

RAMAZZINI INSTITUTE

SPONSORS

- Commission Internationale pour la Sécurité Électromagnétique
- Institut National pour l'Étude et le Contrôle du Cancer et des Maladies Environnementales « Bernardo Ramazzini »

isbn 978-88-6261—166-4

Publication FIDENZA 2010
c Mattioli 1885 spa

**EFFETS NON THERMIQUES ET
MÉCANISMES D'INTERACTION
ENTRE LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES
ET LA MATIÈRE VIVANTE**

Monographie ICEMS

Institut Ramazzini

Édité par Livio Giuliani et Morando Soffritti

Journal Européen d'Oncologie / Vol. 5

Institut National pour l'Étude et le Contrôle du Cancer et
des Maladies Environnementales « Bernardo Ramazzini »

Bologne, Italie
2010

Une étude de provocation fondée sur la variabilité du rythme cardiaque montre que les rayonnements par micro-ondes provenant d'un téléphone sans fil de 2,4 GHz ont des effets sur le système neurovégétatif

M. Havas, BSc, PhD, Environmental and Resource Studies, Trent University, Peterborough, ON, K9J, Canada

J. Morrongelle (USA), B. Pollner (Autriche), E. Kelley (Italie), C.R.G. Rees (USA), L. Tully (USA)

(pages 273-300)

RÉSUMÉ

Objectif : Les effets provoqués par les rayonnements des micro-ondes pulsées (100 Hz) sur la variabilité du rythme cardiaque (VRC) ont été testés au moyen d'expériences en double aveugle.

Matériaux et méthodes : Vingt-cinq sujets vivant dans le Colorado et âgés de 37 à 79 ans ont rempli un questionnaire concernant l'électrohypersensibilité (EHS). Après enregistrement de leur VRC orthostatique, nous avons procédé à un contrôle continu, en temps réel, de la VRC, dans une étude de provocation où les sujets étendus sur le dos ont été exposés, pendant des intervalles de 3 minutes, soit à des rayonnements générés par un téléphone sans fil à 2,4 GHz, soit à une exposition simulée.

Résultats :

Questionnaire : Sur la base d'un questionnaire d'auto-évaluation, les participants se sont classés parmi les électrosensibles sévères (24%), modérés (16%), légers (16%), non électrosensibles (8%) ou bien sans opinion (36%) au sujet de leur sensibilité. Les dix symptômes principaux ressentis par les sujets qui se plaignent d'électrosensibilité comprennent problèmes de mémoire, difficultés de concentration, problèmes oculaires, troubles du sommeil, sentiment de mal-être, maux de tête, vertiges, acouphènes, fatigue chronique et palpitations cardiaques. Les cinq appareils les plus cités qui, de l'avis des sujets, provoquent l'électrosensibilité sont les ampoules fluorescentes, les antennes, les téléphones portables, le WIFI et les téléphones sans fil.

Expérience de provocation : Quarante pour cent des sujets ont ressenti des modifications de leur VRC imputables à des rayonnements de micro-ondes pulsées numériques (100 Hz). Pour un certain nombre de sujets, la réponse fut extrêmement forte (tachycardie); pour d'autres, de modérée à faible (modifications du système nerveux sympathique et/ou du système nerveux parasympathique); et pour quelques autres, il n'y eut aucune réaction observable, soit en raison d'une capacité d'adaptation particulièrement élevée, soit à cause d'un épuisement neurovégétatif systémique.

Conclusions :

Dans le cadre de tests de provocation qui les exposent à des appareils émettant des ondes électromagnétiques, l'étude de la VRC orthostatique peut fournir des tests pour diagnostiquer certaines personnes souffrant d'EHS. Cette étude est la première à mettre en évidence le fait que des modifications immédiates et spectaculaires interviennent à la fois dans le rythme cardiaque (RC) et la variabilité du RC (VRC), par suite d'une exposition aux micro-ondes à des niveaux bien inférieurs (0,5%) à ceux correspondant aux directives fédérales en vigueur au Canada et aux États-Unis (1000 microW/cm² = 61 V/m).

Mots clés :

variabilité du rythme cardiaque, rayonnements micro-ondes, téléphone DECT, système neurovégétatif, étude de provocation, systèmes sympathique et parasympathique, téléphone sans fil 2,4 GHz, électrohypersensibilité

Introduction

Une fraction de plus en plus importante de la population se plaint d'être sensible à des appareils émettant de l'énergie électromagnétique. Hallberg et Oberfeld¹ font état d'une prédominance de l'électrohypersensibilité (EHS). En constante augmentation, l'EHS ne concernait

qu'à peine 2% de la population avant 1997, mais est supposée concerner environ 10% de la population autour de 2004, pour affecter 50% de la population autour de 2017.

Le phénomène est-il dû à une augmentation réelle de l'EHS ou bien à un intérêt médiatique plus important ? c'est ce que nous ignorons. Quoi qu'il en soit, cataloguer l'EHS comme un trouble psychosomatique ou bien en attribuer les symptômes au vieillissement et/ou au stress n'apporte aucune solution au problème posé par l'existence d'une population de plus en plus importante, en particulier les personnes de moins de 60 ans qui souffrent simultanément de fatigue, de troubles du sommeil, de douleurs chroniques, de la peau, des yeux, des oreilles, de problèmes cardio-vasculaires et d'équilibre, de troubles de l'humeur et de dysfonctionnement cognitif, ni au fait que ces symptômes semblent s'aggraver quand les personnes sont soumises à des appareils émettant des champs électromagnétiques²⁻⁷.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a organisé un séminaire international sur l'hypersensibilité aux CEM et le groupe de travail qui s'est réuni à Prague en 2004 a défini l'EHS comme suit⁸ :

« ... Un phénomène selon lequel des individus ressentent des effets négatifs sur leur santé quand ils utilisent ou quand ils sont à proximité d'appareils émettant des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques (CEM)... Quelle qu'en soit la cause, l'EHS est réelle et parfois invalidante pour les personnes touchées... Les taux d'exposition subis appartiennent généralement à des ordres de grandeurs très inférieurs aux seuils recommandés par les normes internationales. »

L'OMS poursuit en affirmant que :

« L'EHS est caractérisée par divers symptômes non spécifiques que les individus touchés attribuent à l'exposition aux CEM. Parmi les symptômes les plus fréquemment cités, on peut mentionner des symptômes dermatologiques (rougeurs, picotements et sensations de brûlure), des symptômes neurasthéniques et végétatifs (fatigue, lassitude, difficultés de concentration, vertiges, nausées, palpitations cardiaques et troubles digestifs). Cet ensemble de symptômes ne fait partie d'aucun syndrome connu. »

Les études de provocation (où les individus sont exposés à une certaine dose d'énergie électromagnétique et où leurs symptômes sont notés), comme les études d'amélioration (où l'exposition est réduite), peuvent donner des indications sur la source d'énergie responsable des agressions et sur le type et la vitesse de réaction.

Un certain nombre d'études d'amélioration ont fourni des renseignements sur les progrès réalisés dans le comportement d'étudiants et dans la santé et le bien-être des professeurs⁹, choisis parmi des asthmatiques, d'une part¹⁰, et parmi des diabétiques et des personnes atteintes de multiples scléroses, d'autre part¹¹⁻¹², quand leur exposition à de l'électricité malsaine (*dirty electricity*) est réduite. En effet, l'électricité malsaine soumet à des micro-vagues qui, s'écoulant le long des câbles électriques dans la gamme des kHz, peuvent endommager des équipements électroniques sensibles et, à ce qu'il semblerait, affecter la santé des personnes exposées.

Au contraire des études d'amélioration, les études de provocation, en étudiant la réaction des personnes qui s'auto-diagnostiquent EHS, ont produit des résultats contradictoires.

Rea *et al.*¹³ ont été parmi les premiers à montrer que les personnes sensibles réagissaient très souvent aux fréquences comprises entre 0,1 Hz et 5 MHz, sans qu'ils réagissent pour autant aux stimulations à blanc. Les réactions, qui étaient surtout neurologiques, comprenaient picotements, endormissements, maux de tête, vertiges et, dans les cas sévères, perte de la conscience, sans exclure d'autres symptômes qui ont été également observés comme différents types de douleurs, contractions musculaires, en particulier dans la poitrine, spasmes, palpitations, bouffées de chaleur, tachycardie, etc. En sus des symptômes cliniques, des appareils ont enregistré la dilatation de la pupille, la respiration et l'activité cardiaque ; ces données figuraient également dans l'étude qui était fondée sur une approche en double aveugle. Les résultats ont mis en évidence une baisse de 20% de la fonction pulmonaire et une augmentation de 40% du rythme cardiaque. Ces enregistrements objectifs, en association avec les symptômes cliniques, ont démontré que les individus sensibles aux CEM réagissaient physiologiquement à certaines fréquences de CEM bien

que les réponses soient réellement franches pour seulement seize pour 100 des individus potentiellement sensibles testés.

Dans une revue plus récente, Rubin *et al.*¹⁴ ont conclu qu'il n'y avait aucune preuve incontestable qui étaye l'existence d'une hypersensibilité biophysique aux CEM. Cette étude était fondée sur trente-et-une expériences en double aveugle, qui ont testé 725 sujets EHS. Vingt-quatre études ne trouvèrent aucune différence entre une exposition aux CEM et des expositions à blanc ; quant aux sept études qui prouvaient réellement que les participants EHS étaient affectés par une exposition aux CEM, le groupe de recherche n'a pas réussi à renouveler l'expérience (2 études), ou bien les résultats ont été montrés comme des artefacts statistiques (3 études).

Les personnes qui vivent à proximité des antennes relais et celles qui souffrent d'EHS se plaignent souvent de problèmes cardiovasculaires tels que rythme cardiaque rapide, arythmie, douleurs dans la poitrine et/ou modification de la pression artérielle.^{3,7,15,16}

En effet, les médecins signataires de l'Appel de Fribourg ont affirmé ceci :

« Depuis quelques années, nous avons observé chez nos patients une augmentation spectaculaire des maladies sévères et chroniques... en particulier fluctuations extrêmes de la pression artérielle, résistant même aux médicaments ; troubles du rythme cardiaque ; crises cardiaques et crises d'apoplexie parmi une part de plus en plus importante de la population jeune... »

À partir de ces découvertes, nous avons décidé d'étudier les effets des rayonnements micro-ondes (MO) générés par un téléphone sans fil numérique sur le système cardiovasculaire, en contrôlant la variabilité du rythme cardiaque (VRC). Contrairement aux téléphones portables qui émettent des micro-ondes seulement lorsqu'ils transmettent ou reçoivent des informations, le téléphone sans fil que nous avons utilisé émet en permanence à partir du moment où la base du téléphone est branchée à une prise électrique. Le téléphone que nous avons utilisé était un AT&T téléphone sans fil pulsé numérique (100 Hz), qui fonctionne à 2,4 GHz, soit des fréquences utilisées normalement par les fours à micro-ondes et le WIFI. Il ressemble à sa version européenne connue sous le nom de téléphone Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) qui fonctionne à 1,9 GHz¹⁸.

La VRC est de plus en plus souvent utilisée pour étudier à l'écran les troubles cardiovasculaires ou neurologiques¹⁹⁻²⁴. Nous avons voulu déterminer si la VRC pouvait être utilisée pour déterminer l'EHS et si elle pouvait servir à prévoir la probabilité et/ou l'intensité de la réaction à une provocation aux MO. L'analyse de la VRC, en utilisant le logiciel NervExpress^{25,26}, fournit des informations sur le fonctionnement des systèmes nerveux sympathique et parasympathique, avec un contrôle en temps réel, et fournit des informations complémentaires comprenant un indicateur de la santé physique avant-exposition fondé sur le test orthostatique.

Matériels et méthodes

Environnement électromagnétique de fond

Les tests ont été réalisés en deux endroits, l'un à Golden et l'autre à Boulder, dans le Colorado, sur trois jours de semaine non consécutifs, pendant une période de 6 jours (Tableau 1). Les niveaux de fond des champs électromagnétiques de basses fréquences, des rayonnements de fréquences intermédiaires sur les fils électriques ainsi que les hyperfréquences ont été contrôlés dans les deux endroits : les valeurs sont données dans le Tableau 1. Tous les tests relatifs à l'environnement électromagnétique ont été réalisés à l'endroit même où les volontaires étaient testés pour leur VRC, pendant l'étude de provocation.

Les **champs électromagnétiques** d'extrêmement basses fréquences ont été mesurés avec un appareil de mesure omnidirectionnel Trifield (3D). Cet appareil est calibré à 60 Hz avec une réponse pondérée par fréquence de 30 à 500 Hz et une réponse plate de 500 à 1000 Hz. La précision est de +/- 20%.

La **qualité de puissance** a été mesurée au moyen d'un Microsurge Meter qui mesure les phénomènes transitoires de haute fréquence et les harmoniques entre 4 et 150 kHz (classe de fréquences intermédiaires). Cet appareil fournit une lecture numérique de 1 à 1999 de dv/dt exprimée comme des unités GS avec une précision +/- 5%.²⁷ Étant donné que nous avons essayé de garantir une exposition de fond la plus basse possible, nous avons installé des filtres GS pour améliorer la qualité de puissance. Les résultats enregistrés tiennent compte de la présence des filtres GS.

[dv/dt : Le rapport dv/dt exprime une modification du voltage par une modification du temps.]

[*Filtres GS* : Les capitales G et S correspondent aux initiales des deux inventeurs des filtres GS : Dr Martin Graham et Mr Dave Stetzer. Ces filtres améliorent la qualité de puissance en diminuant les HF courant sur le fil électrique.]

À 100 mètres à la ronde au moins de la zone de test, tous les appareils sans fil (téléphones portables, téléphones sans fil, routers sans fils) étaient coupés. Les **rayonnements hyperfréquences** provenant de l'extérieur de la zone de test ont été mesurés au moyen d'un Electromog Meter, qui a une précision de +/- 2,4 dB à l'intérieur de la bande de fréquences de 50 MHz à 3,5 GHz. Les prises de mesures ont été faites en utilisant le mode omnidirectionnel et ont été renouvelées pendant les tests. L'appareil a été également utilisé pour déterminer l'exposition des sujets aux tests pendant la provocation avec un téléphone sans fil numérique. Ce **téléphone sans fil** émet des rayonnements hyperfréquences quand la station de base est branchée sur une prise électrique. Cela se produit même quand le téléphone n'est pas en communication.

Pour exposer les sujets aux rayonnements micro-ondes, nous avons utilisé la station de base d'un téléphone AT&T 2,4 GHz (pulsé numériquement à 100 Hz)¹⁸. L'émission des MO à différentes distances depuis le devant de la station de base est donnée en Fig. 1.

Sélection des sujets

Les sujets ont été **recrutés** oralement, en se fondant sur leur disponibilité pendant une période de tests brève. Des 27 personnes qui s'étaient portées volontaires pour les tests, deux furent exclues, l'une en raison de l'âge (inférieur à 16 ans), l'autre à cause d'une mauvaise condition cardiaque.

Il a été demandé aux sujets de remplir un **questionnaire** de santé et d'EHS. Ce questionnaire portait sur l'âge, la taille, le poids, le groupe sanguin, l'heure du dernier repas et la profession (dans le cas d'une exposition professionnelle à des champs/rayonnements électromagnétiques).

Tableau 1 : Mesures de l'environnement électromagnétique des deux lieux de tests

Table 1 - Measurements of the electromagnetic environment at each testing location

Location	Date	Magnetic Field 30 - 1000 Hz mG	Power Quality 4 - 150 kHz GS units	Radio Frequency Radiation 50 MHz - 3.5 GHz microW/cm ²
Colorado				
Golden	10/16/08	3 - 15	140	0.8
Boulder	10/20/08	0.4	37	<0.01
Boulder	10/21/08	0.4	80	<0.01

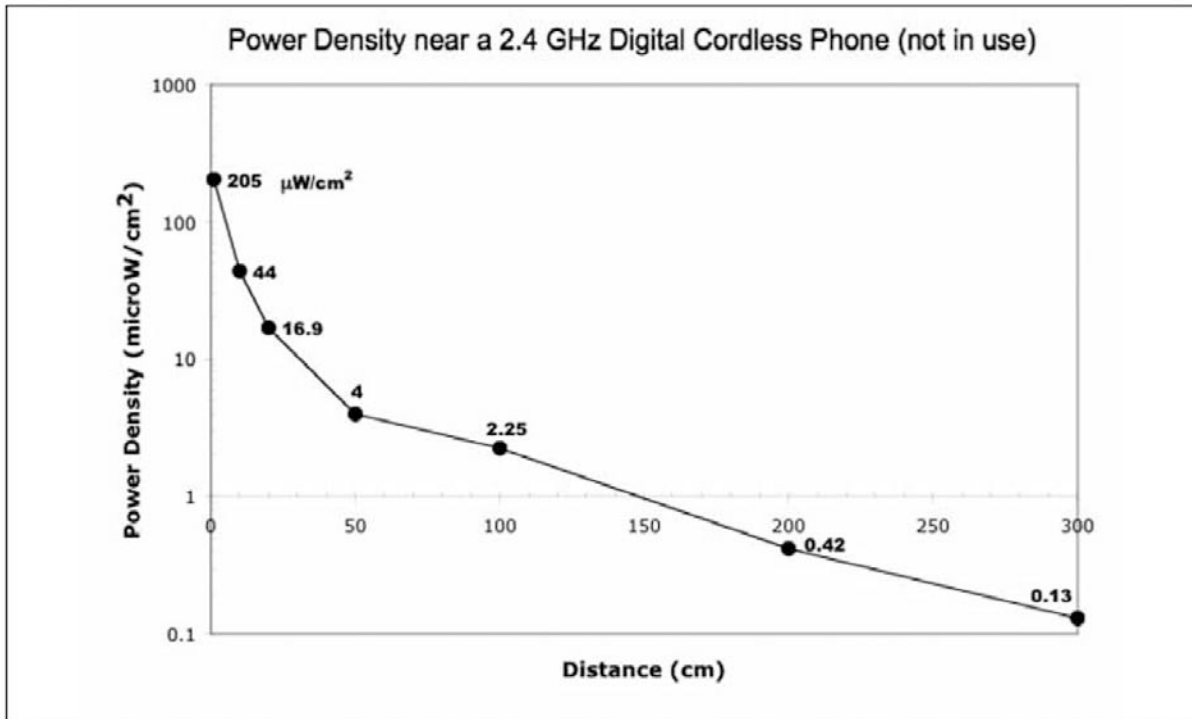


Fig 1 : Taux de rayonnements à proximité d'un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz AT&T, quand la station de base du téléphone est branchée sur une prise électrique et que le téléphone n'est pas en communication

Nous avons mesuré le rythme cardiaque au repos ainsi que la pression sanguine, en utilisant un enregistreur de pression sanguine numérique Life Source UA-767 Plus ; le pH salivaire, au moyen de bandes de test pour les ions pH destinées à l'urine et à la salive (pH compris 4,5 – 9,0) ; ainsi que le taux de sucre dans le sang, au moyen d'un ACCU-CHEK Compact Plus.

Pour essayer de répondre à la question : « Existe-t-il un test simple permettant d'établir un lien entre l'EHS et l'environnement électrique du corps humain ? », nous avons mesuré la réponse galvanique de la peau (RGP), le voltage corporel et les champs électrique et magnétique de hautes et basses fréquences propres à chaque sujet.

La réponse galvanique de la peau de poignet à poignet a été mesurée comme un indicateur de stress, en utilisant un voltmètre Nexxtech (Cat. No. 2200810), réglé à 20 Volts DC et fixé à l'intérieur du poignet au moyen de Medi Trace 535 ECG Conductive Adhesive Electrodes Foam, utilisé pour le contrôle de l'électrocardiogramme (ECG). Le « voltage corporel » doublé en capacité a été mesuré au moyen d'un MSI Multimeter branché sur un adaptateur de voltage corporel BV-1. Le pouce du sujet a été placé sur un connecteur et l'autre connecteur a été branché dans le sol électrique, qui servait d'électrode de référence. Les champs électrique et magnétique de hautes fréquences (HF) et basses fréquences (BF) ont été mesurés au moyen d'un Multidetektor II Profi Meter placé à 30 cm environ du corps, sujet assis.

Tests de la VRC

Nous avons procédé à deux types de tests de la VRC. Le premier est un test *orthostatique* et le second est un *contrôle continu* de la variabilité du rythme cardiaque, avec ou sans provocation (exposition à des fréquences MO à partir d'un téléphone sans fil numérique). Le logiciel NervExpress a été utilisé pour les tests de VRC²⁵. NervExpress, qui a reçu l'agrément de la CE et des EU, est un appareil médical de Classe Deux, aussi bien au Canada que dans l'Union Européenne. Une ceinture à électrode munie d'un transmetteur a été fixée, près du cœur, sur la poitrine de la personne testée, contre la peau. Un câble de VRC comportant un récepteur a été clippé aux vêtements, près du transmetteur, et relié au port COM de l'ordinateur, pour la transmission sonore câblée (soit en filaire). Ce dispositif a permis un contrôle en continu des intervalles entre les battements du cœur (intervalles R-R).

[intervalles R-R : Les lettres P, Q, R, S, T correspondent chacune à une étape du rythme cardiaque. Le logiciel utilisé mesure l'intervalle de temps R-R entre deux vagues R des battements cardiaques.]

Lors du test *orthostatique*, le sujet, qui était allongé sur le dos, restait dans cette position pendant 192 intervalles R-R ou battements du cœur (environ 3 minutes) ; au bout de ce laps de temps, un signal sonore (*beep*) émis par l'ordinateur signalait que la personne devait se lever et rester debout jusqu'à la fin du test, qui durait 448 intervalles (soit environ 7 minutes en fonction du rythme cardiaque).

Lors du test de *provocation*, le sujet restait en position allongée toute la durée du test. Une station de base d'un téléphone sans fil numérique, située à environ 30-50 cm de la tête du sujet, était alors connectée par une rallonge électrique qui était, de manière aléatoire, soit activée (exposition réelle), soit désactivée (exposition simulée). À tout instant, le sujet se trouvait dans l'impossibilité de savoir si le téléphone sans fil était activé ou désactivé. Le contrôle en temps réel procédait à un enregistrement continu de l'intervalle entre deux battements de cœur consécutifs. Les données étaient analysées par périodes de temps correspondant à 192 intervalles R-R (battements cardiaques).

Les expositions simulées correspondent soit à une exposition avant-MO, soit à une exposition après-MO, dans le but de distinguer les deux types d'exposition. Étant donné que le type d'exposition était décidé de manière aléatoire, il manque, dans certains cas, soit le test avant-MO, soit le test après-MO. Les sujets qui ont réagi immédiatement au téléphone sans fil ont été testés une nouvelle fois au moyen d'expositions réelles ou simulées supplémentaires. Quand un sujet avait été exposé plusieurs fois, seule la première exposition a été retenue pour l'étude comparative. Le test de provocation durait de neuf à trente minutes par sujet.

Après le test initial, des traitements (respiration profonde, acupuncture laser, Clean Sweep) étaient proposés à certains patients pour soulager leurs symptômes ; toutefois, les résultats de ces soins ne sont pas rapportés ici.

Interprétation des résultats de la VRC

Les résultats des tests orthostatiques et des tests de provocation ont été transmis à l'un des auteurs de l'article (JM) pour interprétation. À titre d'exemple, nous avons fourni le type d'information transmise dans la Fig. 2 (tests orthostatiques) et la Fig. 3 (tests de provocation). Aucun renseignement n'était donné quant à l'auto-évaluation du sujet sur son éventuelle EHS, et l'information relative à l'exposition était cachée. JM ne procédait pas à l'examen des résultats de provocation tant qu'il n'avait pas examiné de très près les résultats orthostatiques. À cette première étape de l'interprétation, nous n'avons pas essayé d'établir des corrélations entre les deux types de résultats.

Prévision des réponses et de l'état de santé à partir du test orthostatique

Pour interpréter le test orthostatique, JM a élaboré un classement des sujets selon leur tonus cardiovasculaire (TCV) ; ce classement, fondé sur la pression artérielle et le rythme cardiaque (somme des pressions artérielles systolique et diastolique, multipliée par le rythme cardiaque), permet de déterminer si le système cardiovasculaire est hypotonique (< 12 500) ou hypertonique (> 16 500). Nous avons défini les cinq classes suivantes : Classe 1 : < 12 500, hypotonique ; Classe 2 : 12 500 – 14 000 ; Classe 3 : 14 000 – 15 500 ; Classe 4 : 15 500 – 16 500 ; Classe 5 : > 16 500, hypertonique.

La Capacité Non-Adaptative (CNA) a été répartie en 5 classes, la Classe 1 correspondant à une capacité hautement adaptative et la Classe 5 à une capacité hautement non-adaptative. Cette répartition est fondée, d'une part, sur des systèmes nerveux sympathique (SNS) et parasympathique (SNPS) équilibrés (soit une réponse orthostatique moyenne correspondant au point central du graphique +/- un écart-type) ; d'autre part, sur le score obtenu par un sujet en

parfaite santé. Plus la valeur obtenue est proche de la valeur normale du système

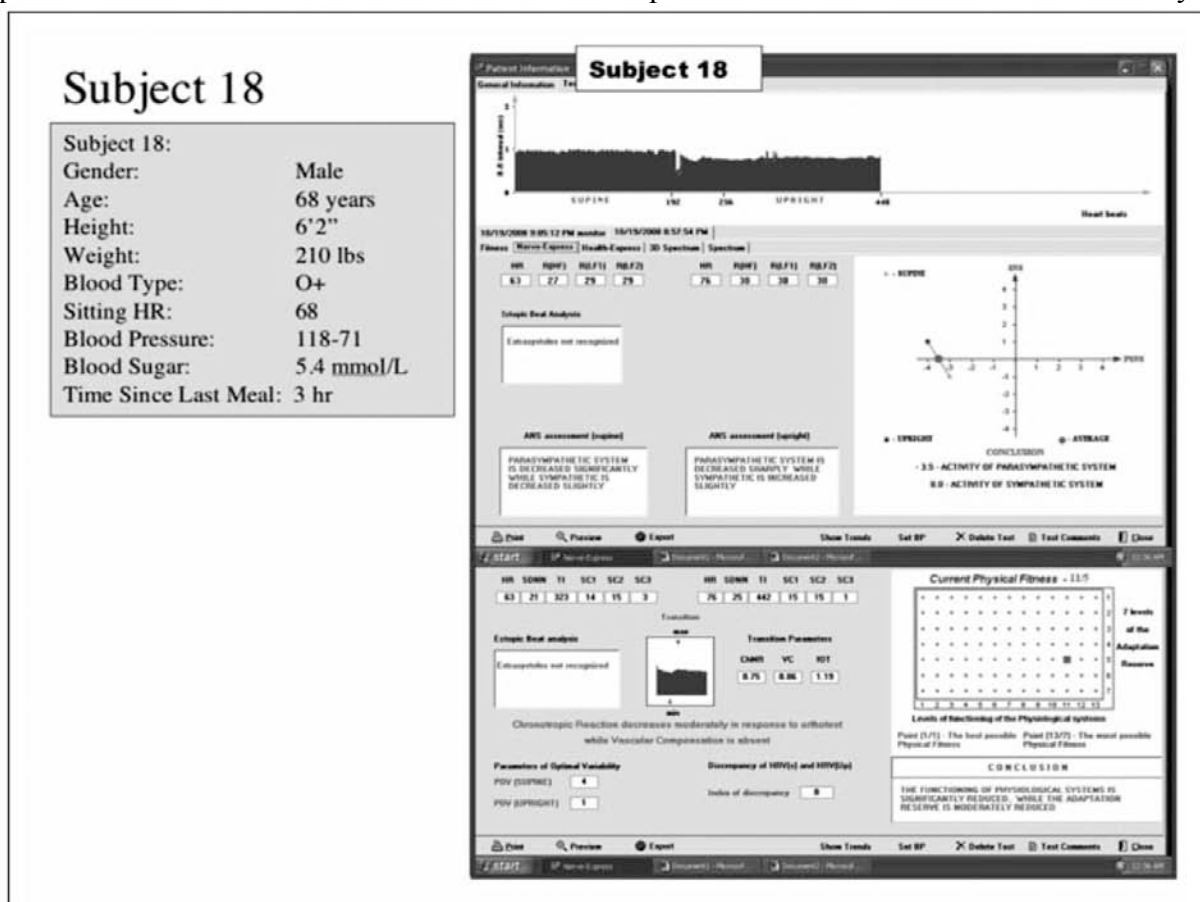


Fig. 2 : Résultats du test VRC orthostatique pendant l'expérience en aveugle (Sujet 18)

neurovégétatif (SNV), chez un sujet donné, moins ce sujet est susceptible de réagir, étant donné que sa capacité d'adaptation est élevée. On désigne par « normal » l'équilibre SNS/ SNPS et le déplacement adéquat du point du graphique sous le stress, dans le cas où la personne se lève. Le sens du déplacement est montré sur le graphique NervExpress (Fig. 2). Le déplacement correct correspondrait à une augmentation d'un écart-type soit vers le haut (accroissement faible du SNS ou bien à une absence de variation du SNPS) ; soit vers le haut à gauche d'un écart-type chacun (accroissement faible du SNS et diminution faible du SNPS) ; soit vers la gauche (aucun modification du SNS et diminution légère du SNPS). Pour les cas où le déplacement est plus important vers la gauche (baisse plus importante du SNPS), ou plus important vers le haut à gauche (augmentation plus importante du SNS associée à une baisse plus importante du SNPS), moins les patients sont susceptibles de s'adapter et plus ils sont susceptibles de réagir. De la même manière, si le score de bonne santé est élevé ou correct, l'individu est *a priori* capable de résister aux agressions. Un score de santé physique correct se situe entre 1:1 et 10:6. Le premier nombre renvoie au fonctionnement du système physiologique et le second, à la capacité d'adaptation. Plus les nombres sont faibles, plus le niveau de santé est élevé dans chaque catégorie. Notez que, s'il arrivait à un sujet doté d'une santé bonne ou correcte de réagir au stress MO, sa réaction serait à la fois rapide et forte.

La Probabilité de Réaction (PDR) a été répartie en 5 classes : la Classe 1 indique une probabilité de réaction à un stress de toute sorte faible et la Classe 5, une PDR élevée. Les critères sont comparables à ceux de la CNA. Toutefois, on a accordé plus d'importance à la valeur de l'Indice de Réaction du Myocardial Chronotropique (RMCh) et à l'état dysautonomique (la moyenne du test orthostatique est au moins de 2 écart-types plus élevée ou au moins d'un écart-type vers le haut et vers la droite) du sujet, au moyen duquel les individus dotés d'un SNV à risque ou d'un mauvais classement RMCh (en dehors de l'intervalle 0,53 – 0,69) seraient davantage susceptibles de réagir et *vice et versa*.

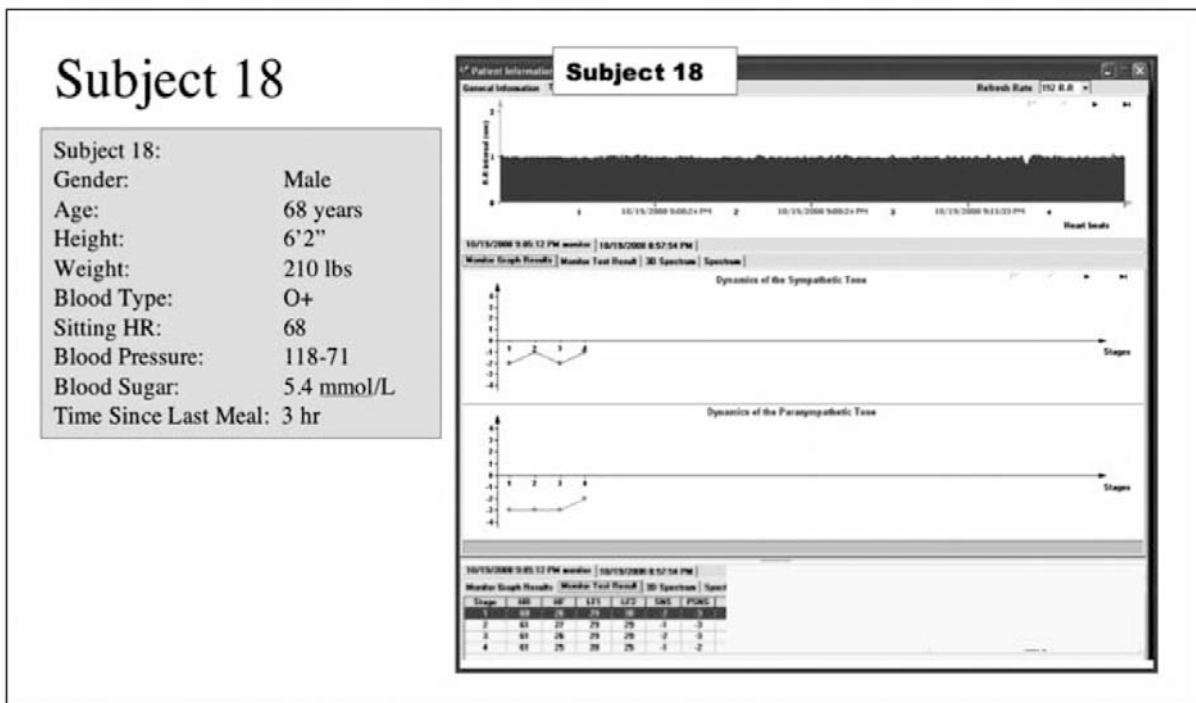


Fig. 3 : Contrôle en continu de la VRC lors d'un rayonnement MO, réel ou simulé, à partir d'un téléphone sans fil numérique : les résultats fournis sont ceux du sujet 18 (étude en aveugle)

Un sujet réactif (mais potentiellement sans réponse) est un individu doté d'une énergie basse, d'une réponse orthostatique moyenne située dans la partie inférieure gauche du graphique et d'un score de santé physique qui se situe entre 10:6 et 13:7. Le sujet de la Fig. 2 est un cas limite de réactif non répondant. Notez que cela n'implique pas forcément que cette personne est hypersensible ; mais seulement qu'elle n'a probablement pas suffisamment d'énergie pour développer une réaction, même dans le cas où elle est EHS.

JM a également fourni des commentaires concernant l'état de santé du sujet fondé sur : rythmogramme, détermination du système nerveux autonome (modification du SNS et du SNPS), Score de Santé, Réaction de Compensation Vasculaire (CV), IRMCh, Réponse de Compensation (RC), Taux de l'OrhoTest (TOT), Paramètres de la Variabilité Optimale (PVO), Indice de Divergence (ID) et Indice de Tension (IT). L'interprétation des paramètres de la VRC dépend dans une certaine mesure de l'intégration de toutes les données fournies comme un tout, les valeurs étant données sur une figure représentant le SNV total. Les personnes douées dans l'art et la science de l'analyse de la VRC devraient rejoindre l'interprétation des données que nous présentons ici²⁶.

Analyse à l'aveugle des résultats de provocation

Les données à l'aveugle pour le contrôle en continu de la VRC, avec des expositions réelles et des expositions simulées, ont été transmises à JM pour analyse (Fig. 3). JM s'est employé à identifier la plage d'exposition, plage durant laquelle le sujet a réagi ; il a ensuite classé les probabilités de symptômes (5 classes) et leur intensité (non réactif, modéré, moyen, intense). Les évaluations sont données en Appendice A.

Questionnaire de Santé et d'EHS

Avant de subir les tests, chaque sujet était invité à remplir un questionnaire de santé et d'EHS. Élaboré sur surveymonkey (www.surveymonkey.com), ce questionnaire a été présenté sur papier. Les réponses au questionnaire ont été analysées séparément, sans les données de la VRC.

Résultats

Environnement électromagnétique de fond

Les deux environnements dans lesquels les tests ont été menés présentaient des niveaux de CEM et de rayonnements électromagnétiques différents. Le site de Golden présentait des champs magnétiques élevés (3-15 mG), des niveaux élevés d'électricité malsaine (*dirty electricity*) (140 unités GS), malgré la présence de filtres GS, ainsi que des niveaux élevés d'hyperfréquences HF ($0,8 \text{ microW/cm}^2 = 1,74 \text{ V/m}$) provenant de transmetteurs de 27 TV sur la montagne Lookout, située à moins de 4 km. Malgré la présence de films de réflexion HF sur les fenêtres, les niveaux HF à l'intérieur étaient élevés. L'environnement de Boulder était relativement vierge et était sensiblement différent pour ce qui est de la qualité de la puissance durant les deux jours de tests (Tableau 1).

Le téléphone sans fil qui a été utilisé pour la provocation produisait des rayonnements qui étaient d'une valeur maximale à la tête du sujet (de 3 à 5 $\text{microW/cm}^2 =$ de 3,36 à 4,34 V/m) et d'une valeur minimale aux pieds du sujet (de 0,2 à 0,8 $\text{microW/cm}^2 =$ de 0,87 à 1,74 V/m), ceci en fonction de la taille du sujet et de l'environnement. Le téléphone sans fil n'altérait pas la qualité de puissance du champ électromagnétique.

Participants

Au total, 25 sujets, âgés de 37 à 79 ans, ont participé à cette étude pilote ; une grande part (40%) avait la cinquantaine (Tableau 2). Quatre-vingts pour cent étaient des femmes. La moitié environ des participants avaient un indice de masse corporelle normale et l'autre moitié était soit en surcharge pondérale (28%), soit obèse (16%)²⁸. La moyenne du rythme cardiaque pour les participants était de 70 (battements par minute) et allait de 53 à 81. La pression artérielle tombait dans des valeurs normales pour 40% des participants et, pour 16% des sujets, elle tombait dans la plage n° 1 correspondant à la pression élevée²⁹. Aucun des sujets ne portait de pacemaker, prérequis pour participer à l'étude. Quarante pour cent des sujets portaient des amalgames dentaires au mercure et 28% avaient des métaux (prothèses articulées, appareils orthopédiques...) dans le corps. Il est significatif que les implants dentaires et les amalgames au mercure peuvent avoir des liens avec l'EHS³⁰.

Questionnaire

Auto-détermination de l'électrosensibilité

Un tiers des participants ne savaient pas s'ils étaient EHS ou non, 40% pensaient qu'ils étaient de modérément à extrêmement EHS, 16% affirmaient qu'ils avaient une petite sensibilité et 8% qu'ils n'étaient pas sensibles du tout. L'EHS était légèrement handicapante pour 24% et modérément handicapante pour 20% des participants (Fig. 4).

Le temps de réaction avant l'apparition des symptômes, après exposition, allait de la réaction instantanée (12%) à la réaction dans les deux heures (4%), en sachant qu'elle était inférieure à 10 minutes pour la plupart des sujets qui pensaient réagir (28%) (Fig. 5). Le temps de récupération allait d'une récupération instantanée à une durée d'une journée, en sachant que seulement 4% des sujets déclaraient récupérer immédiatement. Un certain nombre de participants ont noté que les vitesses de réaction et de récupération étaient dépendantes de l'intensité de l'exposition et de leur état de santé. Plus l'exposition était forte, plus leur réaction était rapide et plus leur récupération était lente. Il se pourrait que ces résultats aient un rapport avec l'étude de provocation, étant donné que les tests que nous pratiquons concernent une réponse immédiate réaction/récupération (~ 3 minutes) à une exposition d'intensité modérée (de 3 à 5 $\text{microW/cm}^2 =$ de 3,36 à 4,34 V/m) et que le pourcentage de sujets qui déclarent répondre rapidement est faible dans ce groupe.

Tableau 2 : Informations concernant les participants

Table 2 - Information about participants		#	%
Gender	Male	5	20%
	Female	20	80%
Age	Mean and Range	60 years	37-79 years
Age Class	20s	1	4%
	30s	1	4%
	40s	2	8%
	50s	10	40%
	60s	5	20%
	70s	7	28%
BMI ^a	obese	4	16%
	overweight	7	28%
	normal	13	52%
	underweight	1	4%
Resting Heart Rate	Mean and Range	70 bpm	53-81 bpm
Blood Pressure ^b	Normal	10	40%
	Pre-hypertension	11	44%
	High Blood Pressure	4	16%
Metal in Body	Pace maker	0	0%
	Mercury fillings	10	40%
	Other metal	7	28%

^aBMI = Body Mass Index based on height and weight²⁸

^bBlood Pressure (BP) according to National Heart Lung and Blood Institute (nd)²⁹

Symptômes

L'exposition à l'électrosmog provoquait, chez ce groupe de participants, les symptômes les plus courants suivants : altération de la mémoire immédiate, difficulté de concentration, problèmes d'yeux, troubles du sommeil, sensation de malaise, maux de tête, vertiges, acouphène, fatigue chronique et palpitations cardiaques (Fig. 6 / haut du graphique). Parmi ces symptômes couramment associés à l'EHS, les palpitations cardiaques (10^{ème}), le battement cardiaque rapide (18^{ème}), l'arythmie (21^{ème}) et le ralentissement des battements cardiaques (23^{ème}) sont les seuls que nous ayons été à même d'identifier au moyen du test VRC. Pour la plupart des participants qui déclarent réagir, les réactions sont de faibles à modérées.

Tous les symptômes, à l'exception de l'hypertension artérielle, de l'arythmie et du ralentissement du rythme cardiaque, ont été testés plusieurs fois par jour (*daily*) ou plusieurs fois par semaine (*weekly*) chez un participant au moins. La gravité des symptômes et leur fréquence sont représentés de la même manière (Fig. 6 / haut et bas du graphique). Quelques symptômes (sensation de malaise, douleurs, fatigue chronique, gaz/ballonement, problème de peau) ont été testés plusieