



# Cellulaires et santé

## êtes-vous sur la même longueur d'onde que vos patients ?

*Michel Plante*

**Téléphone cellulaire, téléphone sans fil, Wi-Fi, Bluetooth. Quand les fils disparaissent, les ondes prennent le relais. Les antennes s'installent un peu partout, depuis les stations de métro jusqu'aux clochers d'église. Même les curés se font poser des questions ! Quelles sont ces ondes mystérieuses ? Et que diable font-elles à notre corps qui ne peut plus s'en sauver ? Peuvent-elles nuire au système nerveux ? Et qu'en est-il du cancer du cerveau ?**

**D**EPUIS UNE QUINZAINE D'ANNÉES, moment où est apparu le téléphone cellulaire, les effets potentiels des ondes utilisées préoccupent les gens. Le sujet touche plusieurs groupes : les fabricants de téléphone, les opérateurs de réseaux téléphoniques avec leurs antennes de relais, les autorités de santé publique ainsi que les chercheurs et les scientifiques aux avis parfois divergents et souvent médiatisés. Alors qu'en est-il exactement ? Pour y répondre, nous examinerons les données expérimentales et épidémiologiques récentes, mais seulement après avoir pris un peu de recul pour élargir la perspective et replacer les ondes des téléphones cellulaires dans leur contexte.

### **Les ondes électromagnétiques : comment s'y retrouver ?**

Qu'est-ce que le soleil, le radar, le feu, les rayons X et le téléphone cellulaire peuvent-ils bien avoir en commun ? Ils constituent tous des sources de lumière au sens physique du terme. Nous avons pris l'habitude d'utiliser le mot « lumière » pour désigner les ondes que notre rétine perçoit, c'est-à-dire la lumière allant du rouge au violet. Cependant, la lumière visible n'est qu'une

toute petite partie des lumières qui nous entourent.

La lumière est une onde ou un rayonnement électromagnétique. Chaque onde, un peu comme une vague à la surface de l'eau, a sa fréquence (nombre de cycles par seconde) et sa longueur (distance entre deux crêtes successives). Contrairement aux ondes sonores, les ondes électromagnétiques n'ont besoin d'aucun support matériel pour se propager et elles le font toujours à la même vitesse dans l'air et dans le vide, soit à environ 300 000 km/s. Cette caractéristique est pratique, car si on connaît la fréquence, on peut déduire la longueur d'onde en divisant la vitesse de la lumière par la fréquence et vice-versa. Les fréquences s'expriment en hertz : 1 kilohertz (kHz) pour 1000 cycles par seconde, un mégahertz (MHz) pour un million de cycles par seconde et un gigahertz (GHz) pour un milliard de cycles par seconde.

Au fil du temps et de leur découverte, les ondes électromagnétiques ont été classées en catégories selon leur longueur (ou leur fréquence) (*tableau I*). Les rayons X et les rayonnements gamma ont les fréquences les plus élevées, suivis des ultraviolets, de la lumière visible (du rouge au violet), de l'infrarouge, des micro-ondes, des radiofréquences et des fréquences dites « extrêmement basses ». Ces divisions sont parfois un peu arbitraires, notamment en ce qui a trait aux micro-ondes et aux radiofréquences. C'est ainsi que les ondes utilisées par les téléphones cellulaires, les connexions sans fil (Wi-Fi) et les téléphones sans fil (entre 0,8 GHz et 5 GHz) portent tantôt le nom de micro-ondes, tantôt

*Le Dr Michel Plante, omnipraticien, est médecin-conseil à la Direction de santé et de sécurité d'Hydro-Québec. Il est responsable de la protection de la santé publique en ce qui a trait aux installations et aux activités de l'entreprise. Il enseigne les effets du rayonnement électromagnétique à l'Université de Montréal.*

**Tableau I****Classification des ondes électromagnétiques**

	Longueur d'onde	
Rayonnement ionisant (rayons X et gamma)		< 100 nm*
Ultraviolets		100 nm – 400 nm
Lumière visible		400 nm  800 nm
Infrarouges		800 nm – 1 mm
Micro-ondes et radiofréquences		1 mm – 1 km
Fréquences extrêmement basses		> 1 km

\* nm = 1 nanomètre, soit  $10^{-9}$  m

Note : Les téléphones cellulaires utilisent deux bandes de fréquence : autour de 900 MHz (longueur d'onde = 33 cm) et autour de 1,9 GHz (longueur d'onde = 16 cm).

le nom de radiofréquences. Pour les besoins de cet article, nous retiendrons le terme radiofréquences, qui est beaucoup plus répandu.

