

Résumé et évaluation des études sélectionnées

De fin avril à début août 2018, 57 nouvelles publications ont été identifiées et huit d'entre elles ont été discutées de manière approfondie par le groupe d'experts BERENIS. Parmi ces sept publications, trois, considérées comme particulièrement significatives, ont été sélectionnées aux fins de l'évaluation ; elles sont résumées ci-après.

1) Études animales et études cellulaires expérimentales

Les champs électromagnétiques de 50 Hz influencent les facultés cognitives et motrices des abeilles butineuses (Shepherd et al. 2018)

Dans le cadre de l'étude de Shepherd *et al.* (2018), des abeilles butineuses ont été exposées à des champs électromagnétiques de basse fréquence (CE-BF) (50 Hz) à des intensités de 20-100 μT et de 1000-7000 μT , tels qu'on peut les trouver près du sol au voisinage d'une ligne à haute tension ou à proximité immédiate d'un câble conducteur. Les capacités d'apprentissage et de mémoire des abeilles ont été testées au moyen de la réaction d'extension de la trompe face au glucose (apprentissage d'une odeur). Après une brève exposition d'une minute, on a observé une perturbation du comportement d'apprentissage en fonction de l'intensité, perturbation encore perceptible une heure après l'exposition. Pour étudier l'influence des champs électromagnétiques sur le comportement en vol, on a mesuré les modifications de la fréquence des battements d'ailes lors de vols captifs. Il est apparu que la fréquence des battements d'ailes augmentait en fonction de l'intensité, même si la différence avec des abeilles non exposées n'est significative que pour la plus haute intensité (7000 μT). Les effets de champs électromagnétiques de 100 μT sur la recherche de nourriture ont été étudiés dans un tunnel de vol. Des perturbations ont été observées au niveau des sorties (mais pas des retours).

Les résultats de l'étude indiquent que les CE-BF (50 Hz) dus aux lignes à haute tension pourraient être un facteur de stress environnemental pour les abeilles butineuses et influencer potentiellement leurs capacités cognitives et motrices. Cela pourrait aussi perturber la pollinisation. Les mécanismes d'action ne sont néanmoins pas clairs. Le système magnéto-sensoriel des abeilles pourrait notamment être impliqué. De nouvelles études sont nécessaires pour déterminer plus précisément les mécanismes d'action et comprendre les observations réalisées ici.

Magnétoréception – De l'influence des champs magnétiques statiques faibles sur les processus biologiques (Zwang et al. 2018)

L'étude de Zwang *et al.* (2018) porte sur un éventuel mécanisme de magnétoréception, c'est-à-dire sur la capacité à percevoir un champ magnétique (CM). S'il est incontestable que certaines espèces animales, notamment les oiseaux migrateurs, sont capables de percevoir le faible champ magnétique terrestre et de l'utiliser pour s'orienter, les recherches sur le mécanisme et l'organe de perception des champs magnétiques restent essentiellement spéculatives. Ont été évoqués des nanoparticules ferreuses et des procédés biochimiques magnéto-sensoriels comprenant l'appariement de radicaux (particules particulièrement réactives avec des électrons non appariés). Concernant ce second mécanisme, on se concentre surtout sur le cryptochrome, un photorécepteur (voir [newsletter](#)

