

***Preuve d'un lien entre la maladie à coronavirus-19 et l'exposition aux rayonnements radiofréquences provenant des communications sans fil, y compris la 5G***

*J Clin Transl Res.* 2021 Oct 26; 7(5): 666–681. Published online 2021 Sep 29.

PMCID: PMC8580522 - PMID: [34778597](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34778597/)

[Beverly Rubik](#)<sup>1,2,\*</sup> and [Robert R. Brown](#)<sup>3</sup>

[Author information](#) [Article notes](#) [Copyright and License information](#) [Disclaimer](#)

**Résumé**

**Contexte et objectif :**

La politique de santé publique de la maladie à coronavirus (COVID-19) s'est concentrée sur le virus du coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2) et ses effets sur la santé humaine, tandis que les facteurs environnementaux ont été largement ignorés.

En considérant la triade épidémiologique (agent-hôte-environnement) applicable à toutes les maladies, nous avons étudié un facteur environnemental possible dans la pandémie de COVID-19 : le rayonnement radiofréquence ambiant des systèmes de communication sans fil, y compris les micro-ondes et les ondes millimétriques.

Le SRAS-CoV-2, le virus à l'origine de la pandémie de COVID-19, a fait surface à Wuhan, en Chine, peu de temps après la mise en œuvre à l'échelle de la ville (cinquième génération [5G] de rayonnement de communication sans fil [WCR]), et s'est rapidement propagé à l'échelle mondiale, initialement démontrant une corrélation statistique avec les communautés internationales avec les réseaux 5G récemment établis.

Dans cette étude, nous avons examiné la littérature scientifique évaluée par des pairs sur les effets biologiques néfastes de la WCR et identifié plusieurs mécanismes par lesquels la WCR peut avoir contribué à la pandémie de COVID-19 en tant que cofacteur environnemental toxique.

En franchissant les frontières entre les disciplines de la biophysique et de la physiopathologie, nous présentons des preuves que la WCR peut : (1) provoquer des changements morphologiques dans les érythrocytes, y compris la formation d'échinocytes et de rouleaux qui peuvent contribuer à l'hypercoagulation ; (2) altérer la microcirculation et réduire les taux d'érythrocytes et d'hémoglobine, exacerbant l'hypoxie ; (3) amplifier le dysfonctionnement du système immunitaire, y compris l'immunosuppression, l'auto-immunité et l'hyperinflammation ; (4) augmenter le stress oxydatif cellulaire et la production de radicaux libres entraînant des lésions vasculaires et des dommages aux organes ; (5) augmenter le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération virales, en plus de favoriser les voies pro-inflammatoires ; et (6) aggraver les arythmies cardiaques et les troubles cardiaques.

**Pertinence pour les patients :**

En bref, le WCR est devenu un facteur de stress environnemental omniprésent qui, selon nous, pourrait avoir contribué aux effets néfastes sur la santé des patients infectés par le SRAS-CoV-2 et augmenté la gravité de la pandémie de COVID-19. Par conséquent, nous recommandons à toutes les personnes, en particulier celles souffrant d'une infection par le SRAS-CoV-2, de réduire leur exposition au WCR autant que raisonnablement possible jusqu'à ce que des recherches supplémentaires clarifient mieux les effets systémiques sur la santé associés à l'exposition chronique au WCR.

Mots clés : COVID-19, Coronavirus, maladie à coronavirus-19, syndrome respiratoire aigu sévère, coronavirus 2, stress électromagnétique, champs électromagnétiques, facteur environnemental, micro-ondes, ondes millimétriques, pandémie, santé publique, radiofréquence, radiofréquence, sans fil

**1. Introduction**

**1.1. Fond**

La maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) est au centre des politiques internationales de santé publique depuis 2020. Malgré des protocoles de santé publique sans précédent pour enrayer la pandémie, le nombre de cas de COVID-19 continue d'augmenter. Nous proposons une réévaluation de nos stratégies de santé publique.

Selon le Center for Disease Control and Prevention (CDC), le modèle le plus simple de causalité de la maladie est la triade épidémiologique composée de trois facteurs interactifs : l'agent (pathogène), l'environnement et l'état de santé de l'hôte [1]. Des recherches approfondies sont en cours sur l'agent, le coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2). Les facteurs de risque qui rendent un hôte plus susceptible de succomber à la maladie ont été élucidés. Cependant, les facteurs environnementaux n'ont pas été suffisamment explorés. Dans cet article, nous avons étudié le rôle du rayonnement de communication sans fil (WCR), un facteur de stress environnemental répandu.

Nous explorons les preuves scientifiques suggérant une relation possible entre COVID-19 et le rayonnement radiofréquence lié à la technologie de communication sans fil, y compris la cinquième génération (5G) de technologie de communication sans fil, désormais appelée WCR. La WCR a déjà été reconnue comme une forme de pollution environnementale et de stress physiologique [2]. L'évaluation des effets potentiellement néfastes de la WCR sur la santé peut être cruciale pour développer une politique de santé publique efficace et rationnelle qui peut aider à accélérer l'éradication de la pandémie de COVID-19. De plus, étant donné que nous sommes sur le point de déployer la 5G dans le monde entier, il est essentiel de prendre en compte les éventuels effets néfastes de la WCR sur la santé avant que le public ne soit potentiellement lésé.

La 5G est un protocole qui utilisera des bandes de hautes fréquences et des bandes passantes étendues du spectre électromagnétique dans la vaste gamme de radiofréquences de 600 MHz à près de 100 GHz, qui comprend des ondes millimétriques (>20 GHz), en plus de la troisième génération actuellement utilisée (3G) et les bandes hyperfréquences à évolution à long terme (LTE) de quatrième génération (4G). Les attributions de spectre de fréquences 5G diffèrent d'un pays à l'autre. Des faisceaux de rayonnement pulsés focalisés seront émis par les nouvelles stations de base et les antennes à commande de phase placées à proximité des bâtiments chaque fois que des personnes accéderont au réseau 5G. Parce que ces hautes fréquences sont fortement absorbées par l'atmosphère et surtout pendant la pluie, la portée d'un émetteur est limitée à 300 mètres. Par conséquent, la 5G nécessite que les stations de base et les antennes soient beaucoup plus rapprochées que les générations précédentes. De plus, les satellites dans l'espace émettront des bandes 5G à l'échelle mondiale pour créer un réseau mondial sans fil. Le nouveau système nécessite donc une densification importante des infrastructures 4G ainsi que de nouvelles antennes 5G susceptibles d'augmenter considérablement l'exposition de la population au BFR tant à l'intérieur des structures qu'à l'extérieur. Environ 100 000 satellites émetteurs devraient être mis en orbite. Cette infrastructure modifiera considérablement l'environnement électromagnétique mondial à des niveaux sans précédent et pourrait avoir des conséquences inconnues sur l'ensemble de la biosphère, y compris les humains. La nouvelle infrastructure desservira les nouveaux appareils 5G, notamment les téléphones mobiles 5G, les routeurs, les ordinateurs, les tablettes, les véhicules autonomes, les communications de machine à machine et l'Internet des objets.

La norme industrielle mondiale pour la 5G est définie par le 3G Partnership Project (3GPP), qui est un terme générique pour plusieurs organisations développant des protocoles standard pour les télécommunications mobiles. La norme 5G spécifie tous les aspects clés de la technologie, y compris l'attribution du spectre de fréquences, la formation de faisceaux, l'orientation des faisceaux, le multiplexage à entrées multiples, les schémas de sorties multiples, ainsi que les schémas de modulation, entre autres. La 5G utilisera de 64 à 256 antennes sur de courtes distances pour desservir pratiquement simultanément un grand nombre d'appareils au sein d'une cellule. La dernière norme 5G finalisée, la version 16, est codifiée dans le rapport technique 3GPP publié TR 21.916 et peut être téléchargée à partir du serveur 3GPP à l'adresse <https://www.3gpp.org/specifications>. Les ingénieurs affirment que la 5G offrira des performances jusqu'à 10 fois supérieures à celles des réseaux 4G actuels [3].

Le COVID-19 a commencé à Wuhan, en Chine, en décembre 2019, peu de temps après que la 5G à l'échelle de la ville soit devenue un système opérationnel, le 31 octobre 2019. Des épidémies de COVID-19 ont rapidement suivi dans d'autres régions où la 5G avait également été au moins partiellement mis en œuvre, notamment en

Corée du Sud, en Italie du Nord, à New York, à Seattle et en Californie du Sud. En mai 2020, Mordachev [4] a signalé une corrélation statistiquement significative entre l'intensité du rayonnement radiofréquence et la mortalité due au SRAS-CoV-2 dans 31 pays à travers le monde. Au cours de la première vague pandémique aux États-Unis, les cas et les décès attribués au COVID-19 étaient statistiquement plus élevés dans les États et les grandes villes dotés d'une infrastructure 5G que dans les États et les villes qui ne disposaient pas encore de cette technologie [5].

Depuis avant la Seconde Guerre mondiale, il existe un grand nombre de publications évaluées par des pairs sur les effets biologiques de la WCR qui ont un impact sur de nombreux aspects de notre santé. En examinant cette littérature, nous avons trouvé des intersections entre la physiopathologie du SRAS-CoV-2 et les effets biologiques néfastes de l'exposition au WCR. Ici, nous présentons les preuves suggérant que le WCR a été un facteur contributif possible aggravant le COVID-19.

## **1.2. Aperçu sur COVID-19**

La présentation clinique de COVID-19 s'est avérée très variable, avec un large éventail de symptômes et une variabilité d'un cas à l'autre. Selon le CDC, les premiers symptômes de la maladie peuvent inclure des maux de gorge, des maux de tête, de la fièvre, de la toux, des frissons, entre autres. Des symptômes plus graves, notamment un essoufflement, une fièvre élevée et une fatigue intense, peuvent survenir à un stade ultérieur. Les séquelles neurologiques de la perte du goût et de l'odorat ont également été décrites.

Ing et al. [6] ont déterminé que 80 % des personnes touchées présentent des symptômes légers ou aucun, mais les populations plus âgées et celles présentant des comorbidités, telles que l'hypertension, le diabète et l'obésité, ont un risque plus élevé de maladie grave [7]. Le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) peut survenir rapidement [8] et provoquer un essoufflement sévère, car les cellules endothéliales tapissant les vaisseaux sanguins et les cellules épithéliales tapissant les voies respiratoires perdent leur intégrité et un fluide riche en protéines s'infiltré dans les sacs aériens adjacents. COVID-19 peut provoquer des niveaux d'oxygène insuffisants (hypoxie) qui ont été observés chez jusqu'à 80% des patients des unités de soins intensifs (USI) [9] présentant une détresse respiratoire. Une diminution de l'oxygénation et des niveaux élevés de dioxyde de carbone dans le sang des patients ont été observés, bien que l'étiologie de ces résultats reste incertaine.

Des dommages oxydatifs massifs aux poumons ont été observés dans des zones d'opacification de l'espace aérien documentées sur des radiographies thoraciques et des tomodensitogrammes (TDM) chez des patients atteints de pneumonie SARS-CoV-2 [10]. Ce stress cellulaire peut indiquer une étiologie biochimique plutôt que virale [11].

Parce que le virus disséminé peut s'attacher aux cellules contenant un récepteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) ; il peut se propager et endommager les organes et les tissus mous dans tout le corps, y compris les poumons, le cœur, les intestins, les reins, les vaisseaux sanguins, la graisse, les testicules et les ovaires, entre autres. La maladie peut augmenter l'inflammation systémique et induire un état d'hypercoagulabilité. Sans anticoagulation, les caillots sanguins intravasculaires peuvent être dévastateurs [12].

Chez les patients COVID-19 appelés « long-courriers », les symptômes peuvent croître et décroître pendant des mois [13]. L'essoufflement, la fatigue, les douleurs articulaires et les douleurs thoraciques peuvent devenir des symptômes persistants. Un brouillard cérébral post-infectieux, une arythmie cardiaque et une hypertension d'apparition récente ont également été décrits. Les complications chroniques à long terme du COVID-19 sont définies au fur et à mesure que les données épidémiologiques sont collectées au fil du temps.

Alors que notre compréhension du COVID-19 continue d'évoluer, les facteurs environnementaux, en particulier ceux des champs électromagnétiques de communication sans fil, restent des variables inexplorées qui peuvent contribuer à la maladie, y compris sa gravité chez certains patients. Ensuite, nous résumons les effets biologiques de l'exposition à la WCR à partir de la littérature scientifique évaluée par des pairs publiés au fil des décennies.

### 1.3. Aperçu des effets biologiques de l'exposition à la WCR

Les organismes sont des êtres électrochimiques. WCR de bas niveau des appareils, y compris les antennes de base de téléphonie mobile, les protocoles de réseau sans fil utilisés pour la mise en réseau local des appareils et l'accès Internet, marque déposée comme Wi-Fi (officiellement IEEE 802.11b Direct Sequence protocol ; IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers) par l'alliance Wi-Fi, et les téléphones portables, entre autres, peuvent perturber la régulation de nombreuses fonctions physiologiques.

Des effets biologiques non thermiques (inférieurs à la densité de puissance qui provoque un échauffement des tissus) d'une très faible exposition à la WCR ont été signalés dans de nombreuses publications scientifiques évaluées par des pairs à des densités de puissance inférieures aux directives d'exposition de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) [14].

Le WCR de bas niveau s'est avéré avoir un impact sur l'organisme à tous les niveaux d'organisation, du niveau moléculaire au niveau cellulaire, physiologique, comportemental et psychologique.

