

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De février à avril 2019, 112 nouvelles publications ont été identifiées et neuf d'entre elles ont été discutées de manière approfondie par le groupe d'experts BERENIS. Parmi ces neuf publications, quatre, considérées comme particulièrement significatives, ont été sélectionnées aux fins de l'évaluation ; elles sont résumées ci-après. Cette newsletter présente en outre quelques études sur les effets de l'utilisation du téléphone portable sur la santé des adolescents non liés au rayonnement.

1) *Études animales et études cellulaires expérimentales*

Champs électromagnétiques de haute fréquence et fertilité chez les rats mâles (Shahin et al. 2019)

L'étude de Shahin *et al.* (2019) avait pour objet l'investigation des effets d'un CEM-HF (GSM 900 MHz, valeur TAS relative au corps entier 1,075 W/kg) sur la fertilité de rats mâles. Les animaux ont été exposés de façon réelle ou simulée à un CEM-HF durant huit semaines au total à raison de deux heures par jour. Afin de renforcer les éléments de preuve de l'effet du CEM-HF, la polyamine spermine a été administrée pour prévenir les effets éventuels du CEM-HF sur les marqueurs fonctionnels, morphologiques ou biochimiques. *[La spermine joue un rôle de premier plan dans la spermatogenèse, comme l'ont montré des études sur des souris transgéniques ayant une mutation sur l'enzyme spermine synthase. La spermatogenèse était affectée dans ces souris mutantes et elles étaient stériles. Les polyamines comme la spermine protègent aussi les spermatozoïdes contre les lésions de l'ADN ; des effets antioxydatifs, anti-inflammatoires et antiapoptotiques ont ainsi été décrits.]* Outre l'examen quantitatif des tissus et de paramètres fonctionnels des testicules et des spermatozoïdes (activité), divers marqueurs biochimiques et diverses hormones ainsi que les lésions de l'ADN dans les testicules ont été examinés.

Les résultats montrent que l'exposition au CEM-HF entraîne une diminution significative du nombre de spermatozoïdes ainsi que de leur viabilité et de leur motilité et une augmentation du nombre de spermatozoïdes présentant des anomalies. Les valeurs de l'inhibine B sérique, un marqueur de la spermatogenèse, et la concentration de testostérone présentaient une réduction significative, alors que les concentrations d'hormones comme l'hormone folliculo-stimulante, l'hormone lutéinisante et l'œstradiol montraient une augmentation significative. Suite à une exposition au CEM-HF, la protéine régulatrice StAR (*steroidogenic acute regulatory protein*), impliquée dans la stéroïdogénèse (élément de base de l'hormone sexuelle), l'expression de l'ARNm du c-kit ainsi que l'activité des enzymes androgènes clés 3 β - et 17 β -Hydroxystéroïdes Déshydrogénases étaient significativement réduites. Divers paramètres biochimiques en lien avec la dégradation oxydative de lipides, l'inflammation, l'apoptose et le stress oxydatif ont également été examinés. Les résultats montrent que l'exposition au CEM-HF favorise ces paramètres et provoque des lésions de l'ADN dans les testicules.

L'administration de spermine durant huit semaines empêche les modifications du profil hormonal et spermiologique, de la StAR et de l'expression du c-kit ainsi que des activités enzymatiques androgènes. La spermine a partiellement empêché les perturbations oxydatives, apoptotiques et inflammatoires induites par le CEM-HF.

Les effets protecteurs de la spermine et le fait que les examens des tissus testiculaires confirment les données biochimiques montrent, à différents niveaux, que le CEM-HF utilisé dans l'étude affecte la morphologie et la fonction des spermatozoïdes des rats. L'exposition au rayonnement CEM-HF porte

également atteinte au profil hormonal via la stéroïdogénèse et la spermatogénèse. Le dispositif d'exposition n'est pas clairement décrit. L'exposition du corps entier indiquée (1,075 W/kg) est nettement supérieure à la valeur limite d'immissions pour la population (0,08 W/kg).

