

Radiofréquences et santé : où en sommes-nous ?

Auteur :

PERRIN Anne, Docteur en biologie, habilitée à diriger les recherches et titulaire d'un master en philosophie (Culture et santé). Expert conseil spécialiste du risque électromagnétique.

13-04-2021



La téléphonie mobile et les nouvelles technologies de communication sans fil se sont développées de façon exponentielle à partir des années 90. Parallèlement des craintes sont apparues concernant de possibles effets délétères des ondes électromagnétiques de type radiofréquences, sur la santé. On entend tout et son contraire à ce propos. Pour les agences sanitaires, l'utilisation de ces ondes fait l'objet d'attention, mais ne paraît pas poser de problème dans la mesure où leur usage est encadré. Elles s'appuient sur des expertises collectives qui analysent en détail la littérature scientifique disponible pour évaluer le risque. La réglementation est fondée sur les bases scientifiques. Cependant, nombre d'articles de presse, d'émissions de radio ou télévision, de vidéos et de sites internet font régulièrement état de danger. Les radiofréquences seraient cancérogènes, dangereuses pour les enfants, pour la fertilité, pour l'immunité, etc. La 5G serait une nouvelle menace. Des témoignages de personnes dites « électrosensibles », ou « électrohypersensibles » (EHS), sont relayés. Qu'en est-il exactement ? Quels sont les risques ? Comment sont-ils évalués et réglementés ? Cet article propose un tour d'horizon sur le sujet autour du cas de la téléphonie mobile.

1. Les ondes qui nous entourent : de quoi s'agit-il ?

Nous vivons entourés de rayonnement **d'origines multiples, naturelles et artificielles**. La lumière, les ultraviolets (UV) et infrarouges (IR) émis par le soleil, le champ magnétique terrestre sont des facteurs déterminants pour la vie sur terre. La lumière, les infrarouges et les UV peuvent aussi être produits artificiellement. Par exemple, tous les corps chauds émettent un rayonnement IR, qu'il s'agisse d'êtres vivants, d'un radiateur dans une pièce, d'une pierre chauffée au soleil... Les sources de rayonnements se sont diversifiées avec la mise en place du réseau de distribution électrique. De **nouveaux champs électriques et magnétiques basses-fréquences** (fréquences 50Hz, 60Hz et leurs harmoniques) sont alors apparus dans l'environnement, puis les **radiofréquences** dont seule une très faible proportion d'origine naturelle provient du cosmos [1]. Depuis plus de cent ans, on sait que tous ces rayonnements sont associés à un large éventail de phénomènes physiques et d'effets qui diffèrent selon

les caractéristiques du rayonnement considéré. Ils sont mis à profit pour de multiples applications, dans la vie quotidienne, mais aussi à des fins médicales, industrielles ou militaires (Figure 1).

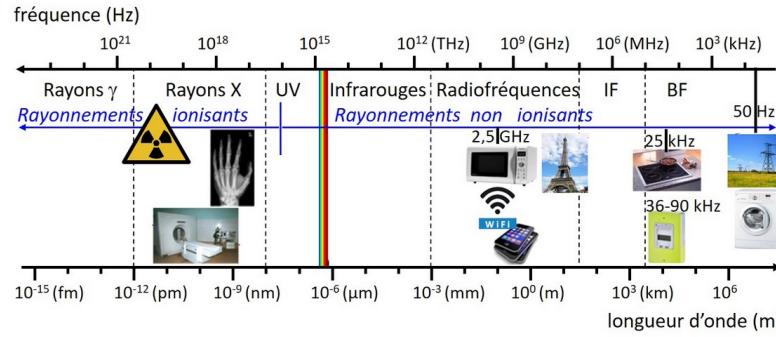


Figure 1. Schéma simplifié de la gamme des fréquences et exemples d'applications. UV : ultraviolet ; IF : fréquences intermédiaires ; BF : basses fréquences ; (Kilohertz : 10^3 Hz ; Méga : 10^6 ; Giga : 10^9) [Source : Perrin & Souques, © EDP-Sciences, 2018]

La physique des ondes repose sur des modèles corpusculaire (mécanique quantique) et ondulatoire (équations de Maxwell), complémentaires et compatibles. Selon le modèle corpusculaire, les ondes transportent des particules d'énergies variables selon la fréquence (énergie des photons). On distingue les rayonnements ionisants (rayons X, alpha, beta gamma, certains UV), capables d'arracher des électrons aux atomes et entraîner des cassures d'ADN, et les **rayonnements non ionisants** à des fréquences plus basses, en dessous des UV (Lire [L'impact cellulaire des UV solaires](#)).

Les interactions avec le vivant diffèrent selon la fréquence. Jusqu'à 100 kHz, il s'agit de champs et courants pouvant entraîner la stimulation de tissus excitables (systèmes nerveux et muscles). Au-dessus de 10 MHz, l'absorption par les tissus devient prédominante et l'échauffement le mécanisme essentiel. Aux fréquences dites intermédiaires, entre 100 kHz et 10 MHz, il y a un mélange des deux (Figure 2).



Figure 2. Pictogramme de signalisation pour les rayonnements non-ionisants [Source : libre de droits / Pixabay]

Dans ce document, nous nous intéressons aux rayonnements non ionisants de type **radiofréquences** qui sont utilisées pour les **communications sans fil** les plus courantes, situées au-delà de 10 MHz (que l'on nommera radiofréquences). Pour les aspects physiques et techniques, se référer au focus « [Notions de base sur les radiofréquences et les communications sans fil](#) », et pour réfléchir à la notion de risque et comprendre la réglementation, au focus « [Radiofréquences, risque et réglementation](#) ».

