

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De mi-juillet à fin octobre 2024, 114 nouvelles publications ont été identifiées, dont cinq ont fait l'objet de discussions approfondies au sein du groupe BERENIS. Trois d'entre elles ont été retenues comme particulièrement pertinentes au regard des critères de sélection. Elles sont résumées et évaluées ci-après. En outre, une étude publiée au cours de la période couverte par la newsletter n° 39 (Tahir *et al.* 2024) est présentée ici.

1) Études animales et études cellulaires expérimentales

Effets d'un CEM-HF de 2,45 GHz sur l'oreille interne – une étude histopathologique (Tahir et al. 2024)

L'étude de Tahir *et al.* (2024) avait pour objet l'investigation des possibles effets fonctionnels et structurels d'une exposition à un champ électromagnétique de haute fréquence (CEM-HF) (2,45 GHz, non modulé) sur le limaçon de l'oreille interne (cochlée) de rates gestantes. Les rates en gestation ont été exposées durant 21 jours et les nouveau-nés jusqu'à 45 jours après la naissance à des CEM-HF de 2,45 GHz avec des champs électriques de 0,6, de 1,9, de 5, de 10 et de 15 V/m. Les rates en gestation étaient exposées dans une cage circulaire au milieu de laquelle se trouvait une antenne. Le groupe de recherche a mesuré chaque jour l'intensité du champ électrique pour enregistrer et éviter des fluctuations. Les valeurs dans les tissus ont été déterminées à l'aide de simulations informatiques en fonction des paramètres diélectriques. Les bruits ambiants, mesurés en amont de l'expérience, ne devaient pas dépasser 50 dB pour éviter qu'ils influent sur le test.

L'équipe de recherche a effectué des tests de réaction pour déterminer le seuil d'audition (séquences de stimuli commençant à 80 dB puis diminuant graduellement par 10 dB) avant et après l'exposition aux CEM-HF. Les analyses histopathologiques et les mesures de l'apoptose ont été effectuées sur les cochlées prélevées. Les résultats indiquent une augmentation du seuil d'audition en fonction du dosage significative sur le plan statistique pour les expositions au-dessus de 5 V/m. Aucune différence du seuil d'audition n'a été mesurée dans le groupe de contrôle. Les potentiels induits dans le tronc cérébral constituent une mesure objective du fonctionnement de la voie auditive depuis le nerf auditif vers le mésencéphale. Il est ainsi possible d'évaluer la synchronisation neuronale et le seuil d'audition. Les mesures des caspases 3 et 9 et les examens menés avec la méthode TUNEL (une technique immunohistochimique pour déterminer les cellules mourantes) ont indiqué une augmentation de l'apoptose en fonction du dosage à 10 et 15 V/m. Les auteurs en ont conclu que l'apoptose et l'activité immunitaire dans la cochlée dépendent du champ électrique et de son intensité et que des doses faibles provoquent déjà des altérations de l'oreille interne.

Le groupe de recherche n'a pas étudié les effets au niveau moléculaire et les modifications de la microstructure à l'aide d'un microscope électronique. Il aurait cependant été intéressant de le faire pour identifier des structures cibles concrètes. Comme cette étude présente des insuffisances en ce qui concerne la dosimétrie et la caractérisation de l'exposition, il n'est pas encore possible d'en déduire des recommandations pour l'utilisation d'appareils sans fil.

Influence d'un CEM-HF pour la transmission d'énergie sans fil sur des cultures cellulaires (Chow et al. 2024)

L'étude *in vitro* de Chow *et al.* (2024) mérite d'être présentée, puisqu'il est probable que la transmission d'énergie sans fil jouera à l'avenir un rôle accru. Cette étude examine l'influence qu'a une fréquence prévue pour la transmission d'énergie sans fil (6,78 MHz) sur des cellules humaines cultivées

