

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De mi-avril à mi-juillet 2022, 128 nouvelles publications ont été identifiées, dont quatre ont fait l'objet de discussions approfondies au sein du groupe d'experts BERENIS. Deux 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

Projet collaboratif international sur le développement de cancers en lien avec l'exposition à des champs électromagnétiques de haute fréquence (réplication partielle d'une étude du NTP sur les rats) : réflexions sur la préparation du projet (Ahn et al. 2022)

En 2019, des pays asiatiques ont conjointement initié une réplication partielle d'une étude de l'*U.S. National Toxicology Program* (NTP) (voir l'[édition spéciale de novembre 2018](#) de la Newsletter BERENIS) qui s'intéresse aux effets cancérogènes des champs électromagnétiques de haute fréquence (CEM-HF) CDMA¹ (900 MHz), en particulier aux gliomes et aux schwannomes cardiaques, ainsi qu'à la génotoxicité chez des rats mâles. Le projet s'étend sur cinq ans et les expériences sur animaux ont lieu au Japon et en Corée du Sud. Les auteurs soulignent l'importance d'utiliser la même exposition et les mêmes conditions environnementales pour les animaux que celles de l'étude NTP. Le système d'exposition a été revu : sa conception diffère ainsi de celle de l'étude NTP. La taille s'élève à 70 animaux par groupe d'exposition (exposition simulée, exposition, contrôle en cage) et par pays, alors que l'étude NTP comptait 90 animaux par groupe. La dosimétrie tient compte du poids des animaux ainsi que de leur prise de poids tout au long de l'étude. Les écarts dans le positionnement des animaux et leur poids influent sur l'exposition et sur les valeurs TAS. On peut cependant supposer que la variabilité parmi les groupes (exposition CEM-HF et exposition simulée) est à peu près identique. L'étude s'intéresse à un seul niveau d'exposition, soit un TAS relatif au corps entier de 4 W/kg, alors que l'étude NTP employait trois niveaux d'exposition différents (TAS respectivement de 1,5, 3 et 6 W/kg), ce qui a permis d'identifier une relation dose-effet. L'étude NTP avait observé une augmentation significative des schwannomes cardiaques malins et des gliomes cérébraux pour le plus haut niveau d'exposition (TAS de 6 W/kg), un niveau que la présente étude n'a pas exploré. Par ailleurs, cette dernière emploie des rats mâles provenant d'un autre éleveur. Cela signifie que la lignée d'élevage et la variété (« substrain »), et donc le matériel génétique des animaux, n'est pas identique non plus à celui de l'étude NTP. Dans la nouvelle étude, les animaux soumis à une exposition simulée sont utilisés comme individus de contrôle. À noter que l'étude ne fait intervenir aucun contrôle historique, probablement car il n'en existe pas dans les laboratoires impliqués. On mentionnera ici que les contrôles employés, ceux avec exposition simulée, sont certes les plus pertinents. Cependant, si l'on observe une augmentation de l'incidence tumorale pour des tumeurs habituellement peu fréquentes telles que les schwannomes cardiaques, les contrôles historiques sont intéressants, car ils renseignent sur l'incidence tumorale de la tumeur concernée au fil des ans pour les rats de la lignée en question (variété). Concrètement, cela signifie que si ce type de tumeur augmente, il est difficile d'évaluer si l'effet a un lien avec les CEM-HF.

¹ CDMA = accès multiple à division de code (Code Division Multiple Access)

En résumé, il existe des différences entre l'étude NTP et l'étude de réplication. Il faut toutefois rappeler qu'il n'est pratiquement jamais possible de reproduire à l'identique des expériences sur animaux. Quelques paramètres essentiels rendent une comparaison des résultats des deux études difficile : en particulier l'exposition (TAS de 4 W/kg pour la nouvelle étude), qui est inférieure à celle pour laquelle l'étude NTP a observé des effets significatifs pour les schwannomes cardiaques et les gliomes, mais aussi l'absence d'une analyse dose-effet et de contrôles historiques ainsi que les différences concernant l'origine et la génétique des rats étudiés.

