

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De mai à juillet 2015, 94 nouvelles publications ont été identifiées et douze d'entre elles ont été discutées de manière approfondie par le BERENIS. Parmi ces douze publications, quatre, considérées comme particulièrement significatives, ont été sélectionnées aux fins de l'évaluation ; elles sont résumées ci-après.

1) Études animales et études cellulaires expérimentales

Des déficits de mémoire induits chez la souris par des champs électromagnétiques de basse fréquence peuvent être inhibés par la neuritine (Zhao et al. 2015)

Des études indiquent que les champs électromagnétiques de basse fréquence exercent une influence sur les capacités mnésiques. Zhao *et al.* (2015) ont en effet montré, dans un modèle murin (souris), qu'une exposition à un champ de 1 mT, 50 Hz, 12 heures par jour, entraînait une diminution des capacités mnésiques. Cet effet apparaissait cependant uniquement après une exposition de 7 et de 10 jours alors que les capacités mnésiques restaient intactes après une exposition de 14 et de 21 jours. Dans les tests de mémoire, il faut s'assurer que l'effet observé n'est pas dû à un problème de coordination locomotrice des animaux avec pour conséquence des réactions plus lentes parce que les souris se déplacent plus lentement. Ceci a pu être exclu dans la présente étude. L'expérience semble indiquer que l'effet est passager. En plus de la dépendance temporelle, on a constaté, pour les jours 7 et 10, une corrélation entre les capacités mnésiques et la densité des épines dendritiques (*spines*). Les études animales analogues n'ont jusqu'à présent fourni aucun mécanisme expliquant les modifications des capacités mnésiques provoquées par l'exposition aux champs magnétiques. Une expression accrue de neuritine obtenue par des injections d'un vecteur viral adéno-associé a empêché la réduction des capacités mnésiques des souris induite par le champ magnétique. La neuritine est un facteur neurotrophique important pour le développement du système nerveux, car elle contribue notamment à la maturation des synapses et à la différenciation des cellules nerveuses. La neuritine a provoqué une augmentation de la ramification des épines dendritiques (*spines*) après l'exposition aux champs magnétiques et inhibé le déficit des fonctions mnésiques après 7 et 10 jours d'exposition aux champs magnétiques. Des études antérieures avaient montré que la neuritine exerce un effet antidépresseur et que le taux de neuritine baisse en cas de stress chronique. Les auteurs soupçonnent une relation avec le stress oxydatif (ROS) lequel conduirait à une diminution de la densité des épines (*spines*), provoquant ainsi les déficits des capacités mnésiques. Les auteurs soulignent l'importance de leurs résultats en ce qui concerne des mécanismes potentiels.

Champs magnétiques de basse fréquence et activité neuronale (Yang et al. 2015)

Yang *et al.* (2015) ont tenté de mettre en évidence les effets exercés par un champ magnétique sur l'activité des récepteurs GABA_A, ceci dans des expériences électrophysiologiques *in vitro* sur des cellules granulaires du cervelet du rat. Ils en déduisent les bases d'une relation mécanistique potentielle entre l'exposition aux champs magnétiques et les effets neuronaux comme les troubles du développement ou les influences exercées sur le comportement ou la capacité d'apprendre. Les cellules neuronales ont été exposées durant 30 à 120 minutes à un champ magnétique de 50 Hz (0,2 ou 1 mT) avant que le flux ionique n'ait été mesuré dans les canaux récepteurs activés de la membrane cellulaire par l'addition de GABA (neurotransmetteur). Ce médiateur initie une augmentation de