1.1. Que se passe-t-il quand les ondes radiofréquences arrivent sur le corps ?

Les ondes sont à la fois réfléchies par l'organisme (environ 50 % de réflexion autour du GHz) et absorbées à l'intérieur des tissus biologiques. La profondeur de pénétration et les effets des ondes électromagnétiques diffèrent selon la fréquence. Cette absorption dépend de nombreux paramètres : température, caractéristiques physico-chimiques de la matière (permittivité, conductivité, masse volumique), niveau d'exposition (puissance incidente), type de signal, etc.

Dans la gamme des radiofréquences

Plus la fréquence augmente, moins les ondes pénètrent dans le corps, leur absorption est limitée à la peau à partir de 6 GHz

environ. Les grandeurs qui rendent compte de l'exposition au niveau du corps ne sont donc pas les mêmes. **En dessous de 6 GHz**, la profondeur de pénétration peut atteindre plusieurs centimètres. Le **débit d'absorption spécifique (DAS)** est la grandeur qui représente la **quantité d'énergie absorbée par unité de masse (en watt par kilogramme, W/kg)**. Comme la pénétration des ondes varie selon la fréquence, la quantité d'énergie absorbée, et donc le DAS qui en résulte varie lui aussi avec la fréquence pour une même puissance incidente. La valeur du DAS s'obtient par la dosimétrie biologique qui fait appel à des mesures physiques ainsi qu'à des méthodes de simulation numériques. Le maximum d'absorption se situe aux alentours de 80 MHz pour le corps humain. **Au-delà de 6 GHz**, l'absorption des ondes est de plus en plus superficielle au niveau de la peau. L'indicateur d'exposition est la **densité de puissance absorbée (Sab) en watt par mètre carré (W/m²) pour les expositions localisées**. Cependant, des expositions de surface suffisamment intense sur l'ensemble du corps pourraient éventuellement entraîner un échauffement plus en profondeur. Le DAS reste donc aussi un indicateur pour le corps entier (considération introduite dans les dernières recommandations de l'ICNIRP en 2020, lire focus [Radiofréquences, risque et réglementation](#)).

1.2. Effets thermiques des radiofréquences et seuils critiques

Il est connu depuis longtemps que l'interaction des radiofréquences avec la matière conduit à un **échauffement** essentiellement provoqué par l'agitation des molécules d'eau. L'augmentation de température est d'autant plus forte que la teneur en eau est élevée. On parle d'**effet à seuil** car ce phénomène survient à partir d'une certaine quantité d'énergie absorbée, donc d'un certain niveau d'exposition. Cet effet est mis à profit pour de nombreuses applications : fours à micro-ondes, chirurgie, thermocollage industriel par exemple (bâches, stores...). Les **mammifères** sont dotés d'un système de régulation de la température capable de faire face à des variations de quelques degrés Celsius. La chaleur est éliminée en grande partie grâce à la vascularisation des tissus par les processus physiologiques normaux de thermorégulation. Un effet thermique potentiellement néfaste apparaît quand cette **capacité d'adaptation est dépassée**, à partir des seuils critiques. Les premiers effets observés sont des troubles du comportement chez des primates entièrement exposés, et pour les expositions localisées, des brûlures et des cataractes, l'œil étant très peu vascularisé. Les valeurs de DAS critiques issues des données scientifiques (expérimentations animales) sont :

- 4 W/kg en exposition « corps entier » ;
- 100 W/kg en exposition localisée (en moyenne sur 10 g de tissu).

Pour les communications sans fil, les niveaux d'exposition sont suffisamment **faibles** pour ne pas induire d'échauffement dû aux ondes (Lire focus [Quelques Idées reçues](#)). Il existe une réglementation qui fixe des limites d'exposition à ne pas dépasser pour protéger la population (Lire focus [Radiofréquences, risque et réglementation](#)). Pour étudier les effets des ondes radio en laboratoire, la nuance « champ proche » / « champ lointain » est importante pour définir les conditions et le système d'exposition à utiliser selon l'objectif de l'étude (exposition corps entier ou localisée).

2. De la recherche à l'évaluation du risque - état des connaissances

2.1. Pourquoi faire des recherches si les effets sont connus ?

A partir des années 80, les recherches se sont orientées vers l'étude d'éventuels **effets non thermiques** des radiofréquences. C'est-à-dire des effets qui ne seraient pas causés par une variation de température et se produiraient à faible niveau d'exposition, en dessous des seuils critiques. Des craintes concernant de possibles effets nocifs du téléphone mobile ont été exprimées dès 1993 avec un procès médiatisé aux USA. Un constructeur était accusé d'être responsable du décès d'une femme atteinte d'une tumeur cérébrale [2]. D'autre part, depuis plus de 20 ans, l'implantation des antennes de téléphonie entraîne des débats dans lesquels des risques pour la santé des riverains sont souvent mis en avant [3].

Le **téléphone mobile** représente la principale source d'exposition de la population aux radiofréquences, en raison de son positionnement à proximité de la tête ou du corps durant les communications, et de son emploi très répandu. Les DAS engendrés sont bien **inférieurs aux seuils critiques**, toutefois la téléphonie mobile a introduit une situation d'exposition nouvelle (Lire focus [Radiofréquences, risque et réglementation](#)). L'exposition instantanée au téléphone est des dizaines de milliers de fois supérieure à celle engendrée par les antennes, en termes de DAS.

