

Avril 2014. Par Martin Blank, Ph.D.

Malgré sa longueur et l'étendue apparente de sa couverture, le rapport comporte des lacunes qui conduisent à des questions sur ses conclusions.

Les critères utilisés pour évaluer les effets possibles sont au cœur de toute étude portant sur la sécurité. Il importe de souligner que le rapport se fonde presque entièrement sur le débit d'absorption spécifique pour son évaluation du risque. L'accent mis sur ce débit signifie que beaucoup des études potentiellement pertinentes ont été exclues ou ignorées.

Leur définition des enjeux rend pratiquement impossible de déterminer tout effet négatif des radiofréquences (RF). À l'instar de la discussion sur les spermatozoïdes, les auteurs insistent sur l'existence de variations de température importantes pour toute conséquence pour la santé. En conséquence, sans égard aux autres effets possibles, advenant l'absence de variation de température « acceptable », toute conséquence désastreuse ne peut pas être imputée aux RF. Puisque les variations de température du genre qu'ils considèrent comme significatives surviennent rarement avec les principaux appareils utilisés à l'heure actuelle, alors par le fait même, les RF ne peuvent avoir aucun effet nocif. Il semble manifeste que ce type de raisonnement ne sert pas le public ni l'évolution des connaissances scientifiques.

Dans leur refus de reconnaître les effets non thermiques, les membres du groupe d'experts en soulignent par inadvertance les faiblesses de se fonder sur les critères actuels du débit d'absorption spécifique. Si ces critères avaient été utilisés, les « *hausse de température excessivement minimales* » n'atteindraient pas le seuil du débit d'absorption spécifique reconnu comme présentant un risque à l'heure actuelle. Autrement dit, malgré l'existence d'un effet, l'exposition ne serait pas jugée « peu sûre », indépendamment du nombre de conséquences dangereuses qu'elle entraîne. La conclusion logique est que les niveaux de restriction basés sur le débit d'absorption spécifique sont trop élevés et que les critères de risque actuels qui se fondent sur ce débit devraient être modifiés afin d'être plus rigoureux de sorte à pouvoir tenir compte des variations de température même minimales que celles dont il est question. Les membres du groupe d'experts ne font aucunement mention de la nécessité d'apporter ce genre de changements ni de l'importance de le faire. Dans l'ensemble, leurs commentaires laissent entendre que leur intérêt principal consiste à continuer de se fier exclusivement aux niveaux actuels utilisés avec les échelles de débit d'absorption spécifique, écartant toutes les autres possibilités et toute nécessité d'apporter des modifications.

Le groupe d'experts, à l'instar des organisations auxquelles il fait référence pour appuyer ses conclusions (IEEE, Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants), a tellement mis l'accent sur les effets thermiques et le débit d'absorption spécifique, qu'il n'a pas considéré les avancées importantes en biologie cellulaire. En partie, cela pourrait venir du fait que le groupe d'experts n'a pas inclus de membres ayant de l'expertise en biologie cellulaire. Peu importe la raison, le fait de limiter les dangers aux effets du débit d'absorption spécifique est une lacune considérable. (Dans la section 8.4, les enjeux biologiques sont mentionnés comme ayant été soulevés par le public lors des discussions publiques. Toutefois, ils semblent n'avoir eu que peu d'effet, voire aucun, sur le groupe d'experts et le contenu clé du rapport.)

Il n'est pas possible de déterminer si ces enjeux témoignent de l'incapacité d'organiser les différents volets des arguments, d'un compromis entre les divers membres du comité ou de quelque autre raison. Peu importe l'origine, cette situation illustre certains des problèmes clés du rapport et la difficulté de l'approuver sous sa forme actuelle. De surcroît, il semble manifeste que si le domaine doit progresser et évaluer véritablement les risques des RF et des fréquences extrêmement basses, il est nécessaire d'élargir la portée du débit d'absorption spécifique en incluant la recherche axée sur des mesures biologiques qui peuvent produire de l'information importante concernant les effets sur la santé et les mécanismes de cette technologie puissante.

Les arguments présentés dans le rapport sur le Code de sécurité 6 ne tiennent pas pleinement compte du rôle du groupe d'experts, qui consiste à protéger la santé de la population. Les seuils afférents à l'activation des champs électromagnétiques des mécanismes cellulaires naturels de protection sont beaucoup plus bas que ceux établis sur la base de la norme technique actuelle, et il n'est absolument pas logique d'ériger une structure de réglementation complexe d'après un fondement scientifique erroné. Le Code de sécurité 6 doit modifier son critère de sécurité et prendre en compte les limites de sécurité cellulaire déterminées expérimentalement. L'incapacité à reconnaître la sensibilité des cellules vivantes est particulièrement dangereuse alors que les expositions environnementales aux champs électromagnétiques continuent d'augmenter.