l'afflux d'ions chlorure entraînant une diminution du potentiel d'action des cellules nerveuses. Dans cette étude, les auteurs ont mesuré le flux ionique en fonction de la durée et de la dose d'exposition et constaté une augmentation de 10 à 20 % sans avoir observé en même temps une influence sur l'excitabilité des récepteurs GABA_A. En utilisant des activateurs et des inhibiteurs spécifiques, ils ont en outre cherché à connaître les voies de signalisation cellulaire agissant de manière régulatrice sur l'effet du champ magnétique. Il s'est avéré que la protéine kinase C, un enzyme central de la propagation des signaux cellulaires, est activée par le champ magnétique de basse fréquence. Son blocage a annulé le renforcement du flux ionique par le récepteur GABA_A lors de l'exposition, alors que l'activation spécifique de cette voie de signalisation a conduit à un effet comparable à celui du champ magnétique. En ce qui concerne l'activation de la protéine kinase C, il semble que le récepteur EP1 de la prostaglandine en soit responsable. Les observations de cette étude fournissent des bases mécanistiques intéressantes pour des recherches plus approfondies sur les effets potentiels des champs magnétiques sur le système nerveux. La mauvaise description des conditions d'exposition et le fait que l'expérimentation n'ait pas été réalisée en aveugle sont sujets à critiques.

Est-ce qu'une exposition à des champs magnétiques de moyenne fréquence exerce, chez la souris, une influence sur les biomarqueurs du cerveau ainsi que sur les capacités mnésiques? (Win-Shwe et al. 2015)

Dans cette étude, les auteurs ont porté leur attention sur l'effet des champs magnétiques de moyenne fréquence (21 kHz, 3,8 mT) sur les biomarqueurs de l'hippocampe chez les souris durant le développement et la période de croissance, en ce qui concerne a) les inflammations, b) les facteurs de transcription en relation avec des voies de signalisation du récepteur exciteur de N-méthyl-D-aspartate (NMDA) et les capacités mnésiques, et c) le stress oxydatif au niveau de l'ARN. En outre, a été étudiée, d'un point de vue histologique, l'activation éventuelle des cellules microgliales impliquées dans la défense contre divers agents pathogènes. On a exposé des souris gravides au cours de l'organogenèse des embryons durant les jours de gestation 7 à 17 (1 heure/jour) et une partie de la descendance mâle une deuxième fois du 27^e au 48^e jour après la naissance. À des fins de contrôle, des animaux correspondants ont été soumis à une exposition simulée et d'autres ont servi de contrôles en cage. Afin de saisir et de différencier les effets potentiels apparaissant durant la gestation et ensuite chez la descendance après la naissance, les biomarqueurs ont été analysés trois et sept semaines après la naissance pour ce qui est du groupe exposé une fois, et sept semaines après la naissance, immédiatement après la fin de la seconde exposition, pour ce qui est du groupe exposé deux fois. Afin de saisir un rétablissement potentiel, on a en outre suivi un groupe également exposé deux fois, mais les analyses les concernant n'ont été effectuées qu'un jour après la fin de la deuxième exposition. Les facteurs en relation avec le récepteur de NMDA, de même que les marqueurs d'inflammation et les marqueurs de stress oxydatif étaient significativement plus élevés chez les animaux mâles âgés de sept semaines et exposés deux fois que chez les animaux de même âge exposés une seule fois. Dans le groupe exposé une fois, dont les biomarqueurs avaient déjà été analysés trois semaines après la naissance, cet effet n'a pas été observé. En ce qui concerne l'activation des cellules microgliales, on n'a constaté aucune différence entre les groupes. En conclusion, on peut dire que l'exposition aux champs magnétiques durant l'organogenèse ne suffit pas, à elle seule, pour modifier les biomarqueurs significatifs d'un point de vue neurologique et immunologique. Les données obtenues après une exposition additionnelle durant la période de croissance de la descendance révèlent des processus d'inflammation, un stress oxydatif et des modifications des capacités mnésiques. Les effets observés dans les conditions expérimentales de cette étude étaient réversibles et ont disparu après la fin de l'exposition aux champs magnétiques.