Compte tenu de l'engouement pour cette technologie, l'hypothèse d'un risque pour la santé, même faible, a été prise au sérieux. Pour ces raisons, la majeure partie des études concernent des expositions de type téléphonie mobile, dans les bandes de fréquences concernées. Ces travaux permettent une évaluation régulière du risque et de la pertinence des seuils réglementaires. Les technologies étant en constante évolution, les **conditions d'exposition** des personnes qui en découlent évoluent aussi. Ceci peut susciter de nouvelles interrogations, des rumeurs ou des oppositions, comme actuellement avec l'arrivée de la 5G.

2.2. Pourquoi les méthodes employées en recherche sont-elles si discutées ?

De nombreuses études ont été conduites sur des cellules en culture, des modèles animaux et des humains. L'objectif étant d'examiner si des effets biologiques et physiologiques ou des maladies peuvent être provoqués, modifiés ou aggravés par les ondes radiofréquences. Des expériences ont également été réalisées sur des animaux exposés ponctuellement ou tout au long de leur vie, y compris à partir de la période de gestation. Le Tableau 1 résume le nombre d'études relatives aux effets biologiques et sanitaires des radiofréquences utilisées par les communications sans fil, y compris les études en science humaines et sociales.

Tableau 1. Études relatives aux effets biologiques et sanitaires des radiofréquences utilisées par les systèmes de communication sans fil. [Source : données extraites en novembre 2020, © EMF Portal : <https://www.emf-portal.org/en>]

Type d'études	Nombr
Expérimentales (biologiques, médicales)	
Epidémiologiques*	
Autres revues (dosimétrie, techniques, réglementation, interférences, articles non classés...)	
Sociologie, psychologie (communication sur le risque, perception, enquêtes...)	
	Total
* Dont 116 portant sur la recherche d'associations entre exposition aux radiofréquences et maladie	

En laboratoire

Comme pour d'autres études toxicologiques, les expériences visent à comparer ce qui se passe en présence (ou non) du facteur de risque étudié, en l'occurrence les radiofréquences.

Connaitre la valeur du DAS est indispensable dans les bandes de fréquences concernées, ou bien la puissance incidente absorbée en surface aux fréquences plus hautes. Contrôler les caractéristiques de l'exposition, notamment le DAS, représente la principale difficulté dans ces études. C'est plus compliqué qu'en toxicologie « classique » où les chercheurs vont tester différentes doses d'une substance (quantifiées en gramme administrés par kilo par exemple). Les ondes ne se pèsent pas... Le **système d'exposition doit être adapté et dimensionné** [4]. Par exemple, mettre un téléphone sur un rat, sur une boîte contenant du sperme ou sur des œufs, placer des animaux devant un four micro-ondes à la porte cassée ou une télévision, comme cela s'est déjà vu, font partie des erreurs les plus grossières. La présence des ondes doit être le seul paramètre qui diffère entre les échantillons, les animaux, ou les volontaires exposés et les témoins. Les témoins non exposés (appelés « sham ») doivent donc être placé dans des conditions identiques mais avec l'émetteur éteint. Les **biais spécifiques** à ce domaine de recherche sont difficiles à repérer à la lecture d'un article scientifique car cela demande des compétences en physique, en biologie et en bio-électromagnétisme.

En population

Les **études épidémiologiques** visent à rechercher un lien entre maladie et exposition. On distingue deux types d'études épidémiologiques. Les études **cas-témoins** où sont incluses des personnes atteintes d'une maladie dont on recherche la cause. L'évaluation de l'exposition repose généralement sur les souvenirs des participants. Le biais de mémorisation (*recall bias*) peut en fausser les résultats, en particulier pour les situations lointaines ou lorsque ce sont des proches de personnes malades ou décédées qui répondent. A l'inverse, les études de **cohortes** visent à comparer l'évolution de pathologies ou de la santé des individus au cours du temps, dans des populations plus ou moins exposées. Là encore l'évaluation de l'exposition réelle des sujets aux ondes radiofréquences est délicate car elle dépend aussi de l'indicateur choisi (durée de communication, positionnement du téléphone, abonnements téléphoniques...). Les paramètres environnementaux liés aux modes de vie, ou propres aux individus, peuvent jouer un rôle sur l'état de santé (facteurs de confusion) et doivent aussi être pris en compte [5].

L'interprétation des résultats des études basées sur la population est compliquée. De façon générale, celles-ci **ne permettent pas d'identifier des effets à petite échelle** dans certains sous-groupes. Concernant les effets des ondes, des collaborations avec des physiciens spécialisés en dosimétrie biologique peuvent s'avérer utiles pour évaluer au mieux les niveaux d'expositions et le résultat d'une étude sera d'autant plus probant que l'échantillon étudié est important.

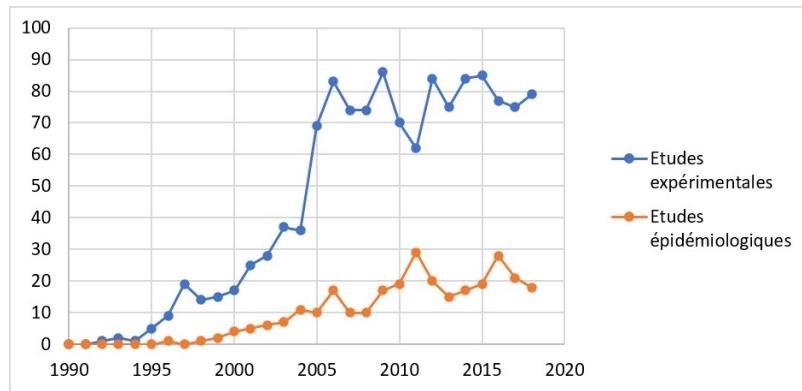


Figure 3. Nombre de publications par an de 1990 à 2018 (études expérimentales et épidémiologiques). [Source : graphique réalisé à partir des informations disponibles dans la base de données EMF-Portal]

L'évolution du nombre de publications scientifiques parues depuis 1990 illustre l'importance de l'activité de recherche relative aux effets biologiques et sanitaires des ondes aux fréquences des technologies de communications sans fil (Figure 3).

