

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De mi-janvier à mi-avril 2022, 108 nouvelles publications ont été identifiées, dont six ont fait l'objet de discussions approfondies au sein du groupe d'experts BERENIS. Cinq d'entre elles ont été retenues comme particulièrement pertinentes au regard des critères de sélection. Elles sont résumées et évaluées ci-après.

1) *Études animales et études cellulaires expérimentales*

Apparition d'indicateurs de formation de tumeurs induite par une exposition à un CEM-HF (Ding et al. 2022)

Dans leur étude *in vitro*, Ding *et al.* (2022) ont utilisé un système modèle de culture cellulaire pour examiner si une exposition continue de longue durée à un CEM-HF (1,8 GHz, TAS : 8 W/kg, 4 heures/jour) peut entraîner des événements cancérogènes. Les auteurs ont exposé des fibroblastes embryonnaires de souris (cellules Balb/c-3T3) durant 40 ou 60 jours et les ont en plus traités avec une substance chimique qui favorise la croissance tumorale (TPA [12-O-tetradecanoylphorbol 13-acetate]). Alors qu'aucune agrégation de cellules ne s'est formée dans les cultures de contrôle soumises à une exposition fictive, les auteurs en ont trouvé quelques-unes dans les cultures exposées au CEM-HF. Une série de tests classiques (migration, formation de colonie et de tumeur) ainsi que l'analyse de l'activité des gènes dans l'ensemble du génome ont montré que les changements observés dans l'aspect des cellules exposées étaient effectivement des modifications cancéreuses.

Les auteurs concluent de leurs investigations qu'une exposition élevée à un CEM-HF peut potentiellement déclencher une transformation cellulaire cancéreuse, ce qui concorde avec les observations faites dans des études animales sur la cancérogenèse (voir [Newsletter-Édition spéciale, novembre 2018](#)). La transférabilité et la pertinence de ce genre de modèles de culture cellulaire sont cependant limitées. Des études plus approfondies devraient intégrer des conditions de contrôle positives et négatives supplémentaires ainsi que la dépendance de la dose et d'éventuelles influences thermiques.

Modifications de l'excitabilité des neurones induites par un CEM-HF (Echchgadda et al. 2022)

Dans leur étude *in vitro*, Echchgadda *et al.* (2022) investiguent au moyen d'examen électrophysiologiques si une exposition à un CEM-HF peut provoquer des modifications cognitives. À cet effet, les auteurs ont isolé des neurones primaires de l'hippocampe de rats et les ont exposés à un CEM-HF (3 GHz, champ électrique : 137 V/m, TAS moyen : 0,3 W/kg, TAS maximum : 0,8 W/kg) durant 60 minutes puis les ont analysés dans un délai de 15 à 30 minutes. Les auteurs ont observé que l'exposition au CEM-HF induit une réduction de 10 % du potentiel d'action des neurones et une prolongation de la modification du potentiel. Ils ont aussi constaté une diminution du potentiel de repos des membranes cellulaires et que cette dépolarisation favorisait l'excitabilité des neurones, ce qu'ils expliquent par une concentration plus élevée du calcium intracellulaire. Cela a aussi eu de l'effet sur la libération présynaptique de neurotransmetteurs excitateurs et inhibiteurs (glutamate, GABA) et a provoqué davantage d'activations spontanées et des modifications des amplitudes au niveau des neurones post-synaptiques. Ces effets ont pu être neutralisés par le blocage des canaux de sodium tensiodépendants.

Les auteurs ont conclu de leurs observations qu'il existe certes des indications d'une influence du CEM-HF sur l'activité neuronale, mais que leur importance pour une modification cognitive n'a pu être ni écartée ni confirmée. Pour cela, il faudra des expériences plus approfondies portant sur la durée des effets ou le temps dont a besoin la cellule pour se remettre, sur les effets à long terme et sur la relation dose-effet. Cette étude cohérente et bien conçue offre donc un bon point de départ pour d'autres études dans cette direction.

Une exposition à 1800 MHz dans un état neuroinflammatoire diminue la force des réponses évoquées et augmente les seuils acoustiques pour l'activité neuronale dans le cortex auditif chez des rats (Souffi et al. 2022)

Il est prouvé que la microglie, les cellules immunitaires du système nerveux central, exerce une influence sur l'activité neuronale dans le cerveau. L'étude a investigué les effets d'une exposition à un CEM-HF (LTE : 1800 MHz, TAS dans le cerveau : 0,5 W/kg) sur la morphologie de la microglie dans le cerveau et sur l'activité neuronale en réponse à des stimulus acoustiques chez le rat. Les têtes des animaux ont été exposées à un CEM-HF ou à une exposition fictive durant 2 heures. L'activité neuronale et la morphologie de la microglie dans le cortex auditif (aire cérébrale) ont été analysées 3 à 6 heures après l'exposition. Préalablement à l'exposition, un groupe de rats a reçu une substance inflammatoire (injection intrapéritonéale de lipopolysaccharide) qui génère une activation de la microglie et simule les effets d'une infection virale ou bactérienne. Les deux groupes ont été exposés à un CEM-HF ou soumis à une exposition fictive. Chez les rats soumis à une neuroinflammation exposés à un CEM-HF, la réponse (activité neuronale) aux tonalités pures et à la vocalisation naturelle était réduite, ce qui était aussi lié à une augmentation du seuil acoustique dans les basses et moyennes fréquences (0,5-20 kHz). Chez les rats sains, aucune différence n'a été observée entre les animaux exposés à un CEM-HF et ceux soumis à une exposition fictive.

