant les effets potentiels sur la santé des champs électriques et magnétiques d'extrêmement basses fréquences. Pour ce dossier, nous avons repris leurs revues depuis 2011 jusqu'à celle du premier trimestre de 2016.

L'« Institut National de Santé Publique du Québec » (INSPQ)

Le ministère de la Santé et des Services sociaux a confié à l'INSPQ le mandat d'analyser la littérature scientifique portant sur les effets sur la santé des CEM dans le domaine des radiofréquences. Ce rapport a été publié en 2016 et concerne donc un des types de CEM qui nous intéresse.

Le « Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks » (SCENIHR)

Le SCENIHR est une comité scientifique indépendant de la commission européenne qui donne des avis sur les risques émergents pour la santé et l'environnement et sur des questionnements multidisciplinaires et complexes qui requièrent une évaluation complète des risques pour la sécurité du consommateur et pour la santé publique. Deux de leurs domaines d'activités sont les nouvelles technologies et les dangers physiques des CEM. L'avis utilisé dans ce dossier date de janvier 2015 et porte sur les effets potentiels des CEM (FEB, FI et RF) sur la santé.

L'« Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail » (ANSES)

L'ANSES est un établissement public français mettant en oeuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste afin d'assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation. Des suites de deux rapports (2009 et mise à jour en 2013) sur les risques éventuels liés à une exposition aux radiofréquences, l'ANSES a été saisi pour la réalisation d'une expertise spécifique sur l'exposition aux radiofréquences et la santé des enfants. Ce dernier rapport a été publié en juin 2016 concerne uniquement les radiofréquences.

3.3. Résultats de nos recherches

Nos résultats vont être présentés en 4 parties. La première présente les effets biologiques des champs électriques et magnétiques. La deuxième partie présente les effets sanitaires potentiels des champs magnétiques FEB. Nous exposons les effets potentiels d'une part cancérogènes et d'autre part non cancérogènes. La troisième partie présente brièvement les connaissances en matière d'effets sanitaires possibles des champs magnétiques FI. La quatrième partie décrit les effets sanitaires potentiels des RF. Tout comme pour les champs magnétiques FEB, nous présentons les effets possibles en fonction de leur cancérogénicité. La cinquième et dernière partie traite de l'hypersensibilité électromagnétique.

3. 3. 1. Réactions biologiques aux champs électriques et magnétiques

Que se passe-t-il dans notre corps lorsque nous sommes en face de notre écran d'ordinateur ou lorsque nous téléphonons ?

Les effets biologiques sont des changements mesurables dans un système biologique des suites d'un changement dans l'environnement ou d'une activité. Par exemple, lorsque nous pratiquons du sport, de nombreux processus biologiques ont lieu dans notre corps. Les effets biologiques ne sont donc pas forcément néfastes pour la santé. (18) Notre corps dispose de mécanismes de compensation et de régulation face à de nombreux stimuli. Cependant, ces mécanismes de compensation sont limités et s'ils sont dépassés par des changements radicaux (tel un effet thermique important), cela peut entraîner une altération de l'état de santé. (4)

Dans le cadre des champs magnétiques et électriques, on observe deux processus biologiques : un courant induit et un effet thermique. Lorsque le corps est exposé à des FEB et des FI, les champs vont générer un courant électrique appelé « courant induit » dans le corps. A partir de fréquences plus élevées, l'énergie électromagnétique va produire un effet thermique qui sera quantifié avec l'indice DAS. (18)

Ces effets biologiques n'entraîneront un risque pour la santé que s'ils sont trop puissants. C'est pourquoi des limites d'exposition ont été fixées par des règlementations nationales et européennes.

Les effets biologiques dépendent donc de la catégorie de fréquence émise par la source. Les effets directs et indirects des CEM doivent donc être différenciés selon leur catégorie de fréquence : FEB, FI ou RF.

- Effets biologiques des champs magnétiques FEB

Lors d'une exposition très élevée à des champs électriques et/ou magnétiques de FEB, il est avéré que les tissus nerveux et musculaires vont être stimulés (ou activés) par ces champs. Le champ électrique va provoquer la migration des charges à la surface du corps humain ce qui va créer des courants sur la surface du corps et un courant résiduel à l'intérieur. Le champ magnétique traverse, quant à lui, le corps humain et induit des forces électromotrices qui vont générer des courants (appelés courants de Foucault) circulant sous forme de boucle à l'intérieur du corps. Ces effets sont illustrés sur la figure n°3 ci-dessous. (4)

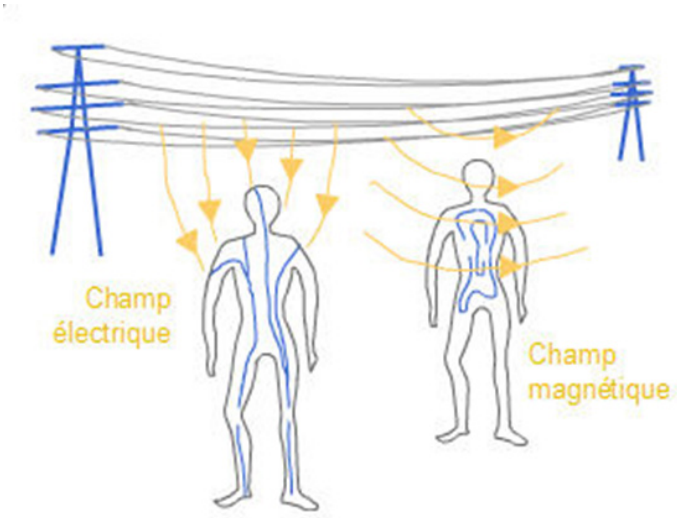


***Figure n°3** : Effets des champs FEB*

Source : BBEMG, http://www.bbemg.be/, consulté le 28/08/2016

- Effets biologiques des RF

Alors que les champs magnétiques pénètrent indifféremment les tissus du corps humain, les ondes électromagnétiques sont influencées par le contact de la peau. Selon les fréquences émises, les tissus absorberont moyennement ou plus avidement l'énergie de l'onde pénétrante. L'absorption est le résultat de la transformation de l'énergie électromagnétique de l'onde en énergie thermique. À partir d'un certain seuil, il y a une production locale de chaleur, un effet thermique. C'est ce qui sert de base pour calculer les niveaux de DAS pour l'exposition des personnes. A titre indicatif, en régions bruxelloise et wallonne, la limite du DAS est de 0,4 mW/kg. (3)

- Effets biologiques des champs magnétiques FI

Les effets des champs FI consistent en une combinaison des effets des FEB et des RF. Autrement dit, l'énergie électromagnétique se transforme petit à petit en énergie thermique lorsque la fréquence augmente.

3. 3. 2. Effets potentiels sur la santé des champs magnétiques de fréquences extrêmement basses

- Effets cancérogènes

En 2002, le CIRC[5] a classé les champs magnétiques de FEB en catégorie 2B, c'est-à-dire « peut-être cancérogène pour l'Homme ». Cela fait plus de 35 ans que des études épidémiologiques sont menées afin d'analyser l'association possible entre les champs magnétiques et électriques de FEB et l'incidence de cancers. Aucune preuve à ce jour ne permet de confirmer cette association dans la population adulte pour des cancers tels que la leucémie et le cancer du sein (chez l'homme et chez la femme). Par contre, certaines études épidémiologiques réalisées auprès d'enfants laissent à penser qu'il existerait une association entre la leucémie infantile et une exposition à des fréquences très élevées. (4)

[5] « La classification du CIRC est fondée sur l'importance des indications de cancérogénicité obtenues dans les études réalisées chez l'homme et sur les animaux. La classification en 2B repose sur des indications limitées dans les études effectuées chez l'homme, ce qui signifie que l'interprétation causale est considérée comme crédible, mais que le rôle de la chance, des biais ou des facteurs confondants dans le lien ne peut être exclu. Dans les études sur l'animal, des preuves insuffisantes ne permettent pas, non plus, de conclure à un effet cancérogène. » (Source : Ledent M. BV, Demaret I., et al., « Champs électriques et magnétiques 50 HZ et santé : quel message au grand public ? », 2015)

La leucémie infantile[6]

La première étude épidémiologique à émettre l'hypothèse d'un lien entre les champs FEB et le cancer infantile a été publiée à la fin des années 70. (19) Depuis lors, un grand nombre d'études s'est penché sur la question afin d'une part de confirmer un lien statistique entre les champs FEB et la leucémie et d'autre part de comprendre le mécanisme qui pourrait expliquer ce lien. A ce jour, les études épidémiologiques, qui sont en mesure de montrer une association statistique entre la maladie et l'exposition, n'ont pas encore permis de confirmer ce lien.

Dans son rapport de 2015, le SCENIHR conclut que le risque de développer une leucémie infantile augmenterait lorsque l'exposition aux champs FEB dépasse en moyenne 0,3 à 0,4 µT par jour. Il ajoute que les études expérimentales ne permettent pas encore d'expliquer ce lien. Un lien causal n'est donc pas encore démontré compte tenu des limites méthodologiques des études épidémiologiques et de l'absence de résultats concluants des études expérimentales. (12) Le BBEMG partage cette conclusion. Une association est suspectée entre l'incidence de la leucémie infantile et une exposition à des champs FEB supérieure à 0,4 µT. Les méta-analyses les plus récentes analysant cette association rapportent également une association probable mais un impact limité. (20-25)

Cependant, la leucémie infantile est multifactorielle et de nombreux facteurs restent encore indéterminés. Si un lien causal existe, les CEM ne permettraient pas d'expliquer tous les cas. (4) Des chercheurs ont estimé les cas de leucémie infantile qui pourraient être attribués à l'exposition aux champs FEB dans l'Union Européenne si les associations relevées dans les études épidémiologiques étaient causales. Ils estiment qu'entre 1,5 et 2% de tous les cas incidents de leucémie infantile annuel seraient attribuables aux champs FEB. (26) A noter qu'entre 1 à 4% des enfants seraient exposés à des niveaux de CEM supérieurs à 0,3 µT. (4)

Cancer du sein

Une association entre une exposition aux champs FEB et le cancer du sein chez l'homme et la femme est également suspectée. Une méta-analyse datant de 2013 conclut qu'une relation pourrait exister entre les champs FEB et le cancer du sein chez la femme et ce, surtout chez les femmes pré-ménopausées et possédant des récepteurs d'oestrogènes positifs. (27) Cependant une autre méta-analyse de 2010 conclut qu'aucune association n'existerait entre le cancer du sein chez la femme et l'exposition aux champs FEB. (28) Le SCENIHR ne relève également aucune association entre le cancer du sein chez la femme et l'exposition aux champs FEB. (12)

Une autre méta-analyse datant également de 2013 suggère un lien possible entre une exposition aux CEM et le cancer du sein chez l'homme mais cette possible association est peu développée dans les recherches actuelles et reste peu probable. (29)

- Effets non cancérogènes

Fonctions cognitives

Les travaux de recherche portant sur le lien entre les champs FEB et les pathologies du système nerveux central concluent qu'il y a encore trop peu d'informations que pour pouvoir tirer des conclusions. Il y a bien des hypothèses mais pour l'instant aucune étude expérimentale ou épidémiologique n'a permis de confirmer ces hypothèses. (12, 30)

Les études in vivo rapportent entre autre que les champs FEB pourraient affecter les performances de notre mémoire spatiale (aussi bien une amélioration qu'une déficience dans la performance) et engendreraient une augmentation de l'anxiété et du stress. Quant aux études in vitro, elles ne permettent pas non plus pour l'instant de confirmer ces hypothèses. (12)

[6] Les chercheurs ne distinguent pas les différents types de leucémie dans leurs études. Sous le terme « leucémie infantile », ils entendent tous les cancers prenant naissance dans les cellules de la moelle osseuse.

Maladies neurologiques

Tout comme dans le cas des cancers, cela fait plusieurs décennies que l'association potentielle entre les champs FEB et l'incidence de maladies dégénératives telles que la maladie d'Alzheimer, de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique ou la sclérose en plaque est étudiée. Des études épidémiologiques montrent en effet qu'une exposition quotidienne à des champs magnétiques de FEB serait associée à un risque plus important de développer la sclérose latérale amyotrophique mais les preuves sont insuffisantes. Pour l'instant, les preuves d'un lien avec la maladie d'Alzheimer sont également insuffisantes : alors que les études épidémiologiques observent une association, (12) les études expérimentales ne permettent pas de confirmer l'existence de ce lien (31).