2) Étude épidémiologique

Existe-t-il une relation entre champs électromagnétiques de basses ou de hautes fréquences et troubles somatiques ? (Baliatsas et al. 2015)

Dans une étude épidémiologique portant sur 5933 personnes adultes des Pays-Bas, Baliatsas et al. (2015) ont étudié la relation entre les champs électromagnétiques de basses et de hautes fréquences et les troubles somatiques. Le nombre et la durée des symptômes non spécifiques ont été recueillis au moyen de questionnaires envoyés aux participants à l'étude ; les indications apportées par les médecins de famille ont également été prises en compte. L'exposition actuelle aux CEM a été caractérisée de manière systématique au moyen de diverses sources de données. L'exposition due aux installations de téléphonie mobile, de radiodiffusion et de télévision a été estimée au moyen d'un modèle de diffusion. La distance par rapport à la ligne à haute tension la plus proche a été calculée à l'aide de systèmes d'informations géographiques. L'exposition domestique due aux téléphones sans fil de type DECT et celle due aux téléphones mobiles d'autres personnes ont été estimées grâce à un modèle qui a été calibré à partir des mesures personnelles effectuées chez la population d'une autre étude.

L'utilisation d'appareils électriques ou l'exposition due à ceux-ci (p.ex. radioréveils sur la table de nuit, chargeurs, couvertures chauffantes ou cuisinière à induction) a été saisie au moyen du questionnaire. Via ledit questionnaire, on a en outre demandé aux personnes concernées d'estimer leur exposition globale aux CEM à la maison, au travail et à l'extérieur, à chaque fois sur une échelle de 0 (« pas du tout ») à 10 (« beaucoup »). Les participants à l'étude ont été choisis au hasard ; toutefois, dans les régions où l'exposition aux immissions des installations émettrices est, selon les modèles, jugée forte, on a choisi davantage de personnes afin d'inclure un nombre aussi important que possible de personnes potentiellement très exposées. Le taux de participation a été de 46 %. Lors de l'analyse des données, on a pris en compte un certain nombre de facteurs de confusion pertinents comme l'âge, le sexe, l'éducation, le tabagisme et la consommation de boissons alcooliques. Aucune des expositions modélisées à des champs de hautes fréquences n'a permis de mettre en évidence une relation avec le nombre et la durée des troubles. On a toutefois noté diverses relations entre l'apparition de symptômes et l'exposition à des appareils électriques. Les résultats les plus constants ont été obtenus pour des symptômes plus nombreux et de plus longue durée chez des personnes ayant un chargeur situé à proximité (≤ 50 cm) de l'oreiller et chez des personnes utilisant des couvertures chauffantes. Dans les deux cas, la qualité du sommeil n'a toutefois pas été entravée. Les personnes vivant à moins de 200 mètres d'une ligne à haute tension ne présentaient pas plus de symptômes que les autres participants. L'exposition estimée par la personne elle-même en ce qui concerne les CM globaux était associée à davantage de symptômes autoreportés et diagnostiqués par les médecins de famille, une durée plus longue des troubles et une réduction de la qualité du sommeil. Il s'agit d'une des études les plus importantes sur la question et l'estimation de l'exposition a été réalisée de manière soignée. Il est peu vraisemblable que les modélisations des expositions aux immissions des stations de base de téléphonie mobile et des émetteurs de radio aient conduit à des erreurs systématiques alors que cela ne peut pas être exclu en ce qui concerne les indications personnelles rapportées par les participants : il est possible, par exemple, que les personnes présentant davantage de symptômes indiquent également une utilisation accrue d'appareils. Le point faible des modèles d'exposition est leur imprécision (variance expliquée inférieure à 30 %) et les faibles différences d'exposition. Ces dernières ont d'autant plus d'importance que l'exposition due à l'utilisation de son propre téléphone portable et de son téléphone sans fil n'a pas été prise en compte dans l'étude. Un autre point faible réside dans le fait qu'il s'agit d'une étude transversale n'apportant pas de données en fonction du temps. On ne sait donc pas si les symptômes sont dus à l'exposition ou s'ils l'ont précédée. Il se pourrait par exemple que les personnes présentant des troubles utilisent plus fréquemment une couverture chauffante, les troubles n'étant donc pas une conséquence de l'utilisation de la couverture. La présente étude

confirme toutefois les résultats d'autres études selon lesquelles les personnes se sentant exposées à des champs électromagnétiques signalent en général davantage de symptômes.