2) Études expérimentales humaines

Champs électromagnétiques à haute fréquence et EEG au repos : un effet thermique ? (Loughran et al. 2019)

La question de savoir si les effets observés de l'exposition aux CEM-HF sur l'électroencéphalogramme (EEG) au repos sont de nature purement thermique ou dus à un mécanisme biologique encore inconnu reste controversée. Cette question présente un intérêt pour la discussion sur les valeurs limites. Dans l'étude de Loughran *et al.* (2019), 36 sujets (18 femmes, 18 hommes) ont été exposés à des champs de type GSM (920 MHz ; contrôle [TAS 0 W/kg] ; moyen [TAS maximal : 1 W/kg] ; élevé [2 W/kg]). Les participants devaient porter une combinaison où circulait de l'eau (à 34 °C) destinée à maintenir constante la température de la peau pendant l'expérience et à éviter toute influence de la température ambiante ; seules les mains et la tête n'étaient pas recouvertes. Chaque session comprenait une phase de mesure de contrôle de 16 minutes (situation de référence) suivie d'une exposition de 30 minutes. Les trois conditions ont été testées à une semaine d'intervalle (étude randomisée et en double aveugle). À la fin de l'exposition au champ de forte intensité, l'EEG présentait une activité alpha accrue. La température du médus gauche était mesurée pour avoir un suivi de la thermorégulation. Après la phase de contrôle (situation de référence), la température commençait par baisser légèrement. À la fin de l'exposition au champ de faible intensité, la température du doigt était significativement plus élevée que sous la condition de contrôle, ce que les auteurs ont interprété comme une réponse de thermorégulation claire. L'exposition pourrait avoir entraîné le réchauffement de régions du cerveau responsables de la thermorégulation, ce qui pourrait avoir provoqué une vasodilatation périphérique (doigt).

Les auteurs estiment que leur étude indique clairement un mécanisme thermique. Il s'agit toutefois d'une surinterprétation des résultats, d'autant plus que la statistique est en partie discutable et que les résultats sont incohérents, puisque seule l'exposition au champ de faible intensité montrait une augmentation de la température statistiquement significative. L'effet sur l'EEG a en revanche été observé lors de l'exposition au champ de forte intensité. Un lien entre un changement de température et un effet sur l'EEG n'a pas pu être démontré.

3) Études épidémiologiques

Malformations congénitales et exposition des mères à des champs magnétiques de basse fréquence (Auger et al. 2019)

Une étude canadienne de grande envergure a mis en regard les naissances qui ont eu lieu dans les hôpitaux de la province du Québec entre 1989 et 2016 et l'exposition des mères à des champs magnétiques de basse fréquence. La mesure d'exposition des mères a été établie sur la base de la distance géocodée entre leur domicile et la ligne à haute tension (≥ 120 kV) ou la station de transformation la plus proche. L'analyse a inclus au total 2 164 246 enfants et observé 123 575 malformations congénitales. Les plus fréquentes étaient les pieds bots (29 192), les malformations cardiaques non critiques (19 718) et les anomalies au niveau du système génito-urinaire (15 853). L'analyse a pris en compte l'âge et les maladies de la mère, le sexe et le nombre des frères et

sœurs du nouveau-né, les accouchements gémellaires, la situation résidentielle urbaine/rurale, la situation socioéconomique et la période de la naissance. Les mères qui vivaient à moins de 200 m d'une ligne à haute tension ou d'un transformateur au moment de la naissance avaient un risque plus élevé de respectivement 2 % et 5 % d'avoir un enfant avec une malformation congénitale. Le risque dans un rayon de 50 m autour d'une ligne à haute tension n'était pas plus élevé qu'à une distance de 200 m.

Il s'agit d'une très vaste étude sur un thème encore peu étudié. Un point fort de l'étude est qu'elle inclut pratiquement toutes les naissances qui ont eu lieu au Québec et qu'il a été possible d'utiliser les données objectives des rapports de sortie. L'éloignement de la ligne à haute tension ou du transformateur est toutefois une mesure d'exposition insuffisante. C'est surtout dans un rayon de 50 m autour des lignes à très haute tension (>220 kV) que l'exposition au CM-BF est plus élevée. Ce groupe n'ayant malheureusement pas fait l'objet d'une analyse de ce type, le biais de classification de l'exposition est considérable. Le fait que le risque n'était pas plus élevé dans un rayon de 50 m que dans un rayon de 200 m autour de toutes les lignes suggère toutefois que le CM-BF n'a pas d'effet sur les malformations congénitales. Les risques légèrement plus élevés pour certaines malformations individuelles dans un rayon de 200 m pourraient aussi être dus à des variables confondantes (confounder) non prises en compte. Les transformateurs mentionnés dans cette étude sont probablement des sous-stations, bien que la description soit imprécise. Il n'est pas non plus indiqué si l'analyse inclut les câbles enterrés ou non. Si c'est le cas, on aurait affaire à une autre erreur de classification concernant l'exposition, puisque les CM-BF sont très faibles dès que l'on s'éloigne un peu des câbles enterrés.