2.3. Comment le risque est-il évalué ?

Le risque est évalué en s'appuyant sur l'**ensemble des données scientifiques** publiées dans le monde. Pour cela, les agences sanitaires ou des institutions de référence rassemblent des groupes de spécialistes d'horizons variés (biologistes, médecins, épidémiologistes, physiciens...). Ils font le point sur l'état des connaissances et produisent des **rapports d'expertises collectives**. La méthode d'analyse des données suit un processus rigoureux qui est précisé dans les rapports. Dans les **médias**, des effets observés dans une étude puis non confirmés par la suite sont régulièrement rapportés **sans nuance, ni mise en contexte** par rapport à l'ensemble des données. Les réfutations, lorsqu'il y en a, sont très rarement relayées [6]. De plus, il est toujours possible de publier un article dans une revue scientifique, en particulier dans des revues généralistes ou non spécialisées en bio-électromagnétisme, même si son contenu est douteux [7]. Il est donc préférable de se référer aux expertises collectives et aux conclusions des agences.

Nous reviendrons sur quelques sujets importants ayant un fort retentissement médiatique : la classification du CIRC et l'exposition des enfants. Lire aussi les focus associés à cet article, sur la 5G, sur l'étude du [National Toxicology Program \(USA\)](#) et sur [l'hypersensibilité électromagnétique](#).

3. Cancer, épidémiologie et classification du CIRC

3.1. Pourquoi étudier l'effet potentiel des radiofréquences sur le cancer ?

Identifier les causes de cancer est une question importante en **santé publique** [8]. Parmi les multiples facteurs influant sur le développement d'une pathologie cancéreuse (depuis son initiation jusqu'à sa mise en évidence clinique parfois des années plus tard), les mécanismes conduisant à des **lésions de l'ADN** jouent un rôle important. L'énergie véhiculée par les radiofréquences n'est pas suffisante pour provoquer directement des cassures au sein des molécules d'ADN. Aucun mécanisme pouvant expliquer un tel effet biologique n'est actuellement décrit. Néanmoins, la question d'un éventuel effet des radiofréquences sur l'intégrité du matériel génétique et sur la cancérogénèse a été très étudiée, et l'est encore. D'autre part, les épidémiologistes se sont attelés à rechercher une association entre cancers et radiofréquences, en particulier entre l'usage du téléphone mobile et les tumeurs cérébrales.

3.2. Classification des radiofréquences par le CIRC

Les expertises collectives menées par le **Centre international de recherche sur le cancer** (CIRC, agence sur le cancer de l'OMS) concernent uniquement les études pouvant indiquer qu'un agent est cancérogène. Il peut s'agir de substances chimique ou naturelle, d'aliments, d'agents physiques (ondes...) ou d'une situation professionnelle (métier de pompier par exemple) auquel des humains sont susceptibles d'être exposés. Le CIRC **distingue** explicitement **risque et danger**. La classification rend compte du niveau de preuve de l'existence d'un danger, à savoir le caractère cancérogène pour l'homme, sans quantifier le risque qui lui dépend des conditions d'exposition. C'est ainsi que l'amiante, l'alcool, la charcuterie et les poussières de bois par exemple, peuvent se trouver dans la même catégorie. L'échelle de classification utilisée par le CIRC [9] est présentée de façon synthétique dans le Tableau 2.

Tableau 2. Échelle de classification du CIRC et quelques exemples d'agents classés (nombre d'agents au 23 septembre 2019).

Groupe 1	Agent cancérogène pour l'Homme (120) Amiante, tabac, benzène, boissons alcoolisées, virus hépatite C, poussières de bois, vapeurs échappement diesel, HPV (10 types)*, rayonnements ionisants, viande transformée...
Groupe 2A	Agent probablement cancérogène pour l'Homme (82) Trichloréthylène, malathion, cisplatine, glyphosate, HPV type 68, boissons chaudes (>65°C), viande rouge...
Groupe 2B	Agent peut-être cancérogène pour l'Homme (311) ("cancérogène possible") Plomb, chloroforme, certaines expositions aux champs électromagnétiques, légumes au vinaigre asiatiques, dioxyde de titane, Aloe vera, bleu tripan... (café jusqu'en 2016)
Groupe 3	Agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme (500) Café, caféine, théophylline, cholestérol, certains nanotubes de carbone, certaines expositions aux champs électromagnétiques, toluene...
Groupe 4	Agent probablement pas cancérogène pour l'Homme (1) Caprolactame <small>Catégorie supprimée depuis 2016</small>