Beaucoup de sources de données ont contribué aux connaissances actuelles concernant la façon dont les cellules détectent les champs électromagnétiques et y réagissent : un grand nombre de recherches montrent que l'unité cruciale à prendre en compte pour l'évaluation de l'état de santé est la cellule et que ce groupe d'experts ne l'utilise pas.

- Les cellules vivantes réagissent à la fois aux champs électromagnétiques des réseaux électriques (fréquences extrêmement basses) et des radiofréquences (RF) qui peuvent s'avérer potentiellement dangereux. Goodman et Blank (1998; Blank et Goodman, 2009) ont montré que les cellules synthétisent les protéines de stress dans les deux gammes de fréquences ainsi que lorsqu'elles sont exposées à un large éventail d'influences dangereuses attestées (p. ex. variations de température, pH, oxygène, alcool, etc.). Cette réponse cellulaire protectrice aux champs électromagnétiques commence par une interaction avec l'ADN et survient bien avant une augmentation de température décelable, confirmant la plus grande sensibilité des cellules aux champs électromagnétiques qu'une variation de température. Il ne devrait faire aucun doute que lorsque la synthèse des protéines de stress est stimulée par les champs électromagnétiques, la cellule nous indique dans la langue du corps que l'exposition au rayonnement non ionisant est dangereuse.
- Il a été démontré que les protéines du stress peuvent avoir un effet protecteur lorsqu'elles sont induites avant l'exposition aux champs électromagnétiques. DiCarlo *et al.* (1998) ont protégé les œufs de poussin en développement et augmenté le pourcentage à couver, et George *et al.* (2008) ont augmenté le taux de survie à la suite d'un pontage coronarien. Ces études donnent à penser que l'induction artificielle des protéines de stress peut s'avérer un moyen relativement simple de développer des applications thérapeutiques possibles.
- Une recherche portant sur le mécanisme moléculaire (Lin *et al.* 1999, 2001) a identifié un segment d'ADN dans le noyau cellulaire codant la hsp70 (une protéine de stress importante) et réagissant aux champs électromagnétiques. Pour vérifier que le segment d'ADN était réactif, il a été lié aux segments d'ADN qui codent deux protéines différentes (protéines rapporteuses) et les deux protéines rapporteuses ont été synthétisées à la suite d'une stimulation par les champs électromagnétiques.
- Le rayonnement non ionisant (c.-à-d. fréquences extrêmement basses et RF) a causé des dommages oxydatifs à l'ADN (Lai et Singh 1995, 1996, 1997), un processus associé à l'apparition de cancers. Le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) a déclaré comme cancérigènes possibles la fréquence du réseau électrique en 2002 et la fréquence radio en 2011. Il convient de souligner que les dommages à l'ADN observés surviennent bien en deçà des niveaux d'exposition que le groupe d'experts considère comme sécuritaires.
- Les réactions biochimiques de transfert d'électrons de la Na⁺-K⁺ ATPase et de la cytochrome oxydase (Blank et Soo, 2001), et la réaction Belousov-Jabotinsky (Blank et Soo, 2003) sont accélérées par les champs électromagnétiques avec des seuils inférieurs à 0,1 μT, témoignant d'une capacité à influencer sur les oxydations biologiques. Beaucoup d'études du groupe Barton chez Caltech (Hall *et al.* 1996, 1997; Wan *et al.* 1999, 2000) ont montré que les électrons pi délocalisés dans l'ADN sont mobiles et qu'ils peuvent être conçus pour se déplacer le long du squelette de l'ADN. Les champs électromagnétiques peuvent aussi accélérer le taux de changements conformationnels dans les protéines (Bohr et Bohr, 2000).

- Des protéines de stress semblables sont stimulées par les fréquences extrêmement basses et les RF malgré la différence d'énergie un million de fois plus importante. Cela révèle que le critère thermique, axé sur l'énergie absorbée, est manifestement erroné et qu'il ne convient pas à titre de norme de sécurité.
- L'interaction avec l'ADN a fait l'objet des études précitées sur les mécanismes biologiques, et le dommage à l'ADN menant au cancer a généralement été l'élément central de la majorité des études sur la sécurité des champs électromagnétiques. D'autres effets biologiques attribuables aux champs électromagnétiques ont été décrits et sont probablement causés par les différents mécanismes moléculaires, bien que les interactions avec les électrons soient très probables en raison de leur rapport charge/masse élevé. Ces autres réactions :
 - provoquent la fuite de la barrière hémato-encéphalique et des dommages aux neurones dans le cerveau
 - provoquent l'« effet auditif des micro-ondes » (Frey, 1962)
 - empêchent la sécrétion de mélatonine et nuisent au rythme circadien (Liburdy *et al.*, 1993)

Ces effets sont connus depuis quelque temps, et à l'instar du dommage à l'ADN, surviennent à des niveaux d'exposition bien en deçà des niveaux jugés sécuritaires à l'heure actuelle.

