

Synthèse de sept études de cas suédoises sur le syndrome des micro-ondes associé au rayonnement de radiofréquence de la 5G

Lennart Hardell et Mona Nilsson

Summary of seven Swedish case reports on the microwave syndrome associated with 5G radiofrequency radiation

Reviews on Environmental Health, 19 Jun 2024.

degruyter.com/document/doi/10.1515/reveh-2024-0017/html

Lennart Hardell, MD, PhD, Professeur (retraité), auteur correspondant. The Environment and Cancer Research Foundation, Örebro, Suède. lennart_hardell@environmentandcancer.com

Lennart Hardell est un oncologue et un épidémiologiste à la renommée internationale, l'auteur de plus de 400 études revues par des pairs et a reçu plusieurs prix scientifiques pour ses recherches. Voir son CV et une liste de ses publications : electrosmog.be/Hardell.

Mona Nilsson, Swedish Radiation Protection Foundation, Adelsö, Suède.

Traduction et notes : Francis Leboutte, Electrosmog.be, Collectif stop5G.be, francis.leboutte@algo.be.
Relecture : Wilmer Salvador.

Ce document et l'original en anglais sont disponibles sur electrosmog.be.

Le 9 août 2024. Mise à jour du 7 septembre 2024.

Résumé

La cinquième génération (5G) de communication sans fil est en cours de déploiement en Suède depuis 2019, comme dans de nombreux autres pays. Nous avons déjà publié sept études de cas^I comprenant un total de 16 personnes âgées de 4 à 83 ans qui ont développé le syndrome des micro-ondes dans un court laps de temps après avoir été exposées à des stations de base 5G^{II} à proximité de leurs habitations. Dans tous les cas, le rayonnement haute fréquence (RF^{III}) de la 4G/5G a été mesuré à l'aide d'un appareil de mesure à large bande. Le rayonnement RF a dépassé les 2 500 000 ou les 3 180 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en valeur de pointe dans trois des études^{IV}. Au total, 41 problèmes de santé ou symptômes différents ont été évalués pour chaque personne, avec une note de zéro (aucune plainte) à dix (les pires symptômes). Les symptômes les plus fréquents et les plus sévères étaient les suivants : troubles du sommeil (insomnie, réveil nocturne, réveil précoce), maux de tête, fatigue, irritabilité, problèmes de concentration, perte de mémoire immédiate, troubles émotionnels, tendance à la dépression, anxiété ou panique, dysesthésie (sensations inhabituelles au toucher), brûlures et lancements cutanés, symptômes cardiovasculaires

(pouls transitoirement élevé ou irrégulier), dyspnée et douleurs musculaires et articulaires. Les troubles de l'équilibre et les acouphènes étaient moins fréquents. Tous ces symptômes sont inclus dans le syndrome des micro-ondes. Dans la plupart des cas, les symptômes ont diminué et disparu dans un court laps de temps après que les personnes étudiées ont déménagé dans un endroit sans 5G. Ces cas sont des exemples classiques d'études de provocation. Ils renforcent l'urgence d'empêcher le déploiement de la 5G jusqu'à ce que d'autres études de sécurité aient été réalisées.

Introduction

La cinquième génération (5G) de communication sans fil est mise en œuvre en Suède et dans de nombreux autres pays depuis 2019. Les antennes de la 5G émettent des rayonnements de radiofréquence (RF) et, jusqu'à présent, la fréquence de 3,5 GHz a été utilisée comme onde porteuse pour la 5G dans les environnements urbains. Lorsque la 5G est installée, les générations précédentes telles que la 2G et la 3G sont démantelées^V ([pts.se/...](https://pts.se/) – en suédois). La 5G utilise la technique MIMO (entrées et sorties multiples), avec l'utilisation de plusieurs antennes au niveau de l'émetteur et du récepteur.^{VI} La 5G transmettra des données jusqu'à 100 fois

^I « L'approche par étude de cas permet d'explorer en profondeur et sous plusieurs angles des questions complexes dans leur contexte réel » (*The case study approach*, [BMC Medical Research Methodology](https://doi.org/10.1186/s12913-017-1211-1)).

^{II} Station de base : antenne ou groupe d'antennes pour la téléphonie mobile (2G, 3G...). Souvent, une antenne (antenne 4G par exemple) est en fait constituée de 3 antennes, chacune d'entre elles couvrant un angle de 120 degrés.

^{III} Micro-ondes (MO) et radiofréquences (RF). Les rayonnements de radiofréquence (RRF) sont les ondes ou champs électromagnétiques de radiofréquence (CEM-RF) couvrant les fréquences de 20 kHz (kilohertz) à 300 GHz (gigahertz). Les micro-ondes constituent le sous-ensemble des RRF qui va de 300 MHz (mégahertz) à 300 GHz. On emploie indifféremment les deux termes RRF ou MO dans le cadre de la téléphonie mobile, celle-ci utilisant des fréquences allant de 700 MHz à 50 GHz. Les ondes millimétriques qui sont une partie des ondes utilisées par la 5G vont de 30 à 300 GHz – de 10 à 1 mm de longueur d'onde respectivement. En plus de la téléphonie mobile, les RRF sont utilisés pour toutes sortes d'applications, le wifi (2,4 GHz et plus), le radar, le four à micro-ondes (2,45 GHz)... et bien entendu les objets connectés. Dans l'UE, il y a trois bandes de fréquence (basse, moyenne et haute) attribuées pour la 5G, autour de 700 MHz, 3,6 et 26 GHz (la 5G pouvant de plus utiliser les fréquences attribuées aux générations précédentes). Par la suite la bande haute se verrait complétée par le 40 GHz. Le déploiement dans la bande haute (26 GHz) ne pourra commencer que dans la seconde moitié de la

décennie, lorsque le déploiement en cours dans la bande basse (700 MHz) et moyenne (3,6 GHz) sera terminé et à condition qu'il ait été économiquement satisfaisant pour les opérateurs de la téléphonie mobile, ce qui n'est certainement pas garanti.

Plus d'information de ce type dans le glossaire de l'électrosmog disponible sur electrosmog.be.

^{IV} $\mu\text{W}/\text{m}^2$: milliardième de Watt (microwatt) par mètre carré. La densité de puissance (DP) mesure l'intensité d'un CEM-RF ; elle s'exprime en Watt/m^2 (c'est de l'énergie par seconde et par unité de surface – un flux d'énergie). Alternativement, on utilise l'intensité du champ électrique du CEM-RF (IE), en V/m (Volt/m), ces deux grandeurs étant liées par la relation $\text{DP} = \text{IE}^2/377$. On compare l'intensité de deux CEM-RF par le rapport de leur densité de puissance (alternativement, en prenant le carré du rapport des intensités des champs électriques).

Valeur de pointe ou valeur de crête : c'est la valeur instantanée par opposition à valeur moyenne sur plusieurs minutes, nettement plus basse, et presque toujours celle qui est avancée par les normes officielles.

^V Dans l'UE, la 3G et la 2G sont en voie de disparition selon un calendrier qui ne dépend que des opérateurs et n'est que rarement explicité. En Belgique, la 3G devrait avoir disparu fin 2024, mais la 2G pourrait persister encore plusieurs années.

^{VI} MIMO (multiple input, multiple output) est une technique d'antenne qui fait appel à plusieurs antennes pour améliorer les performances de la transmission et de la réception, le même signal étant transmis plusieurs fois en

plus vite que la 4G selon ses promoteurs (projectgoliat.eu/emf-5g/). Selon des études pilotes préliminaires menées en France, l'exposition à la 5G varie considérablement en fonction du nombre d'utilisateurs à proximité de la station de base et de l'importance des transferts de données (www.anfr.fr/...).

Avant le déploiement de la 5G, de nombreux scientifiques craignaient que cette technologie n'entraîne une augmentation massive de l'exposition du grand public aux rayonnements RF (voir l'Appel 5G : www.5Gappeal.eu), en notant qu'il était déjà prouvé que les rayonnements RF étaient nocifs pour la santé humaine aux niveaux rencontrés avant le déploiement de la 5G. Ils mettaient aussi en avant l'inexistence de recherches préalables sur les effets sur les humains et l'environnement de l'exposition au rayonnement RF de la 5G en regard de ses caractéristiques uniques : l'utilisation de nouvelles fréquences plus élevées, un nouveau type de modulation, un signal comportant des impulsions particulièrement brèves et intenses ainsi que, peut-être plus important encore, une puissance du rayonnement beaucoup plus élevée. En outre, dans un rapport présenté au Parlement européen en 2019, il a été noté que l'exposition à la 5G sera plus complexe que celle des systèmes précédents : « *Bien que les champs soient fortement concentrés par des faisceaux, ils varient rapidement en fonction du temps et du déplacement et sont donc imprévisibles, car les niveaux et les caractéristiques des signaux interagissent comme un système en boucle fermée*^{VII} » (5Gfree.org/...pdf).

