

Effets des champs électromagnétiques de la téléphonie mobile sur le métabolisme cérébral

Peter Hensinger

Nous assistons actuellement à une profonde mutation dans la manière dont les enfants et les adolescents grandissent. L'arrivée du smartphone sur le marché en 2007 a marqué un tournant. L'enfance et la socialisation axées sur le jeu ont été remplacées par celles axées sur le smartphone. Selon une étude de la Postbank réalisée en 2025, les jeunes passent aujourd'hui en moyenne plus de 70 heures par semaine en ligne, principalement sur leurs smartphones et leurs tablettes.¹ Quel temps leur reste-t-il pour d'autres choses ?

Depuis environ 2010, suite à la diffusion rapide des smartphones, on constate une augmentation spectaculaire des troubles de la concentration, des problèmes de sommeil, des troubles du développement du langage, des dépressions et des pensées suicidaires chez les jeunes, ainsi qu'une baisse annuelle des performances scolaires.² Chaque nouvelle étude PISA et sur les normes éducatives fait état d'une baisse constante. Le communiqué de presse de la Conférence des ministres de l'Éducation sur la nouvelle étude IQB (2025) concernant la baisse des performances dans les matières MINT (mathématiques, informatique, sciences naturelles, technologie) en indique les causes. Il y aurait « *une baisse de la motivation, de la confiance en soi et des compétences de base* » parce que « *une consommation excessive des médias, notamment des réseaux sociaux, nuit au développement des jeunes* ». ³ Mais pour le reste, on avance à tâtons dans le brouillard, car pour analyser la catastrophe éducative et opérer un tournant pédagogique, il faudrait prendre en compte les causes sociétales globales, notamment l'économisation et la numérisation de l'éducation et l'abandon de l'idéal éducatif de Humboldt.⁴

Ces évolutions font l'objet de nombreux débats, et c'est à juste titre que l'accent est mis sur la dimension psychosociale des médias numériques, à savoir la surstimulation, le potentiel de dépendance et le manque d'activité physique avec ses conséquences typiques telles que le surpoids et les maladies cardiovasculaires. Les lignes directrices de 2023 sur l'utilisation dysfonctionnelle des écrans décrivent en détail cette évolution dramatique. ⁵

Un aspect central est rarement abordé dans le débat public, alors qu'il aurait dû susciter l'inquiétude depuis longtemps : les effets de l'exposition aux rayonnements des appareils numériques mobiles.⁶ Le risque de tumeur cérébrale lié à l'utilisation des téléphones portables fait l'objet de nombreux débats publics, mais pas les effets sur le métabolisme cérébral, responsable de l'apprentissage et de la mémoire. C'est le sujet de cet article. Que se passerait-il si non seulement le stress psychosocial et les contenus brutalisants⁷, mais aussi l'infrastructure du monde numérique – les champs électromagnétiques de la téléphonie mobile – interféraient profondément dans le développement neurobiologique ? S'intéresser aux rayonnements n'est pas ésotérique, nous avons un Office fédéral de protection contre les rayonnements. Les risques liés aux rayons X ou aux rayonnements ionisants sont incontestables. Mais les risques liés aux rayonnements non ionisants de la téléphonie mobile sont contestés, pour des raisons économiques. Et nous avons en plus une dissonance cognitive chez les utilisateurs. Ils aiment leurs smartphones et ne veulent pas entendre de mauvaises nouvelles sur les risques. Mais les études sont sans équivoque.

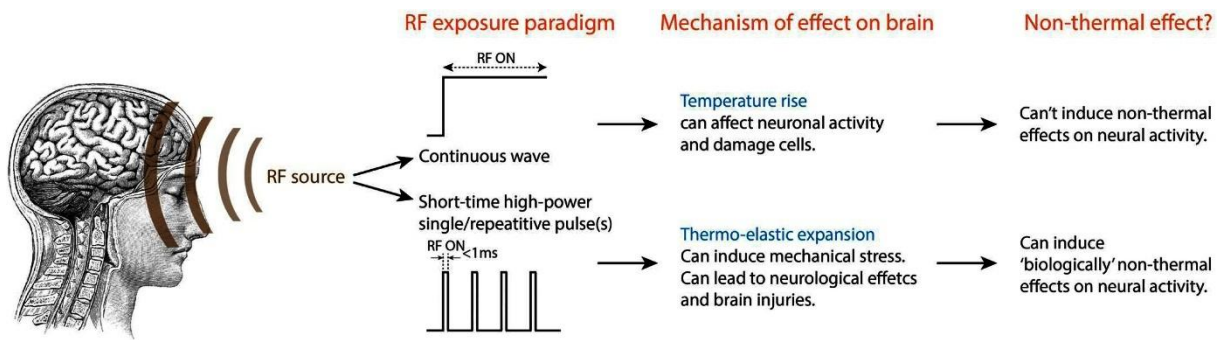


Fig. 1 : La recherche étudie les effets thermiques et non thermiques des rayonnements non ionisants sur le cerveau. La base de données EMF:Data de diagnose:funk documente des études ayant démontré des effets biologiques. Graphique : Omid Yaghmazadeh (2024) : Pulsed High-Power Radio Frequency Energy Can Cause Non-Thermal Harmful Effects on the BRAIN, IEEE Open Journal of Engineering of Medicine and Biology.

Résultats d'études épidémiologiques

Le cerveau humain est un organe électrochimique. Son fonctionnement repose sur des rythmes électriques finement réglés et la transmission électrochimique des signaux au niveau des synapses. La potentialisation à long terme (LTP), c'est-à-dire le renforcement et la stabilisation progressifs des connexions synaptiques, joue ici un rôle clé : Il s'agit du processus par lequel nous stockons ce que nous avons appris dans notre mémoire.

Lorsque des champs électromagnétiques à haute fréquence (HF-EMF), tels que ceux émis par les smartphones, les tablettes ou les appareils WLAN, interfèrent avec ce système, ils peuvent perturber ces rythmes neuronaux, inhiber la formation des synapses et entraver des processus centraux tels que la formation de la mémoire et la régulation des émotions. De nombreuses études le prouvent : ces perturbations sont avérées et suivent des mécanismes compréhensibles.

Je me baserai dans un premier temps sur quatre études épidémiologiques, puis j'analyserai dans quelle mesure ces résultats sont également causés par l'exposition aux CEM-HF.

Étude 1 : Avec la participation des autorités sanitaires américaines (NIEHS/NIH National Institute of Environmental Health Sciences/National Institute of Health), des études intitulées « Exposition prénatale et postnatale à l'utilisation des téléphones portables et problèmes de comportement chez les enfants » ont déjà été menées au Danemark en 2008 et 2012 (Divan et al.). La première, portant sur 13 159 enfants âgés de 7 ans, a conclu que l'exposition prénatale et postnatale aux téléphones portables était associée à des problèmes comportementaux généraux chez les enfants, tels que des symptômes de TDAH, des problèmes émotionnels ou des problèmes avec leurs pairs (OR 1,80 ; IC 1,45-2,23).⁸ Cette étude a ensuite été reproduite en 2012 sur un nouveau groupe de 28 745 enfants, et les résultats ont été confirmés. Les rapports de cotes (risque relatif) les plus élevés pour les problèmes de comportement ont été observés chez les enfants exposés aux rayonnements des téléphones portables avant et après la naissance, par rapport aux enfants non exposés (OR 1,5 ; IC 1,4-1,7).

Étude 2 : Förster et al. (2018) ont examiné plus de 700 adolescents en Suisse et ont trouvé une corrélation : plus l'exposition aux rayonnements dus à l'utilisation des téléphones portables était élevée, plus les performances en matière de mémoire figurative, c'est-à-dire la reconnaissance et la mémorisation d'informations visuelles, étaient mauvaises.⁹

Étude 3 : une étude récente menée en Inde, dans laquelle des nourrissons ont été observés dans des foyers exposés à des niveaux d'irradiation variables (Setia et al., 2025), est préoccupante. Les enfants

fortement exposés présentaient des retards de développement significatifs dans les domaines du langage, de la communication, de la motricité et de la résolution de problèmes.¹⁰

Étude 4 : La neurobiologiste Gertraud Teuchert-Noodt et la psychologue Angelika Supper (Supper 2021) ont cherché à déterminer l'impact de l'utilisation des smartphones sur le lobe frontal et les capacités de calcul spatio-temporel.¹¹ La tâche : les enfants de troisième année primaire devaient écrire le mot « bataille de boules de neige » dans des cases prédéfinies (fig. 2). Les enfants qui n'utilisaient pas de smartphone ont réussi la tâche, contrairement à ceux qui jouaient beaucoup avec leur smartphone : ils ont largement dépassé les limites prédéfinies. Résultat : chez les enfants qui utilisent beaucoup leur smartphone, la capacité de calcul spatio-temporel est sous-développée. Les auteurs ont ainsi prouvé que le calcul spatio-temporel est sous-développé en raison de la fixation unidimensionnelle sur les écrans et du manque d'activité physique suffisante de l'ensemble du corps. La question se pose de savoir si cela peut également être lié à l'exposition aux rayonnements.

