

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De début août à fin octobre 2019, 84 nouvelles publications ont été identifiées et 8 d'entre elles ont été discutées de manière approfondie par le groupe d'experts BERENIS. Parmi ces huit publications, trois, considérées comme particulièrement significatives, ont été sélectionnées aux fins de l'évaluation ; elles sont résumées ci-après.

1) Études animales et études cellulaires expérimentales

Indices de lésions du matériel génétique causées par l'exposition au rayonnement de la téléphonie mobile ? (Smith-Roe et al. 2019)

La publication de Smith-Roe *et al.* (2019) décrit les analyses génotoxiologiques d'échantillons de tissus effectuées dans le cadre du bio-essai à vie avec des rats et des souris mené par l'*U.S. National Toxicology Program* (NTP) sur mandat de l'*U.S. Food and Drug Administration* (FDA) pour étudier la cancérogénicité de l'exposition aux CEM-HF (voir [Newsletter BERENIS – Édition spéciale novembre 2018](#)). Les lésions de l'ADN ont été étudiées dans trois régions cérébrales (hippocampe, lobe frontal, cervelet), le foie et les globules blancs du sang (leucocytes) au moyen du test des comètes. Par ailleurs, une analyse de ce que l'on appelle les micronoyaux, qui peuvent résulter de procédures de réparation défectueuses et/ou de problèmes de réplication de l'ADN, a été menée pour déterminer s'il y avait des indices de lésions des chromosomes dans les globules rouges (précurseurs d'érythrocytes et érythrocytes matures). Selon le protocole de l'étude NTP, les animaux ont été exposés à partir du 5^e jour de la gestation à des signaux GSM (2G) ou CMDA (3G) modulés (rats : 900 MHz ; souris : 1900 MHz) par intermittence (10 min on et 10 min off) durant 18 heures par jour et 7 jours par semaine, ce qui correspond à une durée de l'exposition cumulative quotidienne de 9 heures et 10 minutes. Après 19 semaines (rats) et 14 semaines (souris), des échantillons de tissus ont été prélevés et congelés. Pour le test des comètes, cinq animaux ont été inclus pour chaque condition d'exposition (rats : TAS pour le corps entier de 1,5, 3 ou 6 W/kg ; souris : TAS pour le corps entier de 2,5, 5 ou 10 W/kg), chaque sexe et chaque espèce, ce qui a permis d'analyser les lésions de l'ADN sur 800 échantillons de tissus au total. Une relation de dose à effet conjuguée à une différence statistiquement significative (valeur $p \leq 0,025$) par rapport aux animaux de contrôle était considérée comme l'indication sans équivoque d'une altération accrue de l'ADN. Ces critères ont été observés dans l'hippocampe des rats mâles exposés à la dose la plus élevée (6 W/kg), dans les échantillons du lobe frontal des souris mâles après exposition aux deux modulations de signaux (10 W/kg) et dans les leucocytes des souris femelles. Des indications jugées en partie « douteuses » ont été trouvées dans des groupes exposés à d'autres conditions. L'analyse des micronoyaux n'a en revanche indiqué des lésions de chromosomes dans aucun des groupes exposés.

Des mutations provoquées par des lésions induites du génome pourraient être à l'origine de la carcinogénèse. De façon générale, ce modèle d'étude vise à établir une corrélation entre les lésions de l'ADN de tissus spécifiques et l'apparition de tumeurs et à considérer ces lésions comme une cause possible. À cet égard, il convient de mentionner les différences entre les sexes constatées dans l'étude oncologique et génotoxiologique du NTP. Alors que peu de résultats ont été observés chez les animaux femelles, ils sont nombreux chez les animaux mâles, surtout chez les rats. Les lésions de l'ADN observées dans ces régions du cerveau pourraient être liées aux indices d'apparition accrue de gliomes malins. Cette analyse *ex vivo* ne permet toutefois pas de conclure directement à une relation de

causalité. En effet, les lésions de l'ADN peuvent être aussi bien la cause que la conséquence de lésions néoplasiques ou de lésions non néoplasiques du tissu. Fait marquant, la part des noyaux cellulaires très fortement endommagés est relativement importante, ce qui pourrait, d'un côté, être l'indication d'importantes lésions tissulaires, mais, d'un autre côté, être aussi dû à la méthode appliquée.