Fonctions reproductives

Le SCENIHR ne relève aucune preuve d'un lien entre les champs FEB et des effets sur la fonction reproductive de l'Homme. De même que du point de vue du foetus, aucun effet n'a été observé. (12) Une étude de cohorte a montré qu'il n'y avait pas d'effets significatifs des champs FEB sur la grossesse, la croissance foetale et son développement. (32) Cependant, il y a des limites importantes au niveau de la conception des études. Une récente revue de littérature pointe du doigt le manque de recherches épidémiologiques dans ce domaine. (33)

Système cardiovasculaire

Les effets des champs FEB sur le coeur sont peu probables bien que des études supplémentaires soient nécessaires au niveau cellulaire et moléculaire pour écarter avec certitude l'association. (12, 34)

3. 3. 3. Effets potentiels sur la santé des champs de fréquences intermédiaires

En comparaison aux RF et aux champs FEB, très peu de recherches ont été réalisées sur les effets possibles de cette catégorie de fréquence. Il est donc difficile d'évaluer les risques pour la santé.

Les conclusions du SCENIHR en ce qui concerne les champs FI sont brèves. Il ne semble pas y avoir d'études épidémiologiques particulières. Quelques études in vivo observent une absence d'effet sur la fécondité et le développement du foetus.

Pourtant, le SCENIHR fait remarquer qu'il est essentiel que plus d'études soient réalisées vu l'augmentation de notre exposition à de telles fréquences. Il priorise la recherche sur les potentiels effets de la présence des antivols dans les magasins sur la grossesse, notamment auprès du personnel. (12)

3. 3. 4. Effets potentiels sur la santé des radiofréquences

- Effets cancérogènes

Les effets cancérogènes potentiels des RF sont probablement les effets les plus inquiétants et les plus tangibles pour la population depuis le classement des RF dans la catégorie 2B, « peut-être cancérogène ». Cependant, les indications des études épidémiologiques et in vivo d'un effet cancérogène sont limitées. Seules les études in vitro ont montré de faibles preuves de mécanismes d'action possibles entre les effets des CEM RF et le cancer mais elles sont limitées. (9)

Pour l'ANSES, les études épidémiologiques et expérimentales ne fournissent pas suffisamment de preuves que pour conclure à l'existence ou non d'un effet cancérogène des RF chez l'enfant. (6) L'inquiétude porte particulièrement sur des intensités de niveaux élevés émises par des stations de base de téléphonie mobile, des tours d'émissions de radio et télédiffusion ou encore par des téléphones mobiles pour lesquels le DAS est important.

Tumeurs cérébrales

Ces dernières années, une grande partie des études visant à comprendre les effets des RF sur la santé des Hommes ciblait les technologies de communication mobile vu leur utilisation croissante dans nos sociétés. Puisque le téléphone portable se place à l'oreille lors des appels, la tête est particulièrement exposée aux RF. C'est pourquoi la recherche s'est largement concentrée sur les tumeurs cérébrales et autres tumeurs de cette région du corps.

Pour l'instant, nous disposons d'études sur une durée de 10 à 15 ans. Or, les jeunes d'aujourd'hui seront exposés plus longtemps que les adultes d'hier. C'est pourquoi il est essentiel de mener des recherches sur du (très) long terme.

D'après le rapport du SCENIHR, les études épidémiologiques analysant l'association entre les RF et les cancers et tumeurs situés au niveau de la tête et du cou (gliome, neurinome de l'acoustique, méningiome, mélanome de la choroïde/de la joue/de l'oreille, tumeur de la glande salivaire) sont abondantes mais montrent des défaillances méthodologiques. Les auteurs du rapport concluent qu'en général, les études épidémiologiques ne parviennent pas à établir d'association entre les RF et les tumeurs cérébrales et les autres cancers situés dans la région de la tête et du cou. Certaines études ont mis en avant la possibilité d'une association entre les gliomes et neurinomes de l'acoustique et les « heavy users »[7] du téléphone. Il semblerait que les gliomes soient écartés mais une association avec les névromes acoustiques resterait une possibilité. (12)

Après la leucémie, les tumeurs cérébrales représentent le 2e type de cancer le plus commun chez les moins de 25 ans mais les scientifiques savent encore peu de chose sur ce qui augmente le risque de tumeur cérébrale dans cette population. L'étude Mobi-Kids a pour objectif d'évaluer le lien potentiel entre le risque de tumeurs cérébrales et les facteurs de risque environnementaux (dont l'utilisation des technologies de la communication). Pendant 5 ans, les chercheurs de l'étude Mobi-Kids ont fait remplir un questionnaire à 1 000 jeunes de 10 à 24 ans atteints de tumeurs cérébrales et à 2 000 jeunes en bonne santé répartis dans 14 pays. Les résultats ne sont pas encore disponibles. (16) Etant donné que les tumeurs de l'enfant sont différentes de celles des adultes et que peu d'études ont jusqu'à maintenant été menées sur les enfants, les résultats de l'étude Mobi-kids sont très attendus.

Leucémie infantile[8]

Les éléments de preuve issus des études réalisées sur l'Homme et l'animal ne permettent pas de tirer de conclusion quant à l'existence d'une relation entre l'exposition aux RF dans la bande FM et les leucémies chez l'enfant. Les résultats des études disponibles et de bonne qualité se contredisent. (6) Le SCENIHR ne soutient pas non plus l'association entre les RF et les cancers infantiles. (12)

- Effets non cancérogènes

Fonctions cognitives

Le SCENIHR rapporte des observations faites par des études neurophysiologiques mais qui ne sont pas encore validées. Les électroencéphalographies montreraient en effet que les RF affectent les activités cérébrales aussi bien lorsque nous sommes éveillés que lors du sommeil. Cependant, les effets dont il est question ne sont pas encore très clairs. Les études in vivo utilisent bien souvent des niveaux d'exposition plus élevés que les limites instaurées ce qui complique l'utilisation de leurs résultats. Il conclut que les études épidémiologiques ne montrent aucune preuve d'un risque supérieur de maladie neurologique liée aux RF. (12)

Pour l'ANSES, les données disponibles permettent de conclure à un effet possible des RF sur les fonctions cognitives de l'enfant mais limité. (6)

[7] Les « heavy users » téléphonent plus d'une demi-heure par jour pendant plus de 10 ans.
[8] Les chercheurs ne distinguent pas les différents types de leucémie dans leurs études. Sous le terme « leucémie infantile », ils entendent tous les cancers prenant naissance dans les cellules de la moelle osseuse.

Pour résumer les informations concernant les effets non cancérogènes sur les pathologies du système nerveux central, il y a bien des répercussions des RF de la téléphonie mobile sur l'activité cérébrale mais les éléments de preuves sont limités pour conclure à l'existence de conséquences négatives sur la santé.

Comportement

Le SCENIHR ne relève pas de preuve montrant une association entre l'exposition du foetus à des RF et les problèmes comportementaux des enfants car les études se contredisent et les limites méthodologiques ne permettent pas de trancher. (12)

Que ce soit les études épidémiologiques, cliniques ou expérimentales, les preuves actuelles ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'un effet des RF sur le comportement des enfants. (6)

Deux études ont été identifiées portant sur le lien possible entre des CEM et les troubles du spectre autistique dans le cadre de ce travail. Elles se sont avérées non exploitables du fait d'un conflit d'intérêt avec les chercheurs ayant réalisé ces deux études. Nous avons donc décidé de ne pas présenter leurs conclusions.

Fonction auditive

L'ANSES conclut que les données disponibles ne permettent pas de prétendre à l'existence ou non d'un effet des RF sur la fonction auditive chez l'enfant. A noter cependant que ces effets possibles sont étudiés dans le cadre d'une exposition au téléphone mobile de longue durée. (6)

Génotoxicité

La génotoxicité est la capacité d'une substance ou d'un rayonnement à altérer le génome d'être vivant, c'est-à-dire le matériel génétique. L'existence d'une génotoxicité indiquerait un possible risque cancérogène. Les substances qui sont génotoxiques dans les études in vivo et in vitro ne le seront pas nécessairement pour les humains. Il est important de le préciser car certaines études semblent Génotoxicité montrer que les RF soient génotoxiques. Cependant, ces études sont insuffisantes pour confirmer l'hypothèse.

L'INSPQ suggère qu'en dessous des limites d'exposition, il n'y a aucune preuve d'effets néfastes des RF sur la santé. Les études cellulaires et animales ne suggèrent d'ailleurs qu'un très faible effet génotoxique des RF. (9)

Fonctions reproductives

Avec les ondes Wi-Fi, l'utilisation du téléphone portable est la principale source de RF étudiée comme pouvant avoir des effets possibles sur la fertilité. C'est surtout la fertilité masculine qui est au centre de l'attention car l'hypothèse que les RF puissent affecter le sperme est dominante, notamment du fait du port du téléphone portable et de l'ordinateur portable (lorsqu'il est posé sur les genoux) proche des testicules.

Le SCENIHR conclut que l'association entre une exposition quotidienne à des RF et des problèmes de fertilité est peu probable et ce, malgré les limites méthodologiques et le nombre restreint d'études. En ce qui concerne les effets sur le foetus, il conclut qu'il n'y aurait pas de risque lorsque le niveau de RF est sous le seuil limite. Les études portant sur la fertilité masculine sont, par contre, de faible qualité et ne permettent donc pas de tirer de conclusions. (12)

Pour l'INSPQ, les nombreuses lacunes méthodologiques ne permettent pas de tirer des conclusions sereinement mais dans son rapport, l'INSPQ ajoute que jusqu'à maintenant, les études cellulaires et animales ne montreraient aucune preuve d'effets des RF sur la reproduction. (9) La conclusion de l'ANSES est similaire, les données ne permettent pas de tirer de conclusion définitive quant à l'existence ou non d'effet sur le système reproducteur mâle et femelle. (6)

Système immunitaire

En l'absence de données de qualité, l'ANSES conclut qu'il est encore impossible de déterminer l'existence ou non d'un effet des RF sur le système immunitaire. (6)

Sommeil

Certaines personnes se plaignent de troubles du sommeil dus aux CEM. D'un point de vue scientifique, leurs plaintes ont été considérées et la qualité du sommeil a fait l'objet d'études visant à évaluer le lien possible avec les RF. Des études expérimentales et épidémiologiques ont donc été menées. Les études expérimentales utilisent l'électroencéphalographie pour récolter des données physiologiques sur le sommeil et les questionnaires pour rassembler des données subjectives sur la qualité du sommeil.

Jusqu'à maintenant, les études ne soutiennent pas de lien causal entre les deux. (17, 35) Une récente étude de cohorte réalisée sur des enfants âgés de 7 ans visait à tester l'hypothèse que leur exposition aux RF pourrait réduire leur qualité de sommeil. Les chercheurs concluent que leur étude ne confirme pas l'hypothèse qu'une exposition aux RF puissant affecter le sommeil des enfants de 7 ans mais plutôt que d'autres facteurs liés à l'usage du téléphone mobile puissent avoir des effets sur le sommeil des enfants. (17)

Le SCENIHR relève quelques études neurophysiologiques qui montreraient des effets des RF sur le sommeil mais leurs résultats sont encore discutés. (12) L'ANSES fait le même constat, les éléments de preuves sont insuffisants que pour conclure à l'existence ou non d'un effet des RF sur le sommeil chez l'enfant. (6)

Le débat divise les chercheurs mais en conclusion et avec précaution, on peut dire que des indications existent d'un possible effet sur le fonctionnement cérébral au travers d'études par méthode d'exploration cérébrale (électroencéphalographie) pendant le sommeil des individus mais qu'aucune preuve ne soutient un effet sur la qualité du sommeil à ce stade des recherches.

Bien-être

Quelques recherches s'intéressent à l'effet potentiel des RF sur le bien-être des personnes. A ce jour, aucune preuve d'association entre les deux n'a été découverte. Comme le fait remarquer l'ANSES, « si la relation de cause à effet ne peut pas être établie, elle reste néanmoins possible » (p.190). (6)

3. 3. 5. L'hypersensibilité électromagnétique

L'hypersensibilité électromagnétique est caractérisée par divers symptômes que les individus attribuent à l'exposition aux CEM et qui résultent en des degrés variables d'inconfort ou de mauvaise santé perçue. Les symptômes rapportés sont très divers. Ils peuvent être de type dermatologique, neurasthénique et végétatif (troubles du sommeil, maux de tête, vertiges, troubles de la concentration et de la mémoire, …) ou encore des troubles de la sphère oto-rhino-laryngologie (ORL). (1) Comme signalé ci-dessus p 21, les troubles du sommeil figurent parmi les effets possibles des CEM. Si des répercussions ont bien été identifiées, aucun lien causal n'a été prouvé.