Plusieurs appels de scientifiques ont été émis pour demander une meilleure protection contre les effets nocifs des rayonnements RF en raison des risques connus pour les êtres humains et l'environnement. L'Appel 5G a demandé un moratoire sur le déploiement de la 5G dès 2017 (5Gappeal.eu – voir également ces deux autres appels : emfcall.org et [emfscientist](http://emfscientist.viii)^{VIII}). Ces appels sont à ce jour largement ignorés par les agences gouvernementales responsables, les politiciens et l'industrie des télécommunications. L'avancée de cette technique se poursuit à son propre rythme, à première vue motivé par des intérêts économiques considérables au sein de l'industrie des télécommunications.

Les mesures effectuées jusqu'à présent montrent clairement que la mise en œuvre de la 5G a effectivement entraîné une augmentation massive de l'exposition humaine et environnementale aux rayonnements RF artificiels [1-8].

Limites d'exposition maximale

La plupart des pays utilisent les limites de protection extrêmement élevées et obsolètes de la *Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants* (ICNIRP) pour l'exposition maximale autorisée aux rayonnements RF (les premières limites ont été publiées en 1998 [9] et ont été mises à jour en 2020 [10]^{IX}). La *Commission fédérale des communications* (FCC) des États-Unis a adopté des limites maximales similaires et définies par l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE – docs.fcc.gov/...pdf).

L'ICNIRP est une organisation privée basée en Allemagne. Les nouveaux membres sont élus par les membres existants et la plupart d'entre eux ont toujours eu des liens économiques ou personnels avec l'industrie des télécommunications [11, 12]. Les limites fixées par l'ICNIRP se fondent uniquement sur les effets thermiques du rayonnement RF, qui apparaissent lorsque le rayonnement RF est si intense qu'il provoque des effets

thermiques aigus en l'espace d'une heure. Pour une exposition chronique du corps entier à la 5G à 3,5 GHz, la limite de l'ICNIRP est de 10 000 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en moyenne sur 6 min [9], ou 30 min [10]. Les limites thermiques de l'ICNIRP ne protègent pas contre les effets causés par une exposition aiguë ou chronique non thermique, malgré les preuves de plus en plus nombreuses de ces effets. C'est pourquoi les limites de l'ICNIRP et de la FCC sont critiquées pour leur incapacité à protéger contre un large éventail d'effets sanitaires connus, fondés sur des preuves scientifiques substantielles et de plus en plus nombreuses [13-15].

En fait, dès 2011, le *Centre international de recherche sur le cancer* (CIRC) de l'OMS a estimé que les rayonnements RF pouvaient être cancérigènes pour l'homme, dans le groupe 2B [16, 17]. Malgré de nouvelles preuves de la cancérogénicité indiquant que les rayonnements RF pourraient désormais être classés dans le groupe 1 des agents cancérigènes pour l'homme [18], le CIRC n'a pas procédé à une nouvelle évaluation.

L'approche de l'ICNIRP apparaît revêtir une grande importance pour l'industrie des télécommunications, car ces limites de protection relatives à l'exposition aux rayonnements RF lui permettent de déployer la 5G selon ses plans. Ce qui est confirmé par un des trois fournisseurs majeurs d'infrastructure 5G pour qui le déploiement de la 5G serait « *difficile ou impossible* » si les limites étaient abaissées 100 fois (www.itu.int/...pdf).

Un autre exemple de l'importance de ces limites pour l'industrie est une brochure promotionnelle sur les limites ICNIRP 2020 de l'organisation des opérateurs de télécommunications GSMA (www.gsma.com/...pdf)^X.

Le syndrome des micro-ondes

Les micro-ondes sont des fréquences comprises entre 300 MHz et 300 GHz dans le spectre des radiofréquences et c'est dans la gamme de fréquences des micro-ondes que fonctionnent les ondes porteuses de la 5G et des générations précédentes de la technologie de la téléphonie mobile. Dès les années 1960 et 1970, des études menées dans les pays d'Europe de l'Est sur des travailleurs exposés ont mis en évidence les effets néfastes du rayonnement RF/micro-ondes sur la santé [19-21]. Les symptômes les plus courants étaient les suivants : maux de tête, fatigue, difficultés de concentration, insomnie, troubles émotionnels, irritabilité, dysesthésie, lésions cutanées avec sensation de brûlure, symptômes cardiaques et pulmonaires. Ces symptômes sont inclus dans le syndrome ou la maladie des micro-ondes qui comprend une variété de symptômes cliniques et physiques. Il a été observé qu'en général, les femmes semblaient plus sensibles que les hommes et que la sensibilité individuelle variait.

Un examen de ces études, ainsi que des études sur les animaux, a conclu qu'« *une variété étonnamment large de réactions neurologiques et physiologiques est à prévoir* » en raison de l'exposition à des niveaux non thermiques des rayonnements de radiofréquence [19].

Le *syndrome du mal des radiofréquences* est un autre terme utilisé pour désigner cette maladie [22]. Les effets non thermiques dépendent principalement de la modulation et de la pulsation du signal ainsi que de l'intensité maximale et moyenne. Les signaux pulsés et l'exposition simultanée à plusieurs fréquences provoquent davantage d'effets et sont donc considérés comme plus dangereux. Les effets observés augmentent avec la durée d'exposition [20]. Aujourd'hui, la population est exposée simultanément à une multitude de fréquences provenant de diverses technologies sans

parallèle. Une antenne 5G peut contenir plusieurs dizaines d'éléments rayonnants indépendants (des antennes élémentaires – des centaines dans le cas de la bande haute – 26 GHz) qui peuvent être focalisés sur des appareils (téléphones, etc.) particuliers (« beamforming »).

^{VII} Un système autonome qui se régule de lui-même.

^{VIII} Pour d'autres appels, voir electrosmog.be/#appels.

^{IX} Avec quelques changements à la marge. Voir electrosmog.be/html/Limites-de-protection.htm.

^X Autre exemple en Belgique : le gouvernement de la Région bruxelloise a augmenté la limite de protection contre les radiations électromagnétiques d'un facteur cinq, la faisant passer de 6 V/m (0,1 W/m²) à 14,5 V/m (0,56 W/m²) à la fréquence de 900 MHz – ordonnance du 2 mars 2023 contre laquelle un recours est toujours pendant à ce jour. Dans les 2 autres Régions de Belgique, la limite a aussi été augmentée, pour faciliter le déploiement de la 5G.

fil. Les signaux sont pulsés et modulés et l'exposition est chronique.

Toujours en ce qui concerne ce syndrome, il a également été observé qu'en général les symptômes diminuaient après la fin de l'exposition. Selon Marha et coll. (voir page 31) « *un certain temps après la fin de l'exposition (parfois plusieurs semaines ou plus), l'organisme retrouve généralement son état physiologique d'origine et toutes les plaintes subjectives et objectives disparaissent* » [21].

Les résultats de ces premières observations ont été confirmés au cours des deux dernières décennies par des études sur les effets sur la santé des habitants vivant à proximité des antennes de téléphonie mobile ou des stations de base. Certaines de ces études récentes ont porté sur la prévalence des symptômes identifiés dans le cadre du syndrome des micro-ondes, d'autres sur d'autres conséquences telles que le cancer ou les effets sur les paramètres biochimiques, par exemple les hormones ou les niveaux de dommages génétiques [23]. Une étude française a étudié la fréquence de la SLA^{XI} [24].

Selon une analyse de ces études sur les effets sur la santé des habitants vivant à proximité des antennes de téléphonie mobile, 17 études sur 23 ont mis en évidence le syndrome des micro-ondes, 10 sur 13 ont signalé une augmentation des risques de cancer et six études sur huit ont constaté des changements dans les marqueurs biochimiques [23].

