

Radiofréquences et santé

Par **Olivier MERCKEL**
ANSES

Introduction

Le 16 juillet 2018, le Gouvernement français et l’Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep) présentaient la feuille de route de la 5G pour la France. La 5G, la cinquième génération de réseaux mobiles, appelée à englober tous les futurs usages connectés, des villes dites « intelligentes » à la santé connectée, en passant par les transports et les usines « du futur », est alors présentée comme « un enjeu stratégique pour l’industrie française, la compétitivité de notre économie, l’innovation et pour des services publics renouvelés ⁽¹⁾ ». Aux premières générations de téléphonie mobile ont succédé celles des réseaux mobiles, incluant d’autres appareils nomades comme les tablettes numériques, puis les objets connectés. Les promoteurs de la 5G la définissent comme une technologie de rupture, rassemblant toutes les futures connectivités entre objets et réseaux, dans tous les domaines de la vie quotidienne : au travail, dans les loisirs, pour la santé, l’industrie, les transports... Au-delà des problèmes d’interférences potentielles que pourront poser les émissions simultanées de multitudes d’appareils dans des espaces communs, l’avenir tracé par les opérateurs de la 5G promet de modifier l’exposition de l’environnement aux ondes électromagnétiques. Il est donc naturel de s’interroger sur les conséquences éventuelles pour notre environnement, et en particulier pour notre santé, de l’évolution prévisible de ces expositions.

Radiofréquences et santé : une question ouverte ?

La population générale est exposée depuis longtemps aux ondes électromagnétiques artificielles par le biais d’émetteurs placés à distance (radio, télévision, faisceaux hertziens...), à des niveaux certes plus élevés que ceux des rayonnements provenant de sources naturelles (rayonnement propre de la Terre, du Soleil et des astres), mais d’intensité faible par rapport aux niveaux connus pour engendrer des effets physiologiques à court terme, aujourd’hui bien décrits.

Avec l’entrée de sources de champs électromagnétiques dans des sphères toujours plus réduites autour des personnes (four micro-ondes...), la question de leur impact sur la santé a nécessairement été posée.

Mais c’est bien le téléphone sans fil, puis le téléphone mobile, qui ont vu se rapprocher, jusqu’à se toucher, les émetteurs d’ondes électromagnétiques et le corps. Alors qu’il est possible aujourd’hui d’aller au-delà de la barrière cutanée, puisqu’il existe des sources d’ondes électromagnétiques sous la forme de systèmes implantables, et même de capsules ingérables, cette situation de proximité méritait que l’on y prête attention. Ainsi, dès la commercialisation des premiers terminaux, et avant même que la téléphonie mobile ne s’impose, équipant à présent 95 % de la population française de

(1) Communiqué de presse Secrétariat d’Etat auprès du Premier ministre chargé du Numérique, Secrétariat d’Etat auprès du Ministre de l’Economie et des Finances et ARCEP : https://minefi.hosting.augure.com/Augure_Minefi/r/ContenuEnLigne/Download?id=209561F1-FF9A-4F13-AAA9-DF6363488F31&filename=594%20-%20La%20France%20se%20dote%20d%E2%80%99une%20feuille%20de%20route%20pour%20la%205G.pdf

plus de douze ans⁽²⁾, de nombreuses recherches ont été menées afin d'identifier des effets potentiels sur la santé liés à l'exposition aux ondes émises par les téléphones en fonctionnement.

Pourtant, l'évaluation des risques potentiels que des nouvelles technologies peuvent engendrer pour la santé et la sécurité se heurte bien souvent au calendrier du développement économique associé. Une des premières difficultés rencontrées est la disponibilité des équipements, notamment pour simuler les expositions aux signaux d'une technologie qui n'est parfois pas encore disponible. Dans le cas des différentes technologies de téléphonie mobile, par exemple, il est bien sûr inenvisageable de réaliser des études avant que les matériels nécessaires pour exposer des cellules, des animaux ou des personnes à des sources spécifiques ne soient disponibles pour les chercheurs. La rapidité d'évolution des technologies les rend bien sûr particulièrement difficiles à suivre pour les laboratoires, pour lesquels il est nécessaire d'investir régulièrement dans des matériels qui peuvent rapidement devenir obsolètes.