Ces quatre études montrent des corrélations, mais existe-t-il des mécanismes causaux plausibles avec des preuves correspondantes ? Quelles sont les causes de ces troubles du développement ?



Figure. 1a. In this handwriting sample, both students try to fit the word “Schneeballschlacht” [snowball fight] into the assigned rectangle.

Fig. 2 : Écrire le mot « bataille de boules de neige » dans le cadre donné nécessite la capacité de calcul l'espace-temps. Graphique tiré de Supper / Teuchert-Noodt (2021, note 11)

Les fonctions cérébrales sont contrôlées par des couplages électrochimiques et, au plus haut niveau fonctionnel, synchronisées par des fréquences électromagnétiques

Les champs électromagnétiques (CEM) jouent un rôle important dans la transmission des signaux dans les cellules nerveuses et les synapses. Dans le cerveau et ses cellules, les informations sont transmises entre les cellules nerveuses (neurones) de deux manières : électriquement et chimiquement.¹²

Les fonctions cérébrales sont contrôlées par des couplages électrochimiques et synchronisées au plus haut niveau fonctionnel par des fréquences électromagnétiques (fig. 3).¹³ Dans le lobe frontal, différentes gammes de fréquences provenant du tronc cérébral, du thalamus et de l'hippocampe se combinent pour former un spectre électromagnétique cohérent. La synchronisation phasique qui en résulte se propage à travers le cortex et permet la concentration, la réflexion, la formation de la mémoire et la régulation émotionnelle. Si la coopération entre l'hippocampe et le lobe frontal est perturbée par des influences chroniques de champs électromagnétiques

extérieurs, des modifications pathologiques pouvant aller jusqu'à des psychoses peuvent apparaître. Il existe des recherches approfondies sur les conséquences des rayonnements à haute fréquence qui pénètrent dans l'organisme et le cerveau lors des communications téléphoniques.¹⁴

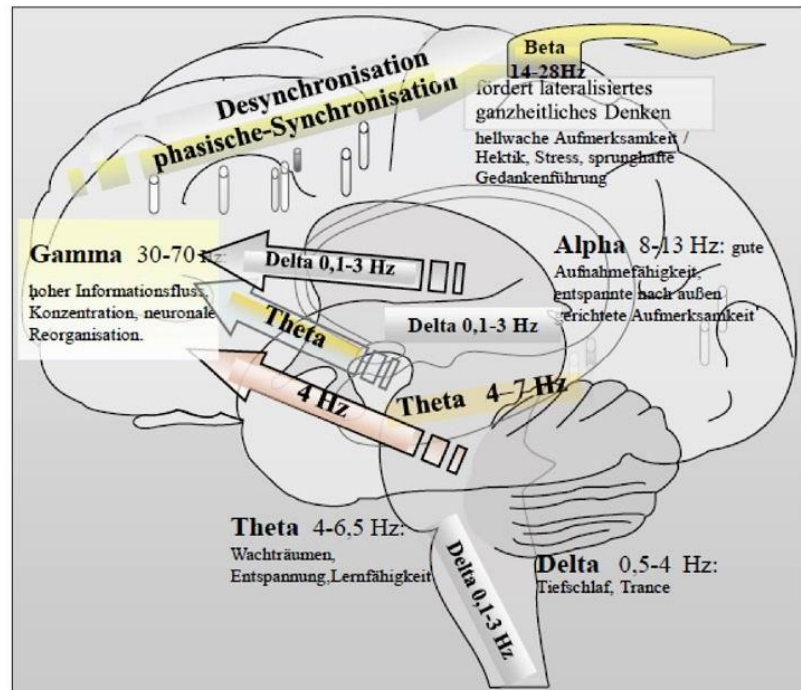


Fig. 3 : « L'activité est au cœur de tous les processus de maturation neuronale. Elle est fournie d'une part par les voies sensorielles provenant de l'environnement et alimentée d'autre part par les oscillateurs propres au cerveau, puis transmise sous forme de rythmes cérébraux synchronisés qui constituent la base de notre réflexion et de notre apprentissage. Ces deux sources s'influencent mutuellement via la chimie du cerveau, c'est-à-dire via des neurotransmetteurs spécifiques grâce auxquels les courants électriques s'inscrivent dans les structures des réseaux nerveux. Le couplage des signaux électriques et chimiques est un élément central du couplage structure-fonction neuronal » (Citation et graphique : Teuchert-Noodt, 2019, note 13)

Influence des champs électromagnétiques sur la neurogenèse dans l'hippocampe

Les effets biologiques des CEM sur le cerveau lorsqu'ils agissent en plus de l'extérieur ont déjà été démontrés il y a 25 ans par une étude de Hoffmann et al. (2001) sur des gerbilles du désert.¹⁵ Des chercheurs en neurosciences de Bielefeld ont étudié les effets d'une exposition quotidienne de seulement 30 minutes à des champs électromagnétiques sur l'hippocampe, c'est-à-dire précisément sur la zone responsable de la formation de la mémoire et de l'apprentissage. Les animaux de

laboratoire ont été exposés pendant 14 jours à différentes modulations à basse fréquence comprises entre 1 et 50 hertz. Le résultat principal :

à 50 Hz, la formation de nouvelles cellules – la neurogenèse – dans l'hippocampe a diminué de près de 30 %.

Cela a permis de prouver que les champs électromagnétiques peuvent inhiber de manière significative la formation de nouvelles cellules nerveuses. Il est intéressant de noter qu'une « fenêtre de fréquence » est apparue. Lorsque l'exposition chronique avait lieu à 8 ou 12 Hz, la formation de nouvelles cellules nerveuses restait stable, tandis qu'elle diminuait considérablement à 29 et 50 Hz. Cela signifie que toutes les fréquences ne sont pas nocives, mais que seules certaines fréquences entraînent des changements biologiquement significatifs.

Au niveau neurochimique, le récepteur NMDA joue un rôle clé, comme l'ont démontré les auteurs dans d'autres études. Ce récepteur du glutamate est essentiel pour les processus d'apprentissage et de mémoire et régule la neurogenèse dans le gyrus denté, où de nouvelles cellules nerveuses se forment dans l'hippocampe. Les CEM peuvent influencer l'activité du récepteur NMDA par des modifications de l'équilibre de la dopamine et de la mélatonine. Si sa signalisation calcique est perturbée, cela affecte directement la formation et l'interconnexion de nouvelles cellules nerveuses. Le modèle d'action est donc le suivant :

exposition aux CEM → modification de la régulation de la dopamine et de la mélatonine → modulation du système NMDA → réduction de la neurogenèse et de la plasticité dans l'hippocampe.

L'hippocampe jouant un rôle essentiel dans la formation de la mémoire, ces modifications entraînent des troubles de l'apprentissage et de la mémoire. Les auteurs Hoffmann et al. ont mis en garde contre les effets potentiellement subtils mais durables d'une exposition chronique aux CEM sur les fonctions cognitives et émotionnelles, en particulier compte tenu de l'utilisation croissante du Wi-Fi et de la téléphonie mobile.

Conclusion : les champs électromagnétiques peuvent influencer le développement neuronal en fonction de la fréquence. Via le système NMDA, ils agissent directement sur les processus d'apprentissage, de mémoire et de stabilité psychique – une conclusion particulièrement pertinente compte tenu de l'utilisation massive actuelle d'appareils émettant des rayonnements. C'est pourquoi Hoffmann et al. ont demandé que les effets neurobiologiques de l'exposition chronique aux CEM fassent l'objet de recherches plus approfondies. Deux épisodes illustrent clairement le lien entre cette recherche et certains intérêts. L'ancienne directrice de l'institut a encouragé un collègue du groupe d'auteurs, qui travaillait dans un autre institut, à étudier les effets du Wi-Fi. Sa réponse : cela n'était pas possible en raison de certains intérêts. Le professeur Lebrecht von Klitzing a également participé à titre consultatif aux travaux de Hoffmann et al. Il dirigeait alors la recherche à la clinique universitaire de Lübeck. Il a mené des expériences sur le Wi-Fi et a démontré qu'il avait notamment des effets sur l'EEG. Dans une interview accordée à diagnose:funk, il a fait état d'interventions massives de la part de Telekom pour empêcher ces recherches, mais sans succès.¹⁶ L'Office fédéral allemand de radioprotection a mis en doute ses résultats. À ce jour, l'Office fédéral allemand de radioprotection n'a pas donné suite à l'offre et à la demande répétée de Klitzing de reproduire ses études.