Études sur la 5G à ce jour

La littérature est peu abondante en ce qui concerne les effets sur la santé de l'exposition aux rayonnements de la 5G. Jusqu'à présent, à notre connaissance, aucun effet à long terme n'a été étudié et il n'existe que quelques études animales à court terme et une étude humaine en laboratoire (voir ci-dessous). Aucune des études de laboratoire n'a utilisé une exposition correspondant à l'exposition réelle à la 5G [25-29].

Au début du déploiement de la 5G, aucune étude n'était disponible sur les effets biologiques sur l'homme de l'exposition aux fréquences de la 5G autour de 3,5 GHz.

Ainsi, aucune étude n'a examiné une exposition similaire à celle des millions de personnes actuellement exposées au rayonnement des antennes 5G en combinaison avec la technologie 4G.

Quelques études animales ont examiné les effets sur les animaux d'une exposition à des rayonnements RF de 3,5 GHz à des niveaux inférieurs aux limites fixées par l'ICNIRP. Les études exposant les animaux à la fréquence de 3,5 GHz (et non aux signaux 5G réels) ont révélé des effets négatifs tels que le stress oxydatif dans le foie, les reins, le plasma, la dégénérescence des neurones dans le cerveau ainsi que le stress oxydatif dans les muscles et des effets négatifs sur la solidité des os. En outre, des altérations du comportement suite à une exposition du fœtus ont été signalées [25-28].

Étude humaine en laboratoire

Une étude publiée en septembre 2023, portant sur les effets sur les ondes cérébrales humaines, a exposé 34 jeunes volontaires en bonne santé à une onde de 3,5 GHz à une densité de puissance moyenne comprise entre 1,5 (5968 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) et 2 V/m (10 610 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) pendant seulement 26 min. La densité de puissance de crête (DP) a été estimée à 680 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Les auteurs n'ont rapporté que des différences non significatives sur les rythmes bêta, alpha, thêta et delta du cerveau [29].

^{XI} SLA : sclérose latérale amyotrophique ou maladie de Charcot, une maladie neurodégénérative grave.

^{XII} GSM : Global System for Mobile Communications. Autrement dit, l'onde était modulée comme pour la 2G.

^{XIII} Vu les conditions de l'expérience, cette étude ne pouvait être considérée que comme sans intérêt sauf peut-être pour la fabrication du doute en matière de la toxicité des rayonnements de RF. Illustration avec un [document](#) du BfS (*Bundesamt für Strahlenschutz*, l'Office fédéral allemand de

Toutefois, l'exposition des cobayes ne correspondait pas à une exposition réelle à la 5G : d'une part le signal n'était pas modulé comme une onde 5G mais comme pour le GSM^{XII}, d'autre part l'exposition ne durait que 26 minutes ce qui n'est pas représentatif d'une exposition chronique dans la vie réelle. En outre, l'exposition en situation réelle comprend l'exposition simultanée à plusieurs autres signaux (4G, etc.).^{XIII}

Études de cas d'exposition humaine à la 5G dans la vie réelle

Nous avons déjà publié sept rapports de cas sur les effets sur la santé des humains exposés au rayonnement RF de la 5G [1-7]. Les études ont été réalisées entre 2021 et 2023 et ont porté sur les effets sur la santé précédemment décrits comme étant associés à l'exposition au rayonnement RF chez un total de 16 personnes. Des mesures du rayonnement RF ont également été effectuées.

Objectif de cette étude

L'objectif de cette étude était de faire une synthèse de nos sept rapports de cas [1-7]. L'un des objectifs était d'étudier la sévérité et les caractéristiques des différents symptômes sur la base de l'ensemble des données recueillies.

Données et méthodes

Les sept études de cas ont été entreprises à la suite de contacts pris par des personnes qui ont développé des symptômes liés au syndrome des micro-ondes peu après l'installation d'antennes 5G à proximité de leurs habitations ou de leurs lieux de travail. Les personnes participant aux études ont été invitées à répondre à des questions sur la prévalence de différents symptômes liés au syndrome des micro-ondes. Le questionnaire structuré a été adapté d'après Belpomme et coll. [30] et comprend 41 questions chacune associée à un symptôme clinique. Une échelle de sévérité du symptôme de zéro à dix a été utilisée, la note zéro signifiant aucun symptôme, la note dix, une douleur ou une gêne insupportable. Aucun examen clinique n'a été effectué. Les études comprenaient également des mesures de l'exposition aux rayonnements RF.

Nous avons fait une agrégation des résultats de ces sept études de cas. Cinq groupes de symptômes ont été utilisés en fonction des sites anatomiques :

- 1) Symptômes liés au système nerveux et aux organes des sens (18 symptômes), voir le tableau 1.
- 2) Symptômes liés au système cardiovasculaire et respiratoire (9 symptômes), voir le tableau 2.
- 3) Symptômes liés à la peau et aux organes musculo-squelettiques (6 symptômes), voir le tableau 3.
- 4) Symptômes liés au système digestif et urinaire (4 symptômes), voir le tableau 4.
- 5) Symptômes liés à l'oreille et au système vestibulaire (4 symptômes), voir le tableau 5.

Dans les cinq tableaux suivants, la première colonne indique le symptôme et entre parenthèses le nombre de personnes ayant répondu lorsqu'il est inférieur à 16 (le nombre de personnes ayant participé aux 7 études). Les cinq colonnes suivantes concernent les notes de sévérité des symptômes :

- 1) **Min** : la note minimum et entre parenthèses le nombre de personnes ayant indiqué cette note.
- 2) **Moyenne** : la note moyenne.

radioprotection) qui conclut à propos de cette étude : « *Grâce à sa grande qualité méthodologique, l'étude contribue considérablement à la radioprotection à la fréquence de 3,5 GHz utilisée pour la 5G, qui a été peu étudiée. Aucun effet pertinent sur l'électro-encéphalogramme humain n'a été constaté aux faibles niveaux d'exposition auxquels on peut s'attendre à proximité des stations de base* ».

L'ICNIRP a ses bureaux dans le bâtiment du BfS à Munich. Coïncidence ?

- 3) **Médiane** : la note médiane.
- 4) **Max** : la note maximum et entre parenthèses le nombre de personnes ayant indiqué cette note.
- 5) **Total** : la somme des notes de sévérité signalées.

Tableau 1 : symptômes du système nerveux et des organes des sens.

Système nerveux et organes des sens	Min	Moyenne	Médiane	Max	Total
Difficultés de sommeil :					
– Réveil nocturne (n=12)	0 (1)	6,58	7	10 (5)	79
– Réveil précoce (n=14)	0 (3)	6,33	7	10 (5)	76
– Insomnie	0 (3)	6,25	7	10 (7)	100
Fatigue	0 (3)	5,75	7	10 (3)	92
Maux de tête	0 (4)	4,88	5	10 (3)	78
Irritabilité (n=15)	0 (3)	4,73	4	10 (3)	71
Émotionnel (n=15)	0 (4)	4,47	4	10 (4)	67
Concentration/attention insuffisante	0 (7)	3,69	4	10 (1)	59
Perte de la mémoire immédiate	0 (9)	3,19	0	10 (2)	51
Dysesthésie (sensation inhabituelle au toucher)	0 (7)	3,13	1	10 (1)	50
Vertiges	0 (8)	2,38	1	10 (2)	38
Tendance à la dépression	0 (5)	2,38	2	8 (1)	38
Anxiété/panique	0 (9)	2,19	0	10 (1)	35
Dysthermie globale	0 (11)	1,81	0	7 (1)	29
Déficience oculaire	0 (10)	1,63	0	8 (1)	26
Sensibilité à la lumière (n=11)	0 (9)	1,36	0	8 (1)	15
Confusion	0 (11)	1,25	0	10 (1)	20
Idées suicidaires	0 (16)	0	0	0 (0)	0

Tableau 2 : symptômes des systèmes cardiovasculaire et respiratoire.

Système cardiovasculaire	Min	Moyenne	Médiane	Max	Total
Le cœur :					
– Pouls irrégulier	0 (12)	2,31	0	10 (2)	37
– Impulsion haute transitoire	0 (12)	2,13	0	10 (2)	34
– Impulsion lente	0 (16)	0	0	0 (0)	0
Tension artérielle élevée/faible (n=14)	0 (11)	0,81	0	5 (2)	13
Saignement de nez	0 (11)	1,75	0	10 (1)	28
Système respiratoire					
Dyspnée	0 (8)	2,69	1	9 (2)	43
Toux	0 (11)	1,50	0	10 (1)	24
Serrement de poitrine (n=12)	0 (8)	1,42	0	10 (1)	17
Douleur thoracique (n=9)	0 (8)	1,11	0	10 (1)	10

Tableau 3 : symptômes de la peau et des organes musculo-squelettiques.