Des effets spécifiques des signaux ?

Une des questions posées à la recherche des effets des radiofréquences sur la santé concerne la distinction éventuelle entre d'une part des effets qui seraient liés à l'énergie véhiculée par les rayonnements, indépendamment de la répartition temporelle avec laquelle cette énergie est transmise aux structures biologiques, et d'autre part des effets qui seraient liés précisément à la structure temporelle de l'émission des rayonnements, autrement dit à la modulation dans le temps des signaux. Avec l'évolution successive des technologies, des équipes de recherche se sont naturellement intéressées aux effets par exemple des signaux de type GSM⁽³⁾, mais aussi UMTS⁽⁴⁾, dont les caractéristiques de modulations temporelles sont différentes. Les résultats des études menées par certaines équipes sont souvent disparates : des effets sur le fonctionnement biologique cellulaire peuvent être par exemple retrouvés pour des expositions à des signaux GSM, mais pas en UMTS, et réciproquement (e.g. Tillmann, Ernst *et al.* 2010 ; Danker-Hopfe *et al.*, 2011 ; Zeni *et al.*, 2012 ; Smith-Roe *et al.*, 2019).

Par ailleurs, des études spécifiques ont porté sur l'hypothèse de démodulation des signaux qui pourrait être réalisée par des structures biologiques (e.g. Sheppard *et al.*, 2008 ; Davis *et al.*, 2010 ; Kowalczyk *et al.*, 2010). Ces études n'ont pas mis en évidence de capacité des entités biologiques, à petite ou grande échelle, à démoduler les signaux, et donc à potentiellement réagir à la forme temporelle du signal plutôt qu'à l'énergie véhiculée. A l'exception de l'étude de Carrubba *et al.* (2010), dont les auteurs avancent la possibilité d'émission d'un signal électrique par le cerveau (potentiel évoqué cérébral) lié à l'exposition à un signal basse fréquence 217 Hz (fréquence fondamentale de répétition temporelle des trames GSM).

Une autre hypothèse d'action des champs électromagnétiques pourrait être envisagée, en considérant le rythme des expositions répétées, cette fois à une échelle temporelle plus grande que celle de la modulation des signaux (de l'ordre de la milliseconde), de quelques minutes à quelques heures. C'est une hypothèse avancée notamment par des personnes qui se déclarent électro-hypersensibles. De nombreuses études réalisées sur des animaux ont d'ailleurs établi des plans d'expérience reposant sur des expositions répétées, de durées variables de quelques minutes à plusieurs heures, répétées plusieurs fois par jour. La sollicitation ainsi répétée de l'organisme pourrait être une source de stress supplémentaire. Cependant, là encore, l'hétérogénéité des résultats des études menées, associée à la diversité des protocoles d'exposition, rend difficile leur interprétation.

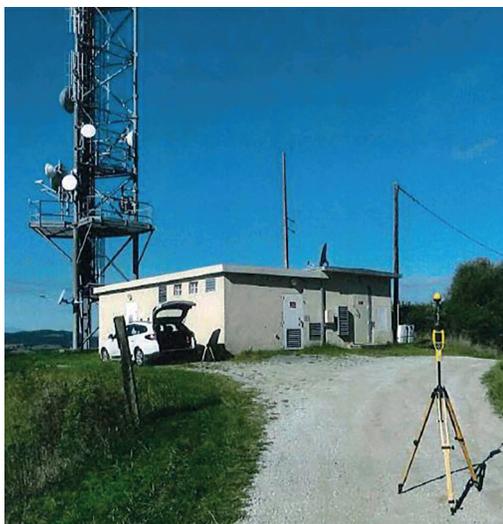
(2) https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf

(3) GSM : *Global System for Mobile Communications*, deuxième génération de téléphonie mobile.

(4) UMTS : *Universal Mobile Telecommunications Systems*, troisième génération de téléphonie mobile.