L'hippocampe, centre de contrôle soumis au stress des rayonnements

L'hippocampe est au centre de la recherche sur les effets des CEM HF. Il est non seulement responsable de la pensée spatiale et de la mémoire, mais aussi du contrôle d'autres régions du cerveau, en particulier du lobe frontal. Je voudrais commencer par présenter un résultat d'étude

typique qui va à l'encontre de l'utilisation du Wi-Fi dans les lieux d'apprentissage, les crèches et les écoles. Deux études de Shahin et al. (2015, 2018) ont démontré pour le Wi-Fi :

«(1) Détérioration des capacités d'apprentissage et de mémorisation chez les souris mâles adultes exposées à des micro-ondes de 2,45 GHz (c'est-à-dire au Wi-Fi). (2) Augmentation du niveau de stress dans l'hippocampe. (3) Altération de la plasticité synaptique. (4) Diminution de l'expression des composants de la voie de signalisation, qui sont très importants pour les processus d'apprentissage et de mémorisation. Tous les effets énumérés ci-dessus dépendent de la durée d'exposition : plus l'exposition est longue, plus l'effet est important. Selon les auteurs, le mécanisme fondamental par lequel les micro-ondes de 2,45 GHz influencent négativement les capacités d'apprentissage et de mémorisation des souris a été identifié » (extrait de la revue ElektrosmogReport, avril 2018).¹⁷

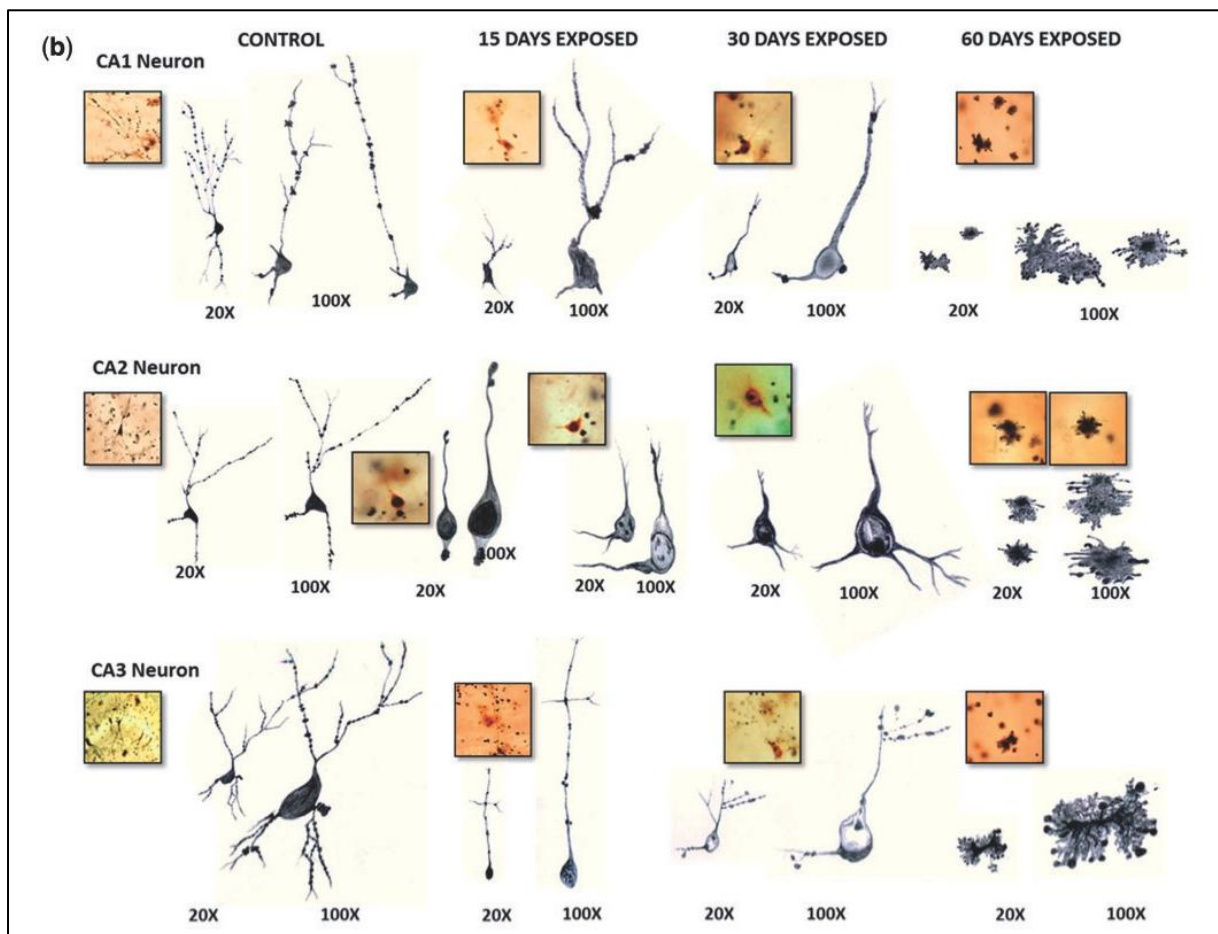


Fig. 4 : Structure et forme des neurones dans l'hippocampe des souris irradiées après exposition aux CEM ; tiré de Shahin et al. (2015) : « Le nombre de dendrites a diminué de manière significative en fonction du temps chez tous les groupes de souris exposées. » « Le nombre de neurones mourants ou dégénérés a augmenté chez les groupes de souris exposés à 2,45 GHz pendant 30 et 60 jours. » « Notez l'agrégation ou l'obstruction neuronale chez les souris exposées à 2,45 GHz pendant 60 jours. »

Ce que le rayonnement affecte, ce sont donc les voies de signalisation dans le cerveau responsables de la formation de la mémoire. Deux termes centraux apparaissent dans presque toutes les études : l'hippocampe et la plasticité cérébrale. L'hippocampe et la capacité de plasticité, c'est-à-dire la formation et l'adaptation (renforcement ou affaiblissement) des connexions neuronales (synapses),

jouent un rôle central dans l'apprentissage et le contrôle des fonctions cérébrales, en particulier dans les domaines suivants :

- Apprentissage et formation de la mémoire par la communication via les synapses et la potentialisation à long terme (mécanisme d'apprentissage de Hebb).
- Orientation spatio-temporelle : l'hippocampe possède des cellules spécifiques appelées « cellules de lieu » (*place-cells*) et « cellules de temps » (*time-cells*), qui permettent de se souvenir non seulement du contenu des expériences, mais aussi de leur déroulement temporel et de leur contexte spatial. Ces découvertes ont été récompensées par le prix Nobel de médecine en 2014.¹⁸

L'hippocampe est un centre névralgique pour la mémoire, l'apprentissage et l'orientation. Il oscille à la fréquence thêta de 4 à 7 Hz. En tant que secrétaire du cerveau, il contrôle également le lobe frontal, notre organe exécutif et de contrôle, par exemple pour la maîtrise des impulsions. Les erreurs de contrôle ont des conséquences fatales, non seulement pour l'intelligence, mais aussi pour les maladies neurologiques et psychiques.

L'inhibition du BDNF, l'engrais du cerveau

Les études menées par Kim et al. (Corée du Sud) montrent qu'une exposition même brève aux rayonnements des téléphones portables modifie les processus métaboliques dans le cerveau, et notamment dans l'hippocampe.¹⁹ Le titre même de l'étude montre l'importance du sujet : « L'exposition aux CEM-HF modifie la structure post-synaptique et entrave la croissance des neurites dans les neurones de l'hippocampe en développement chez les souris en phase postnatale précoce » (Kim et al. 2021) et « L'exposition aux radiofréquences induit un dysfonctionnement synaptique dans les neurones corticaux, provoquant des altérations de l'apprentissage et de la mémoire chez les souris en phase postnatale précoce » (Kim et al. 2024). Dans les deux études, des souris nouveau-nées ont été exposées pendant quatre semaines à une fréquence de 1850 MHz, une fréquence typique de la téléphonie mobile. Les résultats de l'exposition sont graves (voir fig. 5 & 6, tirées de Kim et al. 2021) :

- Réduction de l'expression du BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor), un facteur de croissance qui agit comme un engrais, par exemple pour la croissance des neurones.
- Une diminution significative des récepteurs NMDA et AMPA du glutamate, responsables de la plasticité de la transmission du signal neuronal.
- Diminution du nombre d'épines dendritiques, c'est-à-dire des points de contact pour la transmission synaptique.