Les estimations de la prévalence varient de 1,5% à 13,3%. Les études sont difficilement comparables car en l'absence de critères diagnostiques strictes, elles n'évaluent pas toujours les mêmes choses. (36) Pour l'OMS, ces symptômes ont une réalité certaine et peuvent être de gravité variable mais aucune base scientifique ne permet de les lier à une exposition aux CEM. (37)

Selon le SCENIHR, la toute grande majorité d'études ne parvient pas à établir de liens causaux entre les symptômes non spécifiques de l'hypersensibilité électromagnétique et l'exposition à des CEM. (12)

Sur son site internet, le BBEMG écrit ceci : « Il est important de souligner que ces symptômes sont réels et que la souffrance de ces personnes ne doit jamais être remise en question. Cependant, ils ne peuvent objectivement être attribués aux champs électromagnétiques. » (4) Le groupe de recherche donne deux raisons à cela. D'abord, les études épidémiologiques n'ont pas permis de déterminer la cause réelle à ces symptômes. Ensuite, les études de provocation[9] n'ont pas établi de lien direct entre l'apparition des symptômes et l'exposition aux CEM quelle que soit leur fréquence.

Pour l'INSPQ, l'hypersensibilité électromagnétique n'est pas associée à l'exposition aux CEM. Par contre, ces symptômes sont bien réels mais pourraient être expliqués par des facteurs psychologiques ou sociaux. L'institution de santé publique ne doute donc pas de l'existence de ces symptômes et insiste sur l'importance pour ces personnes d'obtenir de l'aide médicale et d'être pris en charge de façon personnalisée. (9)

[9] « Dans les études de provocation, les volontaires sont exposés en laboratoire à des champs électriques et/ou magnétiques. Ils doivent déterminer s'ils ont été exposés (détection du champ) et rapporter d'éventuels symptômes. Ils peuvent également être soumis à différents tests de mémoire et d'attention. » (www.bbemg.be)

3.4. Discussion

3. 4. 1. Etude des effets sur la santé des champs électromagnétiques

Pour récapituler les effets sur la santé physique des CEM, nous avons réalisé deux tableaux (n°1 et 2), l'un concernant les champs FEB et l'autre concernant les RF, classant les différents effets potentiels en fonction de l'état des connaissances actuelles:

- Effet possible jusqu'à preuve du contraire : en l'absence de preuves de qualité et suffisantes, l'effet est encorse considéré comme étant possible.

- Effet peu probable : tout indique que l'effet n'est pas avéré mais en l'absence de preuves de qualité et en suffisance, il n'est pas écarté.

- Effet avéré : l'effet est avéré et un consensus existe.

Ces tableaux constituent un résumé de nos conclusions et peuvent être sujets à discussions. Il semblait cependant utile de fournir une illustration du manque d'effets avérés dans l'état actuel des connaissances. Aucun tableau ne résume les connaissances concernant les fréquences intermédiaires étant donné le peu d'informations dont nous disposons.

EFFETS CANCÉROGÈNES	
Leucémie infantile	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Cancer du sein	Effet peu probable
EFFETS NON CANCÉROGÈNES	
Fonctions cognitives	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Troules du spectre autistique	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Maladies neurodégénratives	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Fonctions reproductives	Effet peu probable
Système cardiovasculaire	Effet peu probable
Hypersensibilité électromagnatique	Effet peu probable

***Tableau n°1** : Résumé de l'état des connaissances des effets des champs électromagnétiques de fréquences extrêmement basses (ex : appareils électriques en fonctionnement)*

EFFETS CANCÉROGÈNES	
Leucémie infantile	Effet peu probable
Cancer du sein	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
EFFETS NON CANCÉROGÈNES	
Fonctions cognitives	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Comportement	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Fonction auditive	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Système immunitaire	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Génotoxicité	Effet peu probable
Fonctions reproductives	Effet possible jusqu'à preuve du contraire
Hypersensibilité électromagnétique	Effet peu probable
Bien-être	Effet peu probable
Qualité du sommeil	Effet possible jusqu'à preuve du contraire

***Tableau n°2** : Résumé de l'état des connaissances des effets des champs électromagnétiques de radiofréquences (ex : routeur Wi-Fi)*

La difficulté de réaliser une revue de littérature sur cette thématique est justement de parvenir à dégager de la littérature un consensus des effets potentiels. Les points de vue divergent et les études sont discutées sans cesse du fait des limites méthodologiques.

La problématique de mesure de l'exposition provoque également des difficultés pour comparer les mesures qui proviennent de protocoles de recherche différents. (9)

Par ailleurs, nos méthodes de recherche traditionnelles ne parviennent pas à suivre la même vitesse d'évolution que celle des technologies digitales. Par exemple, il est difficile de constituer un groupe contrôle dans le cas des études cas-témoins. (8)

Les biais possibles sont donc nombreux : erreurs de classification entre populations exposées et non exposées, biais de sélection, de publication ou encore manque de connaissance des variables confondantes affaiblissant de ce fait la portée des résultats.

Lorsqu'une recherche apporte des informations intéressantes, elle doit pouvoir être reproduite afin que les résultats soient validés. Or, les limites méthodologiques freinent ou empêchent cette étape de validation, ce qui implique que la majorité des recherches n'est pas répliquée.

Nous recommandons aux lecteurs désirant aller plus loin dans les aspects techniques et sanitaires des RF spécifiques aux enfants et aux adolescents de consulter le dernier rapport d'expertise collective de l'ANSES « Exposition aux radiofréquences et santé des enfants » (2016).

3. 4. 2. Le principe de précaution

A la lumière de ces informations, essayons de répondre à notre question initiale : « Que savons-nous des effets des CEM sur la santé dans le cadre d'une exposition quotidienne ? ».

Notre exposition aux CEM provient d'une multitude de sources et est influencée par nos choix personnels liés à l'utilisation des appareils émetteurs de CEM mais aussi par des sources et des facteurs environnementaux. Jusqu'à maintenant, les effets sur la santé apparaissent lors d'une exposition à des intensités très élevées de CEM. Or, nous savons que les niveaux d'exposition actuels de la population sont sous les limites recommandées par les règlementations nationales et internationales. Nous sommes dans l'inconnu en ce qui concerne les effets à long terme de l'exposition à des niveaux très faibles mais quotidiens. Certes, les niveaux d'exposition varient en fonction de l'évolution des technologies mais comme le fait remarquer l'INSPQ, « il est raisonnable de penser que l'exposition moyenne de la population est appelée à augmenter au cours des prochaines années » (p. 51) (9). C'est le défi de la recherche. Les enfants qui naissent aujourd'hui seront exposés plus longtemps, plus fréquemment et à des niveaux plus élevés que les enfants nés dans les années 80 ou 90.

L'impasse que cette question engendre repose sur 3 caractéristiques interdépendantes (38) : l'incertitude, l'ambiguïté et la complexité. Sans unanimité ni consensus scientifique, les organismes de santé ne peuvent se positionner et l'incertitude règne. Le débat est ambigu car des valeurs et des opinions divergentes sont impliquées. La complexité prédomine en raison des nombreux facteurs confondants et d'effets possibles. Dans cette situation, quelle est l'attitude à adopter des organismes de santé et du politique : innocent jusqu'à preuve du contraire ou coupable jusqu'à preuve du contraire ?

De nombreux pays (Belgique, France, Allemagne, Canada, etc.) ont choisi de faire la balance entre la prudence et le dynamisme. On parle alors de principe de précaution. Il s'agit d'un principe sujet à interprétations variées et divergentes. La définition de l'OMS est la suivante : « in the case of serious or irreversible threats to the health of humans or the ecosystem, acknowledged scientific uncertainty should not be used as a reason to postpone preventive measures » (p. 1) (39).

Van Dijk et al. (38) ont réalisé une comparaison des politiques gouvernementales belges et néerlandaises sur la question des effets potentiels des CEM. Ils concluent que bien qu'à disposition des mêmes connaissances scientifiques, le premier a appliqué le principe de précaution en implémentant des mesures de gestion de risque visant à limiter notre exposition tandis que le second n'a vu aucune raison pour adopter le principe de précaution et a préféré recommander d'effectuer plus de recherches et de rester attentif aux progrès scientifiques en la matière. Le conseil de la santé des Pays-Bas considère en effet que les conséquences potentiellement négatives de l'activité humaine ne doivent pas par définition l'emporter sur les conséquences potentiellement positives. Sacrifier des bénéfices pour éviter un risque peut en réalité engendrer d'autres risques.

Comme relevé plus haut, le principe de précaution est sujet à interprétations dans sa manière d'être appliqué et dans les situations où il s'applique, ce qui signifie que les recommandations qui en résulteront ne seront pas les mêmes.

Prenons l'exemple du réseau local sans fil, l'Office fédéral suisse de la santé publique recommande de n'activer le réseau que lorsqu'on en a réellement besoin. L'Office suggère également d'éteindre la fonction Wi-Fi de l'ordinateur portable, évitant ainsi une « recherche » inutile de réseaux, source de rayonnement superflu. Il rappelle la nécessité de placer le point d'accès de manière centrale afin de favoriser une réception optimale pour tous les appareils connectés et souligne l'importance de ne pas placer l'ordinateur portable trop près de son corps pendant la connexion Wi-Fi. (40)

La fédération Inter-Environnement Wallonie insiste aussi sur la nécessité de se tenir à distance du routeur Wi-Fi, de ne l'activer qu'en cas de besoin réel et de le couper systématiquement la nuit et elle privilégie autant que faire se peut les solutions câblées/filaires pour les connexions internet « domestiques ». (41)

En ce qui concerne l'utilisation de téléphone portable, l'Office fédéral suisse de santé publique recommande l'utilisation d'un kit « mains libres » sans fil (oreillettes bluetooth) porteur d'un émetteur Bluetooth à rayonnement faible. L'achat de téléphone portable à faible taux d'absorption (DAS) doit être privilégié. L'Office met également en garde quant à l'utilisation d'accessoires de protection et anti-radiations qui, s'ils sont censés réduire le niveau de rayonnement, peuvent altérer la qualité de la communication et ainsi entraîner un rayonnement plus important. (40)

Le ministère français des affaires sociales et de la santé recommande quant à lui de téléphoner dans la mesure du possible dans les zones dans lesquelles la réception est à son maximum, d'éviter de se déplacer en téléphonant (le déplacement engendre la recherche de nouveau relais et donc l'émission à pleine puissance) mais aussi d'éviter de téléphoner lors de déplacements à grandes vitesses (voiture, train), d'encourager les jeunes enfants et adolescents à une utilisation modérée des téléphones portables et d'éloigner les portables des zones sensibles du corps. (42)

Finalement, le principe de précaution peut être vu comme une stratégie permettant de gérer l'incertitude de manière réfléchie et avec attention. Il ne s'agit donc pas d'une position scientifique mais plutôt philosophique ou morale lorsque ni l'ampleur ni la probabilité d'occurrence d'un risque ne peuvent être évaluées.

3. 4. 3. Le risque perçu

Ces dernières décennies, les effets des CEM sur la santé ont fait couler beaucoup d'encre. Tout le monde y va de son commentaire, de son opinion et de sa vision. C'est un sujet controversé dû à l'absence de consensus scientifique. Le risque perçu des CEM est très différent au sein même des scientifiques, des politiciens, des représentants industriels et des citoyens. Partout dans le monde, apparaissent des mouvements de protestation quant à l'installation d'antennes de téléphonie mobile entre autres. Ces préoccupations naissent de la méconnaissance et de la perception d'un danger lié à des facteurs invisibles. Elles peuvent freiner les innovations mais aussi créer un climat d'inquiétude et de tension. L'OMS rappelle dans un rapport de 2008 (43) que la perception du risque et la communication en matière de risque sont des aspects importants de la question des CEM. Ce sont pourtant des aspects qui passent régulièrement à la trappe comme nous le démontrons plus bas.

Notre objectif n'est pas de traiter la manière de communiquer sur le risque des CEM mais d'éveiller l'intérêt des lecteurs de ce dossier sur la nécessité d'accompagner tout projet d'innovation, et ce particulièrement lorsqu'il s'agit de milieux sensibles tels que les écoles, par une communication adaptée et réfléchie. A ce titre, nous présentons ci-dessous 3 schémas tirés du rapport de l'OMS précédemment cité (43).