*HPV : Human Papillomavirus

En 2011, CIRC a classé les radiofréquences comme « **peut-être cancérogène** », ou **cancérogène possible** », pour l'homme (2B) concernant l'usage du téléphone mobile [10]. Cela notamment en raison des résultats de l'étude **INTERPHONE** [11]. Il s'agit de la plus vaste étude cas-témoin conduite à ce jour sur le sujet (données de 13 pays), incluant 2708 gliomes, 2409 méningiomes. Les patients ont été répartis en 10 groupes en fonction des durées de conversations cumulées. Un risque accru de tumeur cérébrale de type gliome avait été trouvé pour le groupe ayant les temps de conversation les plus longs sur une période de dix ans (>1640 h ; OR 1,40 (95% CI 1,03–1,89). Les auteurs ont jugé peu plausible certaines durées déclarées par les sujets malades (jusqu'à 12h par jour). Par ailleurs, il n'y a pas d'association croissante avec les temps d'exposition. Les auteurs ont conclu que : « *Globalement, aucune augmentation du risque de gliome ou de méningiome n'a été observée avec l'utilisation d'un téléphone portable. Il y avait des suggestions d'augmentation du risque de gliome aux niveaux d'exposition les plus élevés, mais les biais et les erreurs empêchent une interprétation causale. Les effets possibles d'une utilisation intensive à long terme des téléphones mobiles doivent faire l'objet d'études plus approfondies* ».

Les résultats étaient similaires pour le neurinome de l'acoustique mais fondés sur peu de cas. Une publication de Hardell *et al.* [12] a également compté pour la classification bien que d'ampleur limitée et comportant des limitations [13]. Notons qu'une étude cas-témoin (« Cerenat ») [14], portant sur 4 régions de France, a provoqué une vague médiatique en 2014 [15]. Elle est parfois présentée comme la confirmation de l'étude INTERPHONE. En effet, aucune association entre l'utilisation d'un téléphone mobile et l'apparition de tumeurs cérébrales n'était observé, hormis pour les gliomes chez les plus gros utilisateurs. Le groupe des « utilisateurs intensifs » correspond aux 10 % des personnes ayant rapporté les temps de communication cumulés les plus longs dans chaque étude. Leur comparaison est délicate puisqu'il s'agit d'une durée cumulée supérieure à 896 h (24 cas) dans Cerenat et presque le double dans INTERPHONE avec 4 fois plus de cas (> 1640 h, 100 cas) où aucune augmentation du risque n'est observée pour des durées inférieures à 1640 h. Il convient aussi de garder en tête que la puissance de cette étude (253 cas de gliomes inclus) est faible comparée à INTERPHONE (2708 cas de gliomes) et qu'elle présente un certain nombre de biais [16]. En revanche, les études de cohortes n'ont pas apporté d'élément en faveur d'un effet cancérogène du téléphone mobile, dont une menée au Danemark [17] qui a suivi 358 403 personnes pendant 18 ans. L'exposition avait été évaluée d'après les abonnements téléphoniques des participants, sans précision sur les durées de conversation. Parmi les études de cohortes importantes, citons aussi « *Million women study* » [18], parue après la classification du CIRC. Conduite en Grande-Bretagne sur environ 800 000 femmes suivies pendant 7 ans, elle n'a pas indiqué d'association entre l'usage du téléphone mobile et une incidence accrue de gliomes, méningiomes et de 18 autres types de cancers.

En définitive, la classification du CIRC est souvent comprise comme une preuve de cancérogénicité des radiofréquences. Pourtant, celles-ci n'ont été jugées ni probablement cancérogène, ni cancérogène avéré pour l'homme par le CIRC, ce qui est cohérent avec les conclusions des expertises collectives et la position de l'OMS [19].

3.3. Le nombre de cancers a-t-il augmenté avec l'usage du téléphone mobile ?

Depuis 2004, et surtout après la classification du CIRC, des chercheurs se sont attelés à rechercher un lien entre l'évolution de l'incidence des tumeurs cérébrales (nombre de nouveaux cas recensés par an pour 100 000 habitants) au cours du temps, en particulier des gliomes, et l'usage du téléphone mobile dans la population. **Plus d'une dizaine d'études** ont été menées à partir des données des registres nationaux du cancer dans 13 pays (USA, Grande Bretagne, Chine, Pays Nordiques, Danemark, Nouvelle Zélande, Taïwan, Australie, Japon, Italie, Israël, Suède, Finlande), donnant lieu à plus de 25 publications scientifiques [20]. Selon les études, des variations d'incidence ont été observées au cours du temps ou pas. Elles apparaissent généralement liées à l'évolution de la fréquence des dépistages et/ou l'amélioration des méthodes de dépistage et d'analyse des tumeurs [21]. En tout état de cause, ces variations ne correspondent pas à celles attendues si les associations (risques relatifs) rapportées dans les études à l'origine de la classification du CIRC étaient réelles comme illustré par les graphes extraits d'une de ces études