Peau	Min	Moyenne	Médiane	Max	Total
– Visage, bras, jambes	0 (8)	3,19	1	10 (1)	51
– Brûlure lancinante (mains et bras)	0 (8)	3,19	2	10 (2)	51
– Ecchymoses, hémorragies	0 (13)	0,75	0	6 (1)	12
Perte de cheveux	0 (13)	0,31	0	3 (1)	5
Organes musculo-squelettiques					
Arthralgie	0 (9)	2,75	0	10 (2)	44
Myalgie	0 (9)	2,31	0	10 (1)	37

Tableau 4 : symptômes des systèmes digestif et urinaire.

Système digestif	Min	Moyenne	Médiane	Max	Total
Diarrhée (involontaire)	0 (11)	2,31	0	10 (1)	37
Douleur abdominale (n=8)	0 (6)	2,00	0	8 (2)	16
Nausées (n=9)	0 (5)	1,89	0	10 (1)	17
Urgence urinaire (n=11)	0 (9)	1,00	0	10 (1)	11

Tableau 5 : symptômes de l'oreille et du système vestibulaire.

Oreille et système vestibulaire	Min	Moyenne	Médiane	Max	Total
Troubles de l'équilibre	0 (9)	2,00	0	10 (1)	32
Chaleur/otalgie de l'oreille	0 (13)	0,50	0	5 (1)	8
Hyperacousis	0 (12)	0,44	0	5 (1)	12
Acouphènes	0 (10)	0,38	0	6 (2)	22

Dans la plupart des études, c'est l'appareil *Safe and Sound Pro II* qui a été utilisé pour mesurer le rayonnement RF [1-5, 7]. Sa plage de détection se situe entre 400 MHz et 7,2 GHz. Il a été étalonné par le fabricant et a une précision de ± 6 dB (safelivingtechnologies.com/...).

Dans l'une des sept études [6], l'appareil *Gigahertz Solutions HF 59B* a été utilisé pour mesurer dans la gamme de fréquences de 0,7 à 3,3 GHz, conjointement au *Gigahertz Solutions HFW 59D* pour la gamme de fréquences de 2,4 à 10 GHz.

L'appareil de mesure à large bande *Narda NBM-550*, avec la sonde *EF-1891*, mesurant les fréquences entre 3 MHz et 18 GHz, a également été utilisé dans une étude [5], en plus du *Safe and Sound Pro II*. Ce dernier appareil et les *Gigahertz Solutions* indiquent les niveaux de crête du rayonnement RF, tandis que le *Narda* indique les résultats en valeur quadratique moyenne (RMS) pour le minimum, le maximum et la moyenne.

Une description détaillée des méthodes peut être trouvée dans toutes les publications.

Les études de cas sur la 5G

Les sept études de cas sont résumées ci-après.

Étude [1] : deux personnes auparavant en bonne santé, un homme âgé de 63 ans et une femme âgée de 62 ans, ont développé des symptômes du syndrome des micro-ondes après l'installation d'une station de base 5G pour la communication sans fil sur le toit au-dessus de leur appartement. Une station de base pour les générations précédentes de téléphonie mobile (3G et 4G) était présente au même endroit depuis plusieurs années. Lors de 3 séries de mesure, un rayonnement RF très élevé avec des niveaux maximaux (valeur de crête la plus élevée mesurée) de 354 000, 1 690 000 et plus de 2 500 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ a été mesuré dans la chambre à coucher

située à seulement 5 m en dessous de la nouvelle station de base 5G. Un niveau maximal (pic) de 9000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ avait été mesuré avant le déploiement de la 5G. Les symptômes apparus rapidement après le lancement de la 5G étaient typiques du syndrome des micro-ondes : fatigue, troubles du sommeil, troubles émotionnels, saignements de nez, acouphènes, vertiges, troubles cutanés, problèmes de concentration, troubles de l'équilibre, altération de la mémoire à court terme, confusion, symptômes cardiaques et pulmonaires (palpitations, sensation de lourdeur dans la poitrine) et sensation de chaleur dans le corps. Les symptômes étaient plus prononcés chez la femme. En raison de la sévérité des symptômes, le couple a quitté son logement et s'est installé dans un petit bureau où le rayonnement RF maximal (crête) était de 3500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. En l'espace de quelques jours, la plupart des symptômes se sont atténués ou ont complètement disparu.

Étude [2] : dans cette étude de cas, nous décrivons deux hommes, le cas 1 et le cas 2, travaillant dans trois bureaux à proximité de stations de base situées sur le toit au-dessus de leur bureau. Après le déploiement de la 5G, les deux hommes ont développé des symptômes typiques du syndrome des micro-ondes : fatigue, maux de tête, acouphènes, vertiges, troubles de la concentration et de l'attention et troubles de l'équilibre. Le rayonnement RF après le déploiement de la 5G a été mesuré dans les trois bureaux. Dans le premier bureau, situé à seulement 3 m en dessous de la station de base 5G la plus proche, le rayonnement RF maximal (pic) pendant 1 minute variait de 463 à 1 800 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, dans le deuxième bureau de 6230 à 501 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, et dans le troisième bureau de 13 700 à 61 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Les symptômes ont disparu chez les deux hommes quelques semaines (cas 1) ou immédiatement (cas 2) après avoir quitté le bureau pour d'autres bureaux et espaces de vie avec des émissions de rayonnement RF beaucoup plus faibles, avec un maximum pour le cas 1 de 16 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, et pour le cas 2 de 2920 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Les tableaux cliniques des deux hommes étaient clairement liés à l'exposition.

Étude [3] : ce rapport présente le cas d'une femme âgée de 52 ans qui a développé des problèmes de santé compatibles avec le syndrome des micro-ondes après l'installation d'une station de base 5G en face de son appartement, à une distance de 60 mètres. Ces symptômes comprenaient, par exemple, des maux de tête, des vertiges, des difficultés de concentration, de la fatigue, de l'arythmie, des brûlures cutanées et des saignements de nez. Des niveaux élevés de rayonnement RF ont été mesurés dans son appartement, en particulier dans la partie la plus proche de la station de base. À la fenêtre de son salon, des pics de rayonnement RF allant de 17 500 à 758 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ont été obtenus au cours de 10 mesures, chacune durant 1 minute. Près du canapé de la salle de séjour, des pics de 36 800 à 222 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ont été mesurés. Un rayonnement très élevé a été mesuré sur le balcon faisant face à la station de base, où les 10 mesures ont donné dans les 10-15 secondes des niveaux de crête supérieurs à 2 500 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Après avoir quitté temporairement l'appartement pour un autre logement avec un rayonnement RF beaucoup plus faible, de 96 à 2810 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en pointe, presque tous les symptômes ont disparu dans un court laps de temps. Après avoir réintégré son propre appartement, les symptômes sont réapparus.

Étude [4] : dans cette étude, nous avons examiné une famille de trois personnes vivant à des distances d'environ 50 et 70 m, respectivement, de deux stations de base 5G. Les stations de base sont situées au sommet de deux immeubles de six étages et les antennes sont dirigées vers l'appartement de la famille situé au quatrième étage, de l'autre côté de la rue. Les mesures dans l'appartement ont été effectuées 10 fois à chaque endroit, chaque mesure durant 1 minute. Les niveaux les plus élevés ont été mesurés près des deux fenêtres de la chambre principale, variant de 320 000 à 1 200 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Des niveaux élevés ont également été relevés à la fenêtre de la chambre du fils, de

121 000 à 490 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, et de la chambre de la fille, de 34 800 à 166 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Des niveaux légèrement inférieurs ont été relevés à l'endroit où se trouve l'oreiller dans le lit pour tous les membres de la famille. Les membres de la famille ont rapporté des symptômes du syndrome des micro-ondes à des degrés divers. La fille a eu les problèmes de santé les plus graves, par exemple des troubles du sommeil, des maux de tête, des problèmes de concentration et de mémoire, des troubles cutanés, des battements de cœur irréguliers, une sensibilité à la lumière, de l'anxiété et des crises de panique.