En ne tenant pas compte des preuves biologiques irréfutables (et les plus pertinentes) dans la mise à jour du Code de sécurité 6, le groupe d'experts a continué à se fier à l'hypothèse non encore prouvée que le débit d'énergie absorbée, comme déterminé par une augmentation de température, constitue une mesure appropriée du risque pour la santé. Le critère de l'énergie absorbée est évidemment faux, ne convient pas pour évaluer la sécurité cellulaire et mène à des normes d'exposition dangereusement élevées.

Des questions de conflits d'intérêts pourraient découler des liens qu'entretiennent les membres du groupe d'experts avec l'industrie, mais je pense que l'erreur de jugement reflète davantage une tendance naturelle à faire des estimations prudentes. Il est assurément plus facile d'aller de l'avant avec les rapports précédents du Code de sécurité 6 et la partialité du milieu universitaire qui accorde davantage d'importance à la science physique qu'à la biologie. En revanche, je suis presque certain que la réticence du groupe d'experts à se laisser guider par les preuves biologiques reflète un manque d'expertise en biologie cellulaire.

Beaucoup des preuves biologiques invoquées ici se trouvent dans le BioInitiative Report (BIR), cité par le groupe d'experts. Il est difficile de motiver les raisons de ne pas tenir compte du BIR puisqu'il a été rédigé par des scientifiques qui ont mené la recherche et qui comprennent ses conséquences. Trois présidents de la Bioelectromagnetics Society (BEMS) ont contribué au BIR, et messieurs Stuchly et Ghandi, Ph.D., deux des évaluateurs du Code de sécurité 6 de 1999, ont déjà présidé la BEMS.

Les critiques formulées ci-dessus révèlent que le groupe d'experts a omis de mettre à jour les normes de sécurité des champs électromagnétiques en utilisant les données scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes. De fait, ils n'ont pas tenu compte des données biologiques et des réactions cellulaires protectives aux champs électromagnétiques qui sont essentielles pour déterminer les seuils d'exposition sécuritaires. Il s'agit certainement d'un manquement de la part du groupe d'experts à s'acquitter de son rôle principal, lequel consiste à protéger la santé de la population. Ce manquement survient dans un environnement de plus en plus exposé à une vaste gamme de fréquences de champs électromagnétiques non ionisants, y compris les fréquences extrêmement basses. Pour bien faire son travail, le groupe d'experts devrait être recréé pour inclure des membres possédant l'expertise nécessaire pour évaluer la recherche biologique et formuler des normes de sécurité qui tiennent compte des indicateurs biologiques des niveaux de danger des champs électromagnétiques.

Martin Blank, Ph.D.

Références

- Blank M, Goodman R (2009) Electromagnetic Fields Stress Living Cells. *Pathophysiology* 16: 71-78.
- Blank M, Goodman R (2011) DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields (EMF). *International J. Radiation Biology* 87: 409-15.
- Blank M, Goodman R (2012) Electromagnetic fields and health: DNA-based dosimetry. *Electromagnetic Biology and Medicine* 31:243-249.
- Blank M, Soo L (2001) Electromagnetic acceleration of electron transfer reactions. *Journal of Cellular Biochemistry* 81: 278-283.
- Blank M, Soo L (2003) Electromagnetic acceleration of Belousov-Zhabotinski reaction. *Bioelectrochemistry* 61: 93-97.
- Bohr H, Bohr J (2000) Microwave enhanced kinetics observed in ORD studies of protein. *Bioelectromagnetics* 21:68-72.
- Di Carlo A, Farrell JM, Litovitz T (1998) A simple experiment to study electromagnetic field effects: protection induced by short-term exposures to 60Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 19:498-500.
- Frey AH (1962) Human auditory systems response to modulated electromagnetic energy. *Journal of Applied Physiology* 17(4):689-692.
- George I, Geddis MS, Lill Z, Lin H, Gomez T, Blank M, Oz MC, Goodman R (2008) Myocardial function improved by electromagnetic field induction of stress protein hsp70. *Journal of Cellular Physiology* 216:816-823.
- Goodman R, Blank M (1998) Magnetic field stress induces expression of hsp70. *Cell Stress and Chaperones* 3:79-88.
- Hall DB, Holmlin RE, Barton JK (1996) Oxidative DNA damage through long range electron transfer. *Nature* 382, 731
- Hall DB, Barton JK (1997) Sensitivity of DNA-mediated electron transfer to the intervening pi-stack: A probe for the integrity of the DNA base stack. *Journal of the American Chemical Society* 119, 5045.
- Lai H, Singh NP (1995) Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 16: 207-210
- Lai H, Singh NP (1996) Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *International Journal of Radiation Biology* 69(4):513-521
- Lai H, Singh NP (1997) Acute Exposure to a 60Hz Magnetic field Increases DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells. *Bioelectromagnetics* 18:156-165.
- Liburdy RP, Sloma TR, Sokolic R, Yaswen P (1993) ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER+ breast cancer cell proliferation. *Journal of Pineal Research* 14:89-97.