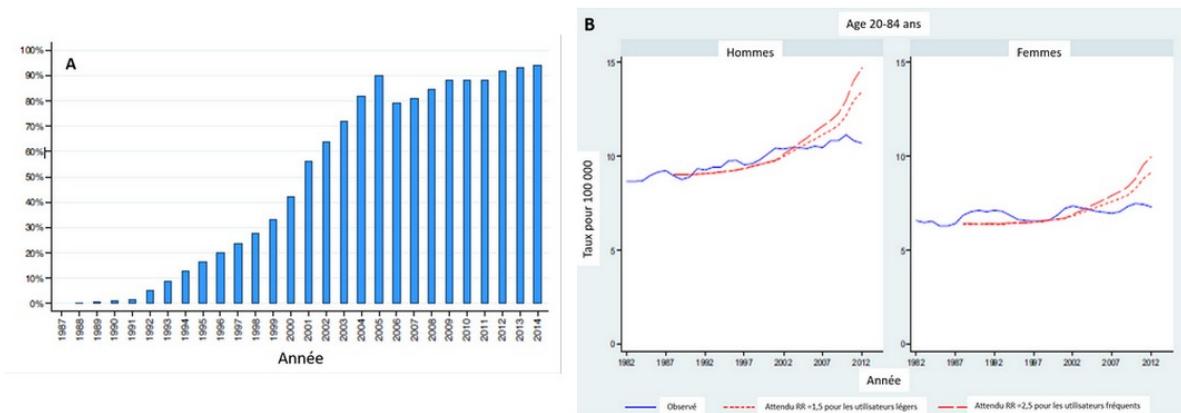


Figure 4. (A) Évolution de l'usage de la téléphonie mobile dans la population étudiée de 1987 à 2014 ; (B) Évolution de l'incidence des gliomes en Australie comparée aux courbes théoriques attendues (en rouge) d'après les études à l'origine de la classification du CIRC. [Source : Chapman S. et al., 2016 / Publication : <https://doi.org/10.1016/j.canep.2016.04.010>]

L'ensemble de ces études d'incidence **ne confirment pas un lien de cause à effet** entre l'apparition de tumeurs cérébrales dans la population et l'usage du téléphone portable au cours des dernières décennies. L'hypothèse d'un risque accru en cas d'utilisations régulières et très intensives du téléphone mobile reste par contre difficile, si ce n'est impossible, à vérifier ou réfuter compte-tenu de la rareté de ces pathologies et du fait que le sous-groupe concerné est minoritaire dans la population.

4. L'exposition des enfants



Figure 5. Groupe de jeunes avec un téléphone portable. [Source : libre de droits / Pixabay]

Les enfants sont considérés comme une population potentiellement plus vulnérable car leur développement est en cours (Figure 5). De plus, ils sont susceptibles d'utiliser très tôt les outils de communications sans fil, et donc sur une durée plus longue durant leur vie. En 2011, le conseil de la santé des Pays-Bas estimait qu'il n'y avait pas lieu de s'inquiéter, mais qu'il convenait de poursuivre les recherches, en particulier sur le long terme [23]. En France, L'ANSES a produit un rapport dédié sur ce sujet en 2016 [24]. D'après l'analyse des experts, les données disponibles ne montrent **pas d'effet des radiofréquences** sur le comportement, les fonctions auditives, les effets tératogènes et le développement, les systèmes reproducteurs masculin et féminin, les effets cancérogènes, le système immunitaire ou la toxicité systémique chez l'enfant. L'exposition de la tête des enfants, en termes de DAS, pourrait être plus élevée que celle des adultes compte tenu de leur morphologie, sans toutefois dépasser les valeurs limites d'exposition. Le rapport mentionne un « effet possible » (« éléments de preuve limités ») sur les fonctions cognitives (mémoire, apprentissage, etc.) et le bien-être. D'après les auteurs, ces effets ne sont vraisemblablement **pas dus à l'exposition aux ondes**, mais à **l'usage des appareils connectés** par les enfants. Certains effets rapportés sont

bénéfiques, d'autres non, mais aucun n'est confirmé. La question reste donc ouverte. Par ailleurs, des études montrent une association entre un « usage problématique » (intensif et inadéquat) du téléphone mobile par des jeunes et des problèmes de santé mentale (dépression, idées suicidaires, comportement à risque). Dans son avis, l'agence recommande de les inciter à un usage raisonnable du téléphone mobile, et de dissuader l'usage des dispositifs de communication mobile par les enfants de moins de 14 ans. La communication autour du rapport a cependant entretenu une certaine confusion entre les effets possibles de l'usage des outils de communication et ceux des ondes. L'ICNIRP, l'OMS et l'agence Européenne n'ont pas émis de consignes particulières pour les enfants.

Signalons au passage que les Académies (des sciences, de médecine, et des technologies) se sont penchées sur l'usage des écrans par les enfants et adolescents, appelant à une **vigilance raisonnée sur les technologies numériques** [25].

5. Bilan de l'état des connaissances

5.1. Que sait-on sur le risque ?

En 2012, à l'issue de l'analyse de 33 rapports parus entre 2009-2011 [26], Luc Verscheave, toxicologue alors membre de l'Institut scientifique de santé publique de Belgique, écrivait “*Tous les rapports, à l'exception du rapport BioInitiative, concluent qu'il n'y a aucune indication claire d'effets néfastes sur la santé de l'exposition aux radiofréquences provenant d'applications utilisées à des fins de communication sans fil. Ils restent généralement prudents en ce qui concerne les effets biologiques à long terme, non pas en raison de fortes indications que de tels effets pourraient se produire, mais uniquement en raison du manque de données disponibles jusqu'à présent pour tirer une conclusion valable.*” [27]

Notons qu'en 2013 comme en 2009, l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a invité à considérer le rapport « Bioinitiative » [28] avec prudence car « *il recèle des conflits d'intérêts dans plusieurs sections, ne correspond pas à une expertise collective, est de qualité inégale selon les sections et est écrit sur un registre militant.* » [29] , ce qui rejoint d'autres analyses [30]. Depuis 2012, de nouvelles expertises ont été produites, en France (2013), aux Pays-Bas (2016) [31], en Suède (2018) [32], au niveau Européen (2015) [33], en Australie (2017) [34], aux USA (2020, focalisée sur le cancer) [35] par exemple, sans apporter de changement substantiel à l'état des connaissances. Il ressort que les études ayant le plus grand risque de biais rapportent plus souvent des effets, et il est alors difficile d'en identifier l'origine. A l'inverse, celles qui ont une bonne caractérisation de l'exposition suggèrent rarement un effet significatif à des niveaux d'exposition non thermiques. Il y a toujours quelques études jugées de bonne qualité qui montrent des effets biologiques ou physiologiques, parfois même des effets bénéfiques. Ces résultats disparates sont considérés comme des preuves limitées tant que les effets ne sont pas démontrés par un ensemble de résultats cohérents et reproductibles. A ce jour, les conclusions des rapports d'expertises scientifiques du monde entier sont concordantes. Ils n'indiquent pas de risque avéré des radiofréquences pour la santé, ni de mécanisme biologique pouvant sous-tendre un risque pour des expositions respectant les limites réglementaires.