Les effets sur la santé

La pénétration des rayonnements radiofréquences dans les structures biologiques s'accompagne d'un transfert d'énergie de l'onde à la matière, pour la part du rayonnement qui n'est pas réfléchi à la surface de la peau. Le mécanisme par lequel l'énergie électromagnétique est convertie en énergie thermique est bien décrit (Foster et Schwan, 1996). La nature des tissus ainsi que leur hétérogénéité détermine comment la chaleur ainsi produite se répartit dans les tissus environnants, par conduction et diffusion (Foster et Glaser, 2007). Cette conversion s'opère *a priori* quelle que soit l'intensité de l'énergie électromagnétique apportée par le rayonnement. Tant que la quantité d'énergie convertie est faible par rapport aux capacités d'adaptation de l'organisme (thermorégulation), aucun effet macroscopique local ou systémique n'est observé. Dans le cas d'une exposition localisée, si la chaleur produite ne peut être évacuée, la température des tissus concernés augmente, c'est l'effet recherché par exemple dans certaines applications thérapeutiques (Dewey *et al.*, 2009). Lorsque l'ensemble de l'organisme est exposé, l'augmentation de l'apport d'énergie peut potentiellement dépasser les capacités de thermorégulation, et donc induire des effets physiologiques liés à une température corporelle excessive. C'est pour prévenir ce type d'effets que les valeurs limites d'exposition actuellement en vigueur⁽⁵⁾ ont été construites. En effet, avec l'augmentation de la température corporelle, on peut observer, au-delà d'un seuil, des modifications comportementales, caractérisées précisément chez l'animal (D'Andrea *et al.*, 2003).



Opération de mesure dans un « point atypique ».

©ANFR

observations de cette exposition mettent pour l'instant en évidence, hormis dans des zones localisées (les points atypiques – ANFR, 2019), une augmentation relativement limitée du niveau moyen (temporellement et spatialement) d'exposition. Le développement de la 4G et de la 5G pourraient cependant faire augmenter significativement, en relatif, les niveaux d'exposition moyens. Par ailleurs, à moins d'être situé à très grande distance de ces sources, c'est-à-dire dans des lieux mal voire non couverts par la diffusion audiovisuelle et les réseaux mobiles, l'ensemble de la population est exposé, à des degrés divers, à ces champs électromagnétiques. Le gradient d'exposition est par ailleurs relativement faible, ce qui ne facilite pas la mise en place d'études en population dans l'objectif, par exemple, d'évaluer l'incidence de pathologies chez les personnes les plus exposées par rapport aux moins exposées.

Hormis cet effet d'échauffement, l'exposition aux radiofréquences est-elle susceptible de provoquer des effets sur la santé, à plus ou moins long terme ? A court et moyen terme, c'est l'interrogation posée par les personnes qui se déclarent électro-hypersensibles (ANSES, 2018). A long terme, de nombreuses recherches ont été menées depuis plus de vingt ans pour tenter d'identifier des effets sur la santé d'une part, et des mécanismes d'action d'autre part. Il s'agit d'études menées chez l'humain, par des recherches cliniques et épidémiologiques, chez l'animal, sur des cultures cellulaires, et même sur des végétaux.

Si le déploiement des réseaux mobiles, et en particulier l'installation des antennes relais, a modifié rapidement notre environnement électromagnétique, les simulations et

(5) <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPmfgdl.pdf>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999H0519&from=FR>

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000226401&categorieLien=id>

Le cas du téléphone mobile est en revanche très particulier. C'est en effet l'objet source de champs électromagnétiques, parmi toutes les autres sources présentes dans notre environnement quotidien, qui provoque l'exposition la plus intense, et de loin. L'exposition n'est pas permanente comme dans le cas des antennes-relais, mais elle est beaucoup plus élevée. Un rapport de l'ordre de 100 à 1 000 existe par exemple entre l'exposition au téléphone mobile porté à l'oreille par rapport à l'exposition environnementale, issue des sources lointaines (relais de diffusion audiovisuelle, antennes relais de téléphonie mobile, box Wi-Fi...). Il est donc logique que les effets potentiels de l'exposition aux rayonnements émis par les téléphones mobiles aient fait l'objet d'investigations depuis de nombreuses années. D'autres arguments rendaient nécessaires ces recherches : la proximité entre la source de rayonnements portée à la tête et le cerveau, ainsi que le nombre extrêmement élevé d'utilisateurs, parfois très jeunes, et la rapidité avec laquelle ce développement s'est opéré.