(HUVEC, acronyme anglais pour les cellules endothéliales de la veine ombilicale humaine). Les cellules ont été exposées en continu pendant 72 ou 24 heures à une densité de flux magnétique de 10 μ T. L'exposition est cependant entachée de quelques incertitudes, car la description du dispositif d'exposition est malheureusement insuffisante et la dosimétrie n'a pas été documentée. Après 24 heures d'exposition, des indicateurs du stress oxydatif ont été mesurés et une réduction de la formation de DRO (dérivés réactifs de l'oxygène) (superoxyde) a été constatée, tandis que la formation de peroxyde d'hydrogène restait inchangée. Ces observations pourraient expliquer l'augmentation du nombre de cellules et la diminution de la part des cellules mortes (apoptose) induites par le CEM-HF qui ont été observées après trois jours d'exposition. En outre, l'étude de l'activité génétique (analyse transcriptomique) et des quantités de protéines (protéomique) a permis de mettre en évidence des modifications de 101 gènes et de 146 protéines. Ces gènes et ces protéines appartiennent en partie aux catégories fonctionnelles correspondant aux observations susmentionnées (p. ex. la prolifération cellulaire, la régulation métabolique et le système d'oxydoréduction).

Les observations de Chow *et al.* (2024) indiquent qu'un CEM de 6,78 MHz à densité de flux magnétique relativement basse (10 μ T) peut influencer des cellules. Ces observations ne permettent cependant pas de tirer des conclusions directes sur les risques possibles pour la santé. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer des investigations plus approfondies et mieux contrôlées et, dans l'idéal, de disposer de données issues d'expérimentations animales. Comme le recours à la transmission d'électricité sans fil va augmenter, il serait souhaitable qu'il y ait plus de recherches sur l'effet des CEM dans cette gamme de fréquence, car il existe encore peu d'études sur le sujet.

2) Études épidémiologiques

Utilisation régulière du téléphone portable et maladies cardio-vasculaires (Zhang et al. 2024)

Dans leur étude, Zhang *et al.* (2024) ont utilisé des données de la biobanque UK Biobank (ci-après UK Biobank) pour examiner la corrélation possible entre l'utilisation des téléphones portables et l'apparition de maladies cardio-vasculaires. L'UK Biobank fait partie d'un vaste projet de recherche sanitaire, pour lequel des données génétiques, environnementales et sanitaires ont été recueillies. Pour son étude, le groupe de recherche a utilisé les données de 444 027 personnes qui, au début de l'étude, ne souffraient pas de maladies cardio-vasculaires. L'exposition a été relevée de deux manières au début de l'étude : (1) le nombre d'années durant lesquelles le téléphone portable a été utilisé au moins une fois par semaine et (2) la durée totale de l'utilisation hebdomadaire du téléphone portable au cours des trois mois précédents, divisée en six catégories. Dans les deux cas, il s'agit d'indications assez approximatives, basées sur l'aptitude des participants à se souvenir et sur leur capacité à estimer leur comportement d'utilisation moyen. Les facteurs tels que le réseau utilisé, la qualité de la liaison et la position du téléphone par rapport au corps n'ont pas été pris en considération, ce qui fait que l'estimation de l'exposition à la dose de CEM-HF est très imprécise. En outre, la question se pose de savoir dans quelle mesure les informations relatives à l'utilisation du téléphone portable recueillies au début de l'étude sont représentatives pour la durée du suivi. Bien que les CEM-HF n'aient pas été directement étudiés, les auteurs laissent entendre dans l'introduction que les « CEM-HF [...] pourraient influencer plusieurs organes tels que le cœur et les vaisseaux sanguins ».

Au cours de la période de suivi de 12 ans, 56 181 participants à l'étude ont eu des maladies cardio-vasculaires, par exemple des maladies coronariennes, des fibrillations atriales et des accidents vasculaires cérébraux. L'étude a montré que l'utilisation des téléphones portables au moins une fois par semaine s'accompagne d'un risque accru de 4 % d'avoir une maladie cardio-vasculaire. Chaque augmentation de plus de cinq minutes de la durée totale des appels était liée à une augmentation du risque de maladies cardio-vasculaires. Les personnes qui utilisaient le plus leur téléphone portable

(plus de 6 heures par semaine) présentaient un risque accru de 19 % en comparaison aux personnes qui utilisaient leur téléphone portable moins de 5 minutes par semaine.