Étude [5] : ce rapport décrit le cas d'un homme de 49 ans, auparavant en bonne santé. Après l'installation d'une station de base 5G à 20 m de son appartement, il a développé rapidement une série de symptômes qui font partie du syndrome des micro-ondes. Les plus graves étaient des maux de tête, une dysesthésie, une perte de mémoire immédiate, un pouls élevé et irrégulier, une oppression thoracique, des brûlures et des lancements cutanés. Un rayonnement RF très élevé a été mesuré dans son appartement.

Les niveaux mesurés avec l'appareil *Safe and Sound Pro II* ont atteint le niveau maximal mesurable par l'appareil, 3 180 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, en l'espace de 10 à 15 secondes pour chacune des 10 mesures effectuées pendant 1 minute dans le salon. Dans la chambre à coucher, les niveaux mesurés sur l'oreiller du lit allaient de 105 000 à 240 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Des mesures de suivi ont également été effectuées à l'aide d'un appareil de mesure à large bande *Narda-550* ; elles sont exprimées en valeur quadratique moyenne (RMS) pour les valeurs maximales et moyennes. Le niveau RMS maximal le plus élevé dans l'appartement était de 1 368 021 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Le niveau RMS maximal le plus élevé dans le salon était de 571 624 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Après avoir déménagé dans un appartement à faible rayonnement RF, les symptômes ont diminué ou disparu en peu de temps, mais ils réapparaissaient chaque fois qu'il retournait dans son premier appartement.

Étude [6] : cette étude portait sur une femme âgée de 82 ans souffrant d'hypersensibilité électromagnétique (EHS) depuis près de quarante ans. Après le déploiement de deux stations de base 5G, respectivement à 528 et 489 m de sa maison, elle a développé des symptômes plus graves, tels que fatigue, dysesthésie, vertiges, troubles de l'équilibre, sensibilité à la lumière et troubles cutanés, qui sont tous inclus dans le syndrome des micro-ondes. Son mari, âgé de 83 ans, a également été affecté, bien que dans une moindre mesure. Les appareils *Gigahertz Solutions HF 59B* et *Gigahertz Solutions HFW 59D* ont été utilisés pour les mesures. Des niveaux élevés de rayonnement RF maximal ont été mesurés dans la cuisine (166 700 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) et dans le salon (147 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$).

Étude [7] : dans ce rapport de cas, une famille auparavant en bonne santé comprenant un homme, une femme et leurs trois enfants a été étudiée. Les membres de la famille ont rapidement développé des symptômes du syndrome des micro-ondes après leur arrivée dans un chalet d'été situé à 125 m d'une tour de téléphonie mobile de 24 m de haut équipée d'antennes 5G. Les symptômes les plus graves pour les adultes étaient des troubles du sommeil, des maux de tête, de la fatigue et des battements de cœur irréguliers. Les enfants ont souffert de troubles du sommeil, de diarrhée, de douleurs d'estomac, d'éruptions cutanées, de maux de tête et de symptômes émotionnels. Tous les symptômes ont disparu et la santé a été rétablie lorsque la famille est retournée dans sa propre maison, dans un autre endroit où il n'y avait pas de stations de base 5G à proximité. Aucune mesure n'a été effectuée à l'intérieur du chalet pendant la période où la famille est restée près du mâât. Des mesures ultérieures ont montré que le niveau de rayonnement variait de 9 000 à 43 400 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ à l'extérieur du chalet du côté de la station de base 5G, contre 2 500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ au maximum à l'intérieur de leur maison habituelle sans station de base 5G à proximité. On peut raisonnablement supposer que les niveaux de radiofréquences étaient considérablement plus élevés lorsque la famille a séjourné dans le chalet pendant la haute saison des vacances, lorsque le terrain de camping voisin était plein de monde. La zone était presque vide lorsque les mesures ont été effectuées. Le

nombre d'utilisateurs et l'importance des transferts de données influencent le rayonnement RF émis par les stations de base 5G.

Résultats

Symptômes liés au système nerveux et des organes des sens : les problèmes de sommeil sont les plus fréquents (tableau 1). Ainsi, sur les 16 sujets inclus, tous sauf trois ont fait état d'insomnie. Les trois enfants âgés de 8, 6 et 4 ans souffraient d'une insomnie notée 10, soit la note la plus sévère. Onze des douze personnes ayant répondu à la question du réveil nocturne ont déclaré s'être réveillées la nuit et onze des quatorze personnes ayant répondu à la question du réveil matinal ont déclaré se réveiller trop tôt. Ces symptômes étaient les plus graves chez les enfants.

Les autres symptômes graves étaient les maux de tête, la détresse émotionnelle et l'irritabilité. La fatigue était fréquente, mais elle peut aussi être associée aux problèmes de sommeil. Les idées suicidaires sont le seul symptôme qui n'a été signalé par aucune des personnes participant aux études.

Symptômes liés aux systèmes cardiovasculaire et respiratoire : un homme (note 10) et trois femmes (notes 5, 9 et 10, respectivement) ont signalé un pouls transitoirement élevé (tableau 2). Un homme (note 10) et trois femmes (notes 9, 8 et 10, respectivement) ont signalé un pouls irrégulier. Aucune personne n'a signalé un pouls lent. La variabilité de la pression artérielle a été signalée par deux hommes (notes 5 et 3, respectivement) et une femme (note 5).

Des saignements de nez ont été signalés par deux hommes (tous deux de note 5) et trois femmes (notes 5, 10 et 3 respectivement). Cinq hommes sur dix ont signalé une dyspnée (notes 1 à 9), ainsi que trois femmes sur six (notes 4 à 9). Un serrement de poitrine, une douleur thoracique et une toux ont également été signalés, bien que dans une moindre mesure.

Symptômes de la peau et des organes musculo-squelettiques : parmi les symptômes les plus fréquents figurent ceux qui affectent le visage, les bras et les jambes (tableau 3). Ces symptômes ont été signalés par cinq hommes (notes 1 à 8) et trois femmes (notes 6 à 10). Les brûlures ou les lancements cutanés sur les mains et les bras étaient également fréquentes chez quatre hommes (notes 3 à 10) et quatre femmes (notes 2 à 10). La perte de cheveux a été signalée dans une moindre mesure chez trois hommes (notes 1 à 3), mais pas chez les femmes.

Trois hommes et quatre femmes ont signalé des myalgies (notes 3 à 8 et notes 2 à 10, respectivement). Des arthralgies ont été observées chez quatre hommes (notes 5 à 10) et trois femmes (notes 2 à 6).

Symptômes du système digestif et urinaire : parmi les six hommes, deux ont déclaré des nausées (notes 3 et 1, respectivement), tableau 4. Deux des trois femmes ayant répondu l'ont fait positivement, avec des notes de 10 et 3 respectivement. Six personnes n'ont signalé aucune douleur abdominale. Aucun homme n'a eu d'urgence urinaire, contre deux femmes sur cinq (notes 10 et 1, respectivement).

Symptômes de l'oreille ou du système vestibulaire : un homme a déclaré une douleur de l'oreille (note 5), contre deux femmes (notes 1 et 2, respectivement), tableau 5. Des acouphènes ont été

signalés par trois hommes (notes 6, 5 et 1, respectivement) et trois femmes (notes 6, 2 et 2, respectivement). Seul un homme a noté une sensibilité au bruit (hyperacousie), contre trois femmes (notes 2, 1 et 4, respectivement). Des troubles de l'équilibre ont été signalés par trois hommes (notes 2, 1 et 3 respectivement) et quatre femmes (notes 7, 10, 2 et 7 respectivement).

Rayonnement RF

Les mesures des niveaux maximaux de rayonnement RF sont présentées dans le tableau 6. Avant la mise en place des antennes 5G, des mesures n'ont été effectuées que dans l'une de nos études [1]. Dans cette étude de cas, une station de base 3G/4G était installée au même endroit depuis plusieurs années. Le rayonnement est passé de 9 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ avec la 3G/4G à plus de 2 500 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ avec la 5G (pic maximal). Le couple avait vécu dans le même appartement pendant de nombreuses années sans problèmes de santé liés à la station de base 3G/4G. Cependant, la 5G a provoqué de graves symptômes en l'espace de quelques jours. Les participants à l'étude ont dû quitter définitivement l'appartement.