- Lin H, Blank M, Rossol-Haseroth K, Goodman R (1999) A magnetic field responsive domain in the human HSP70 promoter. *Cellular Biochemistry* 75: 170-176.
- Lin H, Blank M, Rossol-Haseroth K, Goodman R (2001) Regulating genes with electromagnetic response elements. *Journal of Cellular Biochemistry* 81:143-148.
- Wan C, Fiebig T, Kelley SO, Treadway CR, Barton JK (1999) Femtosecond dynamics of DNA-mediated electron transfer. *Proc Nat Acad Sci USA* 96:6014-6019.
- Wan C, Fiebig T, Schiemann O, Barton JK, Zewail AH (2000) Femtosecond direct observation of charge transfer between bases in DNA. *Proc Natl Acad Sci USA* 97: 14052-14055.
- Weisbrot D, Lin H, Ye L, Blank M, Goodman R (2003) Effects of mobile phone radiation on growth and development in *Drosophila melanogaster*. *J Cellular Biochemistry* 89:48-55.
- Blank M, Soo L. 1996. The threshold for Na,K-ATPase stimulation by electromagnetic fields. *Bioelectrochem Bioenerg* 40:63-65.
- Blank M, Soo L. 1997. Frequency dependence of Na,K-ATPase function in magnetic fields. *Bioelectrochem Bioenerg* 42:231-234.
- Blank M, Soo M. 1998. Enhancement of cytochrome oxidase activity in 60Hz magnetic fields. *Bioelectrochem Bioenerg* 45:253-259.
- Blank M, Soo L. 2001a. Optimal frequencies for magnetic acceleration of cytochrome oxidase and Na,K-ATPase reactions. *Bioelectrochem* 53:171-174.
- Blank M, Soo L. 2001b. Electromagnetic acceleration of electron transfer reactions. *J Cell Biochem* 81:278-283.
- Blank M, Soo L. 2003. Electromagnetic acceleration of the Belousov-Zhabotinski reaction. *Bioelectrochem* 61:93-97.
- Di Carlo A, Farrell JM, Litovitz T. 1998. A simple experiment to study electromagnetic field effects: protection induced by short-term exposures to 60Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 19:498-500.
- Goodman R, Blank M, Lin H, Khorkova O, Soo L, Weisbrot D, Henderson AS. 1994. Increased levels of hsp70 transcripts are induced when cells are exposed to low frequency electromagnetic fields. *Bioelectrochem Bioenerg* 33:115-120.
- Goodman R, Blank M. 1998. Magnetic field stress induces expression of hsp70. *Cell Stress and Chaperones* 3:79-88.
- Lai H, Singh NP. 2005. Interaction of Microwaves and a Temporally Incoherent Magnetic Field on Single and Double DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells. *Electromag Biol Med* 24:23-29.
- Leszczynski D, Joenvaara S, Reivinen J, Kuokka R. 2002. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer-and blood-brain barrier-related effects. *Differentiation*70: 120-129.
- Lin H, Blank M, Goodman R. 1999. A magnetic field responsive domain in the human HSP70 promoter. *J Cell Biochem* 75:170-176.
- Lin H, Blank M, Rossol-Haseroth K, Goodman R. 2001. Regulating genes with electromagnetic response elements. *J Cell Biochem* 81:143-148.

Lin H, Goodman R, Henderson A. 1994. Specific region of the *c-myc* promoter is responsive to electric and magnetic fields. *J Cell Biochem* 55: 1-8.

Shallom JM, DiCarlo AL, Ko D, Penafiel LM, Nakai A. 2002. Microwave exposure induces hsp70 and confers protection against hypoxia in chick embryos. *J Cell Biochem* 86:490-496.