Les parties prenantes de la question des effets possibles des CEM sont nombreuses : la communauté scientifique, l'industrie, les pouvoirs publics, les médias, les associations, les professionnels de la santé, les instances juridiques et bien sûr le public (tous âges, tous statuts socio-économiques, toutes origines confondues). Ces parties prenantes évaluent le risque de manière différente : les scientifiques se baseront sur des données quantifiables alors que le public procède à sa propre évaluation du risque ne reposant bien souvent pas sur des données scientifiques. Ce risque perçu a autant d'importance qu'un risque mesurable pour les politiques publiques. L'OMS dit ceci : « pour être efficace, la gestion du risque doit tenir compte aussi bien du risque mesuré que du risque perçu » (p.13) (43). C'est ce qu'illustre la figure n°4 ci-dessous.

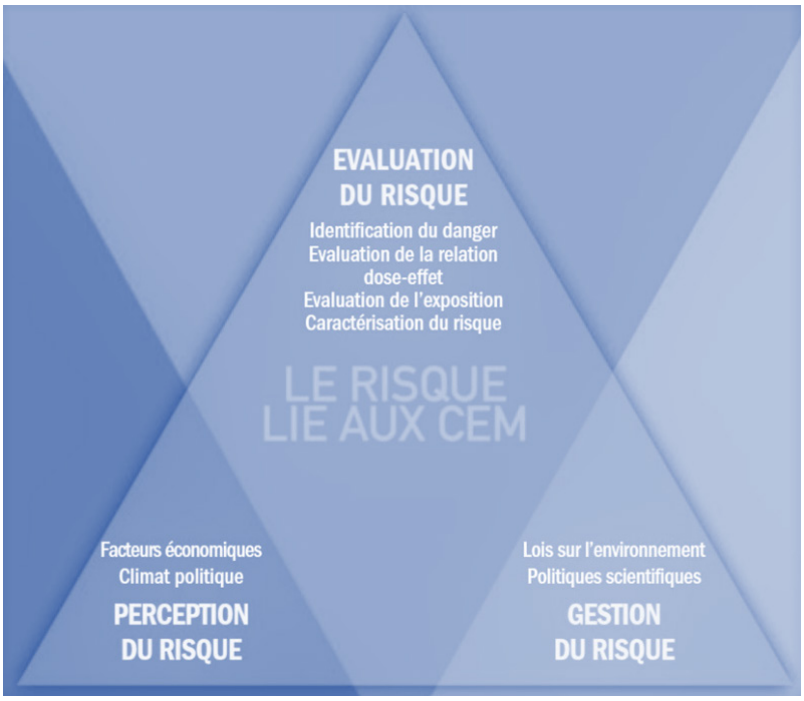


***Figure n°4** : Evaluer, interpréter et édicter des règlements en matière de risques associés aux CEM*

Source : OMS, « Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques », 2008.

La figure n°5, quant à elle, illustre la multitude des facteurs influençant la perception d'une personne à considérer un risque comme étant négligeable, acceptable, tolérable ou au contraire inacceptable. Réduire le risque perçu signifie, agir sur les facteurs personnels. Plusieurs études scientifiques (44-46) ont d'ailleurs traité la question de l'effet nocebo lors de l'installation d'émetteurs d'ondes électromagnétiques dans la population.

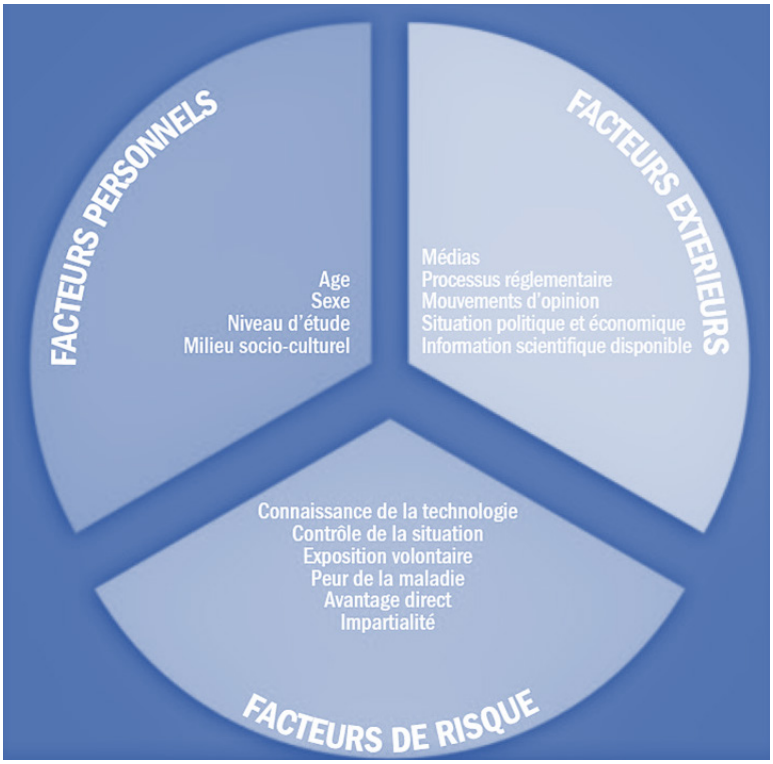


Figure n°5 *: Facteurs influençant la perception des risques environnementaux*

Source : OMS, « Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques », 2008.

Les communautés estiment avoir/ont le droit de savoir ce à quoi elles s'exposent lorsque, par exemple, une antenne de mobilophonie est érigée à proximité d'un lieu fréquenté ou d'une école. C'est pourquoi la communication en matière de risque est déterminante. D'après le U.S. National Research Council (cité dans OMS 2008), la communication en matière de risque est un « processus interactif d'échange d'informations et d'opinions entre individus, groupes et institutions. Il suppose de multiples messages concernant la nature du risque et d'autres, qui ne sont pas strictement liés au risque et qui expriment des préoccupations, des opinions ou des réactions vis-à-vis des dispositions juridiques et institutionnelles mises en place pour gérer le risque. » (p.19) (43)

Comme le montre la figure n°6, la communication en matière de risque implique que les scientifiques informent de manière claire les faits scientifiques, que les pouvoirs publics renseignent des règles de sécurité et des mesures qu'ils ont prises et que les citoyens concernés décident jusqu'où ils sont prêts à accepter le risque. (43)

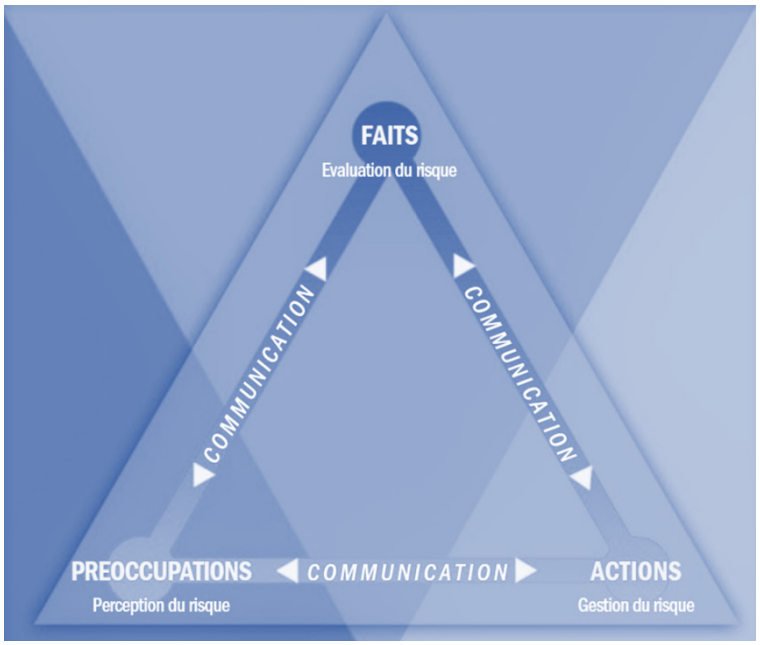


***Figure n°6** : Voies par lesquelles la communication s'établit*

Source : OMS, « Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques », 2008.

Pour conclure, nous reprenons une étude néerlandaise (47) qui a pour objectif d'évaluer les croyances et les connaissances erronées du public au sujet des effets potentiels sur la santé des CEM et d'identifier les aspects de ces connaissances et croyances qui prédisent le plus les différentes réponses des citoyens en matière d'exposition. Les chercheurs ont proposé une approche bottom-up qui établit dans un premier temps ce que les gens connaissent déjà et ce qu'ils croient en ce qui concerne le risque encouru pour, dans un deuxième temps, identifier ce qu'ils ont besoin de savoir et ce qu'ils veulent savoir pour prendre une décision en cohérence avec les connaissances existantes. Ils ont fait émerger 3 priorités pour améliorer la communication sur le risque des CEM (dans le contexte étudié) :

- Fournir des informations plus claires sur l'incertitude quant aux effets potentiels des CEM sur la santé (grande divergence dans les croyances à ce sujet),
- Expliquer en quoi consiste l'exposition aux CEM dans la vie de tous les jours (les citoyens ont tendance à surestimer leur exposition aux CEM)
- Rendre transparent les informations sur les politiques gouvernementales (beaucoup de gens pensent que les gouvernements leur cachent des informations).

3.5. Conclusion

L'analyse de la littérature scientifique ne permet pas de conclure à un effet démontré des CEM sur la santé. A ce jour, aucun mécanisme d'action sur le vivant (à des intensités représentatives de l'exposition de la population) n'a été démontré et les associations ne sont pas statistiquement significatives. La plausibilité biologique d'un effet des CEM est faible et la relation dose-effet reste inexistante à ce niveau des recherches. Cependant, cela ne prouve pas l'inexistence d'effet. A ce jour, les limites méthodologiques ne permettent pas de tirer de conclusions.

Bien que les effets potentiels sur la santé d'une exposition aux champs **FEB** (appareils électroménagers, écran de télévision, etc.) d'intensité très élevée soient avérés, rien ne prouve que l'exposition à long terme à de faibles intensités ait des effets sur notre santé. De plus, aucun mécanisme d'action n'a pu être démontré pouvant expliquer le risque pour la santé. Jusqu'à ce jour, aucun lien de causalité n'a donc pu être établi.

L'étude des effets potentiels des champs **RF** (Wi-Fi, bluetooth, tablette, etc.) est tout autant complexe et la compréhension des mécanismes d'action tout aussi limitée. De même que pour les champs FEB, les valeurs typiques d'exposition aux RF dont nous disposons se situent sous le seuil maximal d'exposition recommandé. A ce jour, aucun effet néfaste n'a été démontré mais les chercheurs doivent faire face à des limites méthodologiques considérables et à un manque de moyens méthodologiques et de ressources techniques pour mener des études sur du très long terme.

En ce qui concerne les champs **FI** (plaques à induction, ampoule économique, antivol), il semble que les recherches soient encore plus à la traîne, ce qui cause un déficit d'informations et de données à leur sujet.

Devant ces incertitudes, les instances publiques et les institutions de santé préconisent de suivre le principe de précaution que nous avons brièvement présenté. Il s'agit de la stratégie la plus adaptée pour faire la balance entre inquiétude et panique d'une part et dynamisme et innovation d'autre part. Le principe implique que la recherche de la vérité scientifique soit une priorité et accompagne les directives publiques.

De là, nous avons vu que le risque perçu des différentes parties prenantes joue un rôle dans l'élaboration des recommandations et dans la gestion des risques.

Finalement, nous concluons que répondre aux inquiétudes en communiquant clairement aux publics l'état des connaissances en matière d'effets potentiels sur la santé, définir une politique publique cohérente et transparente et faire des recommandations qui font sens à toutes les parties prenantes sont 3 points d'attention à mettre en exergue dans les futures politiques de santé en matière d'ondes électromagnétiques.

4. POSITIONNEMENT DES PARTIES PRENANTES EN MILIEU SCOLAIRE

4.1. Introduction

Notre question de départ était de savoir quel est l'impact potentiel sur la santé des CEM émis par les NTIC en milieu scolaire. En effet, dans l'enseignement, les ondes électromagnétiques et plus particulièrement les RF émises par les NTIC sont susceptibles d'être de plus en plus fréquentes dans les années à venir.

Dans la première partie, nous avons présenté les risques potentiels des CEM les plus présents dans notre quotidien : les fréquences extrêmement basses (par exemple émises par les appareils électro-ménagers), les fréquences intermédiaires (par exemple émises par les plaques à induction) et les radiofréquences (par exemple émises par le Wi-Fi). Dans un contexte scolaire, les fréquences des champs FEB et FI ne sont pas particulièrement représentées et leurs effets potentiels sur la santé aux niveaux d'intensité présents dans l'environnement scolaire ne sont pas inquiétants.

Cette partie porte sur le positionnement des parties prenantes par rapport à la question du risque potentiel des CEM sur la santé émis par les NTIC en milieu scolaire. Des sources émettant généralement des radiofréquences. Elle a pour objectif de nous aider à mieux visualiser le contexte général et les défis à relever.