Champs électromagnétiques à haute fréquence et neurones de l'hypothalamus chez les souris (Kim et al. 2019)

Cette étude avait pour objet l'investigation des effets d'un CEM-HF (835 MHz, non modulé, 4 W/kg) sur les neurones de l'hypothalamus de souris C57BL/6. Les souris ont été exposées cinq heures par jour durant une période de douze semaines. L'article ne mentionne pas d'exposition simulée du groupe de contrôle. Pour la transmission de signaux entre les cellules nerveuses, certains neurotransmetteurs sont synthétisés par les neurones présynaptiques et stockés dans des vésicules synaptiques. Ces vésicules fusionnent avec l'extrémité du neurone présynaptique et libèrent leur neurotransmetteur, qui va se fixer sur les récepteurs du neurone postsynaptique, générant ainsi un effet. L'activité de cette transmission synaptique a été analysée à l'aide des paramètres suivants : a) le nombre et la taille des vésicules synaptiques ; b) la densité des vésicules synaptiques (nombre par surface) qui s'arriment à la zone active de la membrane présynaptique et fusionnent avec elle ; c) le niveau d'expression de la synapsine I/II et de la synaptotagmine 1, deux régulateurs de l'activité de la vésicule synaptique dans les neurones, et d'un canal calcique tensiodépendant. La méthode utilisée incluait des analyses au microscope électronique, l'expression de protéines et l'expression génétique. Après l'exposition au CEM-HF, une diminution significative du nombre et de la taille des vésicules synaptiques ainsi que de l'expression des deux régulateurs de leur activité et du canal calcique a été observée dans les neurones de l'hypothalamus. Ces analyses indiquent une réduction des neurotransmetteurs libérés au niveau des neurones présynaptiques après l'exposition des cellules au CEM-HF. Par ailleurs, les auteurs ont mesuré la température corporelle et le poids des animaux et n'ont constaté aucune modification. En outre, un test d'orientation a été effectué, lors duquel les animaux devaient trouver des morceaux de nourriture cachés. Les résultats de ce test ont montré une réduction de la capacité à trouver ces morceaux de nourriture, ce qui étaye les résultats de l'étude dans les tissus.

2) Revue de la littérature

Revue systématique sur les limitations méthodologiques dans les études sur l'hypersensibilité électromagnétique (Schmiedchen et al. 2019)

Du point de vue scientifique, il existe de nombreuses incertitudes en ce qui concerne l'hypersensibilité électromagnétique (EHS). Alors qu'un grand nombre de personnes déclarent souffrir de douleurs corporelles dues à l'exposition à des CEM, de nombreuses études expérimentales sur ce thème n'ont pas pu constater de lien causal avec les CEM. La revue de littérature systématique de Schmiedchen *et al.* (2019) a porté sur les études expérimentales déjà publiées, menées dans le domaine de fréquences de 0 à 300 GHz à l'aveugle avec des participants volontaires déclarant souffrir d'EHS. Le but de l'analyse était d'évaluer les limitations méthodologiques de ces études, puisque les procédures appliquées dans chacune d'elle peuvent, en raison de certaines hypothèses de départ, mener à des résultats biaisés. À cet effet, les chercheurs ont procédé à ce que l'on appelle une évaluation des risques de biais (« *risk of bias* »), afin de déterminer étude par étude s'il existe un risque d'erreurs systématiques. De telles erreurs peuvent apparaître par exemple lorsque des personnes souffrant de maladie corporelle pouvant expliquer leurs symptômes EHS ont aussi participé à l'étude ou lorsque la succession et la