La physique nous enseigne que plus la fréquence de l'onde électromagnétique est grande (et par conséquent plus la longueur d'onde est courte), plus l'énergie est élevée. Les effets des ondes électromagnétiques sur le corps humain dépendent étroitement des mécanismes d'action propres à chaque niveau d'énergie (*tableau II*). Tout en haut dans l'échelle des énergies, les rayons X et gamma sont capables d'arracher les électrons des atomes et d'ioniser la matière. Viennent ensuite les ultraviolets, dont l'énergie est suffisante pour modifier les liens chimiques entre atomes et molécules, puis la lumière visible dont l'énergie donne lieu à des réactions chimiques (effets photochimiques).

### Quel est l'effet principal des radiofréquences ?

À partir des infrarouges et pour les rayonnements de

plus faible fréquence (micro-ondes et radiofréquences), les ondes électromagnétiques n'ont pas l'énergie suffisante pour porter atteinte à l'intégrité chimique de la matière. Leur énergie est essentiellement absorbée sous forme de chaleur et ne cause pas de transformation chimique. Ce dépôt d'énergie dans les tissus dépend à son tour de deux facteurs importants : la longueur d'onde, qui détermine la profondeur atteinte et, bien sûr, l'intensité du rayonnement.

### La longueur d'onde détermine la profondeur de pénétration de l'onde

Une onde est généralement absorbée de façon efficace par des objets lorsque ces derniers ont à peu près la même dimension que la longueur d'onde. Ainsi, les infrarouges seront entièrement absorbés dans les premiers millimètres de la peau, d'où la stimulation des récepteurs cutanés et la sensation de chaleur.

Les ondes des radiofréquences sont plus longues. Les

**Les ondes des téléphones cellulaires et des connexions sans fil sont des radiofréquences. Elles se situent entre les ondes utilisées pour la radio et la télédiffusion et les infrarouges.**

Repère

**Tableau II**
**Effets du rayonnement électromagnétique**

Lumière	Mécanisme	Effets pathologiques
Rayons X et gamma	Ionisation	☉ Cancer
Ultraviolets	Modifications chimiques	☉ Cancer de la peau ☉ Vieillessement de la peau ☉ Kératoconjonctivite (brûlure par coup d'arc) ☉ Érythème (coup de soleil)
Lumière visible	Réaction photochimique	☉ Dégénérescence maculaire
Infrarouges	Chaleur superficielle	☉ Cataracte (souffleur de verre) ☉ Brûlure rétinienne (cécité causée par les éclipses solaires)
Micro-ondes et radiofréquences	Chaleur profonde	☉ Augmentation de la température des tissus
Fréquences extrêmement basses	Tension électrique	☉ Décharge électrique

téléphones cellulaires utilisent principalement deux bandes de fréquence, soit celles voisines de 900 MHz (longueur d'onde de 33 cm) et celles autour de 1,9 GHz (longueur d'onde de 16 cm). Par conséquent, l'énergie se dépose sur un plus long trajet. Selon les fréquences utilisées par les diverses technologies sans fil, la profondeur de pénétration atteindra quelques centimètres (*tableau III*).

L'énergie du rayonnement des téléphones cellulaires est donc distribuée sur une masse de tissus plus grande que celles des infrarouges. Le corollaire est que la quantité d'énergie déposée par unité de masse est nettement moindre qu'avec les infrarouges.

Les radiofréquences utilisées pour la radio et la télévision (de 1 MHz à 100 MHz) et l'imagerie par résonance magnétique (environ 40 MHz pour chaque tesla de champ magnétique) ont une fréquence moindre que les ondes des téléphones cellulaires et, par conséquent, une longueur d'onde plus importante, soit de quelques mètres. Par exemple, le « 95,1 » de la première chaîne de Radio-Canada signifie 95,1 MHz, ce qui correspond à une longueur d'onde de 3,2 mètres. Ces ondes ont à peu près la dimension du corps humain. Leur énergie n'est plus distribuée en surface, mais bien dans

**Tableau III**
**Profondeur de pénétration des radiofréquences dans les tissus**

	Fréquence	Profondeur de pénétration
Téléphone sans fil résidentiel	5 GHz	< 1 cm
Oreillette « Bluetooth » ; « Wi-Fi »	2,4 GHz	1 cm – 2 cm
Téléphone cellulaire	1,9 GHz	1 cm – 3 cm
Téléphone cellulaire	900 MHz	3 cm – 5 cm
Ondes radio (FM)	100 MHz	> 30 cm
IRM	40 MHz – 100 MHz	> 30 cm

toute la masse du corps. D'ailleurs, sans cette propriété, l'imagerie par résonance magnétique n'existerait pas !