De plus, il a été démontré qu'il provoque des effets systémiques néfastes sur la santé, notamment un risque accru de cancer [15], des modifications endocriniennes [16], une augmentation de la production de radicaux libres [17], des dommages à l'acide désoxyribonucléique (ADN) [18], des modifications du système reproducteur [19], des troubles de l'apprentissage et de la mémoire [20] et des troubles neurologiques [21]. Ayant évolué dans le fond naturel de radiofréquence de niveau extrêmement bas de la Terre, les organismes n'ont pas la capacité de s'adapter aux niveaux accrus de rayonnement non naturel de la technologie de communication sans fil avec une modulation numérique qui comprend de courtes impulsions intenses (rafales).

La littérature scientifique mondiale évaluée par des pairs a documenté des preuves d'effets biologiques néfastes de l'exposition à la WCR, y compris les fréquences 5G sur plusieurs décennies.

La littérature soviétique et d'Europe de l'Est des années 1960 aux années 1970 démontre des effets biologiques importants, même à des niveaux d'exposition plus de 1000 fois inférieurs à 1 mW/cm<sup>2</sup>, la ligne directrice actuelle pour l'exposition maximale du public aux États-Unis.

Des études orientales sur des sujets animaux et humains ont été réalisées à de faibles niveaux d'exposition (<1 mW/cm<sup>2</sup>) pendant de longues durées (généralement des mois).

Les effets biologiques nocifs des niveaux d'exposition à la WCR inférieurs à 0,001 mW/cm<sup>2</sup> ont également été documentés dans la littérature occidentale.

Des dommages à la viabilité du sperme humain, y compris la fragmentation de l'ADN par des ordinateurs portables connectés à Internet à des densités de puissance de 0,0005 à 0,001 mW/cm<sup>2</sup> ont été signalés [22].

L'exposition humaine chronique à 0,000006 - 0,00001 mW/cm<sup>2</sup> a produit des changements significatifs dans les hormones de stress humaines suite à l'installation d'une station de base de téléphone portable [23].

Les expositions humaines aux rayonnements des téléphones portables à 0,00001 – 0,00005 mW/cm<sup>2</sup> ont entraîné des plaintes de maux de tête, de problèmes neurologiques, de troubles du sommeil et de concentration, correspondant au « mal des micro-ondes » [24,25].

Les effets du WCR sur le développement prénatal chez des souris placées à proximité d'un « parc d'antennes » exposées à des densités de puissance de 0,000168 à 0,001053 mW/cm<sup>2</sup> ont montré une diminution progressive du nombre de nouveau-nés et abouti à une infertilité irréversible [26].

La plupart des recherches américaines ont été effectuées sur de courtes durées de quelques semaines ou moins. Ces dernières années, il y a eu peu d'études à long terme sur les animaux ou les humains.

Les maladies dues à l'exposition à la WCR ont été documentées depuis les premières utilisations du radar. Une exposition prolongée aux micro-ondes et aux ondes millimétriques du radar a été associée à divers troubles appelés « *mal des ondes radio* » il y a des décennies par les scientifiques russes.

Une grande variété d'effets biologiques provenant des densités de puissance non thermique de la WCR ont été signalés par des groupes de recherche soviétiques depuis les années 1960.

Une bibliographie de plus de 3700 références sur les effets biologiques rapportés dans la littérature scientifique mondiale a été publiée en 1972 (révisée en 1976) par l'US Naval Medical Research Institute [27,28].

Plusieurs études russes pertinentes sont résumées comme suit.

Les recherches sur les cultures de bactéries *Escherichia coli* montrent des fenêtres de densité de puissance pour les effets de résonance micro-ondes pour une stimulation de 51,755 GHz de la croissance bactérienne, observées à des densités de puissance extrêmement faibles de 10-13 mW/cm<sup>2</sup> [29], illustrant un effet biologique de niveau extrêmement faible.

Plus récemment, des études russes ont confirmé des résultats antérieurs de groupes de recherche soviétiques sur les effets de 2,45 GHz à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> sur des rats (exposition de 30 jours pendant 7 h/jour), démontrant la formation d'anticorps dirigés contre le cerveau (réponse auto-immune) et des réactions de stress. [30].

Dans une étude à long terme (1 à 4 ans) comparant des enfants qui utilisent des téléphones portables à un groupe témoin, des changements fonctionnels, notamment une plus grande fatigue, une diminution de l'attention volontaire et un affaiblissement de la mémoire sémantique, entre autres changements psychophysiologiques indésirables, ont été signalés [31].

Les principaux rapports de recherche russes qui sous-tendent la base scientifique des directives soviétiques et russes d'exposition à la WCR pour protéger le public, qui sont bien inférieures aux directives américaines, ont été résumés [32].

Par comparaison avec les niveaux d'exposition utilisés dans ces études, nous avons mesuré le niveau ambiant de WCR de 100 MHz à 8 GHz au centre-ville de San Francisco, Californie en décembre 2020, et avons trouvé une densité de puissance moyenne de 0,0002 mW/cm<sup>2</sup>. Ce niveau est issu de la superposition de plusieurs dispositifs WCR. Il est environ  $2 \times 10^{10}$  fois au-dessus du fond naturel.

Le rayonnement radiofréquence pulsé tel que le WCR présente des effets biologiques sensiblement différents, à la fois qualitativement et quantitativement (généralement plus prononcés) par rapport aux ondes continues à des densités de puissance moyennes dans le temps similaires [33-36].

Les mécanismes d'interaction spécifiques ne sont pas bien compris. Tous les types de communications sans fil utilisent des fréquences extrêmement basses (ELF) dans la modulation des signaux porteurs radiofréquence, généralement des impulsions pour augmenter la capacité des informations transmises.

Cette combinaison de rayonnement radiofréquence et de modulation(s) ELF est généralement plus bioactive, car il est supposé que les organismes ne peuvent pas s'adapter facilement à des formes d'ondes qui changent rapidement [37-40].

Par conséquent, la présence de composants ELF des ondes radiofréquences provenant d'impulsions ou d'autres modulations doit être prise en compte dans les études sur les effets biologiques de la WCR.

Malheureusement, le rapport de ces modulations n'a pas été fiable, en particulier dans les études plus anciennes [41].

Le rapport BioInitiative [42], rédigé par 29 experts de dix pays et mis à jour en 2020, fournit un résumé scientifique contemporain de la littérature sur les effets biologiques et les conséquences sur la santé de l'exposition à la WCR, y compris un recueil de recherches à l'appui.

Des revues récentes ont été publiées [43-46]. Deux revues complètes sur les effets biologiques des ondes millimétriques rapportent que même des expositions à court terme produisent des effets biologiques marqués [47,48].

## **2. Méthodes**

Une étude bibliographique en cours sur la physiopathologie en cours du SRAS-CoV-2 a été réalisée. Pour étudier un lien possible avec les effets biologiques de l'exposition à la WCR, nous avons examiné plus de 250 rapports de recherche évalués par des pairs de 1969 à 2021, y compris des revues et des études sur les cellules, les animaux et les humains.

Nous avons inclus la littérature mondiale en anglais et les rapports russes traduits en anglais, sur les fréquences radio de 600 MHz à 90 GHz, le spectre d'ondes porteuses du WCR (2G à 5G inclus), avec un accent particulier sur les densités de puissance non thermiques et faibles (<1 mW/cm<sup>2</sup>), et les expositions à long terme.

Les termes de recherche suivants ont été utilisés dans les requêtes dans MEDLINE® et le Defense Technical Information Center (<https://discover.dtic.mil>) pour trouver des rapports d'étude pertinents : rayonnement

radiofréquence, micro-ondes, ondes millimétriques, radar, MHz, GHz, sang, globule rouge, érythrocytes, hémoglobine, hémodynamique, oxygène, hypoxie, vasculaire, inflammation, pro-inflammatoire, immunitaire, lymphocyte, cellule T, cytokine, calcium intracellulaire, fonction sympathique, arythmie, cœur, cardiovasculaire, stress oxydatif, glutathion, oxygène réactif espèces (ROS), COVID-19, virus et SARS-CoV-2. Des études professionnelles sur des travailleurs exposés à la WCR ont été incluses dans l'étude. Notre approche s'apparente à la découverte liée à la littérature, dans laquelle deux concepts qui n'ont pas été liés jusqu'à présent sont explorés dans les recherches bibliographiques pour rechercher des liens permettant de produire des connaissances nouvelles, intéressantes, plausibles et intelligibles, c'est-à-dire une découverte potentielle. [49]. À partir de l'analyse de ces études en comparaison avec de nouvelles informations sur la physiopathologie du SRAS-CoV-2, nous avons identifié plusieurs façons dont les effets biologiques néfastes de l'exposition au WCR recourent les manifestations du COVID-19 et avons organisé nos résultats en cinq catégories.

### 3. Résultats

Le tableau 1 répertorie les manifestations communes à COVID-19, y compris la progression de la maladie et les effets biologiques indésirables correspondants de l'exposition à la WCR. Bien que ces effets soient classés en catégories - modifications sanguines, stress oxydatif, perturbation et activation du système immunitaire, augmentation du calcium intracellulaire (Ca<sup>2+</sup>) et effets cardiaques - il faut souligner que ces effets ne sont pas indépendants les uns des autres. Par exemple, la coagulation sanguine et l'inflammation ont des mécanismes qui se chevauchent, et le stress oxydatif est impliqué dans les changements morphologiques des érythrocytes ainsi que dans l'hypercoagulation, l'inflammation et les dommages aux organes.

**Tableau 1**

Effets biologiques de l'exposition aux rayonnements de communication sans fil (WCR) en relation avec les manifestations de COVID-19 et leur progression

Effets biologiques de l'exposition aux rayonnements des communications sans fil (WCR)

<b>Wireless communications radiation (WCR) exposure bioeffects</b>	<b>COVID-19 manifestations</b>
<p><b>Blood changes</b></p> <p>Short-term: rouleaux, échinocytes</p> <p>Long-term: reduced blood clotting time, reduced hemoglobin, hemodynamic disorders</p>	<p><b>Blood changes</b></p> <p>Rouleaux, échinocytes</p> <p>Hemoglobin effects; vascular effects</p> <p>→Reduced hemoglobin in severe disease; autoimmune hemolytic anemia; hypoxemia and hypoxia</p> <p>→Endothelial injury; impaired microcirculation; hypercoagulation; disseminated intravascular coagulopathy (DIC); pulmonary embolism; stroke</p>
<p><b>Oxidative stress</b></p> <p>Glutathione level decrease; free radicals and lipid peroxide increase; superoxide dismutase activity decrease; oxidative injury in tissues and organs</p>	<p><b>Oxidative stress</b></p> <p>Glutathione level decrease; free radical increase and damage; apoptosis→Oxidative injury; organ damage in severe disease</p>



<p><b>Immune system disruption and activation</b></p> <p>Immune suppression in some studies; immune hyperactivation in other studies</p> <p>Long-term: suppression of T-lymphocytes; inflammatory biomarkers increased; autoimmunity; organ injury</p>	<p><b>Immune system disruption and activation</b></p> <p>Decreased production of T-lymphocytes; elevated inflammatory biomarkers.</p> <p>→Immune hyperactivation and inflammation; cytokine storm in severe disease; cytokine-induced hypo-perfusion with resulting hypoxia; organ injury; organ failure</p>
<p><b>Increased intracellular calcium</b></p> <p>From activation of voltage-gated calcium channels on cell membranes, with numerous secondary effects</p>	<p><b>Increased intracellular calcium</b></p> <p>→Increased virus entry, replication, and release</p> <p>→Increased NF-κB, pro-inflammatory processes, coagulation, and thrombosis</p>
<p><b>Cardiac effects</b></p> <p>Up-regulation of sympathetic nervous system; palpitations and arrhythmias</p>	<p><b>Cardiac effects</b></p> <p>Arrhythmias</p> <p>→Myocarditis; myocardial ischemia; cardiac injury; cardiac failure</p>

### Le sang change

À court terme : rouleaux, échinocytes

À long terme : temps de coagulation sanguine réduit, hémoglobine réduite, troubles hémodynamiques

### Le sang change

Rouleaux, échinocytes

Effets sur l'hémoglobine ; effets vasculaires

→Hémoglobine réduite en cas de maladie grave ; anémie hémolytique auto-immune ; hypoxémie et hypoxie

→Blessure endothéliale ; microcirculation altérée ; hypercoagulation ; coagulopathie intravasculaire disséminée (CIVD) ; embolie pulmonaire ; accident vasculaire cérébral

### Stress oxydant

Diminution du niveau de glutathion ; augmentation des radicaux libres et du peroxyde lipidique ; diminution de l'activité de la superoxyde dismutase ; lésion oxydative dans les tissus et les organes

### Stress oxydant

Diminution du niveau de glutathion ; augmentation et dommages des radicaux libres ; apoptose→Blessure oxydative ; dommages aux organes dans les maladies graves

### Perturbation et activation du système immunitaire

Immunosuppression dans certaines études ; hyperactivation immunitaire dans d'autres études

À long terme : suppression des lymphocytes T ; les biomarqueurs inflammatoires ont augmenté ; auto-immunité ; lésion d'organe

### Perturbation et activation du système immunitaire

Diminution de la production de lymphocytes T ; biomarqueurs inflammatoires élevés.

→Hyperactivation immunitaire et inflammation ; tempête de cytokines dans les maladies graves ; hypoperfusion induite par les cytokines avec hypoxie résultante ; lésion d'organes ; défaillance d'organe

### Augmentation du calcium intracellulaire

De l'activation des canaux calciques voltage-dépendants sur les membranes cellulaires, avec de nombreux effets secondaires

### Augmentation du calcium intracellulaire

→Augmentation de l'entrée, de la réplication et de la libération de virus

→ Augmentation du NF-κB, processus pro-inflammatoires, coagulation et thrombose

### Effets cardiaques

Régulation à la hausse du système nerveux sympathique ; palpitations et arythmies

### Effets cardiaques

Arythmies

→Myocardite ; ischémie myocardique ; lésion cardiaque ; insuffisance cardiaque

---

Des preuves à l'appui, y compris les détails de l'étude et les citations, sont fournies dans le texte sous chaque titre de sujet, c'est-à-dire les changements sanguins, le stress oxydatif, etc.