En Belgique, les parties prenantes sont de 3 sortes : les pouvoirs publics, les acteurs du secteur de l'enseignement et le public.

Nous entendons par pouvoirs publics l'entité fédérale, de par sa compétence en matière de santé publique, et les entités fédérées de par leurs compétences en matières d'enseignements (fondamental, secondaire, supérieur, promotion sociale) et de l'enfance d'une part et en matière de santé, d'environnement et d'innovations technologiques d'autre part. Les pouvoirs publics sont aussi les institutions de santé émettant des avis.

Les acteurs du secteur de l'enseignement libre et officiel sont les pouvoirs organisateurs, les directions, les enseignants, les éducateurs, et tous autres intervenants comme les services de promotion de la santé à l'école (PSE) ou les centres psycho-médico-sociaux (PMS).

Le public est entendu au sens des familles et des enfants.

Cette partie s'articulera de la sorte. D'abord, nous ferons un tour d'horizon de pays européens par rapport à l'installation du Wi-Fi dans les écoles. Ensuite, nous évoquerons des outils et recommandations visant une utilisation avisée des NTIC dans le cadre scolaire et au niveau personnel. Enfin, nous présenterons les défis auxquels les écoles doivent et devront faire face par rapport à l'utilisation pédagogique des NTIC.

4.2. Positionnement des parties prenantes par rapport au Wi-Fi dans les écoles

L'objectif de cette partie est de voyager à travers quatre pays européens (Belgique, France, Suisse et Pays-Bas) et les parties prenantes pour illustrer la complexité du débat et le fossé qui peut séparer les décisions politiques des perceptions du public.

L'installation du Wi-Fi dans les classes est d'actualité en Fédération Wallonie Bruxelles (FWB) puisque la Wallonie a dégagé 7 millions d'Euros pour équiper près de 200 implantations scolaires d'une infrastructure internet de qualité (filaire et Wi-Fi). L'exemple du Wi-Fi est donc un choix motivé par l'actualité. Nous aurions pu présenter le débat de l'introduction des smartboards, ces tableaux digitaux remplaçant peu à peu les tableaux noirs dans les salles de classe, mais c'est une question qui se pose moins en FWB pour le moment.

Nous allons d'abord évoquer le point de vue d'institutions de santé nationales quant à l'exposition des plus jeunes aux RF des réseaux sans fil (Wi-Fi). Ensuite nous présenterons le discours officiel des pouvoirs publics à travers la législation. Nous terminons en proposant des exemples d'initiatives citoyennes (pétitions, associations, campagnes, etc.) auprès d'écoles.

4. 2. 1. Discours des institutions de santé

Le Service Public Fédéral de Santé Publique de **Belgique** tient un discours prudent quant aux effets potentiels des CEM : « Les valeurs limites existantes ont été fixées afin de protéger contre des effets à court terme connus (charge thermique). La plupart des appareils sans fil ont une faible puissance d'émission et ne constituent dès lors aucun risque de lésion thermique. On sait moins si d'autres effets sont possibles à long terme. C'est pourquoi nous donnons également ici une série de recommandations sur la façon d'éviter une exposition inutile. » (48)

L'**OMS** tient le discours suivant sur son site internet : « Les niveaux d'exposition aux RF des stations de base et des réseaux sans fil sont si bas que l'augmentation de la température est insignifiante et n'a aucun effet sur la santé humaine […] De récentes études ont révélé que les expositions aux RF émanant des stations de base et des technologies sans fil dans les zones publiques (dont les écoles et les hôpitaux) sont normalement des milliers de fois plus basses que les normes internationales. » (37)

En 2011, le Conseil de santé des **Pays-Bas** conclut notamment que « l'exposition au Wi-Fi n'entraine pas une augmentation du risque d'effets sanitaires néfastes chez les enfants à court terme ». Les auteurs de ce même rapport précisent cependant que les connaissances restent limitées et que les données existantes sont contradictoires.

L'Office Fédéral de la Santé Publique de **Suisse** écrit sur son site internet : « Selon les connaissances actuelles et sur la base des mesures d'exposition disponibles, le rayonnement à haute fréquence généré par les réseaux sans fil est trop faible pour provoquer, par absorption et suite à l'élévation de température consécutive, des effets sanitaires aigus et détectables. » (40)

Toutefois, selon l'Agence **française** de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, certains facteurs comme l'âge de l'enfant ou la durée d'exposition ne sont pas suffisamment explorés et, devant le manque de données et les incertitudes résiduelles, les experts de l'Agence insistent sur la nécessité « de surveiller les effets possibles des radiofréquences dans des populations potentiellement plus fragiles », comme par exemple les femmes enceintes et les enfants. (49)

En conclusion, ces institutions de santé ont un discours similaire : il y a un manque de données quant aux effets potentiels des RF sur la santé et en particulier auprès des enfants mais tant que notre exposition à de telles fréquences est limitée (tel que c'est le cas à ce jour), les RF du Wi-Fi ne semblent pas dangereuses pour la santé des adultes et des enfants.

4. 2. 2. Règlementations politiques

Devant le manque de données probantes et des avis d'experts précautionneux, quelles dispositions sont mises en place pour néanmoins protéger les enfants et les adolescents ?

En **Belgique**, la cellule Eco-conseil de l'ONE publiait en 2015 un « Flash accueil » (journal d'information trimestriel à destination des milieux d'accueil des 0-3 ans) dans lequel elle recommandait « d'éviter l'utilisation de Wi-Fi dans les pièces où séjournent ces enfants et d'appliquer ainsi le principe de précaution, tel que recommandé par le Conseil Supérieur de la Santé ». (50) Le Conseil Supérieur de la Santé avait aussi proposé une limite à 3 V/m. Ce qui signifiait qu'à 2 m d'une borne Wi-Fi, le niveau était environ 100 fois plus faible. De plus, un arrêté royal[10] interdit la mise sur le marché depuis 2013 de téléphones mobiles spécifiquement conçus pour les jeunes enfants. La Belgique fait ainsi partie des rares pays ayant émis des limites d'âge pour l'usage des téléphones mobiles (avec la Russie, la France et la Zambie). (6)

Tandis qu'au **Pays-Bas**, les limitations d'usage des téléphones mobiles pour les enfants sont inexistantes. Ils justifient cette absence par le manque de données spécifiques sur les risques mais continuent néanmoins à mener des études sur l'exposition des enfants aux téléphones mobiles. (6)

La Loi Abeille adoptée le 29 janvier 2015 en **France**, donne de nouvelles directives pour les antennes relais et le Wi-Fi, notamment dans les écoles.

> *« Après deux ans de procédure et de multiples amendements, le Parlement français a adopté définitivement une proposition de loi écologiste encadrant l'exposition aux ondes électromagnétiques. Ce texte inscrit notamment le principe de « sobriété » face aux émissions des téléphones portables, boîtiers wifi et antennes relais. Parmi les mesures adoptées : l'interdiction du wifi dans les crèches et autres garderies pour tout-petits.*
>
> *En commission, les députés avaient étendu cette interdiction aux écoles maternelles, mais cette disposition a été retoquée à la demande du gouvernement qui craignait « un signal anxiogène considérable en direction des familles dont la plupart reçoivent de nombreux signaux wifi dans leur domicile dont elles ne maîtrisent pas en général leur source d'émission ». L'amendement stipulait en outre que cette interdiction constituait « un réel frein au développement du numérique dans les écoles primaires à un moment où celui-ci est une priorité du Président de la République ». Dans ces classes-là, le wifi devra seulement être désactivé en dehors des « activités numériques pédagogiques »*

Enfin, en **Suisse**, le conseil d'Etat de la République et Canton de Neuchâtel a signé un Arrêté concernant le déploiement du réseau pédagogique neuchâtelois dans les écoles qui stipule notamment que seuls les réseaux filaires (réseau utilisant comme support des câbles métalliques ou des fibres optiques) sont autorisés dans les classes des écoles maternelles, des écoles primaires, des écoles spécialisées et des écoles secondaires.

L'**OMS** a réalisé une enquête à l'échelle mondiale pour recueillir des données sur les dispositions réglementaires, normatives ou d'applications volontaires liées à la gestion des risques potentiels de l'exposition aux RF. Parmi les pays ayant répondu à l'enquête, 33 % ont formulé des recommandations ou encouragé à prendre des mesures volontaires pour limiter l'usage des téléphones mobiles par les enfants. Quelques pays ont également restreint l'usage des téléphones mobiles à l'école (mais principalement pour des raisons de nature éducative). Pour limiter l'usage du téléphone mobile par les enfants, la plupart des pays misent sur l'information aux parents alors que d'autres développent des dispositions réglementaires, comme par exemple le Sultanat d'Oman et l'Australie qui ne permettent pas aux enfants l'achat de cartes SIM ou encore la Belgique comme indiqué plus haut. (6)

[10] Arrêté Royal du 30 juillet 2013 relatif à l'interdiction de mise sur le marché de téléphones mobiles spécifiquement conçus pour les jeunes enfants.

On constate que bien que le discours des institutions de santé soient assez similaires et rassurant, l'application qui en découle est plus prudent évitant l'exposition des plus jeunes et limitant, dans la mesure du possible, l'exposition des plus grands.

4. 2. 3. Réaction du public

N'oublions pas que les parties prenantes de cette question ne sont pas uniquement les institutions de santé et les gouvernements. Des voix s'élèvent contre le déploiement de ces NTIC dans les écoles et cela même si elles font désormais partie de notre paysage : des collectifs de parents se créent, des pétitions se signent, des associations voient le jour.

En **Belgique** : « Teslabel » est fort active et lutte pour un environnement électromagnétique sain. Elle appelle à des normes biologiquement réalistes contre les nuisances électromagnétiques des télécoms (antennes-relais, Wi-Fi, etc.) et des lignes à haute tension à proximité de l'habitat. Elle vient également en aide aux personnes électrosensibles.[11]

Aux Pays-Bas, une pétition intitulée « Stop Wifi in school totdat het bewezen onschadelijk is »[12]circule, un site internet a été réalisé par une maman voulant aider les parents à se faire une opinion en connaissance de cause « Denk zelf na : WIFI op school »[13] (51) ou encore un flyer consacré au WI-FI est édité par des associations visant à limiter notre exposition : « Wifi op school ? … pak de draad weer op ! » (cfr. Annexe n°1).

En Suisse, l'association 'Parler-partout' soutient une utilisation modérée de la téléphonie mobile et autres technologies sans fil. Elle est à l'initiative d'une campagne de sensibilisation aux ondes électromagnétiques (cfr. Annexe n°2).[14]

Notons également qu'en France, des bibliothèques suppriment l'accès WI-FI au sein de leurs établissements. Dans une école du département des hautes alpes en région PACA, l'administration communale souhaitait installer un dispositif d'Ecole numérique rural. Il s'agissait de placer des ordinateurs portables sur une structure roulante que l'on déplacerait d'une classe à l'autre. Ce dispositif nécessitait une connexion Wi-Fi. Les représentants des parents d'élèves se sont documentés et des réunions de parents ont été organisées. L'école a finalement choisi de déplacer les élèves vers une salle d'informatique équipée d'un système filaire plutôt que de déplacer le matériel.

Ces exemples permettent d'illustrer les perceptions divergentes que peuvent avoir les parties prenantes et l'importance d'informations claires, transparentes et consensuelles des pouvoirs publics relayées aux acteurs de terrain et aux publics concernés.

[11] www.teslabel.be
[12] Stop au WI-FI dans les écoles jusqu'à ce qu'il soit prouvé que ce soit totalement inoffensif (traduction libre)
[13] Pensez-y : le WI-FI à l'école (traduction libre)
[14] www.parler-partout.ch

4.3. Des outils de communication et des recommandations

En **Flandre**, trois ministères ont dans leurs compétences la problématique des ondes électromagnétiques. Ensemble avec le VIGEZ (Vlaams Instituut voor Gezondheidspromotie en Ziektepreventie), ils ont élaboré un document d'informations (cfr. Annexe n°3) à l'attention des directions d'écoles et du corps professoral leur permettant d'appréhender la problématique des CEM et de l'utilisation des nouvelles technologies dans une perspective « responsabilisante ».

Ce document propose des pistes de travail pour d'une part amorcer une réflexion quant à l'utilisation responsable des téléphones portables et des réseaux Wi-Fi à l'école et développer des activités éducatives tant auprès des étudiants que des enseignants et d'autre part pour permettre aux directions de faire des choix responsables dans les orientations à prendre en matière de nouvelles technologies.