L'exposition au CEM-HF est cependant entachée d'incertitude, puisque des changements minimes de la position de la tête de l'animal peuvent entraîner une variation de l'exposition. On peut cependant partir de l'hypothèse que la variabilité est la même dans tous les groupes. Aucune modification morphologique de la microglie n'a été observée, alors que cela avait été le cas dans une étude antérieure (GSM) menée par le même groupe de chercheurs, dans laquelle des rats ont été exposés à un CEM-HF (TAS : 1,55 W/kg) ou soumis à une exposition fictive (Ocelli et al. 2018)¹. Dans l'étude de 2018, les chercheurs avaient observé une ramification accrue et une élongation des prolongements du corps cellulaire de la microglie. Ces résultats indiquent que les effets exercés dépendent de la dose ; alors que l'activité neuronale chez les rats soumis à une neuroinflammation et exposés à un CEM-HF s'est modifiée dans les deux études, la morphologie de la microglie n'a changé qu'après une exposition à un CEM-HF avec une valeur TAS de 1,55 W/kg.

2) Études épidémiologiques

Utilisation de la téléphonie mobile et risque de tumeurs cérébrales : actualisation de l'étude UK Million Women Study (Schüz et al. 2022)

Schüz et al. (2022) ont actualisé les résultats d'une vaste étude de cohorte prospective portant sur le risque de développement de tumeurs cérébrales en lien avec l'utilisation du téléphone mobile. Entre 1996 et 2001, 1,3 million de femmes nées entre 1935 et 1950 ont été recrutées pour l'étude menée en Grande-Bretagne. Les questions sur l'utilisation du téléphone portable ont été posées en 2001 puis

¹ <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.06.002>

à nouveau en 2011. Dans les deux cas, les participantes devaient indiquer depuis combien d'années elles utilisaient un téléphone portable et combien de temps elles l'utilisaient par jour. Lors de l'enquête de 2001, les participantes pouvaient choisir entre les réponses « jamais », « moins d'une fois par jour » et « quotidiennement ». Lors de l'enquête de 2011, elles devaient indiquer le nombre de minutes d'utilisation par jour. L'apparition de tumeurs bénignes et malignes dans le cerveau a été établie sur la base des données du registre du cancer. Des analyses séparées ont été menées pour les gliomes, les glioblastomes, les neurinomes de l'acoustique, les méningiomes et les tumeurs de l'hypophyse. Toutes les analyses prennent en compte le statut socioéconomique, la consommation de tabac et d'alcool, l'indice de masse corporelle, le traitement hormonal de la ménopause et l'activité sportive. Au cours des quatorze ans de suivi, 3268 cas de tumeur cérébrale ont été enregistrés dans le groupe de 780 000 femmes qui avaient rempli un questionnaire sur l'utilisation du téléphone mobile en 2001. Le risque de tumeur n'était pas plus élevé chez les femmes qui utilisaient un téléphone portable que chez celles qui n'en utilisaient pas (risque relatif : 0,97, intervalle de confiance à 95 % : 0,90 à 1,04) ; un risque plus élevé n'a pas non plus pu être établi après 10 ans d'utilisation du téléphone portable (risque relatif : 0,95, intervalle de confiance à 95 % : 0,87 à 1,05). Aucun type des tumeurs étudiées n'était associé avec une utilisation du téléphone portable. Les tumeurs n'apparaissaient pas plus souvent dans les régions de la tête fortement exposées (tempe). Une analyse basée sur les données des 430 000 femmes qui ont fourni en 2011 des indications sur leur usage du téléphone portable n'a pas non plus montré d'indices de risque plus élevé. Les auteurs estiment que leurs résultats concordent avec ceux d'autres études épidémiologiques qui n'ont pas non plus trouvé de risque de tumeurs cérébrales plus élevé en cas d'utilisation quotidienne normale du téléphone portable.