---

### **3.1. Le sang change**

L'exposition au WCR peut provoquer des changements morphologiques dans le sang facilement visibles par contraste de phase ou microscopie à fond noir d'échantillons de sang périphérique vivants.

En 2013, Havas a observé une agrégation érythrocytaire comprenant des rouleaux (rouleaux de globules rouges empilés) dans des échantillons de sang périphérique vivants après une exposition humaine de 10 minutes à un téléphone sans fil 2,4 GHz [50].

Bien qu'il n'ait pas été évalué par des pairs, l'un d'entre nous (Rubik) a étudié l'effet des rayonnements des téléphones portables 4G LTE sur le sang périphérique de dix sujets humains, dont chacun avait été exposé aux rayonnements des téléphones portables pendant deux intervalles consécutifs de 45 minutes [51].

Deux types d'effets ont été observés : une augmentation de l'adhérence et de l'agglutination des globules rouges avec la formation de rouleaux, et la formation subséquente d'échinocytes (globules rouges hérissés).

L'agglutination et l'agrégation des globules rouges sont connues pour être activement impliquées dans la coagulation du sang [52].

La prévalence de ce phénomène sur l'exposition au WCR dans la population humaine n'a pas encore été déterminée. Des études contrôlées à plus grande échelle devraient être réalisées pour approfondir l'étude de ce phénomène.

Des modifications similaires des globules rouges ont été décrites dans le sang périphérique des patients COVID-19 [53].

La formation de rouleaux a été observée chez 1/3 des patients COVID-19, alors que la formation de sphérocytes et d'échinocytes est plus variable.

L'engagement de la protéine de pointe avec les récepteurs ACE2 sur les cellules tapissant les vaisseaux sanguins peut entraîner des dommages endothéliaux, même isolés [54].

La formation de rouleaux, en particulier dans le cadre de lésions endothéliales sous-jacentes, peut obstruer la microcirculation, entraver le transport de l'oxygène, contribuer à l'hypoxie et augmenter le risque de thrombose [52].

La thrombogénèse associée à l'infection par le SRAS-CoV-2 peut également être causée par une liaison virale directe aux récepteurs ACE2 sur les plaquettes [55].

Des effets sanguins supplémentaires ont été observés chez les humains et les animaux exposés à la WCR.

En 1977, une étude russe a rapporté que des rongeurs irradiés avec des ondes de 5 à 8 mm (60 à 37 GHz) à 1 mW/cm<sup>2</sup> pendant 15 min/jour pendant 60 jours développaient des troubles hémodynamiques, supprimaient la formation de globules rouges, réduisaient l'hémoglobine et inhibition de l'utilisation de l'oxygène (phosphorylation oxydative par les mitochondries) [56].

En 1978, une étude russe de 3 ans sur 72 ingénieurs exposés à des générateurs d'ondes millimétriques émettant à 1 mW/cm<sup>2</sup> ou moins a montré une diminution de leur taux d'hémoglobine et de leur nombre de globules rouges, et une tendance à l'hypercoagulation, alors qu'un groupe témoin n'a montré aucun changement [57].

De tels effets hématologiques délétères de l'exposition au WCR peuvent également contribuer au développement de l'hypoxie et de la coagulation sanguine observés chez les patients COVID-19.

Il a été proposé que le virus SARS-CoV-2 attaque les érythrocytes et provoque une dégradation de l'hémoglobine [11].

Les protéines virales peuvent attaquer la chaîne 1-bêta de l'hémoglobine et capturer la porphyrine, ainsi que d'autres protéines du virus catalysant la dissociation du fer de l'hème [58].

En principe, cela réduirait le nombre d'érythrocytes fonctionnels et provoquerait la libération d'ions de fer libres qui pourraient provoquer un stress oxydatif, des lésions tissulaires et une hypoxie.

Avec l'hémoglobine partiellement détruite et le tissu pulmonaire endommagé par l'inflammation, les patients seraient moins capables d'échanger du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'oxygène (O<sub>2</sub>), et seraient appauvris en oxygène.

En fait, certains patients COVID-19 présentent des taux d'hémoglobine réduits, mesurant 7,1 g/L et même aussi



bas que 5,9 g/L dans les cas graves [59].

Des études cliniques sur près de 100 patients de Wuhan ont révélé que les taux d'hémoglobine dans le sang de la plupart des patients infectés par le SRAS-CoV-2 sont considérablement réduits, ce qui compromet l'apport d'oxygène aux tissus et organes [60].

Dans une méta-analyse de quatre études portant sur un total de 1210 patients et 224 atteints d'une maladie grave, les valeurs d'hémoglobine ont été réduites chez les patients COVID-19 atteints d'une maladie grave par rapport à ceux atteints de formes plus légères [59].

Dans une autre étude sur 601 patients COVID-19, 14,7% des patients COVID-19 ICU anémiques et 9% des patients COVID-19 non-USI souffraient d'anémie hémolytique auto-immune [61].

Chez les patients atteints d'une maladie COVID-19 sévère, une diminution de l'hémoglobine ainsi qu'une vitesse de sédimentation érythrocytaire (VS) élevée, une protéine C réactive, la lactate déshydrogénase, l'albumine [62], la ferritine sérique [63] et une faible saturation en oxygène [64] fournissent un soutien supplémentaire pour cette hypothèse.

De plus, la transfusion de concentrés de globules rouges peut favoriser le rétablissement des patients atteints de COVID-19 souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë [65].

En bref, l'exposition au WCR et au COVID-19 peuvent provoquer des effets délétères sur les globules rouges et des taux d'hémoglobine réduits contribuant à l'hypoxie dans le COVID-19.

Les lésions endothéliales peuvent contribuer davantage à l'hypoxie et à bon nombre des complications vasculaires observées dans COVID-19 [66] qui sont discutées dans la section suivante.

### **3.2. Stress oxydant**

Le stress oxydatif est une pathologie non spécifique traduisant un déséquilibre entre une production accrue de ROS et une incapacité de l'organisme à détoxifier les ROS ou à réparer les dommages qu'ils causent aux biomolécules et aux tissus [67].

Le stress oxydatif peut perturber la signalisation cellulaire, provoquer la formation de protéines de stress et générer des radicaux libres hautement réactifs, qui peuvent endommager l'ADN et la membrane cellulaire.

Le SARS-CoV-2 inhibe les voies intrinsèques conçues pour réduire les niveaux de ROS, augmentant ainsi la morbidité.

Un dérèglement immunitaire, c'est-à-dire la régulation positive de l'interleukine (IL)-6 et du facteur de nécrose tumorale (TNF- $\alpha$ ) [68] et la suppression de l'interféron (IFN) et de l'IFN [69] ont été identifiés dans la tempête de cytokines accompagnant infections graves au COVID-19 et génère un stress oxydatif [10].

Le stress oxydatif et le dysfonctionnement mitochondrial peuvent perpétuer davantage la tempête de cytokines, aggravant les lésions tissulaires et augmentant le risque de maladie grave et de décès.

De même, le WCR de bas niveau génère des ROS dans les cellules qui causent des dommages oxydatifs.

En fait, le stress oxydatif est considéré comme l'un des principaux mécanismes dans lesquels l'exposition au WCR provoque des dommages cellulaires.

Parmi les 100 études évaluées par des pairs actuellement disponibles examinant les effets oxydatifs du WCR de faible intensité, 93 de ces études ont confirmé que le WCR induit des effets oxydatifs dans les systèmes biologiques [17].

Le WCR est un agent oxydant à haut potentiel pathogène surtout lorsque l'exposition est continue [70].

Le stress oxydatif est également un mécanisme reconnu provoquant des dommages endothéliaux [71].

Cela peut se manifester chez les patients atteints de COVID-19 sévère en plus d'augmenter le risque de formation de caillots sanguins et d'aggraver l'hypoxémie [10].

De faibles niveaux de glutathion, le maître antioxydant, ont été observés dans un petit groupe de patients COVID-19, le niveau le plus bas étant trouvé dans les cas les plus graves [72].

La découverte de faibles niveaux de glutathion chez ces patients soutient en outre le stress oxydatif en tant que composante de cette maladie [72].

En fait, le glutathion, la principale source d'activité antioxydante à base de sulfhydryle dans le corps humain,

peut être essentiel dans COVID-19 [73].

La carence en glutathion a été proposée comme la cause la plus probable des manifestations graves du COVID-19 [72].

Les comorbidités les plus fréquentes, l'hypertension [74] ; obésité [75] ; diabète [76] ; et la maladie pulmonaire obstructive chronique [74] soutiennent le concept selon lequel des conditions préexistantes provoquant de faibles niveaux de glutathion peuvent fonctionner en synergie pour créer la « tempête parfaite » pour les complications respiratoires et vasculaires d'une infection grave.

Un autre article citant deux cas de pneumonie COVID-19 traitée avec succès avec du glutathion intraveineux soutient également cette hypothèse [77].

De nombreuses études rapportent un stress oxydatif chez les humains exposés à la WCR. Peraïca et al. [78] ont trouvé une diminution des taux sanguins de glutathion chez les travailleurs exposés au WCR d'un équipement radar (0,01 mW/cm<sup>2</sup> – 10 mW/cm<sup>2</sup> ; 1,5 – 10,9 GHz).

Garaj-Vrhovac et al. [79] ont étudié les effets biologiques après exposition à des micro-ondes pulsées non thermiques provenant d'un radar marin (3 GHz, 5,5 GHz et 9,4 GHz) et ont signalé des niveaux de glutathion réduits et une augmentation du malondialdéhyde (marqueur du stress oxydatif) dans un groupe exposé professionnellement [79].

Le plasma sanguin des personnes résidant à proximité des stations de base de téléphonie mobile a montré des niveaux de glutathion, de catalase et de superoxyde dismutase significativement réduits par rapport aux témoins non exposés [80].

Dans une étude sur l'exposition humaine au WCR à partir de téléphones portables, une augmentation des taux sanguins de peroxyde lipidique a été signalée, tandis que les activités enzymatiques de la superoxyde dismutase et de la glutathion peroxydase dans les globules rouges ont diminué, indiquant un stress oxydatif [81].

Dans une étude sur des rats exposés à 2450 MHz (fréquence du routeur sans fil), le stress oxydatif a été impliqué dans la lyse des globules rouges (hémolyse) [82].

Dans une autre étude, des rats exposés à 945 MHz (fréquence de la station de base) à 0,367 mW/cm<sup>2</sup> pendant 7 h/jour, pendant 8 jours, ont montré de faibles niveaux de glutathion et une augmentation de l'activité enzymatique du malondialdéhyde et de la superoxyde dismutase, caractéristiques du stress oxydatif [83].

Dans une étude contrôlée à long terme sur des rats exposés à 900 MHz (fréquence de téléphonie mobile) à 0,0782 mW/cm<sup>2</sup> pendant 2 h/jour pendant 10 mois, il y a eu une augmentation significative du malondialdéhyde et du statut oxydant total par rapport aux témoins [84].

Dans une autre étude contrôlée à long terme sur des rats exposés à deux fréquences de téléphonie mobile, 1800 MHz et 2100 MHz, à des densités de puissance de 0,04 à 0,127 mW/cm<sup>2</sup> pendant 2 h/jour pendant 7 mois, des altérations significatives des paramètres oxydant-antioxydant, brin d'ADN des cassures et des dommages oxydatifs à l'ADN ont été trouvés [85].

Il existe une corrélation entre le stress oxydatif et la thrombogénèse [86].

Les ROS peuvent provoquer un dysfonctionnement endothélial et des dommages cellulaires.

Le revêtement endothélial du système vasculaire contient des récepteurs ACE2 qui sont ciblés par le SARS-CoV-2. L'endothéliite qui en résulte peut provoquer un rétrécissement luminal et entraîner une diminution du flux sanguin vers les structures en aval.

Les thrombus dans les structures artérielles peuvent obstruer davantage le flux sanguin, provoquant une ischémie et/ou des infarctus dans les organes impliqués, y compris des embolies pulmonaires et des accidents vasculaires cérébraux.

Une coagulation sanguine anormale conduisant à des micro-embolies était une complication reconnue au début de l'histoire de COVID-19 [87].

Sur 184 patients COVID-19 en soins intensifs, 31 % ont présenté des complications thrombotiques [88].

Les événements de coagulation cardiovasculaire sont une cause fréquente de décès par COVID-19 [12].

Une embolie pulmonaire, une coagulation intravasculaire disséminée (CIVD), une insuffisance hépatique, cardiaque et rénale ont toutes été observées chez des patients atteints de COVID-19 [89].

Les patients présentant les facteurs de risque cardiovasculaire les plus élevés dans COVID-19 incluent les hommes, les personnes âgées, les diabétiques et les patients obèses et hypertendus. Cependant, une

augmentation de l'incidence des accidents vasculaires cérébraux chez les patients plus jeunes atteints de COVID-19 a également été décrite [90].

Le stress oxydatif est causé par l'exposition au WCR et est connu pour être impliqué dans les maladies cardiovasculaires.

L'exposition environnementale omniprésente au WCR peut contribuer aux maladies cardiovasculaires en créant un état chronique de stress oxydatif [91].

Cela entraînerait des dommages oxydatifs aux constituants cellulaires et altérerait les voies de transduction du signal.

De plus, le WCR modulé par les impulsions peut provoquer des lésions oxydatives dans les tissus du foie, des poumons, des testicules et du cœur médiées par la peroxydation lipidique, des niveaux accrus d'oxyde nitrique et la suppression du mécanisme de défense antioxydant [92].