Dans deux de nos autres études, un rayonnement RF très élevé a également été mesuré, atteignant plus de 2 millions de $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (sur le balcon) [3] ou 3 millions de $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ^{XIV} [5]. Dans ces cas, les personnes étudiées ont également développé en quelques jours des symptômes sévères du syndrome des micro-ondes qui sont devenus si intolérables que les personnes n'ont pas pu rester dans leurs appartements respectifs.

Dans l'étude [7], aucune mesure n'a malheureusement été effectuée pendant les jours où la famille étudiée (deux adultes et trois enfants mineurs) a passé un long week-end dans une maison située à proximité d'un mât 5G. Dans cette étude de cas également, les personnes étudiées ont développé des symptômes graves en l'espace de quelques jours, qui ont disparu lorsque la famille est retournée à son domicile, où l'exposition aux rayonnements RF était beaucoup plus faible.

Les niveaux mesurés dans toutes ces études de cas étaient considérablement inférieurs aux limites de protection de l'ICNIRP pour les rayonnements RF, mais considérablement supérieurs aux recommandations d'autres experts, comme le montre le tableau 7.

Dans l'une de nos études [5], des mesures ont également été effectuées avec l'appareil de mesure à large bande *Narda-550*. Les résultats en valeur efficace moyenne sur 2 minutes sont plus comparables aux limites de l'ICNIRP moyennées sur 6 ou 30 minutes.

Dans cette étude, un homme âgé de 49 ans a développé en l'espace d'une semaine des symptômes très graves qu'il considérait comme mettant sa vie en danger (symptômes cardiaques). Il a donc définitivement quitté l'appartement. Le rayonnement RF dans le salon, moyenné sur 2 minutes, était de 135 983 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (appareil *Narda-550*), ce qui est considérablement inférieur à la limite de l'ICNIRP qui est de 10 000 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ moyenné sur 6 ou 30 minutes. Le niveau maximal mesuré avec l'appareil *Safe and Sound Pro II* était supérieur à 3 180 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, ce qui est extrêmement plus élevé que la limite de protection de l'EUROPAEM^{XV} de 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ [31].

Toutes les mesures du rayonnement de la 5G dans toutes les études de cas ont montré des valeurs très supérieures aux recommandations de l'EUROPAEM et du *BioInitiative Group 2012*^{XVI} [31, 32].

^{XIV} Dans le séjour.

^{XV} Académie européenne de médecine environnementale.

^{XVI} Le rapport *BioInitiative 2012*, sous-titré « *Argumentation pour des normes de protection des rayonnements électromagnétiques de faible intensité fondés sur les effets biologiques* », est l'œuvre de 29 scientifiques indépendants de 10 pays, tous experts de la question (21 d'entre eux

possèdent un ou plusieurs doctorats et 10, un ou plusieurs titres médicaux). Il dresse un état de la connaissance de l'effet des champs électromagnétiques (CEM) sur l'homme et les organismes vivants, sur la base de plusieurs milliers d'études scientifiques, en plus de 1500 pages. Résumé du rapport en français et plus d'information : electrosmog.be/RBI.

Tableau 6 : Niveaux de rayonnement RF mesurés dans les sept études de cas.

N° étude	Niveau max de RRF dans la chambre à coucher ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Niveau max de RRF ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Distance de l'antenne 5G (m)	Emplacement de l'antenne 5G	Lieu du niveau maximum mesuré
[1]	>2 500 000 ^a	>2 500 000 ^a	5	Au-dessus sur le toit	Chambre à c.
[2]	501 000 ^a 613 000 ^a	1 180 000 ^a	3	Au-dessus sur le toit	Bureau
[3]	616 ^a	>2 500 000 ^a	60	Sur le toit du bâtiment opposé, à une hauteur légèrement supérieure	Balcon
[4]	374 000 ^b 89 600 ^b 58 500 ^b	1 200 000 ^b	50 et 70	Sur le toit de deux bâtiments opposés, hauteur légèrement supérieure	Par la fenêtre de la chambre à c.
[5]	240 000 ^b 30 483 ^c 13 668 ^f	>3 180 000 ^b 136 8021 ^c 135 983 ^f	20	Sur le toit du bâtiment situé de l'autre côté de la rue, à la même hauteur	Salon
[6]	19 600 ^d	166 700 ^d	538 et 489	Un mât 5G à 538 m et une station de base sur le toit d'un bâtiment à 489 m	Cuisine
[7]	Non mesuré	43 400 ^e	125	Sur un mât de 24 m de haut	Côté extérieur de la maison

^a Safe and Sound Pro II avec maximum de 2 500 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; ^b Safe and Sound Pro II avec maximum de 3 180 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; ^c Narda 550 m, valeur maximale en RMS ; ^d Gigahertz Solutions HFW 59D ; ^e Safe and Sound Pro II. Mesures effectuées deux mois après les vacances de la famille à la maison ; ^f Narda 550 m, valeur moyenne en RMS (sur 2 min).

Tableau 7 : niveaux mesurés de rayonnement RF en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ dans les sept études de cas, comparés aux limites recommandées par l'EUROPAEM [31] et l'ICNIRP 1998 [9] et 2020 [10].

N° étude	Niveau RRF max chambre à c.	Niveau RRF max mesuré	Limite selon EUROPAEM 2016	Limite selon ICNIRP 1998/2020
[1]	>2 500 000 ^a	> 2 500 000 ^a	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[2]	501 000 ^a 613 000 ^a	1 180 000 ^a	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[3]	616 ^a	> 2 500 000 ^a	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[4]	374 000 ^b 89 600 ^b 58 500 ^b	1 200 000 ^b	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[5]	240 000 ^b 30 483 ^c 13 668 ^f	> 3 180 000 ^b 1368 021 ^c 135 983 ^f	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[6]	19 600 ^d	166 700 ^d	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h
[7]	Non mesuré	43 400 ^e	0,1–100 ^g	10 000 000 ^h

^a Safe and Sound Pro II avec maximum de 2 500 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$;

^b Safe and Sound Pro II avec maximum de 3 180 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$;

^c Narda 550 m, valeur maximale en RMS ;

^d Gigahertz Solutions HFW 59D ;

^e Safe and Sound Pro II. Mesures effectuées deux mois après les vacances de la famille à la maison ;

^f Narda 550 m, valeur moyenne en RMS (sur 2 min) ;

^g Niveaux maximaux (pas de moyenne) ;

^h Moyenne sur 6 [9] ou 30 [10] minutes.

Discussion

Le syndrome des micro-ondes est un ensemble de symptômes identifiés depuis 50-60 ans comme des effets de l'exposition aux

rayonnements RF ou aux micro-ondes à des niveaux dits « faibles » ou non thermiques [33]. Les niveaux non thermiques sont inférieurs aux limites de l'ICNIRP (et de la FCC aux États-Unis) ; ils ne provoquent pas d'effets d'échauffement. Par conséquent, le syndrome des micro-ondes est connu pour apparaître en dessous des limites ICNIRP et FCC [13, 31].

La majorité des pays du monde ont néanmoins adopté ces limites très élevées qui sont de plus en plus critiquées pour leur insuffisance en matière de protection de la santé [11-13]. Elles sont cependant déterminantes pour l'industrie des télécommunications et en particulier pour le déploiement de la 5G. Ces limites basées sur les effets thermiques ne sont pas seulement promues par l'industrie elle-même, mais aussi par l'OMS depuis 1998. L'OMS a reçu des fonds de l'industrie des télécommunications, notamment via la *GSM Association* et la *Mobile Manufacturer's Forum* [34].

Plusieurs études antérieures sur la santé des personnes vivant à proximité d'antennes-relais de téléphonie mobile ont exploré la prévalence des symptômes identifiés par les premières études sur le syndrome des micro-ondes ou maladie des radiofréquences. Plusieurs de ces études ont révélé que les symptômes tels que les troubles du sommeil, les maux de tête, les vertiges, la fatigue et les problèmes cardiovasculaires étaient plus fréquents à proximité des antennes-relais que chez les personnes moins exposées ou plus éloignées des antennes-relais [23].

Ces études ont examiné les effets des générations antérieures de téléphones mobiles, telles que la 2G et la 3G. Nos sept études de cas sont, à notre connaissance, les premières à avoir exploré les effets sur la santé de personnes vivant à proximité des stations de base 5G.

