



HAL
open science

Dommages à l'ADN et ondes millimétriques

Rémy Pedeux

► **To cite this version:**

Rémy Pedeux. Dommages à l'ADN et ondes millimétriques : Analyse de la voie de réponse aux dommages à l'ADN en réponse à une co-exposition comprenant les ondes millimétriques. Les cahiers de la Recherche : Santé, Environnement, Travail, 2022, pp.37-39. anses-04109441

HAL Id: anses-04109441

<https://anses.hal.science/anses-04109441>

Submitted on 30 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Dommmages à l'ADN et ondes millimétriques

Analyse de la voie de réponse aux dommages à l'ADN en réponse à une co-exposition comprenant les ondes millimétriques

Rémy PEDEUX, Inserm U1242, COSS, Équipe Proteostasis and Cancer (PROSAC), Université Rennes 1

Équipes partenaires : **Yves Le Dréan**, Irset, Inserm U1085, Équipe Transcription, Environnement & Cancer, Université Rennes 1 – **Maxim Zhadobov**, IETR, UMR CNRS 6164, Université Rennes 1

Étude de faisabilité (de nov. 2019 à oct. 2021) -
Financement : 49.853 € – Contact :
remy.pedoux@univ-rennes1.fr

Mots-clés : exposition multiple, radiofréquence, rayonnement électromagnétique, onde millimétrique, exposition, technologie information communication, génotoxicité, cellule, ADN, stress oxydant, étude faisabilité, technologie, communications, télécommunication, évaluation risque

L'usage intensif des technologies radiofréquences (RF) et des services associés (applications mobiles, flux audio et vidéo en *streaming*, réseaux sociaux...) entraîne la saturation des gammes de fréquences existantes et nécessite le recours à des fréquences porteuses plus élevées, dont la technologie 5G¹¹⁵ et les ondes millimétriques. En France, il est prévu d'exploiter deux nouvelles bandes de fréquences (3,5 GHz et 26 GHz), la limite supérieure de ce spectre de fréquences concernant les ondes millimétriques, peu utilisées en télécommunication et donc moins étudiées, jusqu'à présent, que les RF en ce qui concerne leur innocuité.

La réparation de l'ADN

En réponse aux inquiétudes sociétales, de très nombreuses équipes de recherche ont étudié les effets des RF susceptibles de compromettre

l'intégrité physique ou fonctionnelle du génome (génotoxicité). Bien qu'aucun effet pérenne « *sur la perte de l'intégrité de l'ADN n'a(it) été mis en évidence en condition thermique* », les experts de l'Anses reconnaissent toutefois qu'« il n'est pas impossible que dans certaines conditions, les RF induisent des cassures de l'ADN (...) Néanmoins, ces dernières sont souvent de faible ampleur (proche du bruit de fond naturel) et sont probablement rapidement réparées. Elles sont vraisemblablement sans conséquence pour l'intégrité des chromosomes. »¹¹⁶



Radiofréquences
et santé

Mise à jour
de l'expertise

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Octobre 2013 – Edition scientifique



Illustration 25 : Radiofréquences et santé (Anses, oct. 2013)

Ces conclusions suggèrent que les systèmes de réparation de l'ADN sont suffisamment efficaces pour gérer les altérations subies lors de l'exposition aux RF. Ainsi, si l'hypothèse d'une relation entre exposition, stress oxydant

¹¹⁵ Cinquième génération.

¹¹⁶ *Radiofréquences et santé*, Avis de l'Anses, octobre 2013.

et effet génotoxique¹¹⁷ est vraie, alors les dégâts occasionnés ne sont pas assez nombreux pour déborder la capacité autoréparatrice des cellules.

Cependant, du point de vue de l'analyse du risque, il reste maintenant à confirmer que les systèmes de réparation sont bien mobilisés sous exposition et évaluer l'impact que pourrait avoir cette exposition sur des personnes présentant des défauts génétiques au niveau de certains de ces systèmes.

Les ondes millimétriques

Les ondes millimétriques (OMM) correspondent aux fréquences comprises entre 30 et 300 GHz¹¹⁸. Comparées aux radiofréquences, l'énergie transmise au corps est absorbée très localement. Ce qui implique que la profondeur de pénétration de ces ondes est plus faible et son corolaire, qu'une exposition aux OMM induit en surface du corps, un débit d'absorption spécifique (DAS) bien plus élevé.