Lien entre l'utilisation d'un téléphone portable par la mère durant la grossesse, la durée de la grossesse et la croissance du fœtus (Tsarna et al. 2019)

Un ensemble de données provenant de quatre études de cohorte menées au Danemark (1996-2002), en Hollande (2003-2004), en Espagne (2003-2008) et en Corée du Sud (2006-2011) a été analysé pour examiner s'il existe un lien entre l'utilisation d'un téléphone portable par la mère durant la grossesse et la durée de la grossesse ou la croissance du fœtus. Les données examinées portaient sur un total de 55 507 femmes enceintes. Quatre niveaux d'utilisation du téléphone portable ont été distingués : nul (aucune utilisation, n = 30 433 mères), faible (1 appel par jour au maximum, 12 930), moyen (1 à 3 appels par jour, 8270) et élevé (au moins 4 appels par jour, 3874). L'analyse a tenu compte de l'âge, de la taille, du poids et de l'état civil de la mère ainsi que de sa consommation d'alcool, de sa consommation active ou passive de tabac et du nombre de grossesses antérieures. Une relation statistique a été trouvée entre l'exposition et des grossesses plus courtes ainsi qu'avec des naissances prématurées, définies comme naissance avant 36 semaines révolues de gestation. Le risque de grossesse plus courte et de naissance prématurée était de respectivement 2 % et 28 % plus élevé pour les mères qui ont beaucoup utilisé leur téléphone portable que pour celles qui l'ont peu utilisé. Aucun lien n'a été constaté en ce qui concerne la croissance du fœtus et le poids à la naissance. Selon les auteurs, l'utilisation du téléphone portable pourrait être un indicateur du stress de la mère durant la grossesse et les liens trouvés pourraient être dus à celui-ci plutôt qu'au rayonnement du téléphone portable.

Outre le nombre élevé des mères, un point fort de l'étude est la multiplicité des facteurs pris en compte dans l'analyse. Un point faible de l'étude est que 94 % des mères ont donné des indications sur l'utilisation de leur téléphone portable sept ans après leur grossesse. L'exposition du fœtus pendant que la mère téléphone est minime et on ignore comment un rayonnement aussi faible peut avoir une

influence sur le fœtus. L'exposition de celui-ci dépend probablement davantage de la durée pendant laquelle un téléphone portable est porté près du ventre et à quelle fréquence. Des données sur ce point n'étaient pas disponibles. Il n'est cependant pas exclu que l'exposition exerce une influence sur l'organisme de la mère et qu'elle pourrait ainsi indirectement influencer le fœtus.

Effets non liés au rayonnement de l'utilisation du téléphone portable sur la santé des adolescents

L'utilisation des médias numériques peut influencer de diverses manières sur la santé des enfants et des adolescents. En plus des effets potentiels des CEM-HF, d'autres effets peuvent également être liés à l'utilisation des médias numériques. On peut citer à titre d'exemple les conséquences du fait d'être réveillé la nuit par son téléphone portable, la lumière bleue de l'écran ainsi que les conséquences de longues périodes passées à l'écran ou sur les réseaux sociaux. Les études sur ces thèmes ne sont pas une priorité pour les objectifs de BERENIS et n'ont jamais été sélectionnées pour une newsletter. Quelques études de bonne qualité ayant été publiées récemment sur ce thème, nous en présentons brièvement une sélection à titre représentatif pour l'ensemble de ce domaine de recherche.

Une étude de cohorte prospective californienne portant sur 2587 adolescents âgés de 15 à 16 ans et ne présentant pas de symptôme du trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (TDAH) a montré que la probabilité de développer des symptômes du TDAH dans les deux ans dépend de manière significative de l'intensité de l'utilisation des médias numériques. Les participants à l'étude qui utilisaient le plus les médias numériques ont développé deux fois plus souvent des symptômes du TDAH que les adolescents qui les utilisaient moins (Ra *et al.* 2018).

Une étude transversale espagnole menée auprès de 226 adolescents âgés de 17 à 18 ans a mis en évidence une relation statistiquement significative entre une utilisation problématique du téléphone portable (identifiée à l'aide d'un questionnaire standardisé) et une diminution de la qualité objective et subjective du sommeil. La qualité objective du sommeil a été mesurée à l'aide d'un actimètre. L'étude a aussi montré qu'une utilisation accrue de la tablette diminuait l'efficacité du sommeil et augmentait la durée des phases de veille après l'endormissement (Cabré-Riera *et al.* 2019).