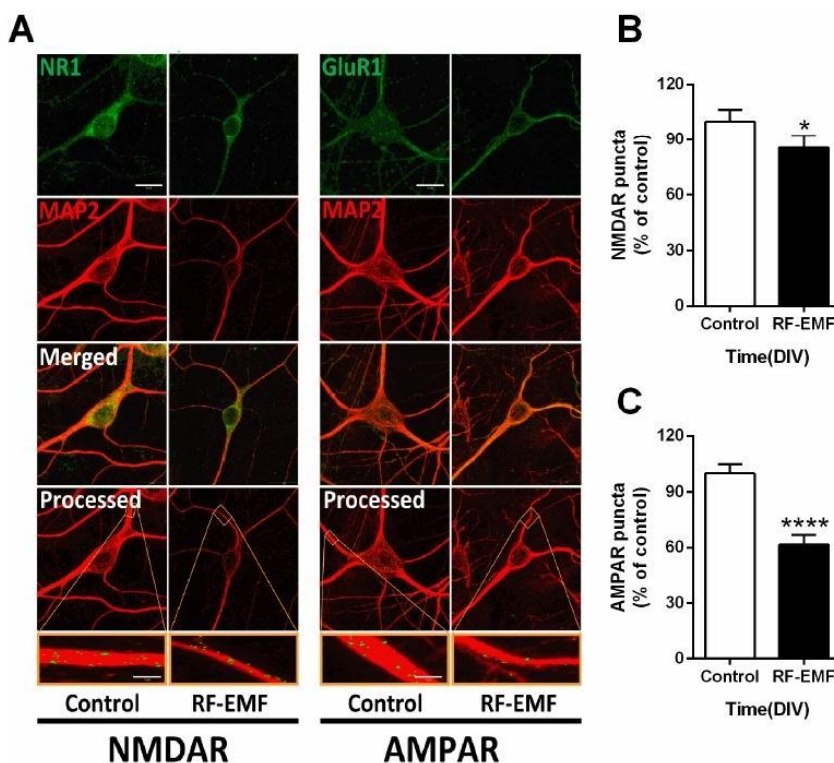


Fig. 5 : L'exposition aux CEM-HF a réduit l'expression des NMDAR et des AMPAR. (A). Les images montrent des neurones de l'hippocampe : AMPAR (GluR1, vert), NMDAR (NR1, vert) avec MAP2 (marqueur, rouge) (Kim et al. 2021).

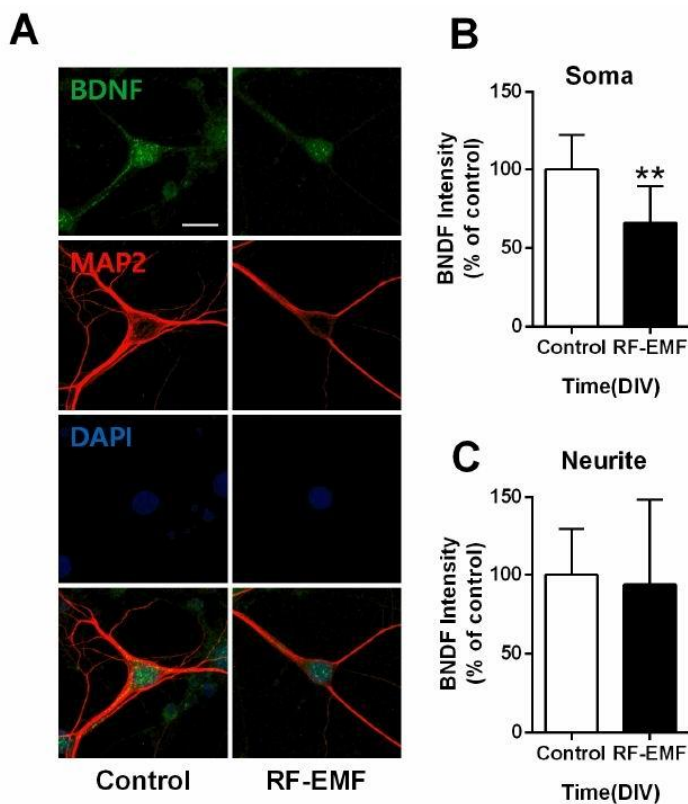


Fig. 6 : L'exposition aux CEM HF a réduit l'expression somatique du BDNF dans les neurones de l'hippocampe cultivés de manière primaire (Kim et al. 2021).

Importance du BDNF et des récepteurs du glutamate (NMDA, AMPA) : le BDNF favorise la formation et le renforcement des connexions synaptiques et constitue ainsi une base pour l'apprentissage et la mémoire. Le BDNF favorise la formation de nouvelles cellules nerveuses, c'est-à-dire la neurogenèse, dans l'hippocampe (même à l'âge adulte !) et y est essentiel pour la potentialisation à long terme (LTP). En association avec les récepteurs NMDA et AMPA du glutamate, le BDNF déclenche le mécanisme d'apprentissage de Hebb au niveau des synapses.²⁰ Il repose sur le principe formulé en 1949 par le psychologue canadien Donald Hebb : « *Les neurones qui s'activent ensemble se connectent ensemble.* » La règle d'apprentissage de Hebb stipule qu'une synapse est renforcée lorsque la présynapse, le neurone présynaptique (émetteur) et la postsynapse, le neurone postsynaptique (récepteur) sont actifs de manière répétée et simultanée, comme un effet d'écho qui s'auto-amplifie. Cela renforce la connexion entre les deux cellules nerveuses, qui transmettent ainsi les informations plus efficacement. Ce phénomène est appelé potentialisation à long terme (LPT).

« *Les neurones qui s'activent ensemble se connectent ensemble.* » - Le BDNF, en interaction avec le NMDA et l'AMPA, en est le « carburant » ! La formation de ce carburant est entravée par les CEM et le carburant existant est pour ainsi dire « ». L'irradiation entraîne une rupture d'approvisionnement ou un blocage !

À l'instar des études de Kim et al., l'étude de Bodin et al. (2025) arrive à la conclusion suivante : « *Les résultats in vivo ont montré une diminution du taux de BDNF* ». Dans les conclusions générales de leur étude, ce groupe de travail français résume que « *pendant le développement prénatal, une exposition continue aux ondes CEM-HF aux seuils réglementaires [...] réduit la synaptogenèse dans le cerveau immature des rongeurs* » et met en garde : « *Ces données soutiennent l'hypothèse d'une vulnérabilité des organismes en développement à l'exposition aux CEM-HF et plaident en faveur d'une prudence* »

accrue lors de l'exposition des femmes enceintes et des jeunes enfants aux CEM-HF lors de l'utilisation d'appareils de télécommunication. »²¹

Autre effet prénatal des CEM HF : la production et la plasticité de nouveaux neurones dans le gyrus denté sont importantes pour les fonctions de l'hippocampe. Dans leurs études sur des embryons, Odaci et al. (2008) ont pu démontrer que l'exposition prénatale à des champs électromagnétiques entraînait une diminution du nombre de cellules granulaires dans le gyrus denté des rats, où elles assurent notamment les connexions synaptiques (fig. 7).²²

En résumé : la capacité du cerveau à se développer, à établir des connexions et à apprendre est limitée par l'exposition aux CEM, et ce dès le stade prénatal et pendant la petite enfance.

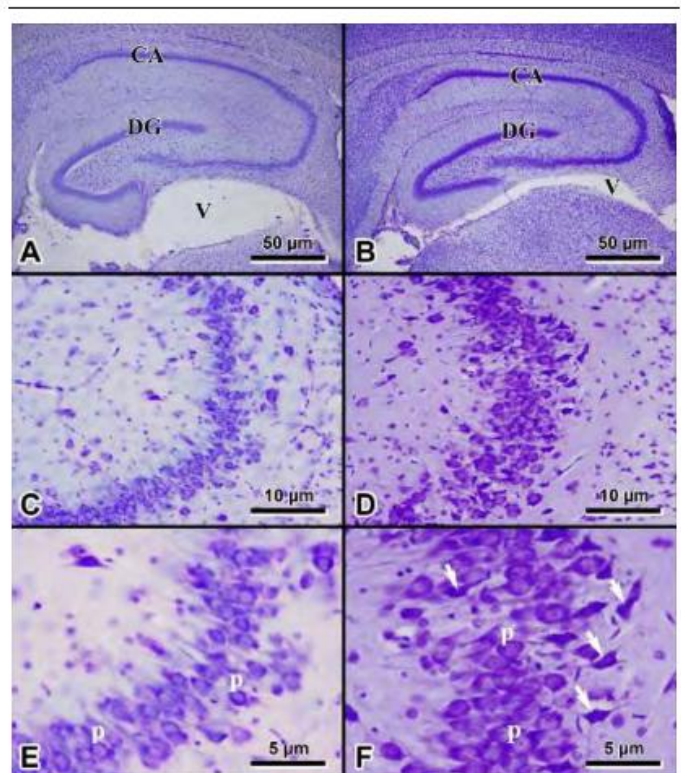


Fig. 7 : exposition (colonne de gauche), contrôle (colonne de droite). Diminution du nombre de cellules granulaires et différences morphologiques dans les cellules pyramidales de l'hippocampe (graphique tiré de Odaci et al. 2008, Crane-Molloy 2024).

Des symptômes aux mécanismes d'action

Diagnose:funk documente dans son aperçu n° 4 « La téléphonie mobile a-t-elle un effet sur le cerveau ? » plus de 50 études qui prouvent que les CEM modifient le métabolisme cérébral. Connait-on les différents mécanismes d'action ? La revue narrative et évaluée par des pairs du groupe de travail chinois Hu et al. (2021) est disponible à ce sujet.²³ Hu et al. montrent comment les champs électromagnétiques dans la gamme de fréquences de la téléphonie mobile, y compris le Wi-Fi, influencent les systèmes de neurotransmetteurs dans le cerveau, en particulier le glutamate / NMDA, la dopamine, la sérotonine, le GABA et l'acétylcholine.²⁴ Ces systèmes contrôlent nos processus de pensée et d'apprentissage. Une conclusion essentielle de l'étude :

- « En résumé, ces études suggèrent que les CEM HF, selon l'intensité de l'exposition aux rayonnements, peuvent entraîner des troubles métaboliques des neurotransmetteurs monoamines dans le cerveau et, en théorie, conduire à un comportement émotionnel anormal. » (p. 4)

Les auteurs parviennent à quatre conclusions principales : les CEM HF entraînent un

1. déséquilibre des neurotransmetteurs, c'est-à-dire à une dérégulation biochimique.