Dans nos sept études de cas [1-7], nous avons constaté que les personnes vivant ou travaillant à proximité d'antennes 5G situées à des distances allant de 3 à 538 m (tableau 6) ont développé une série de symptômes connus sous le nom de syndrome des micro-ondes ou de maladie des radiofréquences.

Dans les sept études de cas, les antennes 3G/4G étaient actives avant le passage à la 5G et la plupart des personnes étudiées semblaient avoir toléré le rayonnement de ces antennes. Cependant, après le déploiement de la 5G, la plupart des personnes

étudiées ont rapidement développé des symptômes graves du syndrome des micro-ondes, ce qui indique que la 5G est plus nocive que les générations précédentes de la téléphonie mobile.

Dans les cas [1, 3, 5], les symptômes étaient si graves que les personnes ont quitté leur appartement en l'espace d'une semaine. Dans le cas [7], les symptômes sont devenus graves au bout de quelques jours, mais la famille en question n'avait loué la maison que pour de courtes vacances. Dans ce dernier cas, après que les deux adultes et les trois enfants ont regagné leur domicile sans station de base 5G à portée de vue, leur état de santé s'est rétabli.

Dans tous les cas, à l'exception des cas 4 et 6, les symptômes ont disparu lorsque les personnes ont quitté l'appartement, la maison ou le bureau pour un logement où le rayonnement RF est nettement plus faible. Les cas 4 et 6 n'ont pas quitté leur logement.

Ainsi, les effets à court terme sur la santé se produisent souvent dans les jours qui suivent l'exposition au rayonnement RF de la 5G et peuvent disparaître après une courte période lorsque l'exposition aux antennes de la 5G a été éliminée ou considérablement réduite.

Les observations de ces études de cas confirment les premiers rapports d'Europe de l'Est où les études sur l'exposition professionnelle concluaient qu'après la fin de l'exposition, la santé est rétablie, bien que pour certains individus cela puisse prendre un certain temps, parfois jusqu'à plusieurs semaines ou plus [21]. Les symptômes les plus fréquents dans ces premières études étaient également, comme dans nos études de cas, des symptômes liés au système nerveux central. Il a été noté que les effets sur les fonctions nerveuses d'une exposition de faible intensité aux rayonnements RF se caractérisaient par un syndrome d'épuisement (asthénie) [19, 21]. La fatigue est l'un des symptômes qui a obtenu le score le plus élevé dans notre étude, voir la figure 1.

Dans nos sept études de cas [1-7], comprenant 16 personnes âgées de 4 à 83 ans, les problèmes de sommeil, la fatigue, les maux de tête, l'augmentation des symptômes émotionnels, l'irritabilité et le manque de concentration et d'attention étaient les effets précoces les plus courants de l'exposition aux rayonnements RF de la 5G. En fait, la plupart des sujets ont signalé un certain degré de ces symptômes (voir le tableau 1 et la figure 1).

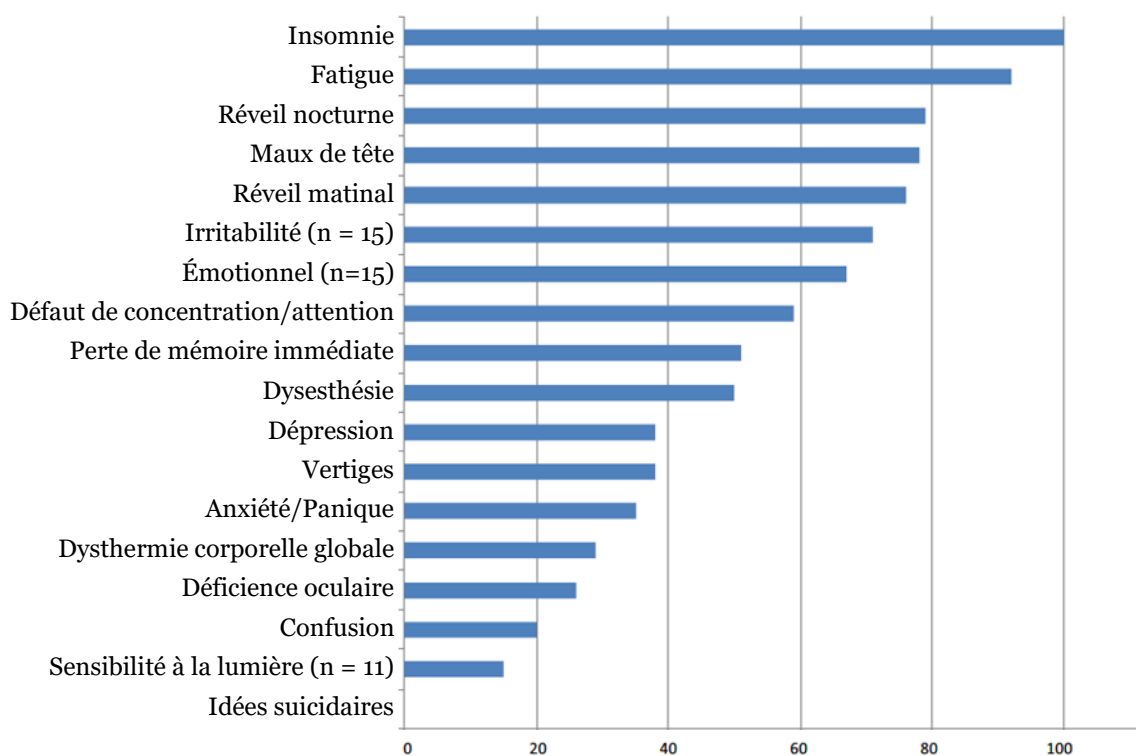


Figure 1 : note totale pour les symptômes cliniques du système nerveux et des organes des sens chez 16 personnes ou autres (n). Les différentes personnes ont indiqué des notes de 0 à 10 pour chaque symptôme.^{xvii}

Des symptômes liés aux systèmes cardiovasculaire et respiratoire ont été signalés par plus de 50 % des personnes participant à l'étude (tableau 2). Environ 50 % des personnes ont signalé un problème de peau (tableau 3). Des symptômes liés à l'appareil digestif ou urinaire (tableau 4) et de l'oreille ou du système vestibulaire (tableau 5) étaient moins fréquents. Il convient de noter que la plupart des sujets n'ont pas signalé d'acouphènes.

Il aurait été intéressant d'analyser s'il existait une corrélation entre l'exposition la plus élevée et les symptômes. Cependant, le nombre total de personnes étudiées est très limité. En outre, il semble y avoir une grande variation de la sensibilité [33] entre les différents individus, ce qui rend le résultat d'une analyse de corrélation incertain. Il convient également de noter que la déclaration des symptômes et de leur sévérité est une auto-

évaluation, et que l'évaluation de la sévérité du symptôme est subjective et varie d'un individu à l'autre.

Il semble que la note moyenne des symptômes du système nerveux et des organes des sens, du système cardiovasculaire et du système respiratoire soit un peu plus élevée chez les sujets les plus exposés. Cependant, en raison des faibles nombres, ceci doit être interprété avec prudence (données ne figurant pas dans le tableau). Un groupe d'étude plus important serait nécessaire.

Dans une revue de toutes les études épidémiologiques sur les effets sur la santé des personnes vivant à proximité des stations de base de téléphonie mobile des générations précédentes [23], des symptômes similaires à ceux de cette étude étaient également fréquents chez les sujets. Toutefois, dans ces études précédentes portant sur des générations antérieures de technologies de

^{xvii} La note totale maximale possible est donc de 160.

télécommunications telles que le GSM, le rayonnement RF mesuré était beaucoup plus faible que dans nos études de cas sur la 5G. Par exemple, des mesures effectuées en 2001 sur le rayonnement RF dans les chambres à coucher de 94 personnes vivant à proximité de stations de base GSM en Espagne ont révélé un maximum de 4420,28 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. La valeur médiane était de 31,57 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ [35]. En 2006, une étude autrichienne a fait état d'un rayonnement RF maximal de 4100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ dans les chambres à coucher de 336 personnes [36]. Une étude allemande a obtenu en 2009 une valeur moyenne de 3631 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (1,17 V/m) au domicile de 82 personnes vivant à moins de 200 m de stations de base GSM [37].

Conclusions

Nos sept études de cas, comprenant 16 personnes, sur les effets sur la santé d'une exposition réelle aux rayonnements RF de la 5G, ont montré que les personnes étudiées ont développé le syndrome des micro-ondes après l'installation de stations de base 5G dans le voisinage de leurs habitations.