Les points forts de l'étude résident dans son protocole prospectif, dans la taille relativement importante de l'échantillon et dans la prise en compte d'éventuels facteurs de confusion (*confounder*). Le but principal de l'étude était d'investiguer les effets sanitaires du traitement hormonal de substitution chez les femmes, ce qui explique pourquoi l'utilisation du téléphone mobile n'a fait l'objet que d'une évaluation sommaire, avec seulement deux questions et une faible résolution temporelle. Dans une telle situation, il est inévitable que des erreurs surviennent lors de la classification des participantes à l'étude dans les différents groupes d'exposition. Comme il s'agit d'une estimation prospective, ces erreurs ne sont pas associées avec la maladie et sont donc aléatoires. Cela signifie qu'un risque éventuellement existant serait sous-estimé. Sans données de validation sur l'évaluation de l'exposition, il est difficile d'estimer l'importance d'une éventuelle sous-estimation du risque. Il est probable qu'un faible risque de cancer ne serait pas identifié, mais qu'un risque substantiel pourrait être prouvé. L'importance ainsi que les points forts et les points faibles de l'étude sont discutés dans un éditorial indépendant².

3) Études humaines expérimentales

Pas de modification de la connectivité dans les réseaux cérébraux après une exposition à un signal 4G (Yang et al. 2022)

Les 17 participants (tous droitiers, 9 hommes, 8 femmes) ont été exposés à un signal 4G (LTE, 2,573 GHz, pic de TAS : 1,22 W/kg [moyenne sur 10 g de tissu]) ou à une situation de contrôle (pas d'exposition) pendant 30 minutes. Une antenne dipôle a été placée à 1 cm de leur oreille droite. L'influence exercée par le rayonnement sur la connectivité des réseaux cérébraux (liaisons statiques et dynamiques) a été examinée au moyen de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

² <https://doi.org/10.1093/jnci/djac043>

(IRMf). L'étude portait sur 14 réseaux identifiés par les chercheurs. L'exposition n'a pas entraîné de modifications significatives de la connectivité. La dosimétrie a été effectuée de façon précise et complète et la caractéristique du signal utilisé est bien documentée. Les auteurs ont conclu que l'exposition à court terme était insuffisante pour être détectée sur le plan de la connectivité cérébrale. La question se pose cependant de savoir si l'imagerie par résonance magnétique est une méthode de mesure appropriée, puisque le scanner produit lui-même des champs à haute fréquence puissants qui pourraient masquer les effets de l'exposition.

4) Autres publications pour de plus amples informations

Rapport de l'UE sur le risque sanitaire des radiofréquences

Le Comité scientifique des risques sanitaires, environnementaux et émergents (CSRSEE) (en anglais : *Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks [SCHEER]*) a établi pour le compte de l'UE un rapport sur le risque sanitaire des radiofréquences (RF-EMF). Le rapport provisoire a été publié en août 2022 et mis en consultation publique jusqu'à la fin septembre 2022³.

Bibliographie

Ding Z, Xiang X, Li J, Wu S (2022): **Molecular Mechanism of Malignant Transformation of Balb/c-3T3 Cells Induced by Long-Term Exposure to 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Radiation (RF-EMR)**. *Bioengineering* (Basel). 2022 Jan 18;9(2):43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35200397/>

Echchgadda I, Cantu JC, Tolstykh GP, Butterworth JW, Payne JA, Ibey BL (2022): **Changes in the excitability of primary hippocampal neurons following exposure to 3.0 GHz radiofrequency electromagnetic fields**. *Sci Rep*. 2022 Mar 3;12(1):3506. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35241689/>

Schüz J, Pirie K, Reeves GK, Floud S, Beral V; Million Women Study Collaborators (2022): **Cellular Telephone Use and the Risk of Brain Tumors: Update of the UK Million Women Study**. *J Natl Cancer Inst*. 2022 Mar 29:djac042. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35350069/>

Souffi S, Lameth J, Gaucher Q, Arnaud-Cormos D, Lévêque P, Edeline JM, Mallat M (2022): **Exposure to 1800 MHz LTE electromagnetic fields under proinflammatory conditions decreases the response strength and increases the acoustic threshold of auditory cortical neurons**. *Sci Rep*. 2022 Mar 8;12(1):4063. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35260711/>

Yang L, Liu Q, Zhou Y, Wang X, Wu T, Chen Z (2022): **No Alteration Between Intrinsic Connectivity Networks by a Pilot Study on Localized Exposure to the Fourth-Generation Wireless Communication Signals**. *Front Public Health*. 2022 Jan 13;9:734370. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35096727/>

³ https://health.ec.europa.eu/consultations/scheer-public-consultation-preliminary-opinion-scientific-evidence-radiofrequency_en

Contact

Stefan Dongus
Secrétariat BERENIS
Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH)
Département Épidémiologie et santé publique
Unité Expositions environnementales et santé
Kreuzstrasse 2, 4123 Allschwill
Tél : +41 61 284 81 11
Courriel : stefan.dongus@swisstph.ch

Pour de plus amples informations, veuillez consulter les liens suivants :

[Groupe consultatif d'experts en matière de rayonnement non ionisant \(BERENIS\)](#)

[Liste des abréviations \(fichier PDF\)](#)