D'autres outils sont également développés comme par exemple une mallette pédagogique appelée « Elektrokoffer » qui peut être utilisée lors de la mise en place d'activités de sensibilisation à l'école. Cette mallette contient des feuillets informatifs sur différents thèmes, notamment les rayonnements non-ionisants. Cet outil s'adresse toutefois plutôt aux élèves de l'enseignement secondaire. (52)

D'autres brochures et guides pratiques belges sont également disponibles :

- Une brochure éditée (dans les deux langues nationales) par le SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement fournit de précieuses informations sur les incertitudes scientifiques que soulève le sujet. Elle fournit également des conseils pratiques pour une utilisation raisonnable d'appareils comme le GSM, le téléphone sans fil, le WI-FI ou l'ordinateur portable.15[15]

- Une seconde brochure est également proposée par le SPF et concerne plus particulièrement l'utilisation des téléphones mobiles.[16]

En **France**, le Centre de Recherche et d'Information Indépendant sur les Rayonnements Electromagnétiques non ionisants répond aux interrogations des riverains ; il informe de façon claire et objective (réalisation d'enquêtes statistiques comme aide à la décision, etc.). Il propose également des solutions adaptées (réalisation de cartographies des niveaux d'exposition, accompagnement des stratégies de gestion du risque, etc.) et soutient les élus, les entreprises, les riverains dans des activités de prévention, etc.[17]

En **Suisse**, l'Office Fédéral de la Santé Publique dispose sur son site internet de fiches d'information aux CEM provenant de sources émettrices du quotidien qui présente dans chacune des recommandations visant une diminution de son exposition.[18]

[15] http://www.belgium.be/fr/publications/publ_champs_electromagnetiques_sante
[16] http://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19090393/brochure_gsm_sante_FR.pdf
[17] http://www.criirem.org/
[18] http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/index.html?lang=fr

4.4. Le défi des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour les écoles

Avec l'appel à projets de la Région wallonne visant à installer le Wi-Fi dans les locaux pédagogiques (classes, salle des professeurs, bibliothèque, etc.) de 200 écoles du fondamental (maternelle et primaire), du secondaire et de promotion sociale de niveau secondaire, la Wallonie s'inscrit dans un processus de développement des usages pédagogiques du numérique au bénéfice de l'apprentissage. (53) L'éducation numérique est devenue essentielle dans une société où le développement digital, les applications qui y sont liées et les technologies nouvelles constituent un bouleversement dans de nombreux aspects de notre quotidien. Pour permettre aux citoyens de demain de comprendre les enjeux, les concepts et les mécanismes du numérique afin qu'ils utilisent ces nouvelles technologies à bon escient et de façon sécurisée, la culture du numérique doit être intégrée dans l'enseignement. L'intégration des NTIC dans les écoles devrait à tout le moins permettre l'accès « pour tous » à l'apprentissage des compétences numériques.

En 2017, aux Pays-Bas, toutes les écoles devront être équipées d'un accès internet rapide. Le géant Apple, en collaboration avec la société Gynzy, qui développe et distribue des logiciels éducatifs aux écoles, va mettre en place une campagne de promotion qui permettra, moyennant le paiement annuel d'une somme de 60 euros, à tous les enfants de disposer tant à la maison qu'à l'école d'un Gynzy iPad. Le logiciel propose notamment aux enfants la réalisation d'exercices (question/réponse) et s'adapte au niveau de chaque enfant. Un parcours d'apprentissage personnalisé est proposé à chacun d'entre eux. (54)

D'après Tondeur et al. (2007)[19], les NTIC peuvent en effet être exploitées comme outils de développement de compétences techniques (visant à développer les habiletés indispensables à leur utilisation) mais aussi simultanément comme outils d'apprentissage (participation accrue de l'élève dans son processus cognitif et métacognitif) et/ou d'acquisition de connaissances (permettant la recherche d'information mais également l'enseignement). Pour ces mêmes auteurs, il n'est pas toujours aisé de distinguer clairement en quoi l'utilisation d'une NTIC favorise plutôt le développement d'habiletés ou, par exemple, l'acquisition de connaissances. Il s'agit maintenant de compétences clés pour les jeunes en contexte éducatif mais aussi plus largement dans la société.

Une revue de littérature réalisée en 2013 par Karsenti et Collin (55) suivie de leur recherche auprès de 2712 élèves âgés de 9 à 17 ans et de 389 enseignants ont permis d'identifier divers avantages liés à l'usage pédagogique des NTIC par les élèves : soutien à la motivation, amélioration de la créativité, soutien au développement de méthodes de travail efficaces, sentiment de compétence accru, etc. Près de 94 % des élèves ont indiqué aimer utiliser l'ordinateur à l'école et près de 90 % des élèves ont souligné que l'usage des NTIC en milieu scolaire leur permettait de « mieux apprendre ». Les auteurs concluent ainsi « que l'usage pédagogique et réfléchi des technologies en classe peut jouer un rôle clé pour la réussite scolaire des élèves » (p.116).

Récemment, une étude du Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante de Montréal conclut que « l'enjeu actuel de l'usage du tableau interactif en éducation consiste en grande partie à savoir comment rendre effectif son potentiel pédagogique présumé par des usages réfléchis où les élèves sont aussi appelés à manipuler cet outil, ce qui n'est le cas que pour 4% d'entre eux » (p32) (56). En réalité, cet enjeu peut être généralisé à toutes les NTIC : c'est l'utilisation qu'en donnent les enseignants et l'usage qu'en font les élèves qui seront déterminants plutôt que les technologies elles-mêmes.

Un autre enjeu primordial pour les établissements scolaires désirant investir dans des NTIC est de susciter l'intérêt de ces technologies auprès des équipes pédagogiques et des parents mais aussi d'obtenir leur soutien et leur approbation. Pour cela, la consultation et la participation de ces acteurs clés sont essentielles dans un processus de modernisation pédagogique.

[19] Cités dans Bernet et Karsenti (2013)

5. LA PERSPECTIVE DE LA PROMOTION DE LA SANTÉ

Les politiques publiques ne sont pas « directives » en matière d'exposition aux CEM. Mis à part des seuils d'exposition à ne pas dépasser et des recommandations, aucun document officiel ne règlemente l'utilisation des nouvelles technologies dans les écoles. La prudence est de mise en attendant des preuves scientifiques des potentiels effets nocifs sur la santé.

Dans ce contexte nébuleux, le secteur de l'éducation et de l'enseignement est libre de ses choix et de la manière d'implémenter ses projets d'innovation technologique. Outre les moyens financiers nécessaires à l'investissement dans des NTIC, il devra obtenir le soutien et l'approbation des parents et du personnel pédagogique. Nous l'avons vu, sans la participation volontaire des enseignants, les NTIC ne seront pas mis en valeur et risquent fortement de ne pas être utilisés au maximum de leur potentiel. De plus, sans la participation des parents dès le démarrage d'un processus décisionnel lié à l'utilisation des NTIC dans un cadre scolaire, l'école risque de faire face à des mouvements de protestation.

Après avoir identifié les dispositions et recommandations émises par certaines instances et organisations nationales et internationales, après avoir également fait un bref survol d'initiatives et/ou d'outils mis à notre disposition, il est maintenant temps de déterminer le rôle que peut jouer la promotion de la santé.

Morel, en 2007, (57) distinguait deux modes d'intervention complémentaires dans les actions à mener en promotion de la santé :

- d'une part des actions qui visent des comportements individuels : « c'est tout le champ de l'information, de l'éducation pour la santé, du marketing social ; la promotion de la santé vise là à permettre aux gens d'accroître leur capacité d'agir, d'exercer un plus grand contrôle sur leur propre santé et de faire des choix favorables ».

- d'autre part, des actions qui visent « à modifier l'environnement social et politique, à développer des politiques publiques saines par la prise de conscience de l'impact santé des politiques, à assurer des milieux de vie favorables, à développer l'action communautaire […] et à réorienter les services vers la promotion de la santé ».

Dans une perspective de promotion de la santé et selon le cadre opératoire de la Charte d'Ottawa (1986)[20] (15), il s'agit dès lors de diversifier les stratégies d'intervention en combinant notamment des stratégies :

- D'**action politique** : par exemple, en inscrivant la problématique des CEM et de ses effets dans un plan national ou régional, en légiférant, en reconnaissant l'importance de la prévention des risques liés à l'exposition prolongée des CEM, en proposant des stratégies d'action concertée, en soutenant la recherche pour la mise en place d'autres études sur les effets à plus long terme des CEM, etc.

- D'**action sur l'environnement** : par exemple en veillant à l'implantation la plus adéquate possible (d'un point de vue sanitaire) des points d'accès Wi-Fi, des antennes relais ; en privilégiant des installations filaires, etc.

- De **développement et d'acquisition d'aptitudes individuelles** : par exemple en développant des guidelines concernant l'utilisation « avisée » et « précautionneuse » des nouvelles technologies en milieu scolaire, en mettant à disposition des outils pédagogiques destinés à favoriser l'appropriation tant par les élèves que les parents et les enseignants de normes de santé leur permettant ainsi d'opérer des choix éclairés et sains.

[20] La charte d'Ottawa, à travers la proposition de cinq axes stratégiques, propose des mesures de protection qui visent à modifier l'environnement social et politique (axe 1,2 et 5) et la nécessité de renforcer la capacité individuelle et collective d'agir par ses comportements sur les déterminants de sa santé (axe 3 et 4).

- **D'action contribuant au renforcement de l'action communautaire** : par exemple, en associant dans les réflexions et démarches de sensibilisation et de protection tant les individus issus du secteur de l'enseignement, de l'éducation, de la santé, de l'environnement ; en proposant une participation active du secteur associatif, des comités de parents, etc.

- De **réorientation de services** : par exemple, compatibilité des programmes de promotion de la santé avec l'environnement des établissements scolaires et que ceux-ci fassent partie intégrante de la culture scolaire, formation adéquate (et continue) des enseignants à une démarche de promotion de la santé, contribution des enseignants à la construction de programmes pédagogiques et outils adaptés, etc.

Les effets à long terme des CEM étant à ce jour encore méconnus et devant l'absence de consensus, un usage précautionneux du Wi-Fi s'impose. Les programmes de communication et de sensibilisation mis en place et/ou à développer doivent impérativement intégrer le principe de précaution dans leur message.

Quant aux études existantes et qui, pour certaines, écartent tout risque lié à une exposition aux RF, nous sommes en droit de nous poser la question d'un éventuel conflit d'intérêt. L'industrie de la téléphonie est présente sur le marché de la recherche.

Des initiatives existent, des campagnes de sensibilisation aux effets des CEM sont développées, des brochures et guides pratiques sont élaborés par des instances et organismes reconnus, des associations voient le jour, des sites internet interactifs sont accessibles. Cependant, trop peu de ces initiatives sont orientées « youth and very youth friendly ».

L'école semble être le lieu par excellence pour faire prendre conscience aux enfants (et aux professionnels de l'éducation) de l'importance d'une utilisation raisonnée et à bon escient des nouvelles technologies mises à notre disposition.

Cependant, il ne serait pas judicieux de dissocier le milieu scolaire du milieu familial en terme d'exposition de l'enfant. Il est donc également essentiel d'une part de pouvoir répondre aux interrogations des familles en les informant de manière précise et claire des mesures de précaution à adopter pour contribuer à améliorer la protection de leurs enfants et d'autre part d'inciter ces mêmes parents à modifier leur propre comportement de protection face aux CEM. La motivation des parents à s'impliquer dans la protection des risques sanitaires de leurs enfants est un gage supplémentaire de réussite dans un processus de sensibilisation à une utilisation parcimonieuse des NTIC, et cela est d'autant plus important que l'évaluation scientifique du risque semble être plus élevée pour les enfants, jugés plus vulnérables face aux potentiels dangers des CEM. Enfin, travailler sur des facteurs psycho-sociaux comme l'estime de soi, le sentiment d'auto-efficacité, la confiance en sa capacité d'adopter le comportement protecteur attendu, devrait favoriser l'adoption de comportements sanitaires adéquats.

Toutefois, Il ne s'agit en aucun cas de freiner le développement et l'utilisation de ces nouvelles technologies. Il ne s'agit pas non plus de dissuader voire même d'interdire ou de générer des comportements anxiogènes mais bien de fournir suffisamment d'éléments/d'informations claires et concrètes sur l'état des connaissances scientifiques actuelles et leurs incertitudes (effets potentiels sur la santé, mesures des risques, etc.)

Mais comme dans tout processus d'information et de communication, il faudra tenir compte des caractéristiques de ce public particulier et les recommandations formulées en terme de comportement de santé et de prise de risques devront être adaptées au niveau de ces jeunes enfants.