En résumé, le stress oxydatif est une composante majeure de la physiopathologie du COVID-19 ainsi que des dommages cellulaires causés par l'exposition au WCR.

### **3.3. Perturbation et activation du système immunitaire**

Lorsque le SRAS-CoV-2 infecte pour la première fois le corps humain, il attaque les cellules tapissant le nez, la gorge et les voies respiratoires supérieures hébergeant des récepteurs ACE2.

Une fois que le virus a accès à une cellule hôte via l'une de ses protéines de pointe, qui sont les multiples protubérances faisant saillie de l'enveloppe virale qui se lient aux récepteurs ACE2, il convertit la cellule en une entité virale auto-répliquante.

En réponse à l'infection au COVID-19, il a été démontré qu'une réponse immunitaire innée systémique immédiate ainsi qu'une réponse adaptative retardée se produisent [93].

Le virus peut également provoquer un dérèglement de la réponse immunitaire, en particulier dans la diminution de la production de lymphocytes T. [94].

Les cas graves ont tendance à avoir une numération lymphocytaire plus faible, une numération leucocytaire et un rapport neutrophiles-lymphocytes plus élevés, ainsi que des pourcentages plus faibles de monocytes, d'éosinophiles et de basophiles [94].

Les cas graves de COVID-19 montrent la plus grande altération des lymphocytes T.

En comparaison, des études WCR de bas niveau sur des animaux de laboratoire montrent également une altération de la fonction immunitaire [95].

Les résultats comprennent des altérations physiques des cellules immunitaires, une dégradation des réponses immunologiques, une inflammation et des lésions tissulaires. Baranski [96] a exposé des cobayes et des lapins à des micro-ondes de 3000 MHz continues ou modulées par impulsions à une densité de puissance moyenne de 3,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 3 h/jour pendant 3 mois et a trouvé des changements non thermiques dans le nombre de lymphocytes, des anomalies dans la structure nucléaire, et mitose dans la série cellulaire érythroblastique de la moelle osseuse et dans les cellules lymphoïdes des ganglions lymphatiques et de la rate.

D'autres chercheurs ont montré une diminution des lymphocytes T ou une suppression de la fonction immunitaire chez les animaux exposés à la WCR.

Des lapins exposés à 2,1 GHz à 5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 3 h/jour, 6 jours/semaine, pendant 3 mois, ont montré une suppression des lymphocytes T [97].

Les rats exposés à 2,45 GHz et 9,7 GHz pendant 2 h/jour, 7 jours/semaine, pendant 21 mois ont montré une diminution significative des taux de lymphocytes et une augmentation de la mortalité à 25 mois dans le groupe irradié [98].

Les lymphocytes prélevés sur des lapins irradiés à 2,45 GHz pendant 23 h/jour pendant 6 mois montrent une suppression significative de la réponse immunitaire à un mitogène [99].

En 2009, Johansson a mené une revue de la littérature, qui comprenait le 2007 Bioinitiative Report.

Il a conclu que l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM), y compris WCR, peut perturber le système immunitaire et provoquer des réponses allergiques et inflammatoires à des niveaux d'exposition nettement

inférieurs aux limites de sécurité nationales et internationales actuelles et augmenter le risque de maladie systémique [100].

Une revue menée par Szmigielski en 2013 a conclu que de faibles champs RF/micro-ondes, tels que ceux émis par les téléphones portables, peuvent affecter diverses fonctions immunitaires à la fois in vitro et in vivo [101]. Bien que les effets soient historiquement quelque peu incohérents, la plupart des études de recherche documentent des modifications du nombre et de l'activité des cellules immunitaires dues à l'exposition aux RF. En général, une exposition à court terme à un faible rayonnement micro-ondes peut temporairement stimuler une réponse immunitaire innée ou adaptative, mais une irradiation prolongée inhibe ces mêmes fonctions.

Dans la phase aiguë de l'infection au COVID-19, les tests sanguins démontrent une VS élevée, une protéine C-réactive et d'autres marqueurs inflammatoires élevés [102], typiques d'une réponse immunitaire innée. La réplication virale rapide peut entraîner la mort des cellules épithéliales et endothéliales et entraîner des fuites de vaisseaux sanguins et une libération de cytokines pro-inflammatoires [103].

Les cytokines, les protéines, les peptides et les protéoglycanes qui modulent la réponse immunitaire du corps sont légèrement élevés chez les patients présentant une gravité de la maladie légère à modérée [104].

Chez les personnes atteintes d'une maladie grave, une libération incontrôlée de cytokines pro-inflammatoires - une tempête de cytokines - peut se produire.

Les tempêtes de cytokines proviennent d'un déséquilibre dans l'activation des lymphocytes T avec une libération dérégulée d'IL-6, d'IL-17 et d'autres cytokines.

La mort cellulaire programmée (apoptose), le SDRA, la CIVD et la défaillance de plusieurs organes peuvent tous résulter d'une tempête de cytokines et augmenter le risque de mortalité.

Par comparaison, des chercheurs soviétiques ont découvert dans les années 1970 que les rayonnements radiofréquences peuvent endommager le système immunitaire des animaux. Shandala [105] a exposé des rats à des micro-ondes de 0,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 1 mois, 7 h/jour, et a constaté une altération de la compétence immunitaire et l'induction d'une maladie auto-immune.

Des rats irradiés à 2,45 GHz à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 7 h par jour pendant 30 jours ont produit des réactions auto-immunes et 0,1 à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> ont produit des réactions immunitaires pathologiques persistantes [106].

L'exposition au rayonnement micro-ondes, même à de faibles niveaux (0,1 – 0,5 mW/cm<sup>2</sup>), peut altérer la fonction immunitaire, provoquant des altérations physiques des cellules essentielles du système immunitaire et une dégradation des réponses immunologiques [107].

Szabo et al. [108] ont examiné les effets d'une exposition à 61,2 GHz sur les kératinocytes épidermiques et ont trouvé une augmentation de l'IL-1b, une cytokine pro-inflammatoire. Makar et al. [109] ont découvert que des souris immunodéprimées irradiées 30 min/jour pendant 3 jours à 42,2 GHz présentaient des niveaux accrus de TNF- $\alpha$ , une cytokine produite par les macrophages.

En bref, COVID-19 peut entraîner un dérèglement immunitaire ainsi que des tempêtes de cytokines.

En comparaison, l'exposition à de faibles niveaux de WCR, telle qu'observée dans les études animales, peut également compromettre le système immunitaire, une exposition quotidienne chronique produisant une immunosuppression ou un dérèglement immunitaire, y compris une hyperactivation.

### **3.4. Augmentation du calcium intracellulaire**

En 1992, Walleczek a suggéré pour la première fois que les champs électromagnétiques ELF (<3000 Hz) pouvaient affecter la signalisation du Ca<sup>2+</sup> à médiation membranaire et conduire à une augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire [110].

Le mécanisme de déclenchement irrégulier des canaux ioniques voltage-dépendants dans les membranes cellulaires par des champs électriques ou magnétiques oscillants polarisés et cohérents a été présenté pour la première fois en 2000 et 2002 [40,111]. Pall [112] dans son examen des effets biologiques induits par le WCR combinés à l'utilisation d'inhibiteurs calciques (CCB) a noté que les canaux calciques voltage-dépendants jouent un rôle majeur dans les effets biologiques du WCR.

L'augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire résulte de l'activation des canaux calciques voltage-dépendants, et cela peut être l'un des principaux mécanismes d'action de la WCR sur les organismes.

Le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire est essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération du virus.

Il a été rapporté que certains virus peuvent manipuler les canaux calciques voltage-dépendants pour augmenter le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire facilitant ainsi l'entrée et la réplication virales [113].

La recherche a montré que l'interaction entre un virus et des canaux calciques voltage-dépendants favorise l'entrée du virus à l'étape de fusion virus-cellule hôte [113].

Ainsi, une fois que le virus se lie à son récepteur sur une cellule hôte et pénètre dans la cellule par endocytose, le virus prend le contrôle de la cellule hôte pour fabriquer ses composants.

Certaines protéines virales manipulent alors les canaux calciques, augmentant ainsi le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire, ce qui facilite la réplication virale ultérieure.

Même si aucune preuve directe n'a été rapportée, il existe des preuves indirectes qu'une augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire peut être impliquée dans COVID-19.

Dans une étude récente, les patients âgés hospitalisés COVID-19 traités avec des ICC, de l'amlodipine ou de la nifédipine, étaient plus susceptibles de survivre et moins susceptibles de nécessiter une intubation ou une ventilation mécanique que les témoins [114].

De plus, les CCB limitent fortement l'entrée et l'infection du SRAS-CoV-2 dans les cellules pulmonaires épithéliales en culture [115].

Les CCB bloquent également l'augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire causée par l'exposition au WCR ainsi que l'exposition à d'autres champs électromagnétiques [112].

Le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire est un second messenger omniprésent qui transmet les signaux reçus par les récepteurs de la surface cellulaire aux protéines effectrices impliquées dans de nombreux processus biochimiques.

L'augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire est un facteur significatif dans la régulation positive du facteur nucléaire de transcription KB (NF-κB) [116], un régulateur important de la production de cytokines pro-inflammatoires ainsi que de la coagulation et des cascades thrombotiques.

Le NF-κB est supposé être un facteur clé sous-jacent aux manifestations cliniques sévères de COVID-19 [117].

En bref, l'exposition au WCR peut donc augmenter l'infectiosité du virus en augmentant le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire qui peut également contribuer indirectement aux processus inflammatoires et à la thrombose.

### **3.5. Effets cardiaques**

Les arythmies cardiaques sont plus fréquemment rencontrées chez les patients gravement malades atteints de COVID-19 [118].

La cause de l'arythmie chez les patients COVID-19 est multifactorielle et comprend les processus cardiaques et extra-cardiaques [119].

L'infection directe du muscle cardiaque par le SRAS-CoV-19 provoquant une myocardite, une ischémie myocardique causée par diverses étiologies et une tension cardiaque secondaire à une hypertension pulmonaire ou systémique peut entraîner une arythmie cardiaque.

L'hypoxémie causée par la pneumonie diffuse, le SDRA ou les embolies pulmonaires étendues représentent des causes extracardiaques d'arythmie.

Les déséquilibres électrolytiques, le déséquilibre des fluides intravasculaires et les effets secondaires des régimes pharmacologiques peuvent également entraîner des arythmies chez les patients COVID-19.

Il a été démontré que les patients admis aux soins intensifs présentaient une augmentation plus élevée des arythmies cardiaques, 16,5 % dans une étude [120].

Bien qu'aucune corrélation entre les CEM et l'arythmie chez les patients COVID-19 n'ait été décrite dans la littérature, de nombreuses unités de soins intensifs sont équipées d'équipements de surveillance des patients sans fil et de dispositifs de communication produisant un large éventail de pollutions électromagnétiques [121].

Les patients COVID-19 présentent généralement des niveaux accrus de troponine cardiaque, indiquant des dommages au muscle cardiaque [122].

Des lésions cardiaques ont été associées à des arythmies et à une mortalité accrue.

On pense que les lésions cardiaques sont plus souvent secondaires à une embolie pulmonaire et à une

septicémie virale, mais une infection directe du cœur, c'est-à-dire une myocardite, peut survenir par liaison virale directe aux récepteurs ACE2 sur les péricytes cardiaques, affectant le flux sanguin cardiaque local et régional. 60].

L'activation du système immunitaire ainsi que des altérations du système immunitaire peuvent entraîner une instabilité et une vulnérabilité de la plaque athérosclérotique, c'est-à-dire présenter un risque accru de formation de thrombus et contribuer au développement d'événements coronariens aigus et de maladies cardiovasculaires dans COVID-19.

En ce qui concerne les effets biologiques de l'exposition au WCR, en 1969, Christopher Dodge de la division des biosciences de l'observatoire naval des États-Unis à Washington DC, a examiné 54 articles et signalé que les rayonnements de radiofréquence peuvent affecter négativement tous les principaux systèmes du corps, notamment en empêchant la circulation sanguine ; modifier la pression artérielle et la fréquence cardiaque; affecter les lectures de l'électrocardiogramme ; et provoquant des douleurs thoraciques et des palpitations cardiaques [123].

Dans les années 1970, Glaser a examiné plus de 2000 publications sur les effets biologiques de l'exposition aux rayonnements radiofréquences et a conclu que les rayonnements micro-ondes peuvent altérer l'électrocardiogramme, provoquer des douleurs thoraciques, une hypercoagulation, une thrombose et une hypertension en plus de l'infarctus du myocarde [27,28].

Des convulsions, des convulsions et une altération de la réponse du système nerveux autonome (augmentation de la réponse au stress sympathique) ont également été observées.

Depuis lors, de nombreux autres chercheurs ont conclu que l'exposition au WCR peut affecter le système cardiovasculaire.

Bien que la nature de la réponse primaire aux ondes millimétriques et aux événements qui en découlent soit mal comprise, un rôle possible des structures des récepteurs et des voies neurales dans le développement de l'arythmie induite par les ondes millimétriques continues a été proposé [47].

En 1997, une revue a rapporté que certains chercheurs ont découvert des changements cardiovasculaires, y compris des arythmies chez l'homme, dus à une exposition à long terme de faible niveau à la WCR, y compris les micro-ondes [124].

Cependant, la littérature montre également des résultats non confirmés ainsi que des résultats contradictoires [125]. Havas et al. [126] ont rapporté que des sujets humains dans une étude contrôlée en double aveugle étaient hyper-réactifs lorsqu'ils étaient exposés à un rayonnement micro-ondes à 2,45 GHz, pulsé numériquement (100 Hz), développant soit une arythmie, soit une tachycardie et une régulation à la hausse du système nerveux sympathique, qui est associée à la réponse au stress.