[BERENIS n° 13 – mars 2018](#)), même si les processus biochimiques et l'intégration dans les mécanismes cellulaires ne sont pas encore clairs. C'est justement là que se situe la publication de Zwang *et al.* (2018), dans laquelle les auteurs ont étudié l'influence de champs magnétiques statiques faibles sur une réaction enzymatique dans un système entièrement acellulaire et bien contrôlé, au moyen de biomolécules purifiées. Ils ont pour cela appliqué sur une micropuce, au moyen d'électrodes, un petit fragment d'ADN porteur d'une lésion spécifique due à l'exposition à des UV-C (composé chimique de bases nucléiques de pyrimidine – thymine et cytosine). Ces dimères de thymine sont réparés dans les bactéries par les photolyases, qui sont apparentées aux cryptochromes des formes de vie plus évoluées, au cours d'une photo-réaction. Photolyases et cryptochromes sont en mesure d'absorber la lumière bleue et d'utiliser son énergie pour faire passer des électrons d'une molécule à l'autre, permettant ainsi l'appariement de radicaux. L'électron passe alors sur la flavine, cofacteur d'oxydo-réduction (FAD, flavine adénine dinucléotide), puis, dans le cas des photolyases, sur le dimère de thymine, pour réparer les lésions, avant de revenir sur la flavine. Grâce à des expériences de contrôle coûteuses, les auteurs ont pu montrer qu'ils étaient en mesure de suivre ce procédé de réparation avec leur micropuce, et que son efficacité était influencée par des champs magnétiques statiques faibles. Il est apparu qu'un champ magnétique de 0,6 gauss (60 μ T), correspondant à 1,5 fois le champ magnétique terrestre sur le lieu de l'expérience, suffisait à réduire l'efficacité de réparation des dimères de thymine. Cette réduction se poursuit ensuite proportionnellement à l'ampleur du champ magnétique jusqu'à une intensité de 30 gauss (3 mT), mais pas au-delà de cette valeur. Les auteurs ont en outre examiné si cette réaction et l'influence des CM s'appliquaient aussi pour les cryptochromes. Ceux-ci sont apparentés aux photolyases mais on estime qu'ils ne contribuent pas à la réparation des dimères de thymine parce qu'ils ne se lient pratiquement pas à l'ADN. Les auteurs ont donc raccourci un cryptochrome végétal, ne gardant que la région conservée dans les photolyases, et ont constaté, outre une activité de réparation, une influence des CM. Il est intéressant de noter que la réduction observée ne dépend pas seulement de l'intensité des champs magnétiques, mais aussi de leur direction. Par ailleurs, cet effet ne s'est produit sur la micropuce que lorsque toutes les molécules d'ADN étaient orientées de la même façon, mais pas lorsqu'elles baignaient librement dans la solution. Les auteurs sont également parvenus à la conclusion importante que l'appariement des radicaux magnéto-sensibles se produit non pas sur le complexe photolyase-flavine, comme ils en émettaient l'hypothèse, mais sur le dimère de thymine lui-même. À l'étape suivante de la réparation, deux radicaux se forment sur les deux bases fusionnées. Lors du retour de l'électron vers la flavine, soit ils se séparent, entraînant une réparation, soit ils reviennent sur le dimère de thymine. Les auteurs en concluent que le champ magnétique déplace cet équilibre aux dépens de la réparation du dimère de thymine.

En résumé, on peut dire que cette étude novatrice apporte des indications conceptuelles sur la façon dont pourrait fonctionner la boussole des êtres vivants aux plans moléculaire et biochimique. Pour la première fois, on a pu montrer l'influence de faibles champs magnétiques sur des processus enzymatiques biologiques dans lesquelles les mécanismes d'appariement de radicaux sont importants. Mais cela ne résout pas toutes les questions de la recherche du senseur magnétique ou du processus biologique magnéto-sensoriel. Il semble plutôt improbable qu'une boussole biologique repose sur les lésions relativement dangereuses du matériel génétique provoquées par les UV-C. De plus, les structures moléculaires fixes nécessaires à ce processus ne sont pas connues. La recherche a encore de larges possibilités d'expériences plus poussées concernant le rôle et le fonctionnement des cryptochromes des formes de vie plus évoluées, qui ne sont pas encore bien compris, ainsi que l'influence des champs électromagnétiques d'origine humaine.

2) Études épidémiologiques

Rayonnement des téléphones mobiles et mémoire des jeunes en Suisse (Foerster et al. 2018)

