

Résumé et évaluation des études sélectionnées

D'avril à août 2016, 129 nouvelles publications ont été identifiées et 9 d'entre elles ont été discutées de manière approfondie par le groupe d'experts BERENIS. Parmi ces 9 publications, 4, considérées comme particulièrement significatives, ont été sélectionnées aux fins de l'évaluation ; elles sont résumées ci-après.

1) Études animales et études cellulaires expérimentales

Champs magnétiques de basse fréquence et apparition de cancer chez le rat (Soffritti et al. 2016)

Dans cette étude *in vivo* ont été examinés les effets exercés par des champs magnétiques de basse fréquence (CM-BF) sur l'apparition d'un cancer. Des rats Sprague-Dawley mâles et femelles ont été exposés au rayonnement durant 104 semaines à raison de 19 heures par jour (1000 μ T, 50 Hz). L'exposition a débuté dès avant la naissance, dans l'utérus maternel. La question de la co-cancérogenèse a également été examinée, des cas ayant été observés dans quelques études *in vivo* après exposition à des champs magnétiques. A cette fin, 50 ppm de formaldéhyde ont été mélangés avec l'eau de boisson des animaux, le formaldéhyde déclenchant en effet la formation de carcinomes thyroïdiens médullaires et de tumeurs lymphoréticulaires. Les carcinomes thyroïdiens médullaires sont des tumeurs malignes ayant une incidence d'environ 1,1 % (0,1-2,1 %) chez cette souche de rats. Dans une étude antérieure (Boorman et al. 1999)¹, une apparition accrue de carcinomes thyroïdiens médullaires avait été observée en lien avec des champs magnétiques de basse fréquence. Dans la nouvelle étude, les combinaisons d'exposition ont été les suivantes : a) formaldéhyde + CM-BF, b) CM-BF seul et c) formaldéhyde seul. Les groupes étaient formés de 200 à 500 animaux. Au terme de l'étude, aucune différence significative n'a été constatée entre les groupes en ce qui concerne l'alimentation, le poids corporel et le taux de survie. Un taux accru de cancer n'a été observé que chez les animaux mâles comme déjà relevé dans l'étude de Wyde *et al.* (2016)² portant sur le rayonnement de la téléphonie mobile (voir Newsletter BERENIS N° 7). L'exposition combinée CM-BF + formaldéhyde a conduit à une augmentation significative du nombre d'animaux mâles présentant des lymphomes. Chez les rats mâles, on a également observé un accroissement significatif du nombre de carcinomes thyroïdiens médullaires. Cette étude met elle aussi en évidence l'effet co-cancérogène des CEM. Récemment le même groupe de travail italien a publié des résultats indiquant que les CM-BF amplifiaient les effets cancérogènes dus aux rayons gamma³ (voir Newsletter BERENIS N° 6). Comme il est d'usage dans les études toxicologiques d'identification des risques, les intensités de champ magnétique appliquées étaient supérieures à celles rencontrées normalement dans l'environnement.

¹ Boorman GA, McCormick DL, Findlay JC, Hailey JR, Gauger JR, Johnson TR, Kovatch RM, Sills RC, Haseman JK (1999) : **Chronic toxicity/oncogenicity evaluation of 60 Hz (power frequency) magnetic fields in F344/N rats.** Toxicol Pathol. 1999 May-Jun;27(3) :267-78. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10356702>

² Wyde M, Cesta M, Blystone C, Elmore S, Foster P, Hooth M, Kissling G, Malarkey D, Sills R, Stout M, Walker N, Witt K, Wolfe M, Bucher J (2016) : **Report of Partial findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd : Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposures).** <http://biorxiv.org/content/early/2016/06/23/055699>

³ Soffritti M, Tibaldi E, Padovani M, Hoel DG, Giuliani L, Bua L, Lauriola M, Falcioni L, Manservigi M, Manservigi F, Panzacchi S, Belpoggi F (2016) : **Life-span exposure to sinusoidal-50 Hz magnetic field and acute low-dose γ radiation induce carcinogenic effects in Sprague-Dawley rats.** Int J Radiat Biol. 2016 Feb 19 :1-13. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26894944>

Champs magnétiques de basse fréquence et influence sur la mort cellulaire programmée (Feng et al. 2016)

