

## Résumé et évaluation des études sélectionnées

De début mai à fin juillet 2021, 106 nouvelles publications ont été identifiées, dont six 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. Les experts ont en outre discuté d'une étude sur la perception du risque de la 5G (Frey 2021), laquelle avait déjà été éditée sous forme de prépublication (*preprint*) fin 2020, avant la parution de la version définitive (*peer-reviewed*) en septembre 2021.

### 1) Études animales et études cellulaires expérimentales

*L'exposition de souriceaux en phase postnatale à des champs électromagnétiques de haute-fréquence (CEM-HF) modifie les structures postsynaptiques et inhibe la croissance des neurites dans les cellules nerveuses de l'hippocampe (Kim et al. 2021)*

Peu de recherches existent sur les effets des CEM-HF sur la mémoire et le comportement d'apprentissage des enfants. Dans le cadre d'une étude animale menée sur de jeunes souris, Kim *et al.* (2021) ont analysé la performance mémorielle des souriceaux à l'issue d'une période de 28 jours à raison de 5 heures d'exposition par jour (1850 MHz, TAS pour le corps entier : 4 W/kg). Les scientifiques ont en outre mesuré la longueur et la morphologie des prolongements des cellules nerveuses (neurites) ainsi que leurs excroissances (« dendritic spines »). Ces épines dendritiques jouent un rôle important dans l'activité synaptique et la transmission des signaux. Dans cette étude, les observations ont été menées d'une part dans la zone cérébrale de l'hippocampe – qui appartient au système limbique et intervient dans la gestion des émotions, l'apprentissage et la mémoire – et d'autre part dans des cultures cellulaires primaires de cette même zone cérébrale. Ici encore, la durée d'exposition était de 5 heures par jour (TAS : 4 W/kg SAR) sur une période de 9 jours au total. Les protéines déterminantes sur le plan fonctionnel pour la transmission des signaux – telles que les récepteurs du glutamate, la protéine « postsynaptic density protein » (PSD95) et le facteur neurotrophique issu du cerveau (« brain-derived neurotropic factor », BDNF) – ont été analysées à différents moments. Une tâche importante du BDNF, un facteur de croissance présent en particulier dans la zone du cerveau antérieur, de l'hippocampe et du cortex cérébral, est de protéger les neurones et les synapses déjà existants. Le BDNF stimule également la croissance et le développement de nouveaux neurones, de voies neuronales et de synapses.

Chez les animaux ayant été exposés aux CEM-HF, les résultats *in vivo* ont révélé que le nombre d'épines dendritiques était moins important dans les neurones du gyrus denté (*gyrus dentatus*), mais que ce n'était pas le cas dans la corne d'Ammon (*cornu ammonis*). Dans ces deux zones de l'hippocampe, les scientifiques ont en outre constaté une réduction des récepteurs du glutamate sur les prolongements dendritiques en forme de champignon, ainsi qu'une expression amoindrie du BDNF. En conformité avec les résultats morphologiques, la performance mémorielle des animaux exposés aux CEM-HF était moins élevée que celle des souris exposées de façon simulée. Dans les expériences menées avec des cellules nerveuses primaires cultivées, il a été constaté que la protéine PSD95 augmentait au fil du temps, mais que cette augmentation était significativement moindre pour les neurones exposés aux CEM-HF durant les jours 5 à 9 *in vitro*. Dans les cultures de cellules nerveuses exposées aux CEM-HF, les neurites étaient aussi notablement plus courts.

Bien que ces résultats concordent avec ceux d'autres études (voir aussi Chen *et al.* 2021) ayant montré une dégradation de la neurogenèse suite à une exposition aux CEM-HF *in vitro*, il n'est pas exclu que des effets de température aient pu avoir une incidence sur les résultats de cette étude. Une augmentation de la température de l'ordre de 0,6 °C par heure a en effet été constatée pour un fantôme placé dans une solution saline.