L'étude de Foerster *et al.* (2018) porte sur le lien entre l'exposition à des champs électromagnétiques de haute fréquence (CE-HF) par des téléphones mobiles et la mémoire des jeunes. Reprenant un rapport publié en 2015 (Schoeni *et al.* 2015), elle a examiné une population deux fois plus importante et comprend de nouvelles informations sur l'absorption du rayonnement électromagnétique par le cerveau des jeunes. Près de 700 jeunes entre 12 et 17 ans ont participé à cette étude pendant une année. Ils ont été recrutés dans des écoles publiques (classes 7 à 9) de régions urbaines et rurales de la Suisse alémanique. La mémoire visuelle et verbale a été évaluée deux fois, à un an d'intervalle, au moyen de tests standardisés sur ordinateur. Lorsque les jeunes et leurs parents étaient d'accord, les données objectives d'utilisation du téléphone mobile des opérateurs de téléphonie mobile suisses pour toute la durée de l'étude ont également été incluses. L'exposition aux CE-HF dans l'environnement a été modélisée individuellement pour le lieu de résidence et de scolarisation des participants à l'étude, et une partie des jeunes a fait l'objet d'une mesure personnelle des CE-HF. La dose de rayonnement cumulative (téléphones mobiles et autres appareils de communication sans fil) pour le cerveau et le corps entier a été calculée sur la base de ces données d'utilisation et d'exposition. Il est apparu que l'exposition cumulative du cerveau à des CE-HF par des téléphones mobiles sur une année influence négativement l'évolution de la mémoire des jeunes. L'étude confirme ainsi les résultats de 2015. La mémoire visuelle fait principalement intervenir l'hémisphère droit du cerveau, et l'influence des CE-HF est plus marquée chez les jeunes qui utilisent leur téléphone mobile du côté droit de la tête (80 % des participants). La mémoire verbale quant à elle est plutôt située dans l'hémisphère gauche du cerveau. Chez les jeunes qui utilisent leur téléphone mobile du côté gauche de la tête, un effet de tendance négative sur l'évolution de la mémoire verbale a été observé sur la base des données d'utilisation des opérateurs de téléphonie mobile. D'autres aspects de l'utilisation du téléphone mobile, tels que l'envoi de messages textes, les jeux et la navigation sur internet, ne provoquent qu'un faible rayonnement sur le cerveau et n'étaient pas associés avec l'évolution de la mémoire sur une année.

Le lien entre les résultats et le côté de la tête ainsi que l'absence d'association observée dans les variables contrôle (envoi de messages textes, jeux et navigation) suggèrent que le rayonnement électromagnétique absorbé par le cerveau est à l'origine des effets observés. Il s'agit surtout du rayonnement direct du téléphone personnel, les stations de base de téléphonie mobile et le Wi-Fi ne jouant qu'un rôle minime. Pour la première fois dans le monde, une étude épidémiologique a ainsi calculé les doses de rayonnement sur le cerveau des jeunes en utilisant également les données objectives d'utilisation des opérateurs de téléphonie mobile. Les effets sont relativement faibles et le mécanisme d'action n'est pas connu. On ne peut donc pas exclure l'implication d'autres facteurs non étudiés. Les résultats pourraient ainsi avoir été influencés par la puberté, qui a des effets aussi bien sur l'utilisation du téléphone mobile que sur le comportement et les capacités cognitives des participants.

Un [résumé](#) de l'étude HERMES a été publié récemment (en français et en allemand) dans le magazine suisse Primary and Hospital Care (Roser *et al.* 2018). Outre les effets sur la mémoire décrits ici, l'étude HERMES a également examiné les effets potentiels sur le comportement, sur la santé en général et sur la capacité de concentration.

Bibliographie

Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M, Rössli M (2018) : **A Prospective Cohort Study of Adolescents' Memory Performance and Individual Brain Dose of Microwave Radiation from Wireless Communication.** Environ Health Perspect. 2018 Jul 23;126(7):077007.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30044230>

Roser K, Schoeni A, Foerster M, Rössli M (2018) : **Wie wirkt die Nutzung und die Strahlung von Mobiltelefonen auf Jugendliche? [Quels sont les effets de l'utilisation et du rayonnement des téléphones mobiles sur les jeunes ?]** Primary and Hospital Care – Médecine interne générale, 2018; 18(21): 386–388. <https://primary-hospital-care.ch/fr/article/doi/phc-f.2018.01852/>

Schoeni A, Roser K, Rössli M (2015) : **Memory performance, wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fields: a prospective cohort study in adolescents.** Environ Int. 2015 Dec;85:343-51. Epub 2015 Oct 30. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26474271>

Shepherd S, Lima MAP, Oliveira EE, Sharkh SM, Jackson CW, Newland PL (2018) : **Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields impair the Cognitive and Motor Abilities of Honey Bees.** Sci Rep. 2018 May 21;8(1):7932. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29785039>

Zwang TJ, Tse ECM, Zhong D, Barton JK (2018) : **A Compass at Weak Magnetic Fields Using Thymine Dimer Repair.** ACS Cent Sci. 2018 Mar 28;4(3):405-412. Epub 2018 Mar 7.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29632887>

Personne de contact

Stefan Dongus
Secrétariat BERENIS
Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH)
Département Épidémiologie et santé publique
Unité Expositions environnementales et santé
Socinstr. 57, case postale, 4002 Bâle
Tél. : +41 61 284 81 11
E-mail : stefan.dongus@swisstph.ch

Pour de plus amples informations, veuillez consulter les liens suivants :

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

[Lien vers la liste des abréviations](#)