Enfin, une grosse partie des difficultés dans un processus de sensibilisation ou d'information aux potentiels dangers de « l'ère numérique » réside dans le fait du paradoxe devant lequel on se trouve : d'une part l'incertitude et/ou le manque de données probantes et donc de consensus face au potentiel danger des CEM auprès des enfants et d'autre part dans le fait du développement de nombreuses initiatives pro-NTIC : octroi de subsides dans les écoles pour l'installation de réseau WI-FI, installation de bornes WI-FI dans les lieux publics, renvoi par les médias d'une « nécessaire et indispensable hyper connectivité » et ce dès le plus jeune âge, etc.

Promouvoir la santé, c'est notamment l'inscrire à l'ordre du jour des responsables politiques issus de secteurs multiples (et pas seulement s'en tenir au seul domaine de la santé) en éclairant ces politiques sur les conséquences sanitaires éventuelles des décisions qu'ils prendront en toute cohérence. C'est aussi encourager et développer une action concertée et coordonnée en matière de politiques sanitaires, environnementales, sociales. Le cas de la prise en charge de la problématique des CEM devrait en être une belle illustration. Mais promouvoir la santé, c'est aussi un peu « veiller les uns sur les autres », donner du pouvoir aux communautés, aux individus afin qu'ils puissent (ensemble et/ou individuellement) opérer des choix éclairés en toute connaissance de causes.

Le secteur politique, tout comme celui de l'enseignement, de l'éducation, de la santé, de l'environnement doivent faire partie intégrante du processus de réflexion, de sensibilisation, d'information mais aussi d'élaboration de recommandations quant aux effets potentiels des ondes EM sur la santé des enfants. Des mesures législatives cadrent potentiellement l'utilisation de certaines de ces nouvelles technologies. Des initiatives tant locales que régionales sont mises en place pour informer et sensibiliser les individus (association, blog, guide pratique, flyer, etc.) mais, à ce jour, nous ne disposons par exemple pas encore de mesure d'impact quant à l'utilisation d'un guide pratique de recommandations ou la distribution d'une brochure. Il est également étonnant que la mise en place d'un dispositif WI-FI à grande échelle ne fasse pas l'objet au préalable de mesure d'effets.

6. CONCLUSION

L'objectif principal de ce dossier était de répondre aux trois questions suivantes :

- Que savons-nous des effets des CEM sur la santé dans le cadre d'une exposition quotidienne ?
- Comment les parties prenantes en milieu scolaire se positionnent-elles par rapport au risque potentiel des NTIC sur la santé ?
- Quelles perspectives apportent la promotion de la santé ?

Les études sur les effets sanitaires des CEM abondent dans la littérature. Pourtant, le manque de preuve d'un lien causal entre les CEM et des effets sanitaires sur la santé est criant. Les limites méthodologiques y sont pour beaucoup : difficultés de mesure de l'exposition, méthodes de recherche inadaptées, biais, etc. Aujourd'hui, les enfants sont exposés à des sources de radiofréquences variables, très tôt et à des niveaux divers. Pour ces raisons et du fait de l'évolution constante et rapide des nouvelles technologies, sources de radiofréquences, il est compliqué de mener des études sur le long terme. Le travail est encore long avant d'arriver à une vérité scientifique consensuelle qui doit pourtant rester une priorité de santé publique.

En l'absence de données probantes quant aux effets potentiellement nuisibles des CEM, et ce tout particulièrement en ce qui concerne les jeunes enfants, le principe de précaution prévaut. Des recommandations sont formulées par les autorités et pouvoirs compétents ; elles attirent l'attention sur un usage réfléchi et responsable des NTIC, le défi étant d'éviter les surexpositions aux CEM sans freiner l'usage de ces technologies porteuses d'avenir.

L'utilisation raisonnable d'appareils émetteurs d'ondes passe par une communication et une information claire et précise des effets possibles sur la santé mais également par la proposition de solutions adaptées aux différents contextes. Les valeurs (justice sociale et équité, empowerment, travailler en partenariat, diversité, etc.) véhiculées par la promotion de la santé peuvent être le moteur permettant en toute connaissance de cause d'opérer des choix éclairés quant au « bon usage » des NTIC.

L'ère du numérique apporte de nombreux avantages mais également des inconvénients. La confusion règne, et ce malgré la réalisation d'études, la diffusion de recommandations et de messages d'alerte. Devant ce manque de certitude, l'application du principe de précaution reste de mise, surtout lorsqu'il s'agit de la santé des enfants

BIBLIOGRAPHIE

1. Organisation Mondiale de la Santé, Electromagnetic fields (EF), http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/, consulté le 04/05/2016.

2. Institut de Santé Publique, “Les ondes électromagnétiques des radiofréquences : revue de la littérature de l’impact sanitaire”, 2012.

3. Bruxelles environnement - Observatoire des données de l’environnement, “ 36. Champs électromagnétiques et santé”, 2011, http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/san_36.PDF?la, consulté le 13/02/2017

4. Belgian BioElectroMagnetics Group, http://www.bbemg.be/, consulté le 04/05/2016

5. VANDER VORST A., ROSEN A. and KOTSUKA Y., “RF / Microwave interaction with biological tissues”, Wiley, 2006

6. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement, Travail, “Exposition aux radiofréquences et santé des enfants - Rapport d’expertise collective”, 2016.

7. Belgian BioElectroMagnetics Group, http://www.bbemg.be/fr/index-bbemg/recherches-anterieures/campagne-mesures-enfants.html, consulté le 16/09/2016

8. LEDENT M., BEAUVOIS V., et al., “Champs électriques et magnétiques 50 HZ et santé : quel message au grand public ?”, Rev Med Liège, 2015;70(4): pp. 172-8.

9. Institut National de Santé Publique du Québec, “Evaluation des effets sur la santé des champs électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences”, 2016.

10. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, “ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, Health physics,74(4): pp. 494-522.

11. Organisation Mondiale de la Santé, “WHO Research agenda for Radiofrequency fields”, 2010.

12. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, “Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)”, 2015.

13. VERLOOCK L., JOSEPH W., et al. “Assessment of radio frequency exposures in schools, homes, and public places in Belgium”, Health physics, 2014;107(6): pp. 503-13.

14. Ministère français de l’éducation nationale, “L’école change avec le numérique - Référentiel sur l’usage du Wi-Fi en établissement et école radiofréquences et santé”, 2015.

15. Préambule à la Constitution de l’Organisation mondiale de la Santé, tel qu’adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. 1946; (Actes officiels de l’Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948.

16. SADETZKI S., LANGER CE.,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: pp. 124.

17. HUSS A., VAN EIJSDEN M., et al., “Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields Exposure at Home, Mobile and Cordless Phone Use, and Sleep Problems in 7-Year-Old Children”, PloS one, 2015;10(10):e0139869.

18. Service Public Fédéral Santé Publique, Sécurité de la Chaîne Alimentaire et Environnement, “Les champs électromagnétiques et la santé - Votre guide dans le paysage électromagnétique”, 2014.

19. WERTHEIMER N., LEEPER E., “Electrical wiring configurations and childhood cancer”, American journal of epidemiology, 1979;109(3): pp. 273-84.

20. TEEPEN JC., VAN DIJCK JA., “Impact of high electromagnetic field levels on childhood leukemia incidence”, International journal of cancer, 2012;131(4): pp. 769-78.

21. ZHAO L., LIU X., WANG C., et al., “Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: a meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls”, Leukemia research, 2014;38(3): pp. 269-74.

22. ZHANG Y., LAI J., RUAN G., et al., “Meta-analysis of extremely low frequency electromagnetic fields and cancer risk: a pooled analysis of epidemiologic studies”, Environment international, 2015;88: pp. 36-43.

23. SCHUZ J. “Exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer: update of the epidemiological evidence”, Progress in biophysics and molecular biology, 2011;107(3): pp. 339-42.

24. SALVAN A., RANUCCI A., LAGORIO S., MAGNANI C., “Childhood leukemia and 50 Hz magnetic fields: findings from the Italian SETIL case-control study”, International journal of environmental research and public health, 2015;12(2): pp. 2184-204.

25. PEDERSEN C., JOHANSEN C., SCHUZ J., et al., “Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia, CNS tumour and lymphoma in Denmark”, British journal of cancer, 2015;113(9): pp. 1370-4.

26. GRELLIER J., RAVAZZANI P., CARDIS E., “Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe”, Environment international, 2014;62: pp. 55-63.

27. CHEN Q., LANG L., WU W., et al., “A meta-analysis on the relationship between exposure to ELF-EMFs and the risk of female breast cancer”, PloS one, 2013;8(7):e69272.

28. CHEN C., MA X., ZHONG M., YU Z., “Extremely low-frequency electromagnetic fields exposure and female breast cancer risk: a meta-analysis based on 24,338 cases and 60,628 controls”, Breast cancer research and treatment, 2010;123(2): pp. 569-76.

29. SUN JW., LI XR., GAO HY., et al., “Electromagnetic field exposure and male breast cancer risk: a meta-analysis of 18 studies”, Asian Pacific journal of cancer prevention, 2013;14(1): pp. 523-8.

30. HUANG J., TANG T., HU G., et al., “Association between exposure to electromagnetic fields from high voltage transmission lines and neurobehavioral function in children”, PloS one, 2013;8(7):e67284.

31. MATTSSON MO., SIMKO M., “Is there a relation between extremely low frequency magnetic field exposure, inflammation and neurodegenerative diseases? A review of in vivo and in vitro experimental evidence”, Toxicology, 2012;301(1-3): pp. 1-12.

32. MAHRAM M., GHAZAVI M., “The effect of extremely low frequency electromagnetic fields on pregnancy and fetal growth, and development”, Archives of Iranian medicine, 2013;16(4): pp. 221-4.

33. LEWIS RC., HAUSER R., MAYNARD AD., et al., “Exposure to Power-Frequency Magnetic Fields and the Risk of Infertility and Adverse Pregnancy Outcomes: Update on the Human Evidence and Recommendations for Future Study Designs”, Journal of toxicology and environmental health, 2016;19(1): pp; 29-45.

34. ELMAS O., “Effects of electromagnetic field exposure on the heart: a systematic review”, Toxicology and industrial health. 2016;32(1): pp. 76-82.

35. DANKER-HOPFE H., DORN H., BOLZ T., 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: pp. 50-60.

36. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement, Travail, “Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Rapport d’expertise collective.”, 2016.

37. Organisation Mondiale de la Santé, http://www.who.int/peh-emf/fr/, consulté le 29/06/2016.

38. VAN DIJK HFG., VAN RONGEN E., EGGERMONT G., et al., “The role of scientific advisory bodies in precaution-based risk governance illustrated with the issue of uncertain health effects of electromagnetic fields”, Journal of Risk Research, 2011;14(4): pp. 451-66.

39. Organisation Mondiale de la Santé, “The precautionary principle: protecting public health, the environment and the future of our children”, 2004.

40. Office Suisse de la Santé Publique, http://www.bag.admin.ch/index.html?lang=fr, consulté le 29/06/2016

41. Fédération Inter-Environnement Wallonie, http://iewonline.be/spip.php?article3910, consulté le 20/09/2016.

42. Ministère français des affaires sociales et de la santé, http://iewonline.be/spip.php?article3910, consulté le 20 septembre 2016

43. Organisation Mondiale de la Santé, “Instauration d’un dialogue sur les risques dûs aux champs électromagnétiques”, 2008.

44. PORSIUS JT., CLAASSEN L., SMID T., et al., ”Symptom reporting after the introduction of a new high-voltage power line: a prospective field study”, Environmental research. 2015;138: pp. 112-7.

45. PORSIUS JT., CLAASSEN L., WOUDENBERG F., et al., “Nocebo responses to high-voltage power lines: Evidence from a prospective field study”, The Science of the total environment., 2016;543: pp. 432-8.

46. DIEUDONNE M. “Does electromagnetic hypersensitivity originate from nocebo responses? Indications from a qualitative study”, Bioelectromagnetics. 2016;37(1): pp. 14-24.

47. CLAASSEN L., BOSTROM A., TIMMERMANS DRM., “Focal points for improving communications about electromagnetic fields and health: a mental models approach”, Journal of Risk Research, 2014;19(2): pp. 246-69.

48. Service Public Fédéral Santé Publique, Sécurité de la Chaîne Alimentaire et Environnement, http://www.health.belgium.be/fr/appareils-sans-fil, consulté le 30/06/2016.

49. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement, Travail, “Radiofréquences et santé”, 2013.