2. un stress oxydatif et une apoptose, c'est-à-dire des dommages cellulaires.
3. Des modifications du comportement et de la mémoire, c'est-à-dire des conséquences fonctionnelles.
4. Les cerveaux en développement (foetus, enfants) sont particulièrement sensibles, car leurs réseaux neuronaux et leurs systèmes de neurotransmetteurs sont encore en formation ; cela peut entraîner des troubles irréversibles du développement.

Les changements dépendent de la fréquence et de la dose. Ensemble, ils donnent l'image d'une altération physiopathologique du cerveau par les CEM HF. L'interaction délicatement orchestrée des neurotransmetteurs est perturbée.

La dopamine en est un exemple parfait. Des études sur l'addiction au téléphone portable, provoquée entre autres par le flux incessant de stimuli, montrent que le retard de maturation du lobe frontal est dû à un manque de dopamine, car le système de récompense consomme de manière disproportionnée de la dopamine et en prive le lobe frontal. L'étude sur les batailles de boules de neige mentionnée ci-dessus (voir ci-dessus) montre que le sous-développement de la mémoire spatio-temporelle est lié à cette carence en dopamine dans le lobe frontal. Hu et al. rapportent des études qui prouvent que l'exposition aux rayonnements entraîne également « *une diminution significative de la dopamine dans l'hippocampe* » (p. 2), ce qui peut également entraîner une « *diminution des capacités d'apprentissage et de mémoire* ». Des études sur le Wi-Fi montreraient que les effets des CEM sur les neurotransmetteurs entraînent une « *altération de la fonction de mémoire de travail spatiale* » (p. 8). Henry Lai, pionnier de la recherche sur les CEM, l'avait déjà démontré en 1992, soit les mêmes conséquences que celles révélées par l'étude sur les batailles de boules de neige et l'étude suisse sur la mémoire figurative.

Mécanisme d'action du stress oxydatif cellulaire – base des maladies inflammatoires

Les auteurs de la revue de Hu et al. soulignent en particulier les mécanismes d'action du stress nitrosatif et oxydatif, qui sont à l'origine de nombreuses maladies inflammatoires : la surproduction de radicaux libres, qui entraîne un stress oxydatif cellulaire.²⁵ Les auteurs expliquent :

« L'énergie du rayonnement non ionisant n'est pas suffisante pour rompre directement les liaisons chimiques. Par conséquent, l'apparition de dommages à l'ADN lors d'une exposition à des CEM non ionisants est principalement due à la formation de ROS (espèces réactives de l'oxygène), suivie d'un stress oxydatif. » (p. 10)

Le mécanisme d'action du stress oxydatif cellulaire est confirmé par l'étude récapitulative publiée en 2021 (Schürmann/ Mevissen 2021) pour l'Office fédéral suisse de l'environnement, qui conclut que plus de la moitié des 223 études sur les CEM évaluées font état d'un stress oxydatif, avec des indications cohérentes de stress oxydatif cellulaire dans le cerveau, les testicules, le cœur, le foie et les reins, pouvant aller jusqu'au déclenchement d'un cancer.²⁶

Un autre mécanisme d'action est discuté par Hu et al. Les CEM peuvent entraîner une augmentation de l'activité des canaux calciques voltage-dépendants dans les membranes cellulaires (VGCC). En conséquence, « *les modifications du taux de calcium intracellulaire peuvent déclencher des activités synaptiques inhabituelles ou provoquer l'apoptose neuronale. Cela peut à son tour avoir une influence sur la neurotransmission des processus d'apprentissage et de mémoire (93).* » (p. 9)

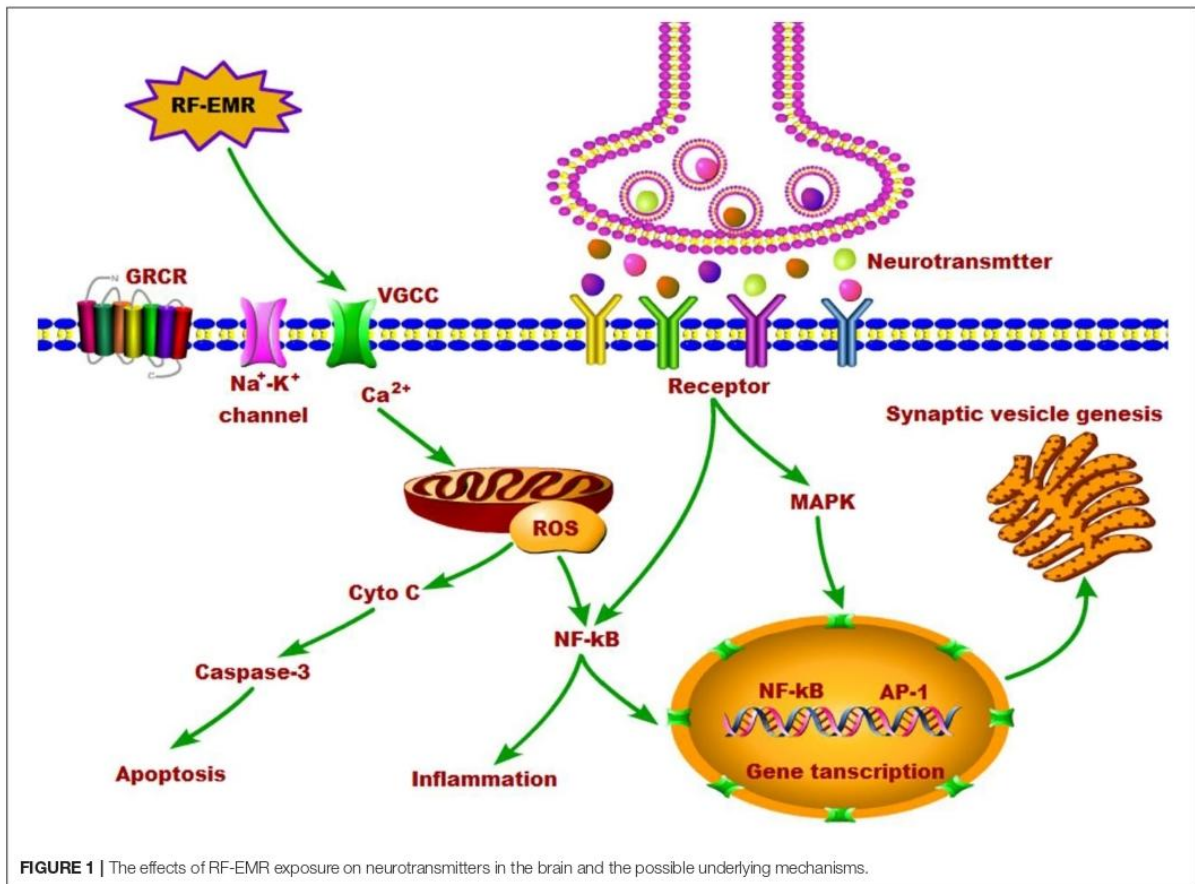


Fig. 8 : Cascades cellulaires dommageables déclenchées par des champs électromagnétiques à haute fréquence, graphique tiré de Hu et al. 2021.

Le processus de connaissance n'est pas terminé

La revue de Hu et al. documente une multitude de découvertes sur les effets des CEM sur le métabolisme cérébral. Cependant, en raison de leur hétérogénéité, selon les auteurs, de nombreuses questions restent en suspens, en particulier les dérivations au niveau cellulaire et les interactions, qui n'ont pas encore été définitivement élucidées. Ils misent sur les progrès des neurosciences dans l'espoir « que l'étude des effets des CEM sur le métabolisme des neurotransmetteurs et le transport des neurotransmetteurs au niveau des circuits neuronaux permettra de surmonter les défis liés à la recherche sur les effets neurobiologiques des CEM et leurs mécanismes et ouvrira de nouvelles voies pour la recherche sur les objectifs et les interventions préventifs. » (p. 13) L'état actuel de la recherche nécessite non seulement l'application du principe de précaution, mais aussi la prévention des risques.

Il existe d'autres effets des rayonnements sur le cerveau.²⁷ Dès 2003, les études de Salford ont démontré que les rayonnements ouvrent la barrière hémato-encéphalique, permettant ainsi à des toxines de pénétrer dans le cerveau.²⁸ En ce qui concerne la pertinence des effets sur la barrière hémato-encéphalique, la neurobiologiste Dr Keren Grafen a publié en 2022 une étude intitulée « L'albumine comme marqueur clé ».²⁹ Les crises d'épilepsie sont également déclenchées par les rayonnements. Une compilation d'études est disponible dans l'aperçu n° 4 de diagnose:funk. Enfin, il y a 30 ans déjà, le Dr Lebrecht von Klitzing, alors directeur de recherche à la clinique universitaire de Lübeck, a démontré les effets du Wi-Fi sur le cerveau.³⁰ Le risque de cancer et de tumeur cérébrale a été démontré par deux études à grande échelle, l'étude NTP (États-Unis) et l'étude Ramazzini (Italie).³¹

À noter : presque tous les résultats de ces études ont été obtenus avec des intensités de rayonnement inférieures aux limites actuellement en vigueur, ce qui remet totalement en cause leur prétendue fonction protectrice.