Une étude de cohorte prospective menée sur 4333 étudiants de haute école chinois a montré que ceux qui déclaraient utiliser quotidiennement leur téléphone portable durant quatre heures ou plus développaient significativement plus souvent des troubles du sommeil ou des problèmes de santé mentale dans les huit mois (Liu *et al.* 2019).

Une étude de cohorte prospective réalisée en Suisse sur 843 adolescents âgés de 12 à 15 ans a montré que le fait d'être réveillé la nuit par son téléphone portable entraînait une augmentation des problèmes de sommeil et de concentration. Les auteurs ont aussi constaté que les adolescents qui passent un temps à l'écran supérieur à la moyenne avaient un risque 2,5 fois plus élevé d'avoir des problèmes d'endormissement et qu'il y avait une plus grande probabilité qu'ils développent une série de problèmes de santé non spécifiques (Foerster *et al.* 2019).

Dans une étude irlandaise portant sur 1626 participants âgés de 6 à 7 ans et de 12 à 13 ans, les enfants qui passaient plus de trois heures par jour devant un écran avaient un risque de myopie 3,7 fois plus élevé (Harrington *et al.* 2019).

Bibliographie

- Auger N, Arbour L, Luo W, Lee GE, Bilodeau-Bertrand M, Kosatsky T (2019): **Maternal proximity to extremely low frequency electromagnetic fields and risk of birth defects.** Eur J Epidemiol. 2019 Jul;34(7):689-697. doi: 10.1007/s10654-019-00518-1. Epub 2019 Apr 11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30977029>
- Cabré-Riera A, Torrent M, Donaire-Gonzalez D, Vrijheid M, Cardis E, Guxens M (2019): **Telecommunication devices use, screen time and sleep in adolescents.** Environ Res. 2019 Apr;171:341-347. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30716511>
- Foerster M, Henneke A, Chetty-Mhlanga S, Rösli M (2019): **Impact of Adolescents' Screen Time and Nocturnal Mobile Phone-Related Awakenings on Sleep and General Health Symptoms: A Prospective Cohort Study.** Int J Environ Res Public Health. 2019 Feb 12;16(3). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30759792>
- Harrington SC, Stack J, O'Dwyer V (2019): **Risk factors associated with myopia in schoolchildren in Ireland.** Br J Ophthalmol. 2019 Feb 11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30745305>
- Liu S, Wing YK, Hao Y, Li W, Zhang J, Zhang B (2019): **The associations of long-time mobile phone use with sleep disturbances and mental distress in technical college students: a prospective cohort study.** Sleep. 2019 Feb 1;42(2). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30395300>
- Loughran SP, Verrender A, Dalecki A, Burdon CA, Tagami K, Park J, Taylor NAS, Croft RJ (2019): **Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and the Resting EEG: Exploring the Thermal Mechanism Hypothesis.** Int J Environ Res Public Health. 2019 Apr 28;16(9). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31035391>
- Ra CK, Cho J, Stone MD, De La Cerda J, Goldenson NI, Moroney E, Tung I, Lee SS, Leventhal AM (2018): **Association of Digital Media Use With Subsequent Symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Among Adolescents.** JAMA. 2018 Jul 17;320(3):255-263. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30027248>
- Shahin NN, El-Nabarawy NA, Gouda AS, Mégarbane B (2019): **The protective role of spermine against male reproductive aberrations induced by exposure to electromagnetic field - An experimental investigation in the rat.** Toxicol Appl Pharmacol. 2019 May 1;370:117-130. Epub 2019 Mar 13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30878504>
- Tsarna E, Reedijk M, Birks LE, Guxens M, Ballester F, Ha M, Jiménez-Zabala A, Kheifets L, Lertxundi A, Lim HR, Olsen J, González Safont L, Sudan M, Cardis E, Vrijheid M, Vrijkotte T, Huss A, Vermeulen R (2019): **Associations of Maternal Cell-Phone Use During Pregnancy With Pregnancy Duration and Fetal Growth in 4 Birth Cohorts.** Am J Epidemiol. 2019 Jul 1;188(7):1270-1280. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30995291>

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 \(BERENIS\)](#)

[Lien vers la liste des abréviations](#)