durée des conditions d'exposition appliquées peuvent être à l'origine de différents niveaux de stress. L'analyse a inclus au total 28 études, dont 7 ont trouvé des liens statistiquement significatifs entre les expositions à un CEM et des effets sur la santé des personnes souffrant d'EHS. À cet égard, les résultats ont montré aussi bien une augmentation qu'une diminution des symptômes lors de l'exposition. En revanche, 21 études n'ont pas trouvé d'indice de l'existence d'un lien entre l'exposition à un CEM et les symptômes indiqués par les participants à l'étude. Dans 82 % des études analysées, les auteurs ont critiqué l'hétérogénéité des participants, étant donné que les protocoles d'exposition appliqués n'étaient probablement pas appropriés pour une partie d'entre eux. Cet aspect pourrait avoir mené à des faux négatifs (c.-à-d. une étude qui ne trouve pas de lien entre l'exposition et les symptômes alors qu'en réalité ce lien existe), si les effets n'apparaissent que dans des conditions d'exposition bien précises. Les résultats des études qui présentent comparativement peu de limitations méthodologiques montrent moins souvent des effets dus à l'exposition. Dans presque un tiers des études analysées, l'effet nocebo¹ joue un rôle pour les symptômes des personnes souffrant d'EHS. Selon les auteurs, leur revue de la littérature indiquerait dans l'ensemble plutôt une absence de lien causal entre l'exposition à un CEM et les effets sur la santé. Le fait qu'une telle exposition puisse avoir de faibles répercussions sur la santé ou que des personnes réagissent réellement aux CEM ne peut toutefois pas être exclu. Pour les études à venir, il est recommandé d'identifier des sous-groupes et en particulier de réaliser des études sur des personnes individuelles.

3) Information sur d'autres publications

Rapports de l'ANSES sur les CEM et la santé

En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié en 2019 deux rapports sur le thème CEM et santé (en français et en anglais) :

- Avis sur les « effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences »^{2,3}
- Avis sur les effets sanitaires éventuels liés aux valeurs TAS élevées de téléphones mobiles portés près du corps^{4,5}

Rapports de l'ANFR sur la 5^e génération de téléphonie mobile (5G)

En France, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) a publié en juillet 2019 deux rapports sur le thème de la 5G :

- Informations générales sur l'exposition aux ondes électromagnétiques 5G⁶

¹ Par effet nocebo, on entend l'effet négatif sur la santé lié à une exposition, causé par les attentes de la personne concernée, soit l'opposé de l'effet placebo ([Newsletter BERENIS n° 5, mars 2016](#))

² <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2013SA0038Ra.pdf>

³ <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2013SA0038EN.pdf>

⁴ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2017SA0229Ra.pdf>

⁵ <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0229EN.pdf>

⁶ <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/CND/Rapport-ANFR-presentation-generale-5G.pdf>

- Premiers résultats de mesures sur les projets pilotes 5G (3400-3800 MHz)⁷

Bibliographie

Kim JH, Huh YH, Kim HR (2019): **Trafficking of synaptic vesicles is changed at the hypothalamus by exposure to an 835 MHz radiofrequency electromagnetic field.** Gen Physiol Biophys. 2019 Sep;38(5):379-388. Epub 2019 Aug 14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31411574>

Schmiedchen K, Driessen S, Oftedal G (2019): **Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) - a systematic review.** Environ Health. 2019 Oct 22;18(1):88. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31640707>

Smith-Roe SL, Wyde ME, Stout MD, Winters JW, Hobbs CA, Shepard KG, Green AS, Kissling GE, Shockley KR, Tice RR, Bucher JR, Witt KL (2019): **Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure.** Environ Mol Mutagen. 2019 Oct 21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31633839>

Personne de contact

Stefan Dongus
Secrétariat BERENIS
Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH)
Département Épidémiologie et santé publique
Unité Expositions environnementales et santé
Socinstr. 57, case postale, 4002 Bâle
Tél : +41 61 284 81 11
Courriel : stefan.dongus@swisstph.ch

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

[Le groupe consultatif d'experts en matière de RNI \(BERENIS\)](#)

[La liste des abréviations](#)

⁷ <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/CND/Rapport-ANFR-resultats-mesures-pilotes-5G.pdf>