Saili et al. [127] ont constaté que l'exposition au Wi-Fi (2,45 GHz pulsé à 10 Hz) affecte le rythme cardiaque, la pression artérielle et l'efficacité des catécholamines sur le système cardiovasculaire, indiquant que la WCR peut agir directement et/ou indirectement sur le système cardiovasculaire.

Plus récemment, Bandara et Weller [91] présentent des preuves que les personnes qui vivent à proximité d'installations radar (ondes millimétriques : fréquences 5G) ont un plus grand risque de développer un cancer et de subir des crises cardiaques.

De même, les personnes professionnellement exposées ont un plus grand risque de maladie coronarienne.

Le rayonnement micro-ondes affecte le cœur et certaines personnes sont plus vulnérables si elles présentent une anomalie cardiaque sous-jacente [128].

Des recherches plus récentes suggèrent que les ondes millimétriques peuvent agir directement sur les cellules du stimulateur cardiaque du nœud sino-auriculaire du cœur pour modifier la fréquence des battements, ce qui peut être à l'origine d'arythmies et d'autres problèmes cardiaques [47].

En bref, l'exposition au COVID-19 et au WCR peut affecter le cœur et le système cardiovasculaire, directement et/ou indirectement.



#### 4. Discussion

Les épidémiologistes, y compris ceux du CDC, tiennent compte de plusieurs facteurs de causalité lorsqu'ils évaluent la virulence d'un agent et comprennent sa capacité à se propager et à provoquer une maladie. Plus important encore, ces variables incluent les cofacteurs environnementaux et l'état de santé de l'hôte. Les preuves de la littérature résumée ici suggèrent un lien possible entre plusieurs effets néfastes sur la santé de l'exposition au WCR et l'évolution clinique du COVID-19 dans la mesure où le WCR peut avoir aggravé la pandémie de COVID-19 en affaiblissant l'hôte et en exacerbant la maladie COVID-19. Cependant, aucune des observations discutées ici ne prouve ce lien. Plus précisément, la preuve ne confirme pas le lien de causalité. Il est clair que COVID-19 se produit dans les régions avec peu de communication sans fil. De plus, la morbidité relative causée par l'exposition au WCR dans COVID-19 est inconnue.

Nous reconnaissons que de nombreux facteurs ont influencé le cours de la pandémie. Avant que des restrictions ne soient imposées, les habitudes de voyage ont facilité l'ensemencement du virus, provoquant une propagation mondiale rapide et précoce. La densité de la population, l'âge moyen plus élevé de la population et les facteurs socio-économiques ont certainement influencé la propagation virale précoce. La pollution de l'air, en particulier les particules PM<sub>2,5</sub> (2,5 microparticules), a probablement augmenté les symptômes chez les patients atteints de maladie pulmonaire COVID-19 [129].

Nous postulons que le WCR a peut-être contribué à la propagation précoce et à la gravité de COVID-19. Une fois qu'un agent s'est établi dans une communauté, sa virulence augmente [130]. Cette prémisse peut être appliquée à la pandémie de COVID-19. Nous supposons que les « points chauds » de la maladie qui s'est initialement propagée dans le monde ont peut-être été semés par les voyages en avion, qui dans certaines régions ont été associés à la mise en œuvre de la 5G. Cependant, une fois que la maladie s'est établie dans ces communautés, elle a pu se propager plus facilement aux régions voisines où les populations étaient moins exposées à la WCR. Les deuxième et troisième vagues de la pandémie se sont largement propagées dans toutes les communautés avec et sans WCR, comme on pouvait s'y attendre.

La pandémie de COVID-19 nous a offert l'occasion d'approfondir les effets néfastes potentiels de l'exposition au WCR sur la santé humaine. L'exposition humaine à la WCR ambiante a considérablement augmenté en 2020 en tant qu'« effet secondaire » de la pandémie. Les mesures de maintien à domicile conçues pour réduire la propagation du COVID-19 ont entraîné par inadvertance une plus grande exposition du public au WCR, car les gens menaient davantage d'activités liées aux entreprises et à l'école via les communications sans fil. La télémédecine a créé une autre source d'exposition au WCR. Même les patients hospitalisés, en particulier les patients en soins intensifs, ont subi une exposition accrue au WCR, car les nouveaux dispositifs de surveillance utilisaient des systèmes de communication sans fil qui pouvaient aggraver les troubles de santé. Il fournirait potentiellement des informations précieuses pour mesurer les densités de puissance du WCR ambiant dans les environnements domestiques et professionnels lors de la comparaison de la gravité de la maladie dans des populations de patients présentant des facteurs de risque similaires.

La question de la causalité pourrait être étudiée dans des études futures. Par exemple, une étude clinique pourrait être menée dans des populations de patients COVID-19 présentant des facteurs de risque similaires, pour mesurer la dose quotidienne de WCR chez les patients COVID-19 et rechercher une corrélation avec la gravité et la progression de la maladie au fil du temps. Étant donné que les fréquences et les modulations des porteuses des appareils sans fil peuvent différer et que les densités de puissance du WCR fluctuent constamment à un endroit donné, cette étude nécessiterait que les patients portent des dosimètres à micro-ondes personnels (badges de surveillance). En outre, des études de laboratoire contrôlées pourraient être menées sur des animaux, par exemple des souris humanisées infectées par le SRAS-CoV-2, dans lesquelles des groupes d'animaux exposés à un WCR minimal (groupe témoin) ainsi qu'à des densités de puissance moyenne et élevée de WCR pourraient être par rapport à la gravité et à la progression de la maladie.

L'un des points forts de cet article est que les preuves reposent sur un vaste corpus de littérature scientifique rapporté par de nombreux scientifiques dans le monde entier et sur plusieurs décennies - des preuves expérimentales des effets biologiques néfastes de l'exposition à la WCR à des niveaux non thermiques sur les humains, les animaux et les cellules.

Le rapport Bioinitiative [42], mis à jour en 2020, résume des centaines d'articles scientifiques évalués par des pairs documentant des preuves d'effets non thermiques d'expositions  $\leq 1$  mW/cm<sup>2</sup>.

Même ainsi, certaines études de laboratoire sur les effets néfastes de la WCR sur la santé ont parfois utilisé des densités de puissance dépassant 1 mW/cm<sup>2</sup>.

Dans cet article, presque toutes les études que nous avons examinées incluaient des données expérimentales à des densités de puissance  $\leq 1$  mW/cm<sup>2</sup>.

Une critique potentielle de cet article est que les effets biologiques néfastes des expositions non thermiques ne sont pas encore universellement acceptés en science.

De plus, ils ne sont pas encore pris en compte dans l'élaboration des politiques de santé publique dans de nombreux pays.

Il y a des décennies, les Russes et les Européens de l'Est ont compilé des données considérables sur les effets biologiques non thermiques, et ont par la suite établi des lignes directrices à des limites d'exposition aux rayonnements radiofréquences inférieures à celles des États-Unis et du Canada, c'est-à-dire en deçà des niveaux où des effets non thermiques sont observés.

Cependant, la Federal Communications Commission (FCC, une entité gouvernementale américaine) et les directives de l'ICNIRP fonctionnent sur des limites thermiques basées sur des données obsolètes datant d'il y a des décennies, permettant au public d'être exposé à des densités de puissance de rayonnement radiofréquence considérablement plus élevées.

En ce qui concerne la 5G, l'industrie des télécommunications affirme qu'elle est sûre car elle est conforme aux directives actuelles d'exposition aux rayonnements radioélectriques de la FCC et de l'ICNIRP.

Ces lignes directrices ont été établies en 1996 [131], sont archaïques et ne constituent pas des normes de sécurité.

Ainsi, il n'y a pas de normes de sécurité universellement acceptées pour l'exposition aux rayonnements des communications sans fil.

Récemment, des organismes internationaux, tels que le groupe de travail EMF de l'Académie européenne de médecine environnementale, ont proposé des directives beaucoup plus basses, prenant en compte les effets biologiques non thermiques de l'exposition à la WCR dans de multiples sources [132].

Une autre faiblesse de cet article est que certains des effets biologiques de l'exposition à la WCR sont rapportés de manière incohérente dans la littérature.

Les études répliquées ne sont souvent pas de vraies répliques.

De petites différences dans la méthode, y compris des détails non signalés, tels que les antécédents d'exposition des organismes, une exposition corporelle non uniforme et d'autres variables peuvent conduire à une incohérence par inadvertance.

De plus, sans surprise, les études parrainées par l'industrie ont tendance à montrer moins d'effets biologiques négatifs que les études menées par des chercheurs indépendants, ce qui suggère un biais de l'industrie [133].

Certaines études expérimentales qui ne sont pas parrainées par l'industrie n'ont également montré aucune preuve d'effets nocifs de l'exposition à la WCR.

Il convient de noter, cependant, que les études utilisant des expositions réelles au WCR à partir d'appareils disponibles dans le commerce ont montré une grande cohérence dans la révélation des effets indésirables [134].

Les effets biologiques du WCR dépendent de valeurs spécifiques des paramètres d'onde, notamment la fréquence, la densité de puissance, la polarisation, la durée d'exposition, les caractéristiques de modulation, ainsi que l'historique cumulé de l'exposition et les niveaux de fond des champs électromagnétiques, électriques et magnétiques.

Dans les études de laboratoire, les effets biologiques observés dépendent également de paramètres génétiques et de paramètres physiologiques tels que la concentration en oxygène [135].

La reproductibilité des effets biologiques de l'exposition au WCR a parfois été difficile en raison de l'absence de déclaration et/ou de contrôle de tous ces paramètres.

À l'instar des rayonnements ionisants, les effets biologiques de l'exposition au WCR peuvent être subdivisés en effets déterministes, c'est-à-dire en effets dose-dépendants et en effets stochastiques apparemment aléatoires. Il est important de noter que les effets biologiques du WCR peuvent également impliquer des « fenêtres de réponse » de paramètres spécifiques, par lesquelles des champs de niveau extrêmement bas peuvent avoir des effets préjudiciables disproportionnés [136].

Cette non-linéarité des effets biologiques du WCR peut entraîner des réponses biphasiques telles que la suppression immunitaire à partir d'une plage de paramètres et l'hyperactivation immunitaire à partir d'une autre plage de paramètres, entraînant des variations qui peuvent sembler incohérentes.

En rassemblant des rapports et en examinant les données existantes pour cet article, nous avons recherché des résultats fournissant des preuves à l'appui d'un lien proposé entre les effets biologiques de l'exposition au WCR et COVID-19.

Nous n'avons pas essayé d'évaluer les preuves. La littérature sur l'exposition aux rayonnements radiofréquences est abondante et contient actuellement plus de 30 000 rapports de recherche remontant à plusieurs décennies. Les incohérences dans la nomenclature, les rapports de détails et le catalogage des mots-clés rendent difficile la navigation dans cette énorme littérature.

Un autre inconvénient de cet article est que nous n'avons pas accès aux données expérimentales sur les expositions à la 5G.

En fait, on sait peu de choses sur l'exposition de la population à partir de la WCR dans le monde réel, ce qui inclut l'exposition à l'infrastructure de la WCR et à la pléthore d'appareils émettant de la WCR.

Par rapport à cela, il est difficile de quantifier avec précision la densité de puissance moyenne à un emplacement donné, qui varie considérablement en fonction de l'heure, de l'emplacement spécifique, de l'intervalle de moyenne temporelle, de la fréquence et du schéma de modulation.

Pour une commune spécifique, cela dépend de la densité d'antenne, des protocoles de réseau utilisés, comme, par exemple, 2G, 3G, 4G, 5G, Wi-Fi, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), DECT (Digitally Enhanced Cordless Telecommunications), et RADAR (Détection et télémétrie radio).

Il existe également des WCR provenant d'émetteurs d'ondes radio omniprésents, notamment des antennes, des stations de base, des compteurs intelligents, des téléphones portables, des routeurs, des satellites et d'autres appareils sans fil actuellement utilisés.

Tous ces signaux se superposent pour produire la densité de puissance moyenne totale à un emplacement donné qui fluctue généralement considérablement au fil du temps.

Aucune étude expérimentale sur les effets néfastes sur la santé ou les problèmes de sécurité de la 5G n'a été signalée, et aucune n'est actuellement prévue par l'industrie, bien que cela soit absolument nécessaire.

Enfin, il existe une complexité inhérente au WCR qui rend très difficile la caractérisation complète des signaux sans fil dans le monde réel qui peuvent être associés à des effets biologiques indésirables.

Les signaux de communication numérique du monde réel, même à partir d'appareils sans fil uniques, ont des signaux très variables : densité de puissance variable, fréquence, modulation, phase et autres paramètres changeant constamment et de manière imprévisible à chaque instant, associés aux pulsations courtes et rapides utilisées dans la communication sans fil numérique [137].

Par exemple, lors de l'utilisation d'un téléphone mobile lors d'une conversation téléphonique typique, l'intensité du rayonnement émis varie considérablement à chaque instant en fonction de la réception du signal, du nombre d'abonnés partageant la bande de fréquence, de l'emplacement au sein de l'infrastructure sans fil, de la présence d'objets et de surfaces métalliques, et mode « parlant » versus « non-parlant », entre autres.

De telles variations peuvent atteindre 100 % de l'intensité moyenne du signal.

La radiofréquence porteuse change constamment entre différentes valeurs dans la bande de fréquence disponible.

Plus la quantité d'informations (texte, parole, internet, vidéo, etc.) est importante, plus les signaux de communication deviennent complexes.

Par conséquent, nous ne pouvons pas estimer avec précision les valeurs de ces paramètres de signal, y compris les composants ELF, ni prédire leur variabilité dans le temps.

Ainsi, les études sur les bioeffets du WCR en laboratoire ne peuvent être représentatives que des expositions réelles [137].

Cet article souligne la nécessité de poursuivre les recherches sur l'exposition non thermique à la WCR et son rôle potentiel dans COVID-19.