Le principal effet des radiofréquences et des micro-ondes est de chauffer les tissus, tout comme les infrarouges. L'effet thermique est le seul effet bien établi à ce jour et il constitue la base des normes d'exposition, tant pour les travailleurs que pour le public. Pour les infrarouges, les radiofréquences et les micro-ondes, l'intensité du rayonnement se mesure en watts par mètre

**Les ondes électromagnétiques n'ont pas l'énergie suffisante pour porter atteinte à l'intégrité chimique de la matière. Leur énergie est essentiellement absorbée sous forme de chaleur et ne cause pas de transformation chimique.**

Repère

**Tableau IV****Effets des radiofréquences selon l'intensité**

> 1000 W/m <sup>2</sup>	Chaleur intense
500 W/m <sup>2</sup>	Seuil d'augmentation de la température du corps
100 W/m <sup>2</sup> – 200 W/m <sup>2</sup>	Réchauffement par infrarouges. Exposition solaire
100 W/m <sup>2</sup>	Seuil d'effet ressenti
50 W/m <sup>2</sup>	Limite d'exposition aux radiofréquences pour les travailleurs (2 GHz) (Santé Canada)
10 W/m <sup>2</sup>	Limite d'exposition aux radiofréquences pour le public (2 GHz) (Santé Canada)
1 W/m <sup>2</sup> – 10 W/m <sup>2</sup>	Niveau d'exposition au téléphone cellulaire
0,001 W/m <sup>2</sup> – 0,00001 W/m <sup>2</sup>	Niveau d'exposition aux antennes de relais de la téléphonie cellulaire

**Encadré****Limites d'exposition aux radiofréquences recommandées**

Pour éviter les effets thermiques des radiofréquences, Santé Canada recommande une exposition qui n'entraîne pas un débit d'absorption spécifique (DAS) excédant 0,4 W/kg pour le travailleur et 0,08 W/kg pour le grand public<sup>4</sup>. Ces valeurs sont respectivement trois fois et quinze fois inférieures au métabolisme de base.

Des niveaux de DAS plus élevés sont permis pour des expositions partielles du corps ou encore des expositions de courte durée. À la fréquence de 2 GHz, l'intensité de rayonnement qui correspond aux valeurs de DAS est de 50 W/m<sup>2</sup> pour les travailleurs et de 10 W/m<sup>2</sup> pour le public.

au carré (W/m<sup>2</sup>). Les effets sur le corps dépendent de l'intensité (tableau IV).

On comprend mieux l'interaction du rayonnement provenant du cellulaire en examinant ses caractéristiques techniques. La puissance moyenne d'émission d'un téléphone cellulaire est d'environ 0,2 W. Environ 25 % de cette puissance est absorbée par la tête à proximité immédiate de l'antenne soit 0,05 W. D'un point de vue physiologique, il s'agit d'une puissance relativement faible. Au repos, l'organisme humain produit environ 90 watts, ce qui correspond environ à un débit d'absorption spécifique (DAS) de 1,2 watt par kilogramme de tissus corporels (1,2 W/kg) (encadré). Les modélisations montrent que le DAS peut atteindre de 1 W/kg à 2 W/kg dans les tissus de la tête à proximité immédiate de l'antenne du téléphone cellulaire. Il s'agit de niveaux trop faibles pour chauffer significativement les tissus : des mesures expérimentales obtenues no-

tamment par des sondes placées dans le canal auditif et à la surface de la peau confirment l'absence d'élévation de la température par rayonnement. Si les téléphones deviennent chauds après quelques minutes, ce n'est pas à cause du rayonnement, mais plutôt en raison de leurs circuits électriques qui chauffent comme dans tout appareil électrique.