50. Office de la Naissance et de l’Enfance, “Le WI-FI dans les milieux d’accueil ? Quelques bons gestes à adopter”, Flash Accueil, 2015;n°24: pp. 5-6.

51. Denk zelf na, http://www.denkzelfna.com/, consulté le 30/06/2016.

52. Elektrokoffer, http://www.vlaamselogos.be/content/elektrokoffer-0, consulté le 30/06/2016.

53. Bruxelles FW, Circulaire n°5759 du 08/06/2016 - Appel à candidature : Connectivité interne des établissements situés en Région wallonne, 2016.

54. Kinderen en straling, https://www.kinderenenstraling.nl/school/, consulté le 30/06/2016.

55. KARSENTI T. et COLLIN S., “Avantages et défis inhérents à l’usage des ordinateurs portables au primaire et au secondaire”, Education et Francophonie, 2013;41(1): pp. 94-122.

56. KARSENTI T., “Le tableau blanc interactif (TBI) : usages, avantages et défis ?”, CRIFPE, 2016.

57. MOREL J., “L’approche communautaire de la santé : une des stratégies d’intervention sur les déterminants socio-économiques”, Santé Conjugée, avril 2007, n° 40, pp. 75-77.

GLOSSAIRE

Un **champ** est une zone de l'espace dans laquelle s'exerce une force gravitationnelle, magnétique, électrostatique ou de toute autre nature.

Un **champ électrique** est lié à la tension. Autrement dit, il est produit par une différence de potentiel électrique (exprimée en Volt) entre deux points (communément séparés d'un mètre). Plus la tension est élevée, plus le champ qui en résulte est intense (on mesure l'intensité en Volt par mètre V/m). Ce champ électrique survient même lorsqu'il n'y a pas de circulation de courant. Le **champ magnétique** est, quant à lui, généré par le courant électrique. Plus l'intensité du courant est élevée, plus le champ magnétique sera important. Un champ magnétique n'apparaît que lorsque le courant circule.

Un **champ électromagnétique** (CEM) est la combinaison entre un champ électrique et un champ magnétique. Un champ électromagnétique apparaît dès lors que des charges électriques sont en mouvement alternatif (courant alternatif) au-delà d'une certaine fréquence d'alternance. Ce champ résulte donc de la combinaison de 2 champs (l'un électrique, l'autre magnétique). Il se déplace à la vitesse de la lumière.

Les **études épidémiologiques** portent en bref sur l'étude des relations existant entre les maladies et divers facteurs (mode de vie, lieu de vie, hygiène de vie, particularités individuelles, l'environnement, etc.) susceptibles d'influencer leur fréquence, leur distribution, leur évolution. Les études épidémiologiques mettent en évidence une association entre deux ou plusieurs facteurs mais ne fournissent pas de preuves de causalité de l'association éventuellement observée.

Les **études *in vitro*** sont des recherches réalisées sur des organes, des tissus, des cellules, … en dehors d'un organisme vivant.

Les **études *in vivo*** sont des recherches réalisées sur des organismes vivants (humains ou animaux).

La **fréquence** d'onde correspond au nombre d'oscillations par seconde et s'exprime en Hertz (Hz). La **longueur d'onde** correspond à la distance entre deux oscillations consécutives et s'exprime en mètre (m). Plus la fréquence sera élevée, plus la longueur d'onde sera petite.

L'**intensité** d'une onde électromagnétique est exprimée par la valeur de la densité de puissance (en watts par mètre carré), mais en pratique, c'est l'unité de champ électrique (V/m) qui est utilisée. Par exemple, 1 W/m² correspond à 9 V/m à la fréquence de 1 GHz, et à 6 V/m à la fréquence de 2 GHz.

La **puissance** est la quantité d'énergie fournie ou consommée par seconde et se mesure en Watt (W). La puissance diffère selon les appareils électriques : un four de 2000 W consommera plus d'énergie qu'une ampoule de 15 W sur un même laps de temps.

Une **station de base** de téléphonie mobile est une station d'émission et de réception fixe permettant d'acheminer les appels cellulaires.

ANNEXES

- **Annexe n°1** : « Wifi op school ? … pak de draad weer op ! »
- **Annexe n°2** : « Le WiFi ne s'arrête pas aux murs »
- **Annexe n°3** : « Verandwoord omgaan met WI-FI en gsm-straling op school »

Annexe n°1 : « Wifi op school ? … pak de draad weer op ! »

Téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.stopumts.nl/pdf/EHS%20Wifi%20op%20School%20def.pdf

Extra overwegingen

In de praktijk verloopt de overgang naar een volledige tablet-leeromgeving niet rooskleurig. Naast de hoge kosten voor de hardware en software (die elke 5 jaar terugkeren) en problemen rond lesprogramma's wordt de kwetsbaarheid van tablets en het gebrek aan toezicht op de leerlingen gezien als knelpunten.

Prof. Dr. Manfred Spitzer beschrijft in zijn boek 'Digitale Dementie' dat het leereffect van schermwerk veel lager is dan men doet voorkomen. Sterker nog, kinderen lopen aantoonbare spraak- en leerproblemen, aandachtstoornissen en geheugenstoornissen op als zij teveel tijd achter tablets, Pc's, TV en mobiele telefoon doorbrengen.
Hij pleit voor een gezonde mix aan werkvormen in de klas en collegebanken.

Wifi op school?

… pak de draad weer op!

vorm360 voor concept & vormgeving - vorm360.nl

Meer informatie?

Op onze websites kunt u meer informatie vinden over elektromagnetische velden, elektrogevoeligheid en maatschappelijke ontwikkelingen.

Bij Stichting EHS kunt u terecht met specifieke vragen. Wilt u een professionele stralingsmeting op uw school laten uitvoeren, of technisch advies op maat, dan kunnen wij u doorverwijzen.

Wij geven informatie en presentaties aan schoolbesturen over dit onderwerp.

Email: info@StichtingEHS.nl

Stichting EHS www.stichtingehs.nl

StopUMTS www.stopumts.nl

NIBE - Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie www.nibe.org

Nationaal Platform Stralingsrisico's
www.stralingsrisicos.nl

Wifi op school?
... pak de draad weer op!

Wel of geen Wifi op school?

U komt als school komt voor deze keuze te staan. Of de keus is al gemaakt.

Draadloos internet (Wifi) is overal in opmars. Het is immers 'flexibel' en 'geen gedoe met kabels', 'iPad-scholen hebben de toekomst', 'leerlingen zijn dol op tablets' of 'je houdt het toch niet tegen'….

Vooruitgang is prima. Als vier onafhankelijke maatschappelijke organisaties maken wij ons echter zorgen over de gezondheid van kinderen. Wij plaatsen sterke vraagtekens bij de uitrol van alle draadloze toepassingen om hen heen. Met deze flyer willen we u als schoolleider breder informeren over de mogelijke gezondheidsklachten van met name Wifi.

Waarom geen draadloos netwerk?

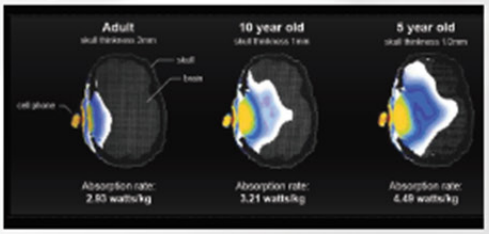
Wifi maakt gebruik van hoogfrequente elektromagnetische velden (EMV) ook wel straling genoemd. Daarvoor is een router in het lokaal nodig die deze straling uitzendt. Laptops en tablets geven zendsignalen zo gauw ze aanstaan. Dit doen ze non-stop, 24 uur per dag, of er gebruik van gemaakt wordt of niet. Leerlingen worden ongevraagd blootgesteld aan de optelsom van al deze velden op school.

Elektrosmog, is dat erg?...

Ja. Elektrosmog zie je niet, hoor je niet en ruik je niet, maar het is er wel. In de praktijk blijkt dat leerlingen en personeel hier ziek van kunnen worden. Zo ziek dat ze niet meer naar school gaan of voor de klas kunnen staan. De verschijnselen zijn onder andere: chronische vermoeidheid, hoofdpijn, concentratiestoornissen, slapeloosheid en hartritmestoornissen - zonder medisch aanwijsbare oorzaak. Naar schatting lijdt inmiddels 3% van alle Nederlanders aan deze elektro-overgevoeligheid (EHS) en ondervindt acute gezondheidsklachten in de buurt van stralingsbronnen. Ook kinderen.

Straling en kinderen

Kinderen hebben dunnere schedels dan volwassenen en hun zenuwstelsel is volop in ontwikkeling. Straling van Wifi en mobieltjes dringt veel verder in hun hoofd door.



Langetermijn effecten van straling

Naast acute klachten zijn er sterke aanwijzingen voor lange termijn effecten van elektromagnetische velden. Denk aan het ontstaan van dementie, Alzheimer en tumoren: kanker. In 2011 heeft de Wereld Gezondheidsorganisatie WHO elektromagnetische velden (EMV) geclassificeerd als 'mogelijk kankerverwekkend'.

Waarom grijpt de overheid niet in?

Een wetenschappelijk causaal verband tussen de blootstelling aan EMV en gezondheidsklachten is nog onvoldoende aangetoond; vindt de Nederlandse Gezondheidsraad. En dus ziet zij geen aanleiding tot ongerustheid. Naar onze ervaring uit de praktijk is die aanleiding er wel degelijk.

En in het buitenland?

In meerdere landen om ons heen is mobiel bellen en Wifi op scholen inmiddels verboden. Of Wifi is verwijderd uit bibliotheken, zoals in Frankrijk. Men hanteert het voorzorgsprincipe: voorzichtig omgaan met straling totdat meer bekend is over de risico's voor onze gezondheid.

Wist u dit over Wifi?...

- Er is bijna net zoveel bekabeling nodig voor Wifi als voor een bedraad systeem.
- Wifi is storingsgevoelig en traag tijdens intensief gebruik.
- Het is niet toekomstbestendig bij het sterk toenemende dataverkeer.

Oplossingen

Wie kiest voor een gezonde digitale toekomst op school kiest voor bedraad internet.

- Pc's of laptops aan een bedraad systeem zijn razendsnel. U kunt er jaren mee vooruit, het is goed te beveiligen, storingsarm en het heeft geen risico's voor de gezondheid. Let op dat de Wifi-zenders in de laptops uitgeschakeld zijn. En dat de laptop elektrisch is geaard.
- Nog beter te beveiligen is een centrale PC en een thin-client per studieplek.
- Glasvezel in de school is het medium van de toekomst.

Wij hebben al Wifi, wat nu?

Misschien is uw school inmiddels op een draadloos systeem overgegaan. Hieronder enkele tips:

- Van Wifi naar bedraad is een relatief kleine ingreep. U kunt de datastekkers (zgn. patches) weer toegankelijk laten maken. De Wifi-router kan vervolgens worden uitgeschakeld.
- U kunt de Wifi-routers zo efficiënt mogelijk ophangen in de school en het zendvermogen afstellen op het minimum dat nodig is.
- U kunt stralingsarme zones in school creëren als u leerlingen of personeel heeft met EHS-klachten. Wij kunnen u daarbij adviseren.

Annexe n°2 : « Le WiFi ne s'arrête pas aux murs »

Téléchargeable à l'adresse suivante : www.parler-partout.ch

Annexe n°3 : « Verandwoord omgaan met WI-FI en gsm-straling op school »

Téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/wi-fi-en-gsm-straling-tips-voor-verstandig-gebruik-op-school

REVUE DE LITTÉRATURE #01 - MARS 2017

LORSQUE LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES S'INVITENT À L'ÉCOLE : LES EFFETS SUR LA SANTÉ ?

A la demande de l'Office de la Naissance et de l'Enfance (ONE), le RESO a réalisé un travail de revue de littérature sur la question des effets sanitaires des ondes électromagnétiques.

Les enfants constituent une population plus exposée aux ondes émises par les nouvelles technologies qui investissent également le milieu scolaire. Ce rapport, destiné aux divers professionnels de la santé, clarifie les aspects techniques de l'électromagnétisme, caractérise notre exposition aux ondes et leurs effets potentiels sur la santé, interroge l'introduction des nouvelles technologies à l'école et les apports de la promotion de la santé dans le débat.

Que savons-nous des effets des champs électromagnétiques sur la santé ? Comment les parties prenantes en milieu scolaire se positionnent-elles par rapport au risque potentiel des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur la santé ? Quelles perspectives apporte la promotion de la santé dans ce débat ?

WWW.UCLOUVAIN.BE/RESO

UCL Université catholique de Louvain

RESO