De plus, certains des effets biologiques de l'exposition au WCR dont nous discutons ici - le stress oxydatif, l'inflammation et la perturbation du système immunitaire - sont communs à de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies auto-immunes et le diabète.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse que l'exposition au WCR peut également être un facteur contributif potentiel dans de nombreuses maladies chroniques.

Lorsqu'un plan d'action soulève des menaces de danger pour la santé humaine, des mesures de précaution doivent être prises, même si des relations causales claires ne sont pas encore pleinement établies.

Par conséquent, nous devons appliquer le principe de précaution [138] concernant la 5G sans fil.

Les auteurs exhortent les décideurs politiques à appliquer un moratoire mondial immédiat sur l'infrastructure sans fil 5G jusqu'à ce que sa sécurité puisse être assurée.

Plusieurs problèmes de sécurité non résolus doivent être résolus avant que la 5G sans fil ne soit davantage mise en œuvre.

Des questions ont été soulevées à propos de 60 GHz, une fréquence clé de la 5G prévue pour une utilisation intensive, qui est une fréquence de résonance de la molécule d'oxygène [139].

Il est possible que des effets biologiques indésirables résultent de l'absorption d'oxygène à 60 GHz.

De plus, l'eau présente une large absorption dans la région spectrale du GHz avec des pics de résonance, par exemple, une forte absorption à 2,45 GHz qui est utilisée dans les routeurs Wi-Fi 4G.

Cela soulève des problèmes de sécurité concernant l'exposition aux GHz de la biosphère, car les organismes sont principalement constitués d'eau et des changements dans la structure de l'eau dus à l'absorption des GHz ont été signalés qui affectent les organismes [140].

Les effets biologiques d'une exposition prolongée au WCR du corps entier doivent être étudiés dans des études animales et humaines, et des directives d'exposition à long terme doivent être prises en compte.

Les scientifiques indépendants en particulier devraient mener des recherches concertées pour déterminer les effets biologiques de l'exposition réelle aux fréquences WCR avec modulation numérique à partir de la multiplicité des dispositifs de communication sans fil.

Les tests pourraient également inclure des expositions réelles à plusieurs toxines (chimiques et biologiques) [141], car plusieurs toxines peuvent entraîner des effets synergiques.

Des études d'impact sur l'environnement sont également nécessaires.

Une fois que les effets biologiques à long terme de la 5G sans fil sont compris, nous pouvons définir des normes de sécurité claires pour les limites d'exposition du public et concevoir une stratégie appropriée pour un déploiement sûr.

## **5. Conclusion**

Il existe un chevauchement substantiel dans la pathobiologie entre l'exposition au COVID-19 et à la WCR.

Les preuves présentées ici indiquent que les mécanismes impliqués dans la progression clinique du COVID-19 pourraient également être générés, selon les données expérimentales, par l'exposition au WCR.

Par conséquent, nous proposons un lien entre les effets biologiques néfastes de l'exposition au WCR des appareils sans fil et COVID-19.

Plus précisément, les preuves présentées ici soutiennent l'hypothèse selon laquelle le WCR et, en particulier, la 5G, qui implique la densification de la 4G, peuvent avoir exacerbé la pandémie de COVID-19 en affaiblissant l'immunité de l'hôte et en augmentant la virulence du SRAS-CoV-2 en (1) provoquant des changements morphologiques dans les érythrocytes, y compris la formation d'échinocytes et de rouleaux qui peuvent contribuer à l'hypercoagulation ; (2) altération de la microcirculation et réduction des taux d'érythrocytes et d'hémoglobine exacerbant l'hypoxie ; (3) amplifier le dysfonctionnement immunitaire, y compris

l'immunosuppression, l'auto-immunité et l'hyperinflammation ; (4) l'augmentation du stress oxydatif cellulaire et la production de radicaux libres exacerbant les lésions vasculaires et les dommages aux organes ; (5) augmenter le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération virales, en plus de favoriser les voies pro-inflammatoires ; et (6) aggravation des arythmies cardiaques et des troubles cardiaques.

L'exposition à la WCR est un facteur de stress environnemental répandu, mais souvent négligé, qui peut produire un large éventail d'effets biologiques négatifs.

Pendant des décennies, des chercheurs indépendants du monde entier ont souligné les risques pour la santé et les dommages cumulatifs causés par la WCR [42,45].

Les preuves présentées ici sont cohérentes avec un grand nombre de recherches établies.

Les travailleurs de la santé et les décideurs devraient considérer la WCR comme un facteur de stress environnemental potentiellement toxique.

Des méthodes pour réduire l'exposition à la WCR doivent être fournies à tous les patients et à la population générale.

## **Remerciements**

Les auteurs reconnaissent les petites contributions aux premières versions de cet article par Magda Havas et Lyn Patrick. Nous remercions Susan Clarke pour les discussions utiles et les modifications suggérées des premières versions du manuscrit.

Aller à : Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts dans la préparation et la publication de ce manuscrit. Il n'existe pas d'intérêts financiers concurrents.

Aller à : Les références

- [1] Centres de contrôle et de prévention des maladies. Triade épidémiologique. Atlanta, Géorgie : Centers for Disease Control and Prevention ; 2020. [Google Scholar]
- [2] Balmori A. Pollution électromagnétique des mâts téléphoniques. Effets sur la faune. *Physiopathologie*. 2009;16:191-9. [PubMed] [Google Scholar]
- [3] Lin JC. Technologie de communication 5G et maladie du coronavirus. *IEEE Microw Mag*. 2020;21:16-9. [Google Scholar]
- [4] Mordachev VI. Corrélation entre le niveau potentiel de pollution électromagnétique et le danger de COVID-19. 4G/5G/6G peut être sans danger pour les personnes. *Doklady BGUIR*. 2020;18:96-112. [Google Scholar]
- [5] Tsiang A, Havas M. Les cas et les décès attribués au COVID-19 sont statistiquement plus élevés dans les États et les comtés dotés de télécommunications sans fil à ondes millimétriques de 5e génération aux États-Unis. *Arch Med Res*. 2021;9:2371. [Google Scholar]
- [6] Ing AJ, Cocks C, Green JP. COVID-19 : Sur les traces d'Ernest Shackleton. *Thorax*. 2020;75:693-4. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [7] Garg S, Kim L, Whitaker M, O'Halloran A, Cummings C, Holstein R, et al. Taux d'hospitalisation et caractéristiques des patients hospitalisés pour une maladie à coronavirus confirmée en laboratoire 2019 COVID-NET 14 États, du 1er au 30 mars 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 69:458-64. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [8] Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, et al. Facteurs de risque associés au syndrome de détresse respiratoire aiguë et au décès chez les patients atteints d'une maladie à coronavirus. *Stagiaire JAMA Med*. 2020;180:934-43. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [9] Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, Busana M, Romitti F, Brazzi L, et al. Pneumonie COVID-19 : Différents traitements respiratoires pour différents phénotypes. *Méd. de soins intensifs*. 2020;46:1099-102. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [10] Cecchini R, Cecchini AL. La pathogenèse de l'infection par le SRAS-CoV-2 est liée au stress oxydatif en réponse à l'agression. *Med Hypothèses*. 2020;143:110102. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [11] Cavezzi A, Troiani E, Corrao S. COVID-19 : hémoglobine, fer et hypoxie au-delà de l'inflammation, une revue narrative. *Clin Pract*. 2020;10:1271. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [12] Bikdeli B, Madhavan MV, Jimenez D, Chuich T, Dreyfus I, Driggin E, Nigoghossian C, et al. Groupe de collaboration mondial sur la thrombose COVID-19, approuvé par l'ISTH, le NATF, l'ESVM et l'IUA, soutenu par le groupe de travail de l'ESC sur la circulation pulmonaire et la fonction ventriculaire droite. COVID-19 et maladie thrombotique ou thromboembolique : implications pour la prévention, le traitement antithrombotique et le

suivi : examen de l'état de l'art du JACC. JACC. 2020;75:2950-73. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

[13] Carfi A, Bernabei R, Landi F. Symptômes persistants chez les patients après un COVID-19 aigu. JAMA. 2020;324:603-5. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

[14] CNIRP. Directives de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) pour limiter l'exposition aux champs électromagnétiques (100 kHz à 300 GHz) Santé Phys. 2020;118:483-524. [PubMed] [Google Scholar]

[15] Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W. Utilisation du téléphone portable et risque pour les tumeurs intracrâniennes et les tumeurs des glandes salivaires Une méta-analyse. Int J Occup Med Environ Health. 2017;30:27-43. [PubMed] [Google Scholar]

[16] Sangün Ö, DüNDAR B, Çömlekçi S, Büyükgebiz A. Les effets du champ électromagnétique sur le système endocrinien chez les enfants et les adolescents. Pediatr Endocrinol Rev. 2016;13:531-45. [PubMed] [Google Scholar]

[17] Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. Mécanismes oxydatifs de l'activité biologique du rayonnement radiofréquence de faible intensité. Electromagn Biol Med. 2016;35:186-202. [PubMed] [Google Scholar]

[18] Ruediger HW. Effets génotoxiques des champs électromagnétiques de radiofréquence. Physiopathologie. 2009;16:89-102. [PubMed] [Google Scholar]

[19] Asghari A, Khaki AA, Rajabzadeh A, Khaki A. Une revue sur les champs électromagnétiques (CEM) et le système reproducteur. Médecin des électrons. 2016;8:2655-62. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

[20] Zhang J, Sumich A, Wang GY. Effets aigus du champ électromagnétique radiofréquence émis par un téléphone portable sur la fonction cérébrale. Bioélectromagnétique. 2017;38:329-38. [PubMed] [Google Scholar]

[21] Pall ML. Les champs électromagnétiques à fréquence micro-ondes (CEM) produisent des effets neuropsychiatriques répandus, y compris la dépression. J Chem Neuroanat. 2016;75:43-51. [PubMed] [Google Scholar]

[22] Avendano C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncei GF. L'utilisation d'ordinateurs portables connectés à Internet via le Wi-Fi diminue la motilité du sperme humain et augmente la fragmentation de l'ADN du sperme. Fertil Steril. 2012;97:39-45. [PubMed] [Google Scholar]

[23] Buchner K, Eger H. Modifications des neurotransmetteurs cliniquement importants sous l'influence des champs RF modulés, une étude à long terme dans des conditions réelles Umwelt Medizin Gesellschaft. 2011;24:44-57. [Google Scholar]

[24] Navarro EA, Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta C. Le syndrome des micro-ondes : une étude préliminaire en Espagne. Electromagn Biol Med. 2003;22:161-9. [Google Scholar]

[25] Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Symptômes subjectifs, problèmes de sommeil et performances cognitives chez des sujets vivant à proximité de stations de base de téléphones portables. Occup Environ Med. 2006;63:307-13. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

[26] Magras IN, Xenos TD. Modifications induites par les rayonnements RF dans le développement prénatal des souris. Bioélectromagnétique. 1997;18:455-61. [PubMed] [Google Scholar]

[27] Glaser ZR. Projet MF12.524.015-00043 Rapport n° 2. Bethesda, MD : Institut de recherche médicale navale ; 1972. Bibliographie des phénomènes biologiques signalés (« Effets ») et des manifestations cliniques attribuées au rapport de recherche sur les rayonnements micro-ondes et radiofréquences ; p. 1-103. [Google Scholar]

[28] Glaser ZR, Brown PF, Brown MS. Bibliographie des phénomènes biologiques rapportés (effets) et des manifestations cliniques attribuées aux rayonnements micro-ondes et radiofréquences : compilation et intégration du rapport et des sept suppléments. Bethesda, MD : Institut de recherche médicale navale. 1976 : 1-178. [Google Scholar]

[29] Belyaev IY, Shcheglov VS, Alipov YD, Polunin VA. Effet de résonance des ondes millimétriques dans la plage de puissance de  $10(-19)$  à  $3 \times 10(-3)$  W/cm<sup>2</sup> sur les cellules d'*Escherichia coli* à différentes concentrations. Bioélectromagnétique. 1996;17:312-21. [PubMed] [Google Scholar]

[30] Grigoriev YG, Grigoriev OA, Ivanov AA, Lyaginskaya AM, Merkulov AV, Shagina NB, et al. Études de confirmation de la recherche soviétique sur les effets immunologiques des micro-ondes : résultats de l'immunologie russe. Bioélectromagnétique. 2010;31:589-602. [PubMed] [Google Scholar]

[31] Grigoriev Y. Communications mobiles et santé de la population : évaluation des risques, problèmes sociaux et éthiques. environnementaliste. 2012;32:193-200. [Google Scholar]

[32] Repacholi M, Grigoriev Y, Buschmann J, Pioli C. Base scientifique des normes de radiofréquences soviétiques et russes pour le grand public. Bioélectromagnétique. 2012;33:623-33. [PubMed] [Google Scholar]