Les points forts de l'étude résident dans la taille de l'échantillon et dans son protocole prospectif¹. Ses points faibles sont cependant l'estimation incertaine de l'exposition (voir ci-dessus) et le risque de distorsions lié à des facteurs qui n'ont pas été pris en considération. L'équipe de recherche a certes pris en compte un certain nombre de facteurs de confusion (p. ex. l'âge, le sexe, le lieu de résidence en zone urbaine, le niveau de formation, l'indice de masse corporelle), mais les résultats indiquent que le choix des facteurs de confusion a joué un rôle important et que certains n'ont peut-être pas été vus. Ainsi, les auteurs ne prennent par exemple pas en considération les indicateurs de stress à titre de facteurs de confusion. Au lieu de cela, ils ont examiné si les effets de l'utilisation des téléphones portables sont influencés par les troubles du sommeil et les maux psychiques, et ce alors qu'il est prouvé qu'il s'agit, dans les deux cas, de facteurs de risque importants pour les maladies cardio-vasculaires. Comme les troubles du sommeil et les maux psychiques ont aussi d'autres causes que les appels téléphoniques, il est probable que ces facteurs n'ont pas été influencés seulement par l'utilisation des téléphones portables et que c'est donc peut-être une erreur de les avoir considérés comme des effets médiateurs. Leur prise en compte à titre de facteurs de confusion aurait probablement diminué les corrélations observées.

L'équipe de recherche ne s'est pas penchée davantage sur l'observation contre-intuitive qui révèle que les personnes qui utilisent des dispositifs « mains libres » ou des haut-parleurs présentent un risque plus élevé que celles qui ne les utilisent pas. Par ailleurs, elle a constaté que le risque est deux fois plus élevé pour les diabétiques et les fumeurs, mais elle n'approfondit pas la question de savoir pourquoi ces groupes de population sont plus menacés. Par le passé, la même équipe avait déjà rapporté un risque accru de développer de l'hypertension (voir [newsletter BERENIS n° 36](#)) et plusieurs types de cancer sur la base de données fournies par les participants sur leur utilisation du téléphone (au moins un appel par semaine)². Comme les comportements ont beaucoup évolué depuis le début de l'étude en ce qui concerne l'utilisation des téléphones portables, les conséquences sur la santé publique seraient considérables si les liens étaient effectivement causaux et imputables à l'utilisation des téléphones portables, ce qui, vu les informations très approximatives relatives à l'exposition, paraît improbable. Bien que les auteurs reconnaissent que l'étude ne peut pas prouver une relation de causalité, les formulations en suggèrent une et sont parfois contradictoires.

3) Études expérimentales sur l'être humain

Réactions du système nerveux autonome à une exposition 5G (3,5 GHz) chez des participants en bonne santé (Jamal et al. 2024)

Pour cette étude, 44 participants (24 hommes et 20 femmes) ont été exposés à un CEM-HF (signal 3,5 GHz, par impulsions ; intensité de champ au niveau de la tête 2 V/m ; intensité de champ au niveau du tronc 1,5 V/m) d'une part et à une exposition fictive (aucun champ) d'autre part. Le groupe de recherche a réalisé au total sept sessions de mesures : sessions 1 et 2 avant l'exposition (baseline) ; sessions 3 à 5 avec exposition ; sessions 6 et 7 après l'exposition. L'étude s'est concentrée sur l'activité du système nerveux autonome, examinée au moyen de la mesure de la température (tête, nuque :

¹Dans une étude prospective, l'exposition est relevée bien avant les effets sur la santé étudiés (dans le cas présent les maladies cardio-vasculaires), ce qui permet d'exclure une distorsion systématique des résultats due aux différentes aptitudes à se souvenir des participants.