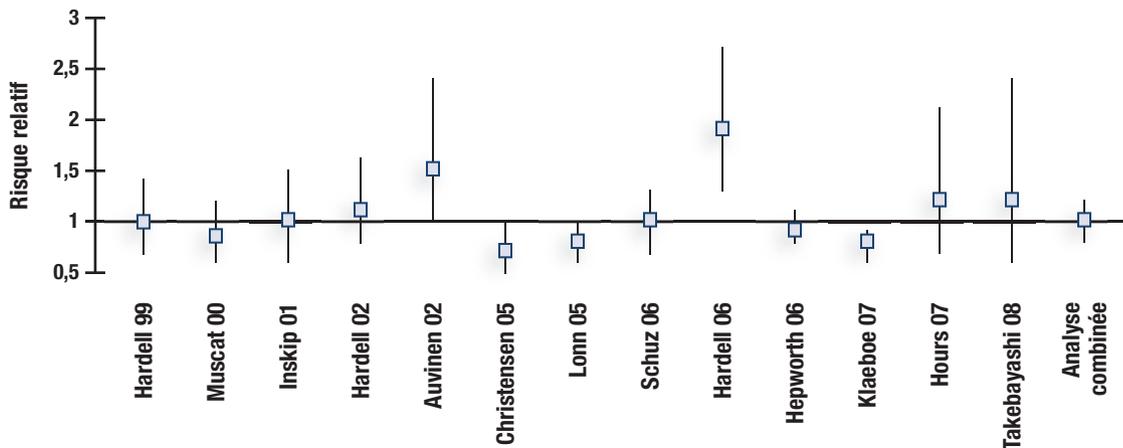
Quant aux antennes de relais des systèmes de téléphonie cellulaire, elles sont généralement de puissance relativement faible (quelques dizaines ou centaines de watts) puisque la portée recherchée est de quelques centaines de mètres ou de quelques kilomètres, à l'occasion. Au contraire, le rayonnement des antennes de radio et de télévision est beaucoup plus important dans le but d'assurer la réception du signal à plus de 100 km à la ronde. Si notre œil pouvait « voir » les radiofréquences, les antennes de radio et de télévision nous apparaîtraient comme des sources lumineuses aussi fortes que les puissantes lumières d'un stade olympique alors que les antennes de relais du réseau cellulaire se confondraient avec les lampadaires de rues. Compte tenu de la distance qui nous sépare de toutes ces sources de rayonnement, l'intensité en milieu urbain est généralement inférieure à 0,001 W/m<sup>2</sup>, soit 10 000 fois moins que les limites d'exposition recommandées pour le public<sup>1</sup>.

**Qu'en est-il des autres effets, dont le cancer ?****À la recherche d'effets sur le système nerveux central**

Le fait qu'une partie du rayonnement du téléphone cellulaire puisse rejoindre le cerveau de l'utilisateur, situé à quelques centimètres de l'antenne, pose une nouvelle question, soit celle de l'éventualité d'un effet autre

**Figure**

**Études épidémiologiques : gliomes et usage de téléphones**



que thermique, l'onde étant composée d'un champ électrique et magnétique. Pourrait-il y avoir des effets de nature « électrique » sur le système nerveux central ?

Pour répondre adéquatement à cette question, la méthode expérimentale est à privilégier. Les meilleures études ont utilisé des approches à double insu où le sujet devient son propre témoin : une séance est réalisée avec une vraie exposition et l'autre avec une exposition simulée. L'ordre des séances est varié entre sujets. Les expositions sont généralement de quelques dizaines de minutes à quelques heures. La plupart des études ont appliqué des degrés d'exposition proches du seuil maximal d'émission des téléphones (environ 1 W).

Il en ressort les points suivants :

1. Les sujets n'arrivent pas à distinguer la séance réelle de celle qui est simulée. L'énergie absorbée, même à puissance maximale, du téléphone cellulaire ne produit ni chaleur ni autres effets perceptibles.
2. Les questionnaires remplis par les sujets sur divers symptômes généraux souvent signalés par les utilisateurs des cellulaires n'ont pas mis en évidence une fréquence accrue des symptômes au cours de la séance d'exposition réelle.
3. Tout récemment, des études ont montré qu'un effet « nocebo » est fréquent. Des chercheurs ont réussi à reproduire des symptômes chez les sujets qui se croyaient exposés mais qui ne l'étaient pas alors que la séance d'exposition réelle n'entraînera, quant à elle, aucun effet.

4. Les études neurophysiologiques n'ont, par ailleurs, pas fait ressortir clairement la présence d'effets. Certaines études ont observé des effets de faible amplitude, notamment sur le temps de réaction et sur certaines composantes de l'EEG, mais ces effets sont inconstants et parfois contradictoires. À ce jour, aucun effet systématique n'a pu être raisonnablement attribué aux radiofréquences<sup>2</sup>.

**Le cellulaire et le cancer :  
une hypothèse qui trouve peu d'appui**

Sur le plan de l'interaction des radiofréquences avec la matière, le potentiel cancérigène semble improbable : l'énergie des radiofréquences est insuffisante pour ioniser la matière et entraîner un dommage direct à l'ADN. Elle est également trop faible pour modifier les liens chimiques comme peuvent le faire les photons de la lumière visible. Elle est d'ailleurs moindre que celles des infrarouges pour lesquels on ne connaît aucun effet cancérigène sur la peau, malgré une exposition naturelle relativement élevée.