- [33] Pakhomov A, Murphy M. Un examen complet de la recherche sur les effets biologiques du rayonnement radiofréquence pulsé en Russie et dans l'ex-Union soviétique. 2011 [Google Scholar]
- [34] Belyaev IY. Dépendance des effets biologiques non thermiques des micro-ondes sur les variables physiques et biologiques : implications pour la reproductibilité et les normes de sécurité. *Eur J Oncol.* 2010;5:187-218. [Google Scholar]
- [35] Franzen J. Propagation d'impulsions à large bande dans les bio-diélectriques dispersifs linéaires à l'aide de transformées de Fourier. Rapport du laboratoire de recherche de l'armée de l'air des États-Unis n° AFRL-HE-BR-TR-1999-0149. 1999 février ; [Google Scholar]
- [36] Albanese R, Penn J, Medina R. Propagation d'impulsions micro-ondes à temps de montée court à travers des milieux biologiques dispersifs. *J Opt Soc Am A.* 1989;6:1441-6. [Google Scholar]
- [37] Lin-Liu S, Adey WR. Les champs hyperfréquences modulés en amplitude basse fréquence modifient les taux d'efflux de calcium des synaptosomes. *Bioélectromagnétique.* 1982;3:309-22. [PubMed] [Google Scholar]
- [38] Penafiel LM, Litovitz T, Krause D, Desta A, Mullins MJ. Rôle de la modulation sur l'effet des micro-ondes sur l'activité de l'ornithine décarboxylase dans les cellules L929. *Bioélectromagnétique.* 1997 ; 18 : 132-41. [PubMed] [Google Scholar]
- [39] Huber R, Treyer V, Borbely AA, Schuderer J, Gottselig JM, Landolt HP, Werth E, et al. Les champs électromagnétiques, tels que ceux des téléphones portables, modifient le flux sanguin cérébral régional et l'EEG de sommeil et d'éveil. *J Sommeil Res.* 2002;11:289-95. [PubMed] [Google Scholar]
- [40] Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Margaritis LH. Mécanisme d'action des champs électromagnétiques sur les cellules. *Biochem Biophys Res Commun.* 2002;298:95-102. [PubMed] [Google Scholar]
- [41] Panagopoulos DJ. Commentaires sur les ondes millimétriques (MM) de Pall et le rayonnement de fréquence micro-ondes produisent des effets profondément pénétrants: The Biology and the Physics. *Rév. Environ Health.* 2021;2021:165. [PubMed] [Google Scholar]
- [42] Sage C, Charpentier DO. Groupe de travail BioInitiative. Rapport BioInitiative : Une justification pour une norme d'exposition du public à base biologique pour le rayonnement électromagnétique. Mise à jour 2014-2020. 2012. <http://www.bioinitiative.org>.
- [43] Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO. Effets Thermiques Et Non Thermiques Sur La Santé Des Rayonnements Non-ionisants De Faible Intensité : Une Perspective Internationale (Examen) *Environ Pollut.* 2018;242:643-58. [PubMed] [Google Scholar]
- [44] Di Ciaula A. Vers des systèmes de communication 5G : y a-t-il des implications pour la santé ? *Int J Hyg Environ Santé.* 2018;221:367-75. [PubMed] [Google Scholar]
- [45] Russell CL. Expansion des télécommunications sans fil 5G : implications pour la santé publique et l'environnement. *Environ Res.* 2018;165:484-95. [PubMed] [Google Scholar]
- [46] Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M, et al. Risques pour la santé et le bien-être dus aux rayonnements radioélectriques émis par les téléphones portables et autres appareils sans fil. *Front de la santé publique.* 2019;7:223. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [47] Pakhomov AG, Akyel Y, Pakhomova ON, Stuck BE, Murphy MR. État actuel et implications de la recherche sur les effets biologiques des ondes millimétriques. *Bioélectromagnétique.* 1998;19:393-413. [PubMed] [Google Scholar]
- [48] Betskii OV, Lebedeva NN. Dans : Application clinique de la médecine bioélectromagnétique. New York : Marcel Decker ; 2004. Ondes millimétriques de faible intensité en biologie et médecine ; p. 30-61. [Google Scholar]
- [49] Kostoff RN, Block JA, Solka JL, Briggs MB, Rushenberg RL, Stump JA, et al. Découverte liée à la littérature : une revue. Rapport au Bureau de la recherche navale. 2007 : 1-58. [Google Scholar]
- [50] Havas M. Le rayonnement de la technologie sans fil affecte le sang, le cœur et le système nerveux autonome. *Rév. Environ Health.* 2013;28:75-84. [PubMed] [Google Scholar]
- [51] Rubik B. L'exposition à court terme aux rayonnements des téléphones portables affecte-t-elle le sang ? La ferme alimentaire Wise Trad guérit les arts. 2014;15:19-28. [Google Scholar]
- [52] Wagner C, Steffen P, Svetina S. Agrégation des globules rouges : De Rouleaux à la formation de caillots. *Calcul Rendus Phys.* 2013;14:459-69. [Google Scholar]
- [53] Lakhdari N, Tabet B, Boudraham L, Laoussati M, Aissanou S, Beddou L, et al. Lésions des globules rouges et neutrophiles hypersegmentés dans le périphérique COVID-19. *medRxiv.* 2020;2020:20160101. [Google Scholar]

- [54] Lei Y, Zhang J, Schiavon CR, He M, Chen L, Shen H, et al. La protéine de pointe du SRAS-CoV-2 altère la fonction endothéliale via la régulation à la baisse de l'ACE2. *Circ Res.* 2021;128:1323-6. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [55] Zhang S, Liu Y, Wang X, Yang L, Li H, Wang Y, et al. Le SRAS-CoV-2 lie la plaquette ACE2 pour améliorer la thrombose dans COVID-19. *J Hématol Oncol.* 2020;13:120. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [56] Zalyubovskaya NP. Effet biologique des ondes radio millimétriques. *Vrachebnoye Delo.* 1977;3:116-9. [PubMed] [Google Scholar]
- [57] Zalyubovskaya NP, Kiselev RI. Effets des ondes radio d'une gamme de fréquences millimétriques sur le corps de l'homme et des animaux. *Gigiyna I Sanitaria.* 1978;8:35-9. [Google Scholar]
- [58] Wenzhong L, Li H. COVID-19 attaque la chaîne 1-bêta de l'hémoglobine et capture la porphyrine pour inhiber le métabolisme de l'hème. *ChemRxiv.* 2020;2020:26434. [Google Scholar]
- [59] Lippi G, Mattiuzzi C. La valeur de l'hémoglobine peut être diminuée chez les patients atteints de maladie à coronavirus sévère 2019. *Hematol Transfus Cell Ther.* 2020;42:116-7. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [60] Chen L, Li X, Chen M, Feng Y, Xiong C. L'expression ACE2 dans le cœur humain indique un nouveau mécanisme potentiel de lésion cardiaque chez les patients infectés par le SRAS-CoV-2. *Cardiovasculaire Res.* 2020;116:1097-100. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [61] Algassim, AA, Elghazaly AA, Alnahdi AS, Mohammed-Rahim OM, Alanazi AG, Aldhuwayhi NA, et al. Importance pronostique du taux d'hémoglobine et de l'anémie hémolytique auto-immune dans l'infection par le SRAS-CoV-2. *Ann Hématol.* 2021;100:37-43. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [62] Ghahramani S, Tabrizi R, Lankarani KB, Kashani SMA, Rezaei S, Zeidi N, et al. Caractéristiques de laboratoire des patients COVID-19 sévères et non sévères dans les populations asiatiques : une revue systématique et une méta-analyse. *Eur J Med Res.* 2020;25:30. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [63] Cheng L, Li HL, Li C, Liu C, Yan S, Chen H, et al. Ferritine dans la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) : une revue systématique et méta-analyse. *J Clin Lab Anal.* 2020;34:e23618. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [64] Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. Pourquoi l'hypoxémie silencieuse COVID-19 est déconcertante pour les médecins. *Suis J Respir.* 2020;202:356-60. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [65] Ejigu T, Patel N, Sharma A, Vanjarapu JMR, Nookala V. Transfusion de globules rouges emballés comme option de traitement potentielle chez les patients COVID-19 atteints d'insuffisance respiratoire hypoxémique : rapport de cas. *Curéus.* 2020;12:e8398. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [66] Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Infection des cellules endothéliales et endothéliite dans COVID-19. *Lancette.* 2020;395:1417-8. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [67] Betteridge DJ. Qu'est-ce que le stress oxydatif ? *Métabolisme.* 2000 ;49(2 Suppl 1) :3-8. [PubMed] [Google Scholar]
- [68] Giamarellos-Bourboulis E, Netea MG, Rovina N, Akinosoglou K, Antoniadou A, Antonakos N, et al. Dysrégulation immunitaire complexe chez les patients atteints de COVID-19 souffrant d'insuffisance respiratoire sévère. *Microbe hôte cellulaire.* 2020;27:992-1000. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [69] Hadjadj J, Yatim N, Barnabei L, Corneau A, Boussier J, Smith N, et al. Activité altérée de l'interféron de type 1 et réponses inflammatoires dans les brevets COVID-19 graves. *La science.* 2020;369:718-24. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [70] Dasdag S, Akdag MZ. Le lien entre les radiofréquences émises par les technologies sans fil et le stress oxydatif. *J Chem Neuroanat.* 2016;75:85-93. [PubMed] [Google Scholar]
- [71] Higashi Y, Noma K, Yoshizumi M, Kihara Y. Fonction endothéliale et stress oxydatif dans les maladies cardiovasculaires. *Circ J.* 2009;73:411-8. [PubMed] [Google Scholar]
- [72] Polonikov A. Carence endogène en glutathion comme cause la plus probable de manifestations graves et de décès chez les patients COVID-19. *ACS Infect Dis.* 2020;6:1558-62. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [73] Guloyan V, Oganessian B, Baghdasaryan N, Yeh C, Singh M, Guilford F, et al. Supplémentation en glutathion en tant que thérapie d'appoint dans COVID-19. *Antioxydants (Bâle, Suisse)* 2020;9:914. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [74] Marushchak M, Maksiv K, Krynytska I, Dutchak O, Behosh N. La gravité du stress oxydatif dans la maladie pulmonaire obstructive chronique comorbide (MPOC) et l'hypertension : cela dépend-il des polymorphismes des gènes ACE et AGT ? *J Med Vie.* 2019;12:426-34. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

- [75] Choromanska B, Mysiliwicz P, Luba M, Wojskowicz P, Mysliwicz H, Choromanska K, et al. L'impact de l'hypertension et du syndrome métabolique sur le stress nitrosatif et le métabolisme du glutathion chez les patients souffrant d'obésité morbide. *Oxyd Med Cell Longev*. 2020;2020:1057570. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [76] Lutchmansingh FK, Hsu JW, Bennett FI, Badaloo AV, Mcfarlane-Anderson N, Gordon-Strachan GM, et al. Métabolisme du glutathion dans le diabète de type 2 et sa relation avec les complications microvasculaires et la glycémie. *PLoS One*. 2018;13:e0198626. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [77] Horowitz RI, Freeman PR, Bruzzese J. Efficacité de la thérapie au glutathion dans le soulagement de la dyspnée associée à la pneumonie COVID-19 : un rapport de 2 cas. *Respir Med*. 2020;30:101063. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [78] Peraica M, Marijanovic AM, Flajs D, Domijan AM, Gajski G, Garaj-Vrhovac G. Stress oxydatif chez les travailleurs exposés au rayonnement micro-ondes. *Toxicol Lett*. 2008;180:38-9. [Google Scholar]
- [79] Garaj-Vrhovac V, Gajski G, Pazanin S, Sarolic A, Domijan D, Flajs D, et al. Évaluation des dommages cytogénétiques et du stress oxydatif chez le personnel exposé professionnellement au rayonnement micro-ondes pulsé des équipements radar marins. *Int J Hyg Environ Santé*. 2011;214:59-65. [PubMed] [Google Scholar]
- [80] Zothansiam Zosangzuali M, Lalramdinpui M, Jagetia GC. Impact du rayonnement radiofréquence sur les dommages à l'ADN et les antioxydants dans les lymphocytes du sang périphérique des humains résidant à proximité des stations de base de téléphones portables. *Electromagn Biol Med*. 2017;36:295-305. [PubMed] [Google Scholar]
- [81] Moustafa YM, Moustafa RM, Belacy A, Abou-El-Ela SH, Ali FM. Effets de l'exposition aiguë aux champs de radiofréquence des téléphones cellulaires sur les activités de peroxyde lipidique plasmatique et d'anti-oxydase dans les érythrocytes humains. *J Pharm Biomed Anal*. 2001;26:605-8. [PubMed] [Google Scholar]
- [82] Hassan NS, Rafaat BM, Aziz SW. Rôle modulateur de l'extrait de pépins de raisin sur l'hémolyse des érythrocytes et le stress oxydatif induit par le rayonnement micro-ondes chez le rat. *Int J Intégrer Biol*. 2010;10:106-11. [Google Scholar]
- [83] Yurekli AI, Ozkan M, Kalkan T, Saybasili H, Tuncel H, Atukeren P, et al. Rayonnement électromagnétique de la station de base GSM et stress oxydatif chez les rats. *Electromagn Biol Med*. 2006;25:177-88. [PubMed] [Google Scholar]
- [84] Dasdag S, Bilgin HM, Akdag MZ, Celik H, Aksen F. Effet de l'exposition à long terme au téléphone portable sur les processus oxydatifs-antioxydants et l'oxyde nitrique chez le rat. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 2008;22:992-7. [Google Scholar]
- [85] Alkis ME, Akdag MZ, Dasdag S. Effets du rayonnement micro-ondes de faible intensité sur les paramètres oxydants et antioxydants et les dommages à l'ADN dans le foie de rats. *Bioélectromagnétique*. 2021;42:76-85. [PubMed] [Google Scholar]
- [86] Stress oxydant de Loscalzo J. : un déterminant clé de l'athérombose. *Biochem Soc Trans*. 2003;31:1059-61. [PubMed] [Google Scholar]
- [87] Tang N, Li D, Wang X, Sun Z. Des paramètres de coagulation anormaux sont associés à un mauvais pronostic chez les patients atteints de pneumonie à nouveau coronavirus. *J Thromb Haemost*. 2020;18:844-7. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [88] Klok FA, Kruip MJ, Van der Meer NJ, Arbous MS, Gommers DA, Kant KM, et al. Incidence des complications thrombotiques chez les patients de soins intensifs gravement malades atteints de COVID-19. *Thromb Res*. 2020;191:145-7. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [89] Zaim S, Chong JH, Sankaranarayanan V, Harky A. COVID-19 et réponse multi-organes. *Curr Probl Cardiol*. 2020 ; 2020 : 100618. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [90] Yaghi S, Ishida K, Torres J, Mac Grory B, Raz E, Humbert K, et al. SARS-CoV-2 et AVC dans un système de santé de New York. *Accident vasculaire cérébral*. 2020;51:2002-11. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [91] Bandara P, Weller S. Cardiovascular Disease: Time to Identifier Emerging Environmental Risk Factors. *Eur J Préc Cardiol*. 2017 ; 24 : 1819-23. [PubMed] [Google Scholar]
- [92] Esmekaya MA, Ozer C, Seyhan N. Le rayonnement radiofréquence modulé par impulsions à 900 MHz induit un stress oxydatif sur les tissus cardiaques, pulmonaires, testiculaires et hépatiques. *Gen Physiol Biophys*. 2011;30:84-9. [PubMed] [Google Scholar]
- [93] Cao X. COVID-19 : Immunopathologie et ses implications pour la thérapie. *Nat Rev Immunol*. 2020;20:269-70. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [94] Qin C, Zhou L, Hu Z, Zhang S, Yang S, Tao Y, et al. Dérèglement de la réponse immunitaire chez les patients atteints de coronavirus 2019 (COVID-19) à Wuhan, en Chine. *Clin Infect Dis*. 2020;71:762-8. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [95] McRee DI. Recherche soviétique et d'Europe de l'Est sur les effets biologiques du rayonnement micro-ondes. *Proc IEEE*. 1980;68:84-91. [Google Scholar]