Les symptômes les plus fréquents concernaient le système nerveux : troubles du sommeil, maux de tête, fatigue, irritabilité, symptômes émotionnels et troubles de la concentration et de l'attention. Des niveaux de rayonnement RF très élevés, bien que très inférieurs aux limites recommandées par l'ICNIRP et la FCC, ont été mesurés à l'aide d'un appareil de mesure à large bande. Certaines des personnes étudiées ont développé des symptômes graves. La plupart des personnes ont pu partir pour un autre lieu sans 5G, où le syndrome des micro-ondes s'est estompé et a disparu en peu de temps.

Éthique de la recherche : sans objet.

Consentement éclairé : non applicable.

Contributions des auteurs : les deux auteurs ont participé à la conception, l'élaboration et la rédaction du manuscrit, et ont lu et approuvé la version finale.

Intérêts concurrents : les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun intérêt concurrent.

Financement de la recherche : aucun financement n'a été reçu.

Disponibilité des données recueillies : les informations générées et analysées dans le cadre de la présente étude sont disponibles auprès de l'auteur correspondant sur demande raisonnable.

Références

- Hardell L, Nilsson M. Case report: the microwave syndrome after installation of 5G emphasizes the need for protection from radiofrequency radiation. *Ann Case Report* 2023;8:1112.
- Nilsson M, Hardell L. Development of the microwave syndrome in two men shortly after installation of 5G on the roof above their office. *Ann Clin Case Rep* 2023; 8:2378.
- Hardell L, Nilsson M. Case report: a 52-year healthy woman developed severe microwave syndrome shortly after installation of a 5G base station close to her apartment. *Ann Clin Med Case Rep* 2023;10:1–10. <https://acmcase-reports.org/pdf/ACMCR-v10-1926.pdf>.
- Nilsson M, Hardell L. 5G Radiofrequency radiation caused the microwave syndrome in a family living close to the base stations. *J Cancer Sci Clin Ther* 2023;7:127–34.
- Nilsson M, Hardell L. A 49-year-old man developed severe microwave syndrome after activation of 5G base station 20 meters from his apartment. *J Community Med Public Health* 2023;7:382.
- Hardell L, Nilsson M. A woman aged 82 years with electromagnetic hypersensitivity since almost four decades developed the microwave syndrome after installation of 5G base stations in her living vicinity – ethical principles in medicine are violated. *J Environ Sci Pub Health* 2024;1–8. <https://doi.org/10.26502/jesph.96120200>.
- Nilsson M, Hardell L. Case report: both parents and their three children developed symptoms of the microwave syndrome while on holiday near a 5G tower. *Ann Clin Med Case Rep* 2023;V12:1–7. <https://acmcase-reports.org/wp-content/uploads/2023/12/ACMCR-v12-2046-1.pdf>.
- Hardell L, Nilsson M. Very high radiofrequency (RF) radiation at Skeppsbron in the old town in Stockholm, Sweden. *Ann Clin Med Case Rep* 2023;V10:1–7.
- 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 Phys* 1998;74:494–522.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys* 2020;118:483–524.
- Hardell L, Nilsson M, Koppel T, Carlberg M. Aspects on the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 2020 guidelines on radiofrequency radiation. *J Cancer Sci Clin Ther* 2021;5: 250–83.
- Nyberg R, McCredden J, Hardell L. The European Union assessments of radiofrequency radiation health risks – another hard nut to crack (review). *Rev Environ Health* 2024;39:47–64.
- Belyaev I, Blackman C, Chamberlin K, DeSalles A, Dasdag S, Fernández C, et al. International Commission on the Biological Effects of Electromagnetic Fields (ICBE-EMF). Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: implications for 5G. *Environ Health* 2022;21:92.
- Lin JC. Carcinogenesis from chronic exposure to radiofrequency radiation. *Front Public Health* 2022;10:1042478.
- Lin JC. RF health safety limits and recommendations. *IEEE Microw Mag* 2023. <https://doi.org/10.1109/mmm.2023.3255659>.
- Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol* 2011;12:624–6.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 2013; 102:1–460.
- Hardell L, Carlberg M. Comments on the US National Toxicology Program technical reports on toxicology and carcinogenesis study in rats exposed to whole-body radiofrequency radiation at 900 MHz and in mice exposed to whole-body radiofrequency radiation at 1,900 MHz. *Int J Oncol* 2019;54:111–27.
- Dodge C. Clinical and hygienic aspects of exposure to electromagnetic fields: a review; 1969. Available from: https://www.maqdahavas.com/wp-content/uploads/2010/08/Dodge_1969.pdf.
- Marha K. Maximum admissible values of HF and UHF electromagnetic radiation at work places in Czechoslovakia. In: Biological Effects and Health Implications of Microwave Radiation. In: Cleary SF, editor. U.S. Symposium Proceedings Richmond, Virginia, Maryland 20852: Public Health Service Bureau of Radiological Health Rockville: Department of Health, Education and Welfare; September 17–19, 1969.
- Marha K, Musil J, Tuha H. Biological effects of electromagnetic waves and their mechanism. In: Electromagnetic Fields and the Life Environment. San Francisco: Press; 1971:29–38 pp.
- Johnson Liakouris AG. Radiofrequency (RF) sickness in the Lilienfeld study: an effect of modulated microwaves. *Arch Environ Health* 1998; 53:236–8.
- Balmori A. Evidence for a health risk by RF on humans living around mobile phone base stations: from radiofrequency sickness to cancer. *Env Res* 2022;214:113851.
- Luna J, Leleu JP, Preux PM, Corcia P, Couratier P, Marin B, et al. Consortium. Residential exposure to ultra high frequency electromagnetic fields emitted by Global System for Mobile (GSM) antennas and amyotrophic lateral sclerosis incidence: a geo-epidemiological population-based study. *Environ Res* 2019;176:108525.
- Moussa SA. Oxidative stress in rats exposed to microwave radiation. *Rom J Biophys* 2009;19:149–58.

26. Bektas H, Algul S, Altindag F, Yegin K, Akdag MB, Dasdag S. Effects of 3.5 GHz radiofrequency radiation on ghrelin, nesfatin-1, and irisin level in diabetic and healthy brains. *J Chem Neuroanat* 2022;126:102160.
27. Bektas H, Dasdag S, Nalbant A, Akdag MB, Demir C, Kavak S. 3.5 GHz radiofrequency radiation may affect biomechanics of bone and muscle of diabetics. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2023;37:329–83.
28. Bodin R, Seewooruttun C, Corona A, Delanaud S, Pelletier A, Villégier AS. Sex-dependent impact of perinatal 5G electromagnetic field exposure in the adolescent rat behavior. *Environ Sci Pollut Res Int* 2023;30:113704–17.
29. Jamal L, Yahia-Cherif L, Hugueville L, Mazet P, Lévêque P, Selmaoui B. Assessment of electrical brain activity of healthy volunteers exposed to 3.5 GHz of 5G signals within environmental levels: a controlled-randomised study. *Int J Environ Res Publ Health* 2023;20:6793.
30. Belpomme D, Campagnac C, Irigaray P. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev Environ Health* 2015;30:251–71.
31. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health* 2016;31:363–97.
32. BioInitiative Working Group. BioInitiative Report : A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation, Sage C, Carpenter DO, editors. Rensselaer, New York: University at Albany; 2012. <https://www.bioinitiative.org>.
33. Carpenter DO. The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: historical background. *Rev Environ Health* 2015;30:217–22.
34. Hardell L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health – a hard nut to crack (review). *Int J Oncol* 2017;51:405–13.
35. Oberfeld G, Navarro EA, Portoles M, Maestu C, Gomez-Perretta C. The microwave syndrome –further aspects of a Spanish study; 2004. Available at <https://www.researchgate.net/publication/237410769> [THE MICROWAVE SYNDROME - FURTHER ASPECTS OF A SPANISH STUDY.](https://www.researchgate.net/publication/237410769)
36. Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006;63:307–13.
37. Eger H, Jahn M. Spezifische Symptome und Mobilfunkstrahlung in Selbitz (Bayern) – Evidenz für eine Dosiswirkungsbeziehung (specific symptoms and radiation from mobile basis stations in Selbitz, Bavaria, Germany: evidence for a dose-effect relationship). *Umwelt Medizin Gesellschaft* 2010;23:130–9.