Dans cette étude *in vitro* d'une grande rigueur technique, Feng et al. (2016) ont examiné l'influence exercée par l'exposition préalable à un champ magnétique de basse fréquence (50 Hz, 200, 400, 1000 ou 2000 μ T) sur la régulation de la mort cellulaire programmée (apoptose). Celle-ci joue en effet un rôle important dans un grand nombre de processus physiologiques, par exemple l'élimination des cellules dégénérées de l'organisme susceptibles d'initier la formation de tumeurs. Les auteurs ont exposé une lignée de cellules humaines isolée à partir de la cavité amniotique durant 30, 60 et 120 minutes à un CM-BF. L'exposition a montré qu'il n'y avait pas d'influence directe sur la viabilité des cellules et que rien n'indiquait un déclenchement apoptotique de celles-ci. En revanche on a observé, après une exposition de 60 minutes, mais pas après les expositions de 30 et 120 minutes, une réduction relative des stades cellulaires apoptotiques précoces chez les cultures traitées ensuite avec la staurosporine, un antibiotique déclenchant la mort cellulaire ; à la concentration appliquée, le déclenchement apoptotique s'opérait plus souvent (augmentation de 50 %). En plus d'être dépendante de la durée d'exposition, la réduction de l'apoptose a été observée pour des densités de flux de 400 et 1000 μ T, mais pas pour des champs magnétiques plus faibles et plus forts (200 et 2000 μ T). De plus, une explication possible de cet effet a été étudiée. Après une exposition de 30 et de 120 minutes, on a constaté une augmentation du nombre de radicaux libres dans les mitochondries, qui n'était pas décelable après 60 minutes, ce qui peut indiquer l'existence d'un mécanisme spécifique d'élimination des radicaux dans cette fenêtre de temps. On a en effet pu montrer que le blocage d'un pore de la membrane des mitochondries conduisait non seulement à l'augmentation du nombre de radicaux après une exposition de 60 minutes, mais également à l'élimination de la protection contre la mort cellulaire induite par la staurosporine. Lorsque le pore s'ouvre, les radicaux libres et d'autres molécules s'écoulent des mitochondries, influençant ainsi la réponse cellulaire au facteur de stress supplémentaire constitué par la staurosporine. Par ailleurs, on a également pu montrer, à l'aide d'inhibiteurs spécifiques, que la libération de ces radicaux libres dans le cytoplasme conduisait à l'activation de la voie de signalisation akt connue pour favoriser la viabilité cellulaire et pour contrer l'apoptose. On ignore cependant si ce mécanisme, intéressant en soi, initié par une exposition à des champs magnétiques, est universellement applicable à différents types de cellules et si ces effets exercent une influence significative sur des processus physiologiques de l'organisme.

2) Etudes épidémiologiques

Symptômes non spécifiques à proximité de stations de base de téléphonie mobile (Baliatsas et al. 2016)

Un groupe de recherche hollandais a examiné, dans une étude de cohorte rétrospective portant sur 1069 personnes adultes, la question de savoir s'il existait un lien entre l'apparition de symptômes non spécifiques et le rayonnement de stations de base de téléphonie mobile (Baliatsas *et al.* 2016). En se basant sur une enquête auprès de 5933 personnes adultes effectuée en 2010/2011⁴ (voir Newsletter BERENIS N° 4), ont été intégrées à la nouvelle étude toutes les personnes qui en 2004 habitaient au même endroit et pour lesquelles il existait des données relatives aux symptômes dans la banque de données des médecins de famille pour la période considérée. Au total 27 symptômes

⁴ 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>

non spécifiques souvent cités en relation avec les champs électromagnétiques ont été choisis. Le rayonnement de la téléphonie mobile du lieu de résidence a été modélisé pour la période de 2010 à 2011, celui de 2004 a été extrapolé sur la base du rapport des nombres d'antennes présents dans un rayon de 500 mètres aux deux moments considérés. Dans l'intervalle en question, le nombre d'antennes a augmenté de 30 %. L'exposition moyenne de la population de l'étude était de 0,12 V/m en 2010/2011 et 0,11 V/m en 2004. Dans une analyse transversale de l'échantillon global, aucun des symptômes n'était associé au rayonnement de la téléphonie mobile. Au total 55 des 1069 personnes ont indiqué être sensibles à ce rayonnement. En 2010/2011, ce groupe présentait davantage de symptômes qu'en 2004. On y notait également une relation entre une série de symptômes et le rayonnement de la téléphonie mobile du lieu de résidence modélisé. Le fait que la sensibilité au rayonnement de la téléphonie mobile ait été indiquée de manière rétrospective (2010/2011) constitue le point faible de cette analyse. Il n'est donc pas clair si les symptômes apparus entre-temps sont attribués au rayonnement de la téléphonie mobile simplement parce qu'il y a une station de base à proximité ou s'il existe effectivement une relation causale. Seuls l'âge, le sexe et le fait de posséder une maison ayant été pris en compte lors des analyses statistiques, le résultat pourrait avoir été faussé par d'autres facteurs de confusion. Le modèle d'exposition est simple et ne prend pas en considération des paramètres significatifs comme l'angle d'inclinaison (tilt) de la station de base. Les différences d'exposition entre les deux périodes sont faibles. En outre la réalisation d'une analyse longitudinale eût été souhaitable.