Effets cancérogènes

En 2013, l'Agence nationale de Sécurité sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (Anses) notait, dans son avis relatif aux effets des radiofréquences sur la santé, qu'on ne peut pas exclure le fait que, dans certaines conditions, l'exposition aux radiofréquences puisse favoriser l'oxydation ou induire des cassures de l'ADN, toutefois sans effet pérenne sur la perte d'intégrité de l'ADN. Ces modifications parfois observées semblent être rapidement réparées. Les autres données biologiques ne mettaient pas en évidence de mécanisme accréditant l'hypothèse d'un effet de cancérogenèse. Depuis, des études publiées simulant une exposition sur le long terme, réalisées chez l'animal, ont été beaucoup commentées. Falcioni *et al.* (2018) ont rapporté avoir observé des tumeurs cardiaques chez des rats, consécutives à l'exposition à des radiofréquences. Et fin 2018, le *National Toxicology Program* américain publiait les rapports finaux de l'étude de très grande envergure conduite à Chicago sur la cancérogénicité de l'exposition aux radiofréquences sur des rats et souris (NTPa et b, 2018). Les auteurs concluaient qu'il existe un niveau de preuve « ambigu » que l'apparition notamment de tumeurs cérébrales chez les rats (gliomes) d'une part et un niveau de preuve « limité » que l'apparition de tumeurs cardiaques (schwannomes malins) d'autre part soient liées à l'exposition aux radiofréquences (signal 3G). Il faut noter que, dans l'étude du NTP, les tumeurs ont été observées pour des niveaux d'exposition élevés (DAS du corps entier au moins de 6 W/kg), qui ne correspondent pas à une situation réaliste pour l'Homme.

L'interprétation des résultats hétérogènes obtenus pour l'ensemble des études *in vitro* et *in vivo* réalisées depuis de nombreuses années est donc délicate. Toutes les instances d'expertise nationales et internationales s'accordent cependant à l'heure actuelle pour écarter la preuve d'un effet de l'exposition aux champs électromagnétiques des radiofréquences sur la cancérogenèse chez l'animal.

Par ailleurs, de nombreuses recherches épidémiologiques ont étudié les liens entre l'usage du téléphone mobile et le risque associé de tumeur cérébrale. Le téléphone mobile est en effet la source de champ électromagnétique qui représente l'exposition (à la fois en intensité, en durée, et en nombre d'individus concernés) de loin la plus élevée. L'usage premier du téléphone mobile l'ayant placé au contact de la tête, il était logique que la recherche s'intéressât aux tumeurs cérébrales. Le Centre international de Recherche sur le Cancer (Circ), en 2010, a conclu, en intégrant notamment les résultats de l'étude internationale *Interphone* (Cardis *et al.*, 2011), au lien possible entre exposition aux radiofréquences et augmentation du risque de gliome. En 2013, dans son évaluation des risques sanitaires liés aux radiofréquences, l'ANSES citait également, en matière de cancérogénicité, un effet possible pour les utilisateurs « intensifs » de téléphones mobiles, c'est-à-dire ceux ayant cumulé plus de 1 640 heures d'exposition (correspondant à la part de la population dans laquelle un excès de risque est retrouvé dans l'étude *Interphone*). Une augmentation du risque de types rares de tumeurs gliales (moins de 20 % d'augmentation de l'incidence) ne peut

ainsi être exclue, pour le sous-groupe des utilisateurs très intensifs par exemple, pour des durées d'induction supérieures à quinze ans (aucune donnée n'étant disponible au-delà).