Les tests *in vitro* n'ont pas permis de trouver d'effets mutagènes ni de transformations cellulaires.

On compte une vingtaine d'études de longue durée sur les animaux publiées depuis 1999. Généralement, les expositions étaient de quelques heures par jour pendant toute la vie de l'animal (habituellement deux ans) à des niveaux proches du seuil thermique. Aucune de ces études n'a mis en évidence un risque accru de tumeur. Une

dizaine d'essais ont testé la capacité des radiofréquences à augmenter l'effet d'un cancérigène chimique, mais aucun effet n'a été observé.

Depuis 1999, une quinzaine d'études épidémiologiques ont eu pour but d'examiner le risque de cancer chez les utilisateurs de téléphones cellulaires, en particulier les cancers du système nerveux central et le neurinome acoustique. La *figure* illustre toutes les études publiées à ce jour sur les gliomes et une estimation du résultat groupé<sup>3</sup>. Comme on peut le constater, la plupart des études ne montrent pas de risque accru de cancer. Rappelons qu'un risque relatif de 1 signifie que le risque de cancer est le même chez les utilisateurs et les non-utilisateurs.

On obtient un résultat semblable lorsque seules les expositions de plus de dix ans sont analysées ou que d'autres tumeurs cérébrales ou de la région de la tête sont prises en compte.

Sur la base de ces données, les opinions récentes de certaines autorités de santé publique, dont l'Organisation mondiale de la Santé, Santé Canada et le National Cancer Institute, sur les effets des téléphones cellulaires sur la santé ont été généralement rassurantes.

**L**E SEUL EFFET BIEN ÉTABLI des radiofréquences est le réchauffement des tissus. La puissance des téléphones cellulaires est trop faible pour modifier la température normale des tissus à proximité de l'antenne. Quant aux effets autres que thermiques, les données existantes ne permettent pas de relier un symptôme quelconque à l'utilisation du téléphone cellulaire. Des études expérimentales chez l'humain laissent penser que certains effets physiologiques sont possibles, mais, s'ils existent, leur amplitude est trop faible pour être perçue par le sujet. Une conclusion sans surprise compte tenu de la nature de ces ondes, de leur mode d'interaction avec les tissus vivants et de la faible puissance d'émission des téléphones. Quant à l'hypothèse voulant que l'usage d'un téléphone cellulaire puisse accroître le risque de cancer, les données expérimentales et épidémiologiques colligées à ce jour semblent indiquer qu'elle est peu vraisemblable. ☞

## Summary

### Cellular phone and health: are physicians and patients on the same wavelength?

Wireless technology – cellular and wireless phones, WI-FI, Bluetooth and others – is all around us. These technologies use radiofrequency band situated between 800 MHz and 5 GHz. Energy released by these waves is insufficient to ionize matter or provoke chemical or photochemical reactions. It is mainly dispersed as heat, and the penetration in body tissues will depend on the wavelength. When a cellular phone is used, the wave is absorbed in the first centimetres of tissue, so only the side of the head, near the antenna, is exposed. Radiofrequencies used for radio, television and magnetic resonance imaging are more penetrating and are absorbed by whole body mass. Output power of cellular phones and similar technologies is only 0.2 W, which is too low to create a perceptible tissue heating. To date, experimental and epidemiological studies are not conclusive as for the effects on the nervous central system, or regarding carcinogenic effects.

Date de réception : le 13 octobre 2009

Date d'acceptation : le 19 novembre 2009

Le Dr Michel Plante est médecin-conseil à Hydro-Québec depuis 1982. En 2008, il a offert son expertise de façon ponctuelle à Rogers Communications inc.

## Bibliographie

1. Frei P, Mohler E, Neubauer G et coll. Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields. *Environ Res* 2009; 109: 779-85.
2. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. *Health effects of exposure to EMF*. European commission. Directorate-General for Health & Consumers; 2009. Site Internet: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf) (Date de consultation : le 26 octobre 2009).
3. Ahlbom A, Feychting M, Green A et coll. Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review. *Epidemiology* 2009; 20 (5): 639-52.
4. Santé Canada. Limites d'exposition humaine aux champs de radiofréquences électromagnétiques dans la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz. Code de sécurité 6. Direction hygiène du milieu; 1999. 99-DMH-237.

**À ce jour, les études expérimentales et épidémiologiques n'ont pas montré d'effets significatifs du téléphone cellulaire sur le système nerveux ni d'effets cancérigènes.**

Repère