Imposer des alternatives !

Nous pouvons tirer une conclusion des études : les champs électromagnétiques à haute fréquence modifient les processus métaboliques centraux du cerveau. La désynchronisation des rythmes endogènes qui en résulte est particulièrement alarmante : les processus centraux sont déréglés et l'interaction neuronale est massivement perturbée. Cela entraîne des conséquences sur l'apprentissage, la mémoire et le comportement, pouvant aller jusqu'à des troubles neurologiques et neurodégénératifs. La neurobiologiste Teuchert-Noodt parle d'une « cyberattaque contre le cerveau ». Les interactions entraînent les conséquences pathologiques décrites :

- La dépendance déclenchée par la surstimulation et la sous-alimentation en dopamine du lobe frontal qui en résulte, entraînant notamment une perturbation de la mémoire spatio-temporelle.
- Une diminution des jeux physiques et un manque d'activité physique entraînant une carence en BDNF, des troubles moteurs et l'obésité.
- L'augmentation des troubles du langage due à l'isolement devant l'écran et au recul des contacts sociaux.
- Les conséquences des effets des rayonnements sur le métabolisme cérébral.

Ce mélange toxique se manifeste dans la catastrophe éducative, la baisse constante des performances scolaires. L'enfance numérique s'avère être une impasse neurobiologique. Lorsque la mémoire s'estompe parce que les fonctions de l'hippocampe sont perturbées, lorsque les enfants cessent d'apprendre, nous perdons non seulement la plasticité neuronale, mais aussi l'avenir de la société.

Une étude suédoise montre (fig. 9) une augmentation alarmante des troubles de la mémoire chez les enfants et les adolescents en Suède et en Norvège (Nilsson / Hardell 2025).³²

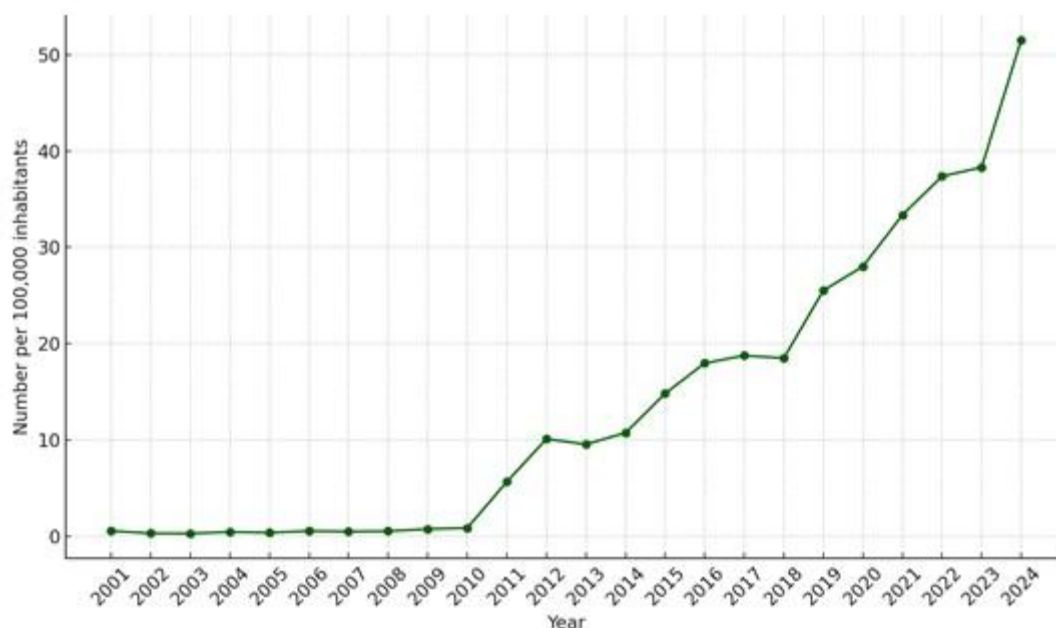


Fig. 9 : Nombre de patients âgés de 5 à 19 ans pour 100 000 habitants par an avec R41.8 « troubles cognitifs légers, subjectifs » comme diagnostic principal en Suède entre 2001 et 2024 (Nilsson 2025).

Le pédagogue scolaire Klaus Zierer conclut ainsi sa méta-étude :

*« Plus les enfants et les adolescents passent de temps sur leurs smartphones pendant leur temps libre et plus ils passent de temps sur les réseaux sociaux, moins leurs performances scolaires sont bonnes. »*³³

De nombreuses études documentent cette chute des résultats scolaires, également accélérée par la numérisation.³⁴ En Allemagne, loin des conclusions pédagogiques et médicales, la numérisation doit encore s'intensifier, comme le stipule l'accord de coalition du gouvernement fédéral. Une carte d'identité scolaire doit être introduite, qui enregistrera le parcours de formation tout au long de la vie et sera intégrée à la carte d'identité civile. Pour cela, chaque élève doit recevoir une tablette, les plus démunis en recevront même une gratuitement de la part du gouvernement fédéral. Cette collecte de données en ligne n'est rien d'autre que de la surveillance pure et simple.³⁵ Dans un appel lancé au gouvernement fédéral en mars 2025, 75 experts demandent l'arrêt de cette numérisation.³⁶

Les risques liés aux médias numériques sont enfin pris en compte. L'interdiction des smartphones et des réseaux sociaux est un sujet brûlant dans les principaux médias, et la Leopoldina s'est immiscée dans le débat avec un rapport dont le message central est le suivant :

- **« Nous recommandons d'interdire l'utilisation des smartphones dans les crèches et les écoles jusqu'à la 10e classe incluse. »**

Cette recommandation peut servir de base. Elle doit être mise en œuvre. Elle doit également s'accompagner de mesures visant à réduire l'exposition aux CEM. Les alternatives pour minimiser les rayonnements sont connues depuis longtemps : connexions câblées, technologie LiFi (la lumière comme support de données), appareils à faible rayonnement, un réseau pour tous et surtout : l'information. Les médecins ont ici un rôle clé à jouer. Lors des consultations, les parents doivent être informés des risques et des alternatives. Aidez-nous à empêcher le lobby informatique de continuer à mener ses activités sans réglementation au détriment de la santé et à protéger nos enfants.

Auteur : Peter Hensinger M.A., membre du comité directeur de l'organisation de protection des consommateurs Diagnose-Funk e.V., contact : peter.hensinger@diagnose-funk.de

Une version abrégée de cet article a été présentée lors de la 23e conférence annuelle sur la médecine environnementale de la Société européenne de médecine environnementale clinique (EGKU).

Glossaire

Récepteur AMPA-glutamate : récepteur qui sert de principal médiateur de la transmission rapide des signaux excitateurs dans le système nerveux central par l'afflux d'ions sodium (Na⁺) et parfois calcium (Ca²⁺) après la liaison du glutamate (AMPA : acide α -amino-3-hydroxy-5-méthyl-4-isoxazolepropionique).

BDNF : Brain-Derived Neurotrophic Factor, facteur de croissance - Une protéine appartenant à la famille des facteurs de croissance nerveuse (neurotrophines). Le BDNF est principalement présent dans le système nerveux central et favorise la croissance des cellules nerveuses sensorielles et motrices.

Barrière hémato-encéphalique : la barrière hémato-encéphalique protège les cellules nerveuses du cerveau contre les substances nocives. Il s'agit d'une barrière sélectivement perméable entre le sang et la substance cérébrale, à travers laquelle l'échange de substances avec le système nerveux central est soumis à un contrôle actif.

Champ électromagnétique : champ qui comprend de manière indissociable des composants/forces électriques et magnétiques.

Dendrite : ramification d'une cellule nerveuse (neurone) qui transmet les impulsions vers le corps cellulaire.

Gyrus denté : partie de l'hippocampe, le gyrus denté est l'une des rares structures du cerveau dans lesquelles de nouvelles cellules nerveuses (neurogenèse) se forment chez l'adulte.

Synapse d'apprentissage de Hebb : la synapse d'apprentissage de Hebb est un principe neurophysiologique selon lequel la connexion synaptique entre deux neurones est renforcée par une activation simultanée répétée (« *Neurons that fire together, wire together* »), ce qui est considéré comme la base de la plasticité synaptique et de l'apprentissage.

Hippocampe : partie du cerveau particulièrement importante pour la mémoire.

Rayonnement ionisant : rayonnement d'une longueur d'onde inférieure à 200 nm qui provoque une ionisation lorsqu'il traverse la matière, c'est-à-dire qu'il peut retirer un électron d'un atome ou d'une molécule et produire ainsi un ion et un électron libre (par exemple, particules alpha, rayons X et rayons gamma).