Effets sur le système nerveux central

Parmi les différentes hypothèses d'effets biologiques liés à l'exposition aux radiofréquences, la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique (BHE), qui protège le cerveau et participe à l'efficacité de son métabolisme, ou encore la modification du débit sanguin cérébral, ont alimenté des controverses scientifiques nourries initialement par des publications mentionnant par exemple une altération de la BHE, au début des années 2000, à laquelle ont succédé de nombreux travaux de recherche pendant une décennie. A l'issue de ces travaux, aucun effet neurotoxique d'une exposition aux radiofréquences sur la barrière hémato-encéphalique n'a été observé de façon évidente.

Du fait de la proximité des téléphones mobiles avec la tête, et tout particulièrement pour les enfants, l'impact éventuel des radiofréquences sur le fonctionnement cérébral, son activité électrique, mais également les fonctions cognitives ou le sommeil a été exploré, de façon plus ou moins complète. Par fonction cognitive, on entend en particulier l'attention, la mémoire ainsi que les fonctions liées au langage, aux gestes ou encore à la coordination.

En étudiant par exemple des paramètres d'enregistrements encéphalographiques chez l'humain, des modifications peuvent être retrouvées sous exposition aux radiofréquences (Croft *et al.*, 2010). Quelques études chez l'animal laissent par ailleurs penser que l'exposition aux radiofréquences pourrait modifier les performances cognitives et la mémoire, voire de façon *a priori* étonnante, les améliorer (Kumlin *et al.*, 2007 ; Arendash *et al.*, 2010). De nombreuses études dans ce domaine ont également été réalisées chez l'humain, et en particulier chez les enfants. Les conditions expérimentales, les tests réalisés et les populations divergent grandement, il est donc difficile de tirer de toutes ces expérimentations des conclusions définitives. Cependant, quelques expériences méritent l'attention : des études rapportent des modifications de paramètres d'encéphalogrammes, lors d'une exposition en aveugle aux radiofréquences, pour les ondes émises par le cerveau correspondant à l'attention, la mémoire, ainsi qu'aux émotions et sensations (Krause *et al.*, 2006 ; Loughran *et al.*, 2013). Concernant l'étude du sommeil sous exposition aux radiofréquences, si les études réalisées ne mettent pas en évidence de modifications de la durée ou de la qualité du sommeil, là encore, certaines soulignent des modifications de paramètres d'enregistrements encéphalographiques. On peut également rapprocher ces observations de celles obtenues dans le domaine des basses fréquences, pour lesquelles on retrouve une interférence possible avec l'activité électrique cérébrale (par exemple Carrubba *et al.*, 2010).

A ce jour, cependant, aucune incidence pathologique de ces observations n'a été mise en évidence.

Autres effets sur la santé

La recherche des effets des radiofréquences sur la santé est caractérisée par un foisonnement d'hypothèses, de sources d'expositions, de protocoles, de mécanismes biologiques et d'effets étudiés. Sans détailler l'intégralité des effets biologiques et sanitaires investigués, en complément de ceux déjà évoqués ci-dessus, on peut citer les principaux domaines qui ont fait l'objet de recherches : les maladies neurologiques, les fonctions auditives, les rythmes circadiens, le système immunitaire, le système endocrinien, la reproduction et le développement, le système cardiovasculaire, ou encore le bien-être... En fonction des intérêts propres des chercheurs mobilisés, mais aussi des possibilités de publication, ces thèmes ont été plus ou moins couverts par la recherche. Dans tous les cas, les données produites sont très hétérogènes, il est ainsi impossible, d'après les instances d'expertise nationales et internationales, de conclure à l'existence ou non de ces effets sur la santé.