5.2. Y-a-t-il des recherches en cours ?

La période de recherche intense sur le sujet est maintenant passée. Des recherches se poursuivent plus ou moins activement selon les pays. En France, l'ANSES finance des projets de recherches chaque année. **Deux grandes études épidémiologiques** sont en cours pour des expositions de longue durée, supérieures à 15 ans.

Étude **COSMOS** : concerne environ 300 000 personnes suivies dans 6 pays européens, durant 20 à 30 ans, afin d'étudier une éventuelle association entre des problèmes de santé et l'usage des téléphones mobiles ou d'autres technologies sans fil.

Étude **MOBI-KIDS** (14 pays) : l'objectif est d'évaluer le lien potentiel entre tumeurs cérébrales chez les enfants et jeunes adultes (10 à 24 ans) et facteurs de risques environnementaux, dont l'usage des communications mobiles.

Un effort particulier est fait pour caractériser les expositions, ce qui a souvent été un point faible de ce type d'étude. L'arrivée de la 5G devrait donner lieu **une nouvelle vague de recherches**, surtout dans les bandes de fréquences millimétriques autour de 26 GHz où il y a peu d'études comparé aux fréquences proches de celles déjà employées pour la téléphonie mobile et le Wifi. Il paraît donc probable que peu de nouvelles études seront menées autour de 3,5 GHz.

6. Apporter des éléments de réponse



Figure 6. Exemples de couvertures de magazines sur le thème de la santé et des radiofréquences. [Source : © J.F Chevalier]

La problématique du risque radiofréquence et des communications sans fil comprend des dimensions multiples aussi bien scientifiques et techniques, que sociétales et politiques. L'essor de ces technologies dans la vie quotidienne a eu, et aura encore, des répercussions importantes dans les habitudes, les modes de vie. Ceci explique les multiples facettes des controverses autour des nouvelles technologies de communications sans fil où s'entremêlent des questions liées aux aspects sanitaires, aux usages des technologies, mais aussi des questions environnementales, économiques. Nombre d'informations erronées, « d'infox », voire de rumeurs circulent sur les dangers supposés des ondes, pour défendre des causes, vendre des prestations ou des soi-disant protections « anti-ondes », devenir célèbre, s'opposer aux nouvelles technologies, satisfaire un électorat, mener un combat... Or, les médias sont friands de nouvelles sensationnelles. Ils contribuent souvent à la **confusion** en présentant sur un **même plan tous types d'informations sur ces sujets, qu'elles soient scientifiquement validées ou de l'ordre de l'opinion** (Figure 6). Dans ce contexte, les expertises scientifiques du risque n'ont pas vocation à les résoudre controverses ou dicter ce qu'il faut faire. En revanche, la science apporte des éléments de réponses permettant aux décideurs de prendre, entre autres, des mesures de santé publique adaptées, et aux citoyens de se forger une opinion. Et, comme sur d'autres sujets de santé-environnement, le plus difficile quand est de faire le tri dans l'information.

7. Messages à retenir

Concernant les aspects sanitaires, nous retiendrons que :

Dans la gamme des **radiofréquences**, les résultats des travaux scientifiques conduits à ce jour n'ont **pas démontré l'existence d'un effet nocif**, ni de mécanisme biologique plausible pouvant sous tendre un risque en dessous des valeurs limites réglementaires.

Le seul effet connu des radiofréquences demeure l'**effet thermique** à des niveaux d'exposition élevés, non atteints avec les technologies sans fil.

A propos des effets des **champs électromagnétiques**, l'OMS estime que « *les connaissances scientifiques acquises dans ce domaine sont désormais plus complètes que celles que l'on possède sur la plupart des produits chimiques* » [36].

En science tout est question de **probabilité** et de **niveau de preuve**. Il est impossible de démontrer scientifiquement une absence d'effet, donc une absence de risque ne sera jamais démontrée, quel que soit le facteur de risque.

Les médias et les réseaux sociaux relaient volontiers des témoignages et des messages alarmants sur les effets des ondes fondés sur une étude isolée ou des interprétations hâtives, voire sur des allégations pures et simples.

Considérer le sujet dans sa **globalité**, au-delà de la question sanitaire, permet d'appréhender les enjeux qui s'y rapportent et de mieux décrypter l'information.

Il est utile de **croiser les sources** d'informations et d'aiguiser son **esprit critique** pour rester libre de son opinion.

Je tiens à remercier pour leur relecture attentive et leurs commentaires, Catherine Yardin et Isabelle Lagroye concernant les aspects biologiques et sanitaires et Allal Ouberehil sur les aspects techniques liés aux communications sans fil.

Notes et références

Image de couverture. [Source : Leon Brooks, Public domain, - Tim Parkinson, CC BY 2.0, via Wikimedia Commons]

[1] EMF-portal, [Natural radio frequency fields](#).

[2] Lawsuit claims cellular phones cause cancer, UPI archives, 3 janvier 1993.