#### *Modification de la différenciation des neurones sous l'effet des CEM-HF (Chen et al. 2021)*

L'étude *in vitro* de Chen *et al.* (2021) visait à analyser l'influence d'un CEM-HF issu de signaux GSM modulés sur le développement neuronal (1,8 GHz, TAS : 4 W/kg, 5/10 minutes on/off). Pour ce faire, les auteurs ont exposé des cellules souches neuronales d'embryons de souris à un CEM-HF pendant une durée de 48 heures. L'exposition a eu lieu un à deux jours après le déclenchement du processus de différenciation, lequel s'est déroulé en conditions non influencées et a abouti à une différenciation de 55 % de neurones et 35 % d'astrocytes. Les constats et résultats les plus importants ont été confirmés dans des cellules de neuroblastes différenciées de type Neuro-2a. Les auteurs ont tout d'abord étudié si l'exposition au CEM-HF durant le processus de différenciation induisait une modification globale de l'expression génétique ; dans ce contexte, ils ont constaté des changements dans l'expression d'environ 240 gènes. Nombre de ceux-ci participent à la formation des prolongements nerveux (dendrites, axones) et au développement neuronal à travers la régulation de diverses cascades de signaux ou du cytosquelette (filaments du réseau microtubulaire/filaments d'actine). Les filaments du cytosquelette jouent un rôle majeur dans l'apparition des prolongements cellulaires des neurones (neurites) cultivés en laboratoire. S'appuyant sur les présomptions issues de l'analyse de l'expression génétique, les scientifiques ont approfondi leurs recherches sur le plan moléculaire et morphologique. L'exposition au CEM-HF a ainsi induit une diminution de la longueur et du nombre de ramifications des neurites. Cette diminution se produisait simultanément à une réduction de la protéine DCX (associée aux microtubules) et du récepteur des ligands d'éphrine Epha5. En recourant à l'inhibition pharmacologique et à la modulation des voies de signalisation, les auteurs ont étudié le mécanisme conduisant à des modifications de l'activité des récepteurs.

Il ressort de leurs observations que le récepteur des ligands d'éphrine Epha5 joue un rôle central dans la diminution du développement neuronal induite par les CEM-HF issus de signaux GSM modulés. Les auteurs supputent en outre que la réduction du récepteur Epha5 pourrait résulter d'une modification des voies de signalisation calcique. Au-delà de leur rôle déjà bien documenté sur le développement et le fonctionnement des neurones, une perturbation du fonctionnement des voies calciques et des autres canaux ioniques est souvent citée comme cause potentielle des effets, ou du mécanisme d'action, des CEM. Dans sa version actualisée, la revue de littérature de Bertagna *et al.* (2021) (voir ci-dessous) reprend plus en détail ce postulat. Les résultats de l'étude de Chen *et al.* (2021) ainsi que les observations similaires recueillies dans le cadre de modélisations animales et de cultures cellulaires en lien avec le développement neuronal sont par conséquent plausibles et nécessitent un examen plus approfondi.

## **2) Étude sur la perception du risque**

### *Perception du risque présenté par la 5G : une étude de cas systématique (Frey 2021)*

Frey (2021) a mené deux enquêtes sur la perception du risque liée à la nouvelle technologie mobile 5G auprès de la population suisse. La première a eu lieu avant que le rapport d'experts sur la technologie 5G élaboré sur mandat du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de