Conclusion

Alors que les opérateurs de téléphonie mobile préparent le prochain déploiement de la 5G, la 4G continue, elle, à se développer. L'observatoire de la téléphonie mobile de l'Agence nationale des Fréquences (ANFR) ⁽⁶⁾ rapporte qu'en novembre 2019, les demandes d'autorisation pour installer des antennes 4G étaient toujours en progression. A cette date, le nombre de sites d'émission 4G (environ 211 000) n'était plus très éloigné du nombre de sites 2G et 3G réunis (environ 234 000). Comme l'indique le Baromètre du numérique publié régulièrement par l'Arcep ⁽⁷⁾, l'usage du *smartphone* progresse, de même que l'accès à Internet par ce biais plutôt que par un ordinateur, y compris à domicile. Les usages vidéo croissent également, et en particulier les abonnements aux plateformes de vidéo à la demande. Les conditions sont donc réunies pour que le trafic de données mobiles progresse encore, ce qui va avoir pour conséquence d'une part d'augmenter l'exposition environnementale, qui pourrait l'être fortement en relatif, mais rester à des niveaux assez faibles en valeur absolue, à l'exception des lieux plus exposés (points atypiques) qui pourraient se multiplier, et d'autre part de modifier voire d'accroître l'exposition personnelle *via* le téléphone mobile. La consommation énergétique accrue et les conséquences environnementales que ces évolutions engendrent devraient être intégrées à des réflexions portant sur les développements d'infrastructures de réseaux de communication. De même que l'augmentation du niveau d'exposition de la population. La présence renforcée des réseaux de télécommunications, qui accompagne des volontés d'aménagement du territoire et de connectivité, rentre par ailleurs nécessairement en conflit avec les demandes de protection exprimées par les personnes électrohypersensibles, dont la souffrance attribuée à l'exposition aux ondes doit être prise en compte. L'attention portée à la recherche d'effets éventuels de l'exposition aux radiofréquences a donc tout son sens. Cependant, la difficulté à faire émerger des conclusions des multiples recherches aux objectifs dispersés, ainsi que l'hétérogénéité de la qualité des protocoles utilisés, pourraient militer en faveur de programmes de recherche ciblés, idéalement partagés au niveau international, afin de concentrer les moyens financiers et humains sur les hypothèses les plus préoccupantes. Plus de vingt ans de recherches dans le domaine des effets des radiofréquences, en particulier des communications mobiles, sur la santé, devraient permettre de dégager des priorités d'action. Si les derniers résultats controversés en matière de cancérogenèse en font un candidat évident, les effets sur le fonctionnement cérébral, par la proximité de la tête avec les téléphones et les résultats déjà obtenus dans ce domaine, devraient également faire partie des objectifs prioritaires.

La 5G va apporter des modifications importantes dans l'exposition des personnes, avec d'une part une montée en fréquence (3,5 GHz dans un premier temps, puis autour de 26 GHz ensuite en Europe), et d'autre part, pour les communications mobiles, une nouvelle répartition spatio-temporelle des expositions, avec des antennes actives dont le faisceau sera dirigé vers les utilisateurs. Ces modifications des conditions d'exposition devraient être prises en compte dès la conception des protocoles et systèmes, afin d'anticiper les conséquences de la modification de notre environnement, et ne pas sous-estimer les questionnements qui peuvent en résulter. L'exemple du déploiement du compteur communicant Linky, qui suscite de nombreuses interrogations, voire des craintes quant aux effets possibles sur la santé des communications CPL ⁽⁸⁾ associées, montre qu'il semble hasardeux d'écarter les citoyens de l'information et de la réflexion qui devraient accompagner des choix d'infrastructures, dont l'installation a nécessairement des répercussions sur l'environnement, et donc potentiellement sur notre santé, à plus ou moins long terme. Ces

(6) <https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/observatoire/actualites/actualite/actualites/observatoire-anfr-pres-de-49-500-sites-4g-autorises-par-lanfr-en-france-au-1er-decembre-2019/>

(7) <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/numerique/le-barometre-du-numerique.html>

(8) CPL : courant porteur en ligne.

développements devraient s'accompagner des moyens nécessaires pour en évaluer, de manière indépendante, les conséquences potentielles sur l'environnement et la santé.

Enfin, au-delà des effets potentiels sur la santé strictement liés à l'exposition aux champs électromagnétiques, les effets sur la santé au sens large, y compris psycho-sociale, de la transformation de nos modes de vie par les outils numériques, doivent également être évalués et pris en compte.

Bibliographie

ANFR (2019), « Recensement des points atypiques », Edition du 20 mars 2019.

ANSES (2018), « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques ».