Les effets biologiques des OMM peuvent être divisés en deux catégories : les effets thermiques (avérés) pour les rayonnements de forte puissance et les effets non-thermiques (toujours controversés) à plus faible puissance. À certains niveaux de puissance intermédiaire¹¹⁹, ces ondes sont utilisées en thérapie¹²⁰ dans les pays de l'ex-Union Soviétique. Ce qui suggère que des interactions sont possibles entre les OMM et les organismes vivants.

Avant l'utilisation massive de ces nouvelles technologies de communication par le grand public, il convenait de vérifier si une exposition aux OMM pouvait ou non entraîner des lésions de l'ADN, les réparer...

Le projet de recherche : CoExpO

En utilisant des approches et des méthodologies novatrices, notre projet était d'apporter des connaissances complémentaires sur les effets biologiques ou sanitaires des OMM, en amont de leur déploiement dans le grand public. Il répondait ainsi aux thématiques prioritaires de l'Anses : tenir compte « des évolutions d'utilisation de fréquences liées aux nouveaux usages et nouvelles technologies de communication. »

L'objectif était de réaliser une étude pilote d'une durée d'un an, afin de vérifier s'il était nécessaire d'étudier plus en détail, l'impact des OMM sur la réponse aux dommages à l'ADN nucléaire lorsqu'il y a co-exposition avec un stress génotoxique¹²¹.

Méthodologie

Nos travaux se sont concentrés sur :

- Les dommages induits par des cassures double-brin de l'ADN car ce sont des lésions à haut risque (cancérigènes) ;
- Les dommages produits par un stress oxydatif car ils sont très fréquents et affectent aussi la réplication de l'ADN.

Trois lignées cellulaires ont été utilisées *in vitro* :

- Deux lignées de cellules humaines de peau car cet organe est la cible privilégiée des OMM ;
- Une lignée de cellules tumorales « U2OS »¹²² classiquement utilisées dans l'étude des voies de signalisation des dommages à l'ADN et leur réparation.
- Enfin, les cellules ont été placées dans un incubateur à 37°C et exposées à une fréquence de 60 GHz comme

¹¹⁷ Hypothèse avancée par Kesari *et al.*

¹¹⁸ De 1 mm à 10 mm en termes de longueur d'onde.

¹¹⁹ À la limite des effets thermiques de 5 à 15 mW/cm².

¹²⁰ Gammes utilisées : 42,2 GHz, 53,6 GHz et 61,2 GHz.

¹²¹ En général, pour acquérir des connaissances détaillées et claires, l'effet d'un seul stress « à la fois » est étudié. En réalité, les cellules sont souvent soumises à l'action de plusieurs stress auxquels elles doivent répondre et/ou s'adapter.

¹²² Ostéosarcome humain.

précédemment décrit¹²³. Pour la majorité des expériences, la densité de puissance incidente correspondait au maximum d'exposition autorisée par les normes actuellement en vigueur, soit 1 mW/cm².

Résultats

Une première série d'expériences montre qu'une exposition aiguë aux OMM n'induit pas de dommages à l'ADN nécessitant l'activation des voies de signalisation de la réponse aux dommages. De même, le consortium n'a pas mis en évidence d'effet potentialisateur des ondes sur ces voies de signalisation, ce qui semble indiquer que les OMM ne sont pas co-génotoxiques non plus. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par de nombreuses études *in vitro* sur les RF. Ils devront être confirmées par des méthodes de détection plus sensibles. **Car, en utilisant des techniques très sensibles, jamais utilisées jusqu'à présent pour ce type d'étude, le consortium a montré qu'il pourrait y avoir un effet des OMM sur la capacité des cellules à réparer des cassures double brin de l'ADN dans un contexte de co-exposition.** Les résultats obtenus étant significatifs, mais faible en termes d'effet, il sera nécessaire de répéter ces expériences pour les confirmer et bien caractériser le phénomène. Au final, il semble donc que le basculement vers des fréquences plus élevées ne change pas radicalement la donne en ce qui concerne la dangerosité directe de l'exposition mais des études complémentaires, utilisant des méthodes très sensibles seront nécessaires le confirmer.

¹²³ Alexis J. Haas, Yann Le Page, Maxim Zhadobov, Artem Boriskin, Ronan Sauleau and Yves Le Drean. Impact of 60-GHz Millimeter Waves on Stress and Pain-Related Protein Expression in Differentiating Neuron-Like Cells. *Bioelectromagnetics* 37:444-454 (2016)