Les effets des ondes millimétriques sur l'activité des gènes et sur la structure secondaire de l'ADN (Lawler et al. 2022)

Les effets non thermiques des champs électromagnétiques de haute fréquence (CEM-HF) dans le domaine des ondes millimétriques (MMW) sur les systèmes biologiques sont encore peu étudiés. Lawler *et al.* (2022) ont mené une étude *in vitro* analysant l'expression sur tout le génome de fibroblastes humains primaires afin de déceler de potentiels effets biologiques d'un CEM-HF de 60 GHz. Pour réduire au minimum les influences thermiques, les chercheurs ont utilisé un système d'exposition entièrement nouveau fondé sur un faisceau continu exposant les cellules de manière intermittente. De l'ordre de 2,6 mW/cm², la puissance employée dépasse les valeurs limites (2 mW/cm² pour 6 min et 1 mW/cm² pour 30 min). Pendant quatre jours, des doses journalières de 46,8 J/cm² ont été administrées sur une durée de cinq heures.

À la suite de l'exposition aux MMW, les auteurs ont pu observer des changements d'activité (expression génétique) pour quelque 250 gènes. La réaction des cellules après exposition était sensiblement différente en comparaison des changements dans l'expression génétiques liés aux traitements thermiques et TGF- β (induction des cytokines) qui sont connus et était aussi moins étendue que ceux-ci. Les chercheurs ont constaté une augmentation de la production de collagène et de la formation de fibres extracellulaires de collagène, confirmée par des tests complémentaires par immunofluorescence, mais aussi de multiples changements d'activité des gènes jouant un rôle dans la réplication et dans la structure de l'ADN et de la chromatine. L'on sait que de telles modifications structurelles influencent l'expression et pourraient rentrer en ligne de compte comme cause potentielle pour les effets considérés. De fait, les auteurs ont montré une diminution des structures secondaires de l'ADN (des types G-quadruplexes et i-motif) chez les cellules exposées, qu'on trouve également dans les gènes à l'activité modifiée. Cependant, l'étude a uniquement permis d'observer une corrélation et non d'expliquer le mécanisme biologique sous-jacent. Elle n'a pas non plus décelé d'indices de dommages à l'ADN (mise en évidence de cassures double brin de l'ADN par immunofluorescence pour γ H2AX).

Au vu du manque de données disponibles sur les effets des MMW, il est difficile de situer les observations de Lawler *et al.* (2022), dont la méthodologie ne s'appuie sur aucune hypothèse. Leurs résultats fournissent cependant des points de départ utiles pour des recherches ultérieures. Par ailleurs, on notera que des facteurs de stress additionnels ont pu influencer sur la réponse des cellules. L'exposition a en effet été réalisée dans des conditions non physiologiques (faible proportion de sérum et hors incubateur), ce qui implique qu'il est probable que la réponse cellulaire normale soit modifiée.

2) Autres publications pour de plus amples informations : revues de littérature

Rapport sur les effets du rayonnement non ionisant (RNI) sur les arthropodes (Mulot et al. 2022)

Sur mandat de l'OFEV, une revue systématique de la littérature scientifique concernant les effets du RNI sur les arthropodes (dont font partie les insectes par exemple) a été rédigée par l'Université de Neuchâtel. Au total, 127 études ont été intégrées dans la revue et évaluées en détail. Le rapport est disponible sur le site internet de l'OFEV, en français et en allemand.²

Bibliographie

Ahn YH, Imaida K, Kim YB, Han KH, Pack JK, Kim N, Jeon SB, Lee AK, Choi HD, Wang J, Kawabe M, Kim HS (2022): **An International Collaborative Animal Study of the Carcinogenicity of Mobile Phone Radiofrequency Radiation: Considerations for Preparation of a Global Project**. Bioelectromagnetics. 2022 Apr 27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35476263/>

Lawler NB, Evans CW, Romanenko S, Chaudhari N, Fear M, Wood F, Smith NM, Wallace VP, Swaminathan Iyer K (2022): **Millimeter waves alter DNA secondary structures and modulate the transcriptome in human fibroblasts**. Biomed Opt Express. 2022 Apr 28;13(5):3131-3144. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35774325/>

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

² Français: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/elektrosmog/externe-studien-berichte/wirkung-von-nichtionisierender-strahlung-auf-arthropoden.pdf.download.pdf/Effets_des_rayonnements_non_ionisants_sur_les_arthropodes.pdf
Allemand: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/elektrosmog/externe-studien-berichte/wirkung-von-nichtionisierender-strahlung-auf-arthropoden.pdf.download.pdf/Auswirkungen_nichtionisierender_Strahlung_auf_Arthropoden.pdf

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

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

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