ARENDASH G. W. & SANCHEZ-RAMOS J. *et al.* (2010), "Electromagnetic field treatment protects against and reverses cognitive impairment in Alzheimer's disease mice", *Journal of Alzheimer's Disease*, 19(1), pp. 191-210.

CARDIS E. & ARMSTRONG B. K. *et al.* (2011), "Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: Results from five interphone countries", *Occupational and Environmental Medicine*, 68(9), pp. 631-640.

CARRUBBA S., FRILOT II C., CHESSON JR A. L. & MARINO A. A. (2010), "Mobile-phone pulse triggers evoked potentials", *Neuroscience Letters*, 469(1), pp. 164-168.

CROFT R. J. & LEUNG S. *et al.* (2010), "Effects of 2G and 3G mobile phones on human alpha rhythms: Resting EEG in adolescents, young adults, and the elderly", *Bioelectromagnetics*, 31(6), pp. 434-444.

D'ANDREA J. A. *et al.* (2003), "Behavioral and cognitive effects of microwave exposure", *Bioelectromagnetics*, Suppl. 6:S, pp. 39-62.

DANKER-HOPFE H. & DORN H. *et al.* (2011), "Effects of electromagnetic fields emitted by mobile phones (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on the macrostructure of sleep", *Journal of Sleep Research*, 20 (1 PART I), pp. 73-81.

DAVIS C. C. & BALZANO Q. (2010), "The brain is not a radio receiver for wireless phone signals: Human tissue does not demodulate a modulated radiofrequency carrier", *Comptes rendus Physique*, 11 (9-10), pp. 585-591.

DEWEY W. C. *et al.* (2009), "Hyperthermia classic commentary: Arrhenius relationships from the molecule and cell to the clinic", *International Journal of Hyperthermia*, 25, pp. 21-24.

FALCIONI L. *et al.* (2018), "Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station Environmental emission", *Environmental Research*, 165, pp. 496-503.

FOSTER K. R. & SCHWAN H. P. (1996), "Dielectric properties of tissues", *Handbook of biological effects of electromagnetic fields*, CRC Press, pp. 25-102.

FOSTER K. R. & GLASER R. (2007), "Thermal mechanisms of interaction of radiofrequency energy with biological systems with relevance to exposure guidelines", *Health Physics*, 92(6), pp. 609-620.

- KOWALCZUK C. *et al.* (2010), “Absence of nonlinear responses in cells and tissues”, *Bioelectromagnetics*, 31(7), pp. 556-565.
- KRAUSE C. M. *et al.* (2006), “Mobile phone effects on children’s event-related oscillatory EEG during an auditory memory task”, *International Journal of Radiation Biology*, 82, pp. 443-450.
- KUMLIN T. & IIVONEN H. *et al.* (2007), “Mobile phone radiation and the developing brain: Behavioral and morphological effects in juvenile rats”, *Radiation Research*, 168(4), pp. 471-479.
- LOUGHRAN S. P. *et al.* (2013), “No increased sensitivity in brain activity of adolescents exposed to mobile phone-like emissions”, *Clinical Neurophysiology*, 124, pp. 1303-1308.
- NTP (2018a), “NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in hsd:sprague dawley sd rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 mhz) and modulations (gsm and cdma) used by cell phones”.
- NTPb (2018b), “NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones”.
- SHEPPARD A. R. *et al.* (2008), “Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes”, *Health Physics*, 95(4), pp. 365-396.
- SMITH-ROE S. L. *et al.* (2019), “Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure”, *Environmental and Molecular Mutagenesis*, Oct 21. doi: 10.1002/em.22343. [Epub ahead of print].
- TILLMANN T. & ERNST H. *et al.* (2010), “Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosourea mouse model”, *International Journal of Radiation Biology*, 86(7), pp. 529-541.
- ZENI O. & SANNINO A. *et al.* (2012), “Induction of an adaptive response in human blood lymphocytes exposed to radiofrequency fields: influence of the universal mobile telecommunication system (UMTS) signal and the specific absorption rate”, *Mutation Research*, 747(1), pp. 29-35.