Les cellules granulaires du gyrus denté sont les principales cellules nerveuses (cellules granulaires) qui reçoivent les signaux entrants du cortex entorhinal et les transmettent via leurs axones (les fibres moussues) aux cellules pyramidales de la zone CA3 de l'hippocampe. Elles filtrent et transmettent les informations dans la boucle mémorielle de l'hippocampe.

Neurite / Axone : prolongement d'une cellule nerveuse qui transmet les signaux.

Neurogenèse : formation de cellules nerveuses par différenciation et division de cellules souches.

Rayonnement non ionisant : le NIS comprend tous les rayons et champs du spectre électromagnétique qui ne possèdent pas suffisamment d'énergie pour provoquer une ionisation, par exemple les ondes radio, les micro-ondes, les rayons infrarouges et la lumière visible.

Récepteur NMDA du glutamate : les récepteurs NMDA (N-méthyl-D-aspartate) jouent un rôle important dans la plasticité neuronale et les processus d'apprentissage dans le cerveau.

Stress oxydatif : le stress oxydatif survient lorsque les processus oxydatifs induits par les radicaux libres (par exemple le peroxyde d'hydrogène) dépassent la capacité de neutralisation des processus antioxydants et que l'équilibre penche en faveur de l'oxydation. Cela peut entraîner divers dommages dans les cellules, par exemple l'oxydation des acides gras insaturés, des protéines et de l'ADN.

Radical : molécule ou partie de molécule dans laquelle, outre les électrons qui se trouvent normalement par paires, des électrons isolés apparaissent également. Les molécules réagissent alors de manière très agressive sur le plan chimique et peuvent causer des dommages dans les cellules, par exemple à l'ADN (stress oxydatif). Le peroxyde d'hydrogène en est un exemple bien connu. Les radicaux sont également des composants importants des réactions enzymatiques. Ils peuvent être générés par des processus métaboliques ou par des influences extérieures et sont rapidement dégradés par des piègeurs de radicaux.

ROS (espèces réactives de l'oxygène) : molécules contenant de l'oxygène, très instables et hautement réactives. Leur forte réactivité est due à la configuration instable des électrons des radicaux. Ils extraient rapidement des électrons d'autres molécules, qui deviennent alors elles-mêmes des radicaux libres. Cela déclenche une réaction

en chaîne et provoque des dommages cellulaires dus au stress oxydatif. Les ROS comprennent les superoxydes, les peroxydes et les radicaux hydroxyles.

Synapse : lieu de transmission d'une excitation d'une cellule nerveuse à une autre cellule nerveuse ou à une cellule musculaire.

Sources

¹ Postbank (2025). Les jeunes sont à nouveau plus présents en ligne, y compris pour l'école, la formation ou les études, 30-10-2024, <https://www.postbank.de/unternehmen/medien/meldungen/2024/oktober/studie-jugendliche-sind-wieder-mehr-online.html>

² Haidt J (2024). Génération peur, Rowohlt

³ KMK (2025). Lumière et ombre dans la tendance éducative IQB 2024, communiqué de presse, <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/licht-und-schatten-im-iqb-bildungstrend-2024.html>

⁴ Un résumé est disponible dans ÜBERBLICK für den Durchblick n° 9 : « Digitale Bildung – Ausweg aus der Bildungskatastrophe? » (L'éducation numérique – une issue à la catastrophe éducative ?), téléchargeable sur diagnose-funk.org/2090

Engartner T (2020). Économisation de l'éducation scolaire, Fondation Rosa Luxemburg

Engartner T (2024). Sortir du piège de l'éducation, Westend

Krautz J (2014). L'éducation comme marchandise. L'école et l'université sous la dictature de l'économie, Munich

Münch R (2018). Le complexe industriel de l'éducation. L'école et l'enseignement dans un État concurrentiel, Beltz Juventa, Weinheim

⁵ « Lignes directrices pour la prévention d'une utilisation dérégulée des écrans chez les enfants et les adolescents » (2023), éditeur : Société allemande de médecine pédiatrique et adolescente (DGKJ) et autres, www.awmf.org/service/awmf-aktuell/praevention-dysregulierten-bildschirmmediengebrauchs-in-kindheit-und-jugend ; www.diagnose-funk.org/2005

⁶ Aperçu pour y voir plus clair n° 1 : quel est l'impact de la téléphonie mobile sur les animaux, les humains et les plantes ?

Aperçu pour y voir plus clair n° 2 : La téléphonie mobile est-elle cancérigène ? Téléchargement : diagnose-funk.org/2090

⁷ Müller S (2025). Comment nos enfants perdent-ils, Droemer

⁸ Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J (2008). Exposition prénatale et postnatale à l'utilisation des téléphones portables et problèmes comportementaux chez les enfants, *Epidemiology* 2008 ; 19 (4) : 523-52 <https://www.emf-portal.org/de/article/15935>

idem. (2012). Utilisation du téléphone portable et problèmes comportementaux chez les jeunes enfants, *J Epidemiol Community Health* 2012 ; 66 (6) : 524-529, <https://www.emf-portal.org/de/article/18825>

Le nombre d'enfants présentant des symptômes de TDAH a augmenté de manière constante depuis l'introduction du smartphone en 2007 jusqu'en 2014, soit d'environ 76 % par rapport à 2006, et stagne depuis à un niveau élevé. (cf. « Gesund aufwachsen in der digitalen Medienwelt » [Grandir en bonne santé dans le monde des médias numériques], éd. Michaela Glöckler, 2025, p. 34)

⁹ Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M et Rösli M (2018). A Prospective Cohort Study of Adolescents' Memory Performance and Individual Brain Dose of Microwave Radiation from Wireless Communication.

¹⁰ Setia MS, Natesan R, Samant P, Mhapankar S, Kumar S, Singh IV, Nair A, Seth B (2025). Émissions de champs électromagnétiques radiofréquences et résultats neurodéveloppementaux chez les nourrissons : une étude de cohorte prospective, *Cureus* 2025 ; 17 (7) : e87671, <https://www.emf-portal.org/de/article/60360>

¹¹ Supper A, Teuchert-Noodt G (2021). « How learning doesn't work » Children evaluate their cell phone use – An empirical pilot study . *Neurol Neurosci.* 2021 ; 1(3) : 1-9.

¹² Nunes CO, Barriga EH (2025). Bioelectricity in Morphogenesis, *Annu Rev Cell Dev Biol* 2025 ; 41 : 187-208, texte intégral : <https://www.emf-portal.org/de/article/60997>

¹³ Teuchert-Noodt G (2019). On ne peut pas faire les comptes sans l'hôte : le cerveau de l'enfant. Dans : Lankau R, Bleckmann P (2019) : Médias numériques et enseignement. Une controverse, Beltz, Weinheim, p. 86

¹⁴ Mumtaz S, Rana JN, Choi EH, Han I (2022). Microwave Radiation and the Brain: Mechanisms, Current Status, and Future Prospects, Review, *Int J Mol Sci* 2022; 23 (16): 9288

¹⁵ K. Hoffmann, F. Bagorda, A. F. G. Stevenson & G. Teuchert-Noodt (2001). Electromagnetic exposure effects the hippocampal dentate cell proliferation in gerbils [*Meriones unguiculatus*], *Indian Journal of Experimental Biology*, volume 39, décembre 2001, p. 1220-1226

¹⁶ Interview réalisée le 12 avril 2023 et documentation de ses résultats de recherche sur <https://www.diagnose-funk.org/aktuelles/artikel-archiv/detail?newsid=1964>

Peter Hensinger : Comment en êtes-vous venu à supposer que les appareils mobiles de téléphonie mobile et les hautes fréquences pouvaient également influencer l'EEG ? Comment la communauté scientifique et votre employeur ont-ils réagi à vos résultats ?

L. von Klitzing : Étant donné que la technologie mobile utilise des champs HF pulsés, le thème de recherche suivant était tout trouvé. À peine ce projet prévu a-t-il été rendu public que Telekom s'est à nouveau intéressé à mes compétences scientifiques en présentant un programme en 10 points contre la poursuite de mes activités. Mais l'université n'a vu aucune raison de se prononcer sur le sujet. La voie était donc libre pour le moment.