[3] Borraz O., Devigne M., Salomon D., Controverses et mobilisations autour des antennes de téléphonie mobile, 2004, Rapport du centre de sociologie des organisations, 160 p.

[4] Kuster et Schönborn. 2000, [*Recommended minimal requirements and development guidelines for exposure setups of bio-experiments addressing the health risk concern of wireless communications*](#), Bioelectromagnetics, 21:508-514.

[5] Souques M., *Notions de base sur l'épidémiologie*, 2009, SPS n° 286, juil. 2009. Sur afis.org

[6] Voir le dossier « Science et médias » de la Revue *Science et Pseudosciences* n°323 de l'Association pour l'Information scientifique. Sur afis.org ; <https://www.afis.org/-323>

[7] Voir les articles de H. Maisonneuve sur afis.org/Herve-Maisonneuve

[8] Hill C., 2019, [Que savons-nous des causes de cancer ?](#)

[9] <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>

[10] [Communiqué de presse du CIRC](#), 31 mai 2011 ; Rapport complet paru en 2013 : CIRC, 2013, Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 102. et CIRC, 2013, Non-ionizing Radiation, Part 2: [Radiofrequency Electromagnetic Fields, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans](#), Vol. 102.

[11] THE INTERPHONE Study GROUP et al. (2010) Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the Interphone international case-control study. International J. Epidemiology 39(3):675–694.

[12] Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. *Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects*. Int J Oncol 2011; 38: 1465–74.

[13] Ahlbom et al., [Epidemiologic Evidence on Mobile Phones and Tumor Risk: A Review](#) (Epidemiology 2009; 20: 639–652)

[14] Coureau & al., 2014, Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. Occup Environ Med, 71(7):514-22.

[15] [Portable et tumeur, quel est le lien ?](#) - Décryptage d'une étude épidémiologique sur les effets des radiofréquences du téléphone sur le cerveau, publiée récemment, et retour sur la surmédiatisation qui a agité le web avec le docteur Gaëlle Coureau. 22 mai 2014, Université de Bordeaux. Sur <https://www.u-bordeaux.fr/>

[16] [Téléphone portable et cancers cérébraux : double zéro pointé pour l'étude de Bordeaux](#), 23 mai 2014. Journalisme et santé publique - Le blog de Jean-Yves Nau, journaliste et docteur en médecine. Sur jeanyvesnau.com

[17] Frei P et al. [*Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study*](#). BMJ 2011 ; 343 : d6387. doi: 10.1136/bmj.d6387

[18] Benson VS et al. [*Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study*](#). Int J Epidemiol 2013 ; 42 : 792-802.

[19] [Champs électromagnétiques et santé publique : téléphones portables](#), 8 octobre 2014

[20] Ces études sont répertoriées dans la base de données EMF-Portal, dans la rubrique Mobile communication, population studies, brain cancer. <https://www.emf-portal.org/en/article/overview/mobile-communications-epidem/brain-cancer#level-2>

[21] A titre d'exemple, voir note de lecture sur la publication australienne parue fin 2018 :
<https://www.afis.org/Telephone-mobile-et-tumeurs-cerebrales-quoi-de-neuf>

[22] Chapman S. & al., 2016, *Has the incidence of brain cancer risen in Australia since the introduction of mobile phones 29 years ago?* Cancer Epidemiology, 42:199-205

[23] HCB, 2011, [Influence of radiofrequency telecommunication signals on children's brains.](#)

[24] ANSES, [rapport "Exposition aux radiofréquences et santé des enfants"](#), juin 2016.
<https://www.anses.fr/fr/search/site/rapport%20radiofr%C3%A9quences?searchphrase=1&mm=100&iso1=fr&iso2=en>

[25] Académie des sciences, *Nouvel appel 'L'enfant, l'adolescent, la famille et les écrans'*, Communiqué de presse du 9 avril 2019. <https://www.academie-sciences.fr/fr/Communiques-de-presse/enfant-adolescent-famille-écran.html>

[26] Verschaeve L., *Evaluations of International Expert Group Reports on the Biological Effects of Radiofrequency Fields, Wireless Communications and Networks*, 2012, Recent Advances, Dr. Ali Eksim (Ed.), ISBN:978-953-51-0189-5, InTech. (traduction citation, A. Perrin).

[27]
https://cdn.intechopen.com/pdfs/31625/InTech-Evaluations_of_international_expert_group_reports_on_the_biological_effects_of_radiofrequency_fields.pdf

[28] <https://bioinitiative.org/>

[29] Anses, mise à jour de l'expertise « *Radiofréquences et santé* », octobre 2013,
<http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>

[30] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bioinitiative>

[31] Health council of Netherlands, 2016, [Mobile phones and cancer, Part 3. Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies](#)

[32] Scientific Council of Swedish Radiation Safety Authority (SSM), 2018, [Recent Research on EMF and Health Risk, Twelfth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields](#)

[33] SCENIHR, «Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)», mars 2015. Fiche résumé :
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/docs/citizens_emf_fr.pdf

[34] Australian Radiation Protection Agency (ARPANSA), 2017, [Technical Report “Radiofrequency Electromagnetic Energy and Health: Research Needs, TR178](#)

[35] Food and drug Administration (USA), 2020, [Review of Published Literature between 2008 and 2018 of Relevance to Radiofrequency Radiation and Cancer.](#)

[36] OMS, Champs électromagnétiques - Récapitulatif des effets sanitaires
<https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/fr/index1.html>

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - www.univ-grenoble-alpes.fr

Pour citer cet article: **Auteur :** PERRIN Anne (2021), Radiofréquences et santé : où en sommes-nous ?, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=12954>

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.