Rayonnement émis par les stations de base de la téléphonie mobile, par les émetteurs de télévision et ceux de radiodiffusion, et symptômes chez des adolescents en Suisse (Schoeni et al. 2016)

Les résultats de l'étude de cohorte prospective suisse HERMES, qui indiquent que les modifications des capacités mnésiques apparues sur une année sont en relation avec la dose de CEM cumulée reçue par le cerveau, ont été discutés dans la Newsletter BERENIS N° 6 de juin 2016. Ces modifications sont déterminées en premier lieu par l'utilisation individuelle du téléphone portable. Dans une nouvelle publication relative à cette étude de cohorte portant sur les mêmes 439 adolescents de Suisse centrale, âgés de 12 à 17 ans, on a examiné si l'exposition aux radiofréquences des stations de base de la téléphonie mobile, des émetteurs de télévision et de ceux de radiodiffusion a conduit en une année à une apparition accrue de symptômes non spécifiques comme les céphalées, la fatigue ou les perturbations de la concentration. À cet effet, l'exposition subie par chaque participant a été modélisée pour le lieu de résidence et l'école, et on a calculé une valeur moyenne pondérée dans le temps en admettant que les jeunes passaient en moyenne 4,8 heures par jour à l'école. Trois groupes d'exposition ont été formés : un groupe faiblement exposé (en dessous de la médiane ; <0,048 V/m), un groupe moyennement exposé (entre la médiane et le 75^e percentile ; 0,048-0,073 V/m) et un autre fortement exposé (>0,073 V/m). Les symptômes ont été documentés au moyen de formulaires standardisés. Dans toutes les analyses, l'âge, le sexe, la nationalité, le niveau scolaire, l'activité physique, la consommation de boissons alcoolisées et l'éducation des parents ont été pris en compte comme cofacteurs. Dans les analyses longitudinales, on a en outre pris en considération l'augmentation de la taille des adolescents durant l'année écoulée entre les deux enquêtes. Dans l'analyse transversale, on a constaté qu'aucun des symptômes considérés n'était en relation avec l'exposition aux radiofréquences modélisée. Dans les analyses longitudinales, la nouvelle apparition de fatigue dans le groupe le plus exposé avait augmenté d'un facteur 2,94 (95 % intervalle de confiance : 1,43-6,05). Pour les autres symptômes, aucune relation n'avait été constatée. Dans une analyse des variations, l'épuisement a augmenté d'un facteur 2 chez les personnes plus fortement exposées en l'espace d'un an comparé à celles n'ayant constaté aucune modification ou alors une réduction de l'exposition dans la même période (odds ratio : 0,50 : 0,27-0,93). Les auteurs interprètent les quelques résultats significatifs et épars comme des effets du hasard. Il s'agit de la première étude longitudinale au monde portant sur des adolescents et concernant les radiofréquences émises dans l'environnement par des émetteurs fixes. La saisie

systématique de l'exposition aux radiofréquences au moyen d'un modèle de diffusion validé constitue un point fort de l'étude. Toutefois les différences apparues dues aux expositions sont très faibles. Des estimations effectuées dans la cohorte, il ressort que l'exposition aux sources éloignées (WLAN et téléphones sans fil compris) ne constituait en moyenne que 1,6 % du rayonnement absorbé par le cerveau et 6,0 % de celui absorbé par le corps entier⁵. Il n'est donc pas étonnant de ne pas avoir trouvé de relation avec les symptômes. La taille réduite de l'échantillon constitue un point faible de l'étude.

3) Revue de littérature

Rapport de l'ANSES sur le thème exposition aux radiofréquences et santé des enfants

Le rapport de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) intitulé « Exposition aux radiofréquences et santé des enfants » a été publié en juillet 2016 ; le lien qui suit permet de le consulter :

<https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2012SA0091Ra.pdf>

Bibliographie

Baliatsas C, van Kamp I, Bolte J, Kelfkens G, van Dijk C, Spreeuwenberg P, Hooiveld M, Lebet E, Yzermans J (2016): **Clinically defined non-specific symptoms in the vicinity of mobile phone base stations: A retrospective before-after study.** Sci Total Environ. 2016 Sep 15;565:714-20. Epub 2016 May 21. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219506>

Feng B, Ye C, Qiu L, Chen L, Fu Y, Sun W (2016): **Mitochondrial ROS Release and Subsequent Akt Activation Potentially Mediated the Anti-Apoptotic Effect of a 50-Hz Magnetic Field on FL Cells.** Cell Physiol Biochem. 2016;38(6):2489-99. Epub 2016 Jun 17. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27310130>

Schoeni A, Roser K, Bürgi A, Rössli M (2016): **Symptoms in Swiss adolescents in relation to exposure from fixed site transmitters: a prospective cohort study.** Environ Health. 2016 Jul 16;15(1):77. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27422272>

Soffritti M, Tibaldi E, Padovani M, Hoel DG, Giuliani L, Bua L, Lauriola M, Falcioni L, Manservigi M, Manservigi F, Belpoggi F (2016): **Synergism between sinusoidal-50 Hz magnetic field and formaldehyde in triggering carcinogenic effects in male Sprague-Dawley rats.** Am J Ind Med. 2016 Jul;59(7):509-21. Epub 2016 May 24. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219869>

Personne de contact

Stefan Dongus
Secrétariat BERENIS

⁵ Roser K, Schoeni A, Bürgi A, Rössli M (2015) : **Development of an RF-EMF Exposure Surrogate for Epidemiologic Research.** Int J Environ Res Public Health. 2015 May 22;12(5) :5634-56. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26006132>

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
E-mail : stefan.dongus@unibas.ch

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 :

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

[Lien vers la liste des abréviations](#)