- [96] Baranski S. Effet de l'irradiation chronique par micro-ondes sur le système hématopoïétique des cobayes et des lapins. *Aerosp Med.* 1971;42:1196-9. [PubMed] [Google Scholar]
- [97] Nageswari KS, Sarma KR, Rajvanshi VS, Sharan R, Sharma M, Barathwal V, et al. Effet du rayonnement chronique à micro-ondes sur l'immunité à médiation par les cellules T chez le lapin. *Int.* 1991;35:92-7. [PubMed] [Google Scholar]
- [98] Adang D, Remacle C, Vander Vorst A. Résultats d'une exposition à long terme aux micro-ondes à faible niveau de rats. *IEEE Trans Microw Théorie Tech.* 2009;57:2488-97. [Google Scholar]
- [99] McRee DI, Faith R, McConnell EE, Guy AW. Irradiation par micro-ondes à long terme à 2450 MHz cw des lapins : évaluation des effets hématologiques et immunologiques. *J Microw Power Electromagn Energy.* 1980;15:45-52. [Google Scholar]
- [100] Johansson O. Perturbation du système immunitaire par les champs électromagnétiques, une cause sous-jacente potentielle de dommages cellulaires et de réduction de la réparation tissulaire pouvant entraîner des maladies et des déficiences. *Physiopathologie.* 2009;16:157-77. [PubMed] [Google Scholar]
- [101] Szmigielski S. Réaction du système immunitaire aux expositions RF/MW de bas niveau. *Sci Total Environ.* 2013;454-455:393-400. [PubMed] [Google Scholar]
- [102] Zhou F, Ting Y, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Évolution clinique et facteurs de risque de mortalité des patients hospitalisés adultes atteints de COVID-19 à Wuhan, Chine : étude de cohorte rétrospective. *Lancette.* 2020;395:1054-62. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [103] Yang M. Cell Pyroptosis, un mécanisme pathogène potentiel de l'infection 2019-nCoV. *ScienceOpen.* 2020 [Google Scholar]
- [104] Upadhyay J, Tiwari N, Ansari MN. Rôle des marqueurs inflammatoires chez les patients atteints de la maladie à virus corona (COVID-19) : une revue. *Exp Biol Med.* 2020;245:1368-75. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [105] Shandala MG, Rudnev MI, Vinogradov GK, Belonoshko NC, Goncharova NM. Effets immunologiques et hématologiques des micro-ondes à faible densité de puissance. Dans : *Actes du Symposium de l'Union internationale des radiosciences sur les effets biologiques des ondes électromagnétiques.* 84 Airlie, Virginie ; 1977. [Google Scholar]
- [106] Grigoriev YG, Ivanov AA, Lyaginskaya AM, Merkulov AV, Stepanov VS, Shagina NB. Processus auto-immuns après une exposition prolongée à faible niveau aux champs électromagnétiques (résultats expérimentaux) Partie I. Communications mobiles et changements des conditions électromagnétiques pour la population. Nécessité d'une justification supplémentaire des normes d'hygiène existantes. *Biophysique.* 2010 : 551041-5. [PubMed] [Google Scholar]
- [107] Grigoriev YG. Preuve des effets sur le système immunitaire. *Système immunitaire et CEM RF. Bioinitiative Rep.* 2012;8:1-24. [Google Scholar]
- [108] Szabo I, Rojavin MA, Rogers, TJ, Ziskin MC. Réactions des kératinocytes à l'exposition aux ondes millimétriques in vitro. *Bioélectromagnétique.* 2001;22:358-64. [PubMed] [Google Scholar]
- [109] Makar V, Logani M, Szabo I, Ziskin M. Effet des ondes millimétriques sur la suppression induite par le cyclophosphamide des fonctions des cellules T. *Bioélectromagnétique.* 2003;24:356-65. [PubMed] [Google Scholar]
- [110] Walleczek J. Effets du champ électromagnétique sur les cellules du système immunitaire : le rôle de la signalisation du calcium. *FASEB J.* 1992;6:3177-85. [PubMed] [Google Scholar]
- [111] Panagopoulos DJ, Messini N, Karabarounis A, Filippetis AL, Margaritis LH. Un mécanisme d'action des champs électriques oscillants sur les cellules. *Biochem Biophys Res Commun.* 2000;272:634-40. [PubMed] [Google Scholar]
- [112] Pall ML. Les champs électromagnétiques agissent via l'activation de canaux de calcium dépendants de la tension pour produire des effets bénéfiques ou indésirables. *J Cell Mol Med.* 2013;17:958-65. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [113] Chen X, Cao R, Zhong W. Host Calcium Channels and Pumps in Viral Infections. *Cellules.* 2019;9:94. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [114] Solaimanzadeh I. La nifédipine et l'amlodipine sont associées à une mortalité améliorée et à une diminution du risque d'intubation et de ventilation mécanique chez les patients âgés hospitalisés pour COVID-19. *Curéus.* 2020;12:e8069. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [115] Straus MR, Bidon M, Tang T, Whittaker GR, Daniel S. Les bloqueurs des canaux calciques approuvés par la FDA inhibent l'infectivité du SRAS-CoV-2 dans les cellules pulmonaires épithéliales. *BioRxiv.* 2020;2020:214577. [Google Scholar]
- [116] Sen CK, Roy S, Packer L. Implication du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire dans l'activation de NF- $\kappa$ B induite par les oxydants. *FEBS Lett.* 1996 ; 385 : 58-62. [PubMed] [Google Scholar]

- [117] Do LA, Anderson J, Mulholland EK, Licciardi PV. Les données des cohortes pédiatriques peuvent-elles résoudre le casse-tête COVID-19 ? *Pathog PLoS*. 2020;16:e1008798. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [118] Atri D, Siddiqi HK, Lang JP, Nauffal V, Morrow DA, Bohula EA. COVID-19 pour le cardiologue : virologie de base, épidémiologie, manifestations cardiaques et stratégies thérapeutiques potentielles. *JACC Retour Transl Sci*. 2020;5:518-36. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [119] Dherange P, Lang J, Qian P, Oberfeld B, Sauer WH, Koplan B, et al. Arythmies et COVID-19 : une revue. *JACC Clin Electrophysiol*. 2020;6:1193-204. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [120] Colon CM, Barrios JG, Chiles JW, McElwee SK, Russell DW, Maddox WR, et al. Arythmies auriculaires chez les patients COVID-19. *JACC Clin Electrophysiol*. 2020;6:1189-90. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [121] Gökmen N, Erdem S, Toker KA, Ocmen E, Ozkure A. Analyse des expositions aux champs électromagnétiques dans une unité de soins intensifs. *Turk J Anesthesiol Reanim*. 2016 ; 44 : 236-40. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [122] Sandoval Y, Januzzi JL, Jaffe AS. Troponine cardiaque pour l'évaluation des lésions myocardiques dans le COVID-19. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76 :1244-58. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [123] Esquive CH. Aspects cliniques et hygiéniques de l'exposition aux champs électromagnétiques. Effets biologiques et implications pour la santé du rayonnement micro-ondes. Une revue de la littérature soviétique et de l'Europe de l'Est. Dans : *Actes du Symposium, Richmond, VA. 1969 17 sept.* [Google Scholar]
- [124] Jauchem JR. Exposition aux champs électromagnétiques de fréquence extrêmement basse et aux rayonnements de radiofréquence : effets cardiovasculaires chez l'homme. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;70:9-21. [PubMed] [Google Scholar]
- [125] DR Noir, Heynick LN. Effets De La Radiofréquence Sur Les Cellules Sanguines Cardiac, Endocrine, and Immunological Functions. *Bioélectromagnétique*. 2003;6:S187-95. [PubMed] [Google Scholar]
- [126] Havas M, Marrongelle J, Pollner B, Kelley E, Rees CRG, Tully L. Une étude de provocation utilisant la variabilité de la fréquence cardiaque montre que le rayonnement micro-ondes du téléphone sans fil 2,4 GHz affecte le système nerveux autonome. *Bibliothèque Eur J Oncol*. 2010;5:271-98. [Google Scholar]
- [127] Saili L, Hanini A, Smirani C, Azzouz I, Sakly M, Abdelmelek H, et al. Effets de l'exposition aiguë aux signaux WIFI (2,45 GHz) sur la variabilité cardiaque et la pression artérielle chez les lapins albinos. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015;40:600-5. [PubMed] [Google Scholar]
- [128] Cleary SF. Effets biologiques et implications pour la santé du rayonnement micro-ondes. Une revue de la littérature soviétique et de l'Europe de l'Est. Dans : *Symposium Proceedings, Richmond, VA 1969 17 septembre. BRH/DBE Report No. 70-2. 1970* [Google Scholar]
- [129] Fiasca F, Minelli M, Maio D, Minelli M, Vergallo I, Necozone S, et al. Associations entre les taux d'incidence du COVID-19 et l'exposition aux PM2,5 et au NO2 : une étude d'observation à l'échelle nationale en Italie. *Int J Environ Res Santé Publique*. 2020;17:9318. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [130] Hoyt JR, Langwig KE, Sun K, Parise KL, Li A, Wang Y, et al. La dynamique des réservoirs environnementaux prédit les modèles d'infection mondiaux et les impacts sur la population pour la maladie fongique White-nose Syndrome. *PNAS*. 2020;117:7255-62. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [131] Commission fédérale des communications (FCC). Lignes directrices pour l'évaluation des effets environnementaux du rayonnement radiofréquence. FCC96-326; ET Dossier n° 93-62. 1996 [Google Scholar]
- [132] Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 pour la prévention, le diagnostic et le traitement des problèmes de santé et des maladies liés aux CEM. *Rév. Environ Health*. 2016;31:363-97. [PubMed] [Google Scholar]
- [133] Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Muntener K, Roosli M. Source de financement et résultats des études sur les effets de l'utilisation du téléphone portable sur la santé : examen systématique des études expérimentales. *Regard sur la santé de l'environnement*. 2007;115:14. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]
- [134] Panagopoulos DJ. Comparaison des dommages à l'ADN induits par la téléphonie mobile et d'autres types de champs électromagnétiques artificiels. *Mutat Rés*. 2019;781:53-62. [PubMed] [Google Scholar]
- [135] Belyaev IY, Shcheglov VS, Alipov ED, Ushalov VD. Effets Non Thermiques Des Micro-ondes Extrêmement Haute Fréquence Sur La Conformation De La Chromatine Dans Les Cellules

In Vitro Dependence on Physical, Physiological, and Genetic Factors. IEEE Trans Microw Théorie Techn. 2000;48:2172-9. [Google Scholar]

[136] Blackman CF, Kinney LS, Houyse DE, Joines WT. Fenêtres à densité de puissance multiples et leur origine possible. Bioélectromagnétique. 1989;10:115-28. [PubMed] [Google Scholar]

[137] Panagopoulos DJ, Cammaerts MC, Favre D, Balmori A. Commentaires sur l'impact environnemental des champs de radiofréquences des stations de base de téléphonie mobile. Crit Rev Environ Sci Technol. 2016;46:885-903. [Google Scholar]

[138] Kriebel D, Tickne J, Epstein P, Lemons PJ, Levins R, Loechler EL, et al. Le principe de précaution en sciences de l'environnement. Regard sur la santé de l'environnement. 2001;109:871-6. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar]

[139] Tretiakov MY, Koshelev MA, Dorovskikh VV, Makarov DS, Rosenkranz PW. Bande d'oxygène à 60 GHz : élargissement précis et fréquences centrales des lignes à structure fine, profil d'absorption absolue à la pression atmosphérique et révision des coefficients de mélange. J Mol Spectrosc. 2005;231:1-14. [Google Scholar]

[140] Torgomyan H, Kalantaryan V, Trchounian A. L'irradiation électromagnétique de faible intensité avec des fréquences de 70,6 et 73 GHz affecte la croissance d'Escherichia coli et modifie les propriétés de l'eau. Cellule Biochem Biophys. 2011;60:275-81. [PubMed] [Google Scholar]

[141] Kostoff RN, Heroux P, Aschner M, Tsatsakis A. Effets indésirables sur la santé de la technologie de réseau mobile 5G dans des conditions réelles. Toxicol Let. 2020;323:35-40. [PubMed] [Google Scholar]

Les articles du Journal of Clinical and Translational Research sont fournis ici avec l'aimable autorisation de Whioce Publishing Pte. Ltd.