¹⁷ Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM (2015). 2.45 GHz Microwave Radiation Impairs Learning and Spatial Memory via Oxidative/Nitrosative Stress Induced p53-Dependent / Independent Hippocampal Apoptosis: Molecular Basis and Underlying Mechanism. *Toxicological Sciences* 148 (2), 380–399, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=198>

Shahin S et al. (2018). Le rayonnement micro-ondes à 2,45 GHz altère l'apprentissage et la mémoire spatiale de l'hippocampe : implication de la suppression de la signalisation iGluR/ERK/CREB induite par le mécanisme de stress local. *Toxicological Sciences* 161 (2), 349–374, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=734>

¹⁸ O'Keefe, J. & Recce, M. L. (1993). Phase relationship between hippocampal place units and the EEG theta rhythm. *Hippocampus*, 3(3), 317-330. DOI:10.1002/hipo.450030307, Téléchargement : https://www.its.caltech.edu/~jkenny/nb250c/papers/okeefe_93.pdf

¹⁹ Kim Ju Hwan, Kyung Hwun Chung, Yeong Ran Hwang, Hye Ran Park, Hee Jung Kim, Hyung-Gun Kim et Hak Rim Kim (2021). L'exposition aux CEM-RF altère la structure postsynaptique et entrave la croissance des neurites dans les neurones hippocampiques en développement des souris en phase postnatale précoce, *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 5340

Kim JH, Seok JY, Kim YH, Kim HJ, Lee JK, Kim HR (2024). L'exposition aux radiofréquences induit un dysfonctionnement synaptique dans les neurones corticaux, provoquant une altération de l'apprentissage et de la mémoire chez les souris en phase postnatale précoce. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16). <https://www.emfdata.org/en/studies/detail?id=860>

²⁰ Manuela Macedonia (2024). Bouge-toi ! Et ton cerveau te dira merci ! Brandstaetter, 2024

²¹ Bodin R, Godin L, Mougin C, Lecomte A, Larrigaldie V, Feat-Vetel J, et al. (2025). Altered development in rodent brain cells after 900 MHz radiofrequency exposure. (Modification du développement des cellules cérébrales des rongeurs après exposition à des radiofréquences de 900 MHz), *Neurotoxicology*. 2025 ; 111 (août)

²² Odaci E, Bas O, Kaplan S (2008). Effets de l'exposition prénatale à un champ électromagnétique de 900 MHz sur le gyrus denté des rats : une étude stéréologique et histopathologique. *Brain Res* 2008 ; 1238 : 224 – 229

Bas O, Odaci E, Kaplan S, Acer N, Ucok K, Colakoglu S (2009). L'exposition à un champ électromagnétique de 900 MHz affecte les caractéristiques qualitatives et quantitatives des cellules pyramidales de l'hippocampe chez la rate adulte, *Brain Res* 2009 ; 1265 : 178-185

Bas O, Odaci E, Mollaoglu H, Ucok K, Kaplan S (2009). L'exposition prénatale chronique à un champ électromagnétique de 900 mégahertz induit une perte de cellules pyramidales dans l'hippocampe des rats nouveau-nés, *Toxicol Ind Health* 2009 ; 25 (6) : 377-384

Bas O, Sönmez OF, Aslan A, İkinci A, Hanci H, Yildirim M, Kaya H, Akca M, Odaci. E (2013). Perte de cellules pyramidales dans le cornu ammonis de rates âgées de 32 jours après une exposition à un champ électromagnétique de 900 mégahertz pendant les jours prénataux 13 à 21, *Neuroquantology* 2013 ; 11 (4) : 591-599

Odaci E, Hanci H, İkinci A, Sonmez OF, Aslan A, Sahin A, Kaya H, Colakoglu S, Bas O (2016). L'exposition maternelle à un champ électromagnétique continu de 900 MHz provoque une perte neuronale et des changements pathologiques dans le cervelet de ratons femelles âgés de 32 jours, *J Chem Neuroanat* 2016 ; 75 Pt B : 105-110

Crane - Molloy A (2024). Étude des effets non thermiques des champs électromagnétiques radiofréquences (RF EMF) sur la santé humaine : une revue exhaustive, *Researchgate*, prépublication

²³ Hu C, Zuo H, Li Y (2021). Effets du rayonnement électromagnétique radiofréquence sur les neurotransmetteurs dans le cerveau. *Front Public Heal*. 2021 ; 9 (août) : 1-15 ; DOI : 10.3389/fpubh.2021.691880

²⁴ Obajuluwa AO, Akinyemi AJ, Afolabi OB, Adekoya K, Sanya JO, Ishola AO (2017). L'exposition aux ondes électromagnétiques radiofréquences modifie l'expression du gène de l'acétylcholinestérase, le comportement exploratoire et la coordination motrice chez les rats mâles, *Toxicol Rep* 2017 ; 4 : 530-534

²⁵ Hu C, Zuo H et Li Y (2021). Effets du rayonnement électromagnétique radiofréquence sur les neurotransmetteurs dans le cerveau. *Front. Public Health* 9:691880. doi: 10.3389/fpubh.2021.691880. Suite de la citation :

« De nombreuses études sur des animaux ont clairement montré que les CEM non thermiques peuvent provoquer un stress oxydatif (115, 116), en particulier dans le cerveau (3, 117-119). Il a été démontré qu'une exposition non thermique aux CEM de 900 MHz ou 2,45 GHz chez les rats, à court et à long terme, peut provoquer des dysfonctionnements neuronaux et l'apoptose des cellules pyramidales dans l'hippocampe (117, 120) et des cellules de Purkinje du cervelet (121) » (p. 10).

« Lushchak et al. ont rapporté que l'exposition aux rayonnements électromagnétiques peut d'abord générer des radicaux libres dans le cerveau, qui sont ensuite convertis en ROS (126). L'augmentation du niveau de ROS peut attaquer diverses biomolécules dans la cellule. Le niveau accru de ROS peut à son tour déclencher la libération de calcium, puis activer les facteurs génétiques qui entraînent des dommages à l'ADN (110). » (p. 10)

« Il est également possible que les différents effets sur la neurotransmission observés chez les animaux après une exposition aux CEM-HF soient dus à des effets combinés dans différentes régions du cerveau, tels que des modifications neurophysiologiques, une augmentation du calcium et des ROS (espèces réactives de l'oxygène ou radicaux oxygénés agressifs) et, par conséquent, des dommages à la membrane cellulaire et des modifications des signaux en aval (p. 11). »

-
- ²⁶ Schuermann D, Mevissen M (2021). Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress - Biological Effects and Consequences for Health. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>
- ²⁷ Yaghmazadeh O (2024). Pulsed High-Power Radio Frequency Energy Can Cause Non-Thermal Harmful Effects on the BRAIN, *IEEE Open J Eng* 2024; 5: 50-53, doi:10.1109/OJEMB.2024.3355301, <https://www.emf-portal.org/de/article/53641>
- ²⁸ Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BR (2003). Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environ Health Perspect* 111 (7): 881-3
<https://www.emf-portal.org/de/article/9462>
- diagnose:funk Brennpunkt (2022). L'ouverture de la barrière hémato-encéphalique par les rayonnements des téléphones portables : résultats des études Salford, [diagnose-funk.org/1809](https://www.diagnose-funk.org/1809)
- ²⁹ Grafen K. (2022). L'albumine comme marqueur clé. *DHZ – Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift*, 2022 ; 6 : 56-59 | © 2022. Thieme.
- ³⁰ Documentation des études de Lebrecht von Klitzing et interview : <https://www.diagnose-funk.org/aktuelles/artikel-archiv/detail?newsid=1964>
- ³¹ Lin JC (2022). Carcinogénèse due à une exposition chronique aux rayonnements radiofréquences, *Frontiers in Public Health*, frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.1042478/full ou kurzlinks.de/ymsb
- Lin JC (2019). The Significance of Primary Tumors in the NTP Study of Chronic Rat Exposure to Cell Phone Radiation, *IEEE Microwave Magazine*, novembre 2019 ; ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8866792
- Lin JC (2018). Preuve évidente du risque de cancer lié aux rayonnements RF des téléphones portables, *IEEE Microwave Magazine*, septembre/octobre 2018 ; ieeexplore.ieee.org/document/8425056
- ³² Mona Nilsson, Lennart Hardell (2025). Augmentation du nombre d'enfants âgés de 5 à 19 ans souffrant de troubles de la mémoire en Suède et en Norvège. *Archives of Clinical and Biomedical Research*. 9 (2025) : 431-439 ; <https://www.diagnose-funk.org/2288>
<https://cdn.fortunejournals.com/articles/increasing-numbers-of-children-aged-5-19-years-with-memory-problems-in-sweden-and-norw-6333.pdf>
- ³³ Zierer, K. (2021). Entre fiction et réalité : possibilités et limites des médias numériques dans le système éducatif, *Pädagogische Rundschau*, 75e année, p. 377-392, téléchargement : www.diagnose-funk.org/2001
- ³⁴ Lankau R (2023). Enseignement en présentiel et à distance. Leçons tirées de la pandémie, Beltz
- Möller C, Fischer FM (2023). Dépendance à Internet et aux ordinateurs. Un manuel Paxis pour les thérapeutes, les pédagogues et les parents, 3e édition, Kohlhammer Stuttgart
- Spitzer M (2022). La numérisation dans les écoles maternelles et primaires nuit au développement, à la santé et à l'éducation des enfants, *Nervenheilkunde* 2022 ; 41(11) : 797-812
- ³⁵ Bria F (2025) : United States of Palantir, *Le Monde diplomatique*, novembre 2025
- Hensinger P (2018). L'idéologie de la numérisation, *environnement-médecine-société* 2/2018
- Mühlhoff R (2025) : L'intelligence artificielle et le nouveau fascisme, Reclam
- ³⁶ Appel : Politique éducative humaine et émancipatrice vs transformation numérique, 12/03/2025, <https://die-paedagogische-wende.de/aufbruch-bildungspolitik-2025/>