

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De mi-juillet à mi-octobre 2020, 108 nouvelles publications ont été identifiées dont huit ont fait l'objet de discussions approfondies au sein du groupe d'experts BERENIS. Trois 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*

Réaction inflammatoire due aux particules fines renforcée par l'exposition à un champ électromagnétique de haute fréquence (Sueiro-Benavides et al. 2020)

Dans le cadre de l'étude de Sueiro-Benavides *et al.* (2020), une approche expérimentale intéressante a été testée sur des cultures de cellules du système immunitaire. Les auteurs ont analysé l'action combinée de deux facteurs environnementaux : un CEM-HF et un modèle de suie. Pour ce faire, ils ont exposé de manière simultanée une lignée cellulaire macrophage de souris (RAW 264.7) à un CEM-HF de 2,45 GHz (TAS de 0,4 W/kg) et à deux concentrations différentes de particules de suie. Les durées d'exposition s'élevaient à 24 ou 72 heures, périodes à l'issue desquelles les différentes réponses cellulaires ont été comparées au moyen de traitements individuels et de contrôle. Les chercheurs ont ainsi constaté qu'isolément, une exposition de 24 heures à un CEM-HF n'avait pas d'influence sur la vitalité des cultures cellulaires, alors que la concentration la plus élevée en particules de suie réduisait cette vitalité, le phénomène s'accroissant encore sous l'action combinée de ces deux facteurs. Les expositions de 72 heures répondaient au même schéma en matière de résultats, bien que l'effet cumulatif de la combinaison des deux facteurs n'ait pas été observé avec la concentration la plus faible en particules de suie et que la seule exposition à un CEM-HF s'accompagnait aussi d'une légère diminution de la vitalité des cultures. Dans la suite de ces observations, de légères modifications du marqueur de l'apoptose caspase 3 ont également été notées. Les chercheurs ont en outre examiné l'impact de l'exposition sur la réaction inflammatoire. Pour ce faire, ils ont mesuré plusieurs marqueurs d'inflammation pertinents tels que le TNF α (tumor necrosis factor α), l'IL-1 β (interleukine 1 β) et le monoxyde d'azote (NO). Comparée à une faible concentration en particules de suie, l'exposition de 24 heures au CEM-HF a déclenché une augmentation plus conséquente des marqueurs d'inflammation, tandis que la combinaison des deux facteurs environnementaux a eu pour effet d'accroître la formation de NO, mais n'a pas donné lieu à une augmentation du TNF α ni de l'IL-1 β . Pour l'analyse NO, des lipopolysaccharides (LPS) issus de la paroi cellulaire bactérienne ont été utilisés en complément en vue de forcer la réponse immunitaire. Les modifications apportées aux paramètres immunitaires se sont répercutées sur l'activité de phagocytose des macrophages. Les cellules exposées au CEM-HF ont ainsi absorbé des quantités nettement plus élevées de particules de suie que les cellules de contrôle non soumises à un champ électromagnétique.

Les observations présentées dans cette publication sont intéressantes dans la mesure où la combinaison de différentes influences environnementales correspond à un scénario d'exposition réaliste. Dans la vie quotidienne, d'innombrables facteurs environnementaux apparaissent simultanément et leurs interactions jouent un rôle majeur dans le comportement adopté pour faire face à ces situations de stress. À cet égard, les auteurs ont discuté du fait que l'exposition au CEM-HF a activé des voies de signalisation, stimulant ainsi une réaction inflammatoire et une prolongation de l'activité de phagocytose des macrophages, ce qui serait susceptible de modifier l'efficacité du système

immunitaire. Néanmoins, quelques incertitudes d'ordre technique et méthodologique doivent encore être levées pour consolider les conclusions de cette étude. En effet, plusieurs erreurs semblent s'être glissées dans les illustrations, et les conditions de contrôle devraient être plus rigoureuses afin d'éliminer tout risque subséquent de distorsion des résultats. L'étude fournit nonobstant de précieuses indications sur l'influence qu'un CEM-HF peut exercer sur la réponse immunitaire déclenchée par d'autres facteurs environnementaux.

Étude des effets des champs électromagnétiques de haute fréquence sur le cryptochrome des plantes (Albaqami et al. 2020)

L'étude menée par Albaqami *et al.* (2020) est certes sans pertinence pour la santé humaine, mais elle permet une nouvelle fois de démontrer le rôle du récepteur de cryptochrome (CRY) dans la perception des champs électromagnétiques. Ce récepteur se présente sous la forme d'une flavoprotéine conservée au fil de l'évolution, que l'on trouve non seulement chez les mammifères et les oiseaux, mais aussi chez les plantes. Les chercheurs ont exposé de l'arabette des dames à de la lumière bleue durant six cycles consécutifs d'une durée totale de 90 minutes (cycles itératifs de 5 minutes de lumière bleue et de 10 minutes d'obscurité). Les plants ont simultanément été exposés à des champs électromagnétiques de 7 MHz, accompagnés soit d'un champ magnétique de 2 μ T (pendant 4 semaines au total), soit d'un champ magnétique faible de 200 nT (pendant une semaine). Cette exposition a réduit leur réponse biologique à la lumière bleue via l'activité CRY1. Cet effet était plus marqué lorsque le champ magnétique artificiel était orienté à 90° par rapport au champ magnétique terrestre que lorsqu'il était orienté à 180°.

La lumière bleue a provoqué une inhibition de la croissance des plantes due à une augmentation de l'activité des cryptochromes. Le CEM-HF et le champ magnétique de 200 nT ont entravé la phosphorylation du CRY1 et ainsi activé le récepteur CRY1. Après l'exposition au CEM-HF, la croissance des plantes était accélérée. L'augmentation de l'expression des gènes participant à la modulation des cryptochromes est en outre venue corroborer ces constats. En s'appuyant sur un modèle théorique, les auteurs imputent ces effets au mécanisme des paires de radicaux. Comme cela avait déjà été démontré chez les mammifères et les oiseaux, à des fréquences similaires, il existe chez les plantes également un lien de causalité entre la perception du champ magnétique et le récepteur CRY.

2) Études expérimentales réalisées sur l'être humain

Peu d'indices pour établir une relation entre les champs électromagnétiques de haute fréquence et le sommeil des hommes jeunes et plus âgés en bonne santé (Eggert et al. 2020)

Cette étude a examiné si des effets potentiels des CEM-HF sur les hommes dépendaient de l'âge des sujets. Dans ce cadre, les chercheurs ont procédé à l'analyse de données issues de trois expériences en double-aveugle et randomisées. Chacune portait sur un échantillon de 30 participants : des hommes jeunes (âge moyen de 25,5 ans ; 2 groupes) et des hommes plus âgés (âge moyen de 69,1 ans) ont été exposés 30 minutes avant de plonger dans le sommeil et pendant toute la nuit à deux types de CEM-HF ainsi qu'à une condition de contrôle sans champ. Dans les conditions avec CEM-HF, les chercheurs ont travaillé avec le système GSM900 (Global System for Mobile Communications ; fréquence porteuse de 915 MHz, modulation de 217 Hz, duty cycle de 0,125, TAS de 2 W/kg) et le système TETRA (Terrestrial Trunked Radio ; fréquence porteuse de 385 MHz, modulation de 17,6 Hz, duty cycle de 0,25, TAS de 6 W/kg). Pour chaque sujet observé, les données de sommeil ont été recueillies sur neuf nuits (soit trois blocs avec trois conditions).

Comme l'on pouvait s'y attendre, la condition de contrôle a révélé des différences physiologiques très nettes entre les hommes jeunes et les hommes plus âgés (p. ex. durées de sommeil plus courtes, latence d'endormissement plus longue, sommeil plus fragmenté, efficacité du sommeil plus faible et moins de sommeil profond chez les sujets plus âgés). L'exposition au système TETRA a engendré dans les deux groupes d'âge une réduction significative de la latence d'endormissement (temps s'écoulant jusqu'au sommeil confirmé), ce qui peut donc être considéré comme un effet somnifère. L'exposition au système GSM900 n'a eu aucun impact sur les paramètres objectifs du sommeil. Dans deux sur quatre paramètres subjectifs du sommeil (durée du sommeil et nombre de phases de veille), il a été observé une faible interaction entre l'âge et l'exposition au GSM900.

L'étude n'a guère montré de répercussions sur le sommeil imputables au CEM-HF. Compte tenu du grand nombre de tests statistiques menés, les quelques rares résultats significatifs apparus de manière sporadique peuvent être mis sur le compte du hasard. Les tailles d'effet étaient à chaque fois minimes.

Bibliographie

Albaqami M, Hammad M, Pooam M, Procopio M, Sameti M, Ritz T, Ahmad M, Martino CF (2020) : **Arabidopsis cryptochrome is responsive to Radiofrequency (RF) electromagnetic fields**. Sci Rep. 2020 Jul 9;10(1):11260. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32647192/>

Eggert T, Dorn H, Sauter C, Schmid G, Danker-Hopfe H (2020) : **RF-EMF exposure effects on sleep - Age doesn't matter in men!** Environ Res. 2020 Sep 12:110173. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32931791/>

Sueiro-Benavides RA, Leiro-Vidal JM, Salas-Sánchez AA, Rodríguez-González JA, Ares-Pena FJ, López-Martín ME (2020) : **Radiofrequency at 2.45 GHz increases toxicity, pro-inflammatory and pre-apoptotic activity caused by black carbon in the RAW 264.7 macrophage cell line**. Sci Total Environ. 2020 Oct 4:142681. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33071139/>

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 \(PDF\)](#)