² <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztad024>, <https://doi.org/10.1158/1055-9965.epi-23-0766>

caméra infrarouge ; main : sonde de température) et de l'activité électrodermique au niveau du doigt (réaction à une stimulation acoustique). Les effets sur l'activité cérébrale (EEG) ont déjà fait l'objet d'une publication antérieure (Jamal *et al.* 2023 ; pas d'effet observé ; [newsletter BERENIS n° 37](#)). Aucun effet sur la température n'a été observé au niveau du doigt. La température au niveau de la tête a légèrement augmenté (de moins de 0,1 °C) après l'exposition au CEM-HF ; la température de la nuque a légèrement augmenté aussi bien pendant qu'après l'exposition (env. 0,1 °C). L'équipe de recherche a observé de fines modifications de certains paramètres électrodermiques après l'exposition, principalement lors de la session 7. Ces effets pourraient indiquer une réaction physiologique potentiellement plus rapide aux stimuli auditifs.

Les effets observés se situent à l'intérieur du domaine physiologique normal et pourraient aussi être influencés par des facteurs incontrôlés, ce que soulignent aussi les auteurs. Les différences se situent dans le domaine de l'incertitude de mesure. Par ailleurs, l'utilisation d'une caméra infrarouge pour mesurer la température ne convient pas pour des séries de mesures. Enfin, il convient de noter que l'intensité du champ était faible (TAS 0,037 mW/kg ; station de base) et que peu d'effets sont susceptibles de se produire pour de telles intensités.

4) Autres publications pour information

Monitoring RNI en Suisse

Le consortium de projet SwissNIS a publié son troisième rapport annuel. Ce rapport décrit les mesures effectuées en 2023 dans le cadre du monitoring de l'exposition au RNI en Suisse³.

Travaux de synthèse commandés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

Avec la parution de la revue de Mevissen *et al.* (2025)⁴ sur la cancérogénicité chez les animaux de laboratoire, toutes les revues systématiques commandées par l'OMS concernant les effets sanitaires de l'exposition aux champs électromagnétiques de radiofréquence (CEM-RF) ont désormais été publiées⁵.

Bibliographie

Chow SC, Zhang Y, Ng RWM, Hui SR, Solov'yov IA, Lui WY. **External RF-EMF alters cell number and ROS balance possibly via the regulation of NADPH metabolism and apoptosis.** Front Public Health. 2024 Aug 9;12:1425023. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1425023>

Jamal L, Michelant L, Delanaud S, Hugueville L, Mazet P, Lévêque P, Baz T, Bach V, Selmaoui B. **Autonomous nervous system responses to environmental-level exposure to 5G's first deployed band (3.5 GHz) in healthy human volunteers.** Exp Physiol. 2024 Oct 15. <https://doi.org/10.1113/ep092083>

³ SwissNIS (2024) : Mesures d'exposition au rayonnement non ionisant : Rapport annuel 2023 - Consortium de projet SwissNIS. 20 août 2024. Office fédéral de l'environnement (OFEV).

<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/89991.pdf>

⁴ <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109482>

⁵ <https://www.sciencedirect.com/special-issue/109J1SL7CXT>

Tahir E, Akar Karadayı A, Gülşen Gürgeç S, Korunur Engiz B, Turgut A. **Effect of 2.45 GHz Microwave Radiation on the Inner Ear: A Histopathological Study on 2.45 GHz Microwave Radiation and Cochlea.** J Int Adv Otol. 2024 Jan;20(1):35-43. <https://doi.org/10.5152/iao.2024.231142>

Zhang Y, Ye Z, Zhang Y, Yang S, Liu M, Wu Q, Zhou C, He P, Gan X, Qin X. **Regular Mobile Phone Use and Incident Cardiovascular Diseases: Mediating Effects of Sleep Patterns, Psychological Distress, and Neuroticism.** Can J Cardiol. 2024 Jul 22:S0828-282X(24)00437-9. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2024.06.00>

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 Allschwil
Tél : +41 61 284 8111
Courriel : stefan.dongus@swisstph.ch

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

[Le groupe consultatif de spécialistes en matière de RNI \(BERENIS\)](#)

[Base de données de toutes les newsletters BERENIS avec fonction de recherche](#)

[Lien vers la liste des abréviations](#)