3) Revue de littérature

Rapport de l'ANSES sur le thème animaux et CEM-BF

Le rapport de l'ANSES (*Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*) intitulé « Conséquences des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur la santé animale et les performances zootechniques » a été publié en août 2015 ; le lien qui suit permet de le consulter : <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2013sa0037Ra.pdf>

Rapport final ARIMMORA

L'objectif du projet ARIMMORA (*Advanced Research on Interaction Mechanisms of electroMagnetic exposures with Organisms for Risk Assessment*) de l'UE était de déterminer les mécanismes biophysiques à la base de la relation causale potentielle entre exposition aux CEM-EBF (en anglais ; ELF[extremely low frequency]-MF) et cancer, surtout en ce qui concerne la leucémie chez l'enfant. Le rapport final a été publié : <http://arimmora-fp7.eu/index.php?page=deliverables-and-publications>

4) Informations complémentaires

Effets potentiels exercés par les antennes des stations de base sur la santé des vaches (commentaire sur Hässig et al. 2014)

Par le passé, le groupe de recherche du Prof. Michael Hässig a publié plusieurs articles sur les effets potentiels exercés par les antennes des stations de base sur la santé des vaches. La *Forschungsstiftung Strom und Mobilfunkkommunikation* a publié un commentaire (Dürrenberger & Fröhlich 2014, disponible en allemand) sur l'article intitulé « *Influence of Non Ionizing Radiation of Base Stations on the Activity of Redox Proteins in Bovines* » (Hässig et al. 2014), dont les experts BERENIS approuvent la teneur :

http://www.emf.ethz.ch/fileadmin/redaktion/public/downloads/3_angebot/wissensvermittlung/komment_infobl_broch/Haessig_2014.pdf (en allemand)

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 8111
Courriel : stefan.dongus@unibas.ch

Bibliographie

Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, Kelfkens G, Hooiveld M, Lebret E, van Kamp I (2015): **Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: An epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records.** Int J Hyg Environ Health 2015; 218 (3): 331 – 344. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25704188>

Hässig M, Wullschleger M, Naegeli H, Kupper J, Spiess B, Kuster N, Capstick M, Murbach M (2014): **Influence of non ionizing radiation of base stations on the activity of redox proteins in bovines.** BMC Vet Res. 2014 Jun 19;10:136. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24946856>

Win-Shwe TT, Ohtani S, Ushiyama A, Kunugita N (2015): **Early exposure to intermediate-frequency magnetic fields alters brain biomarkers without histopathological changes in adult mice.** Int J Environ Res Public Health. 2015 Apr 22;12(4):4406-21. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25913185>

Yang G, Ren Z, Mei YA (2015): **Exposure to 50 Hz magnetic field modulates GABAA currents in cerebellar granule neurons through an EP receptor-mediated PKC pathway.** J Cell Mol Med. 2015 Jul 14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26176998>

Zhao QR, Lu JM, Yao JJ, Zhang ZY, Ling C, Mei YA (2015): **Neuritin reverses deficits in murine novel object associative recognition memory caused by exposure to extremely low-frequency (50 Hz) electromagnetic fields.** Sci Rep. 2015 Jul 3;5:11768. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26138388>

Pour de plus amples informations sur le groupe consultatif d'experts en matière de RNI (BERENIS) et pour un aperçu des abréviations utilisées, veuillez consulter les liens suivants :
<http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01095/15189/index.html?lang=fr>

[Lien vers la liste des abréviations](#)