la communication (DETEC, novembre 2019) n'ait été publié<sup>1</sup>. Elle a révélé que 65 % des 2919 personnes interrogées associaient la 5G à un risque moyen à élevé et estimaient que cette nouvelle technologie mobile ne présentait qu'un intérêt mineur, voire nul pour elles-mêmes. D'un autre côté, 61 % des personnes interrogées considéraient que cette technologie présentait un avantage pour la société dans son ensemble, et 76 % un intérêt élevé pour l'économie. Un besoin de davantage de régulation (74 %) et de recherche (90 %) en la matière est également ressorti de l'enquête. Dans le cadre d'un référendum national, 52 % des personnes interrogées se seraient prononcées contre la 5G. Le ressenti subjectif d'une menace et l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) comptent parmi les facteurs ayant induit une évaluation plus élevée du risque. La confiance dans les autorités, le sexe (masculin) et les connaissances objectives sur la technologie 5G ont à l'inverse donné lieu à une évaluation plus basse du risque. La seconde enquête (étude transversale, 1013 autres personnes interrogées) a produit les mêmes résultats que la première. La publication du rapport n'a donc pas influencé l'opinion. Une étude de terrain longitudinale – au cours de laquelle 839 participants déjà sollicités lors de la première enquête ont une nouvelle fois été interrogés – a également été menée. Répartis de manière aléatoire en quatre groupes, certains d'entre eux s'étaient vu remettre en amont des documents informatifs (présentant des degrés de précision divers) tirés du rapport d'experts, tandis que d'autres n'avaient reçu aucune documentation. Il a été constaté que la perception du risque évoluait dans les deux sens, mais qu'une simple information des participants, comme lors de cette expérience, ne semblait pas globalement conduire à une évaluation plus basse du risque. En revanche, la confiance accordée aux autorités ainsi que l'ampleur de la menace perçue pourraient potentiellement modifier l'évaluation du risque. L'étude a montré que cette opération d'information unique n'a guère eu d'influence sur la perception du risque. Elle ne peut cependant pas fournir d'indications au sujet de l'impact d'informations variées, par exemple à travers les médias, sur la modification de la perception du risque au sein d'une société.

### **3) Autres publications pour de plus amples informations : revues de littérature**

#### *Influence des champs électromagnétiques sur les canaux ioniques*

Basée sur les études publiées entre 2005 et 2020, la revue de littérature systématique de Bertagna *et al.* (2021) s'intéresse à l'influence des CEM sur les canaux ioniques des cellules neuronales. Au total, 21 études y sont résumées.

#### *Effets sur la santé des réseaux mobiles*

La revue de littérature de Dongus *et al.* (2021) porte sur les répercussions biologiques et les effets sur la santé des réseaux mobiles. Elle rassemble de manière systématique les études publiées sur le sujet depuis 1997, et 23 d'entre elles y sont résumées.

---

<sup>1</sup> DETEC (2019) : Rapport Téléphonie mobile et rayonnement. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), groupe de travail Téléphonie mobile et rayonnement. 18 novembre 2019. <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/59385.pdf>

## **Bibliographie**

Bertagna F, Lewis R, Silva SRP, McFadden J, Jeevaratnam K (2021) : **Effects of electromagnetic fields on neuronal ion channels: a systematic review.** Ann N Y Acad Sci. 2021 May 4.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33945157/>

Chen C, Ma Q, Deng P, Lin M, Gao P, He M, Lu Y, Pi H, He Z, Zhou C, Zhang Y, Yu Z, Zhang L (2021) : **1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Field Impairs Neurite Outgrowth Through Inhibiting EPHA5 Signaling.** Front Cell Dev Biol. 2021 Apr 12;9:657623.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33912567/>

Dongus S, Jalilian H, Schürmann D, Rösli M (2021) : **Health effects of WiFi radiation: a review based on systematic quality evaluation.** Crit Rev Environ Sci Technol. Epub 2021 Jul 24.

<https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1951549>

Frey R (2021) : **Psychological Drivers of Individual Differences in Risk Perception: A Systematic Case Study Focusing on 5G.** Psychol Sci. 2021 Sep 22:956797621998312.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34550820/>

Kim JH, Chung KH, Hwang YR, Park HR, Kim HJ, Kim HG, Kim HR (2021) : **Exposure to RF-EMF Alters Postsynaptic Structure and Hinders Neurite Outgrowth in Developing Hippocampal Neurons of Early Postnatal Mice.** Int J Mol Sci. 2021 May 19;22(10):5340.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34069478/>

## **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](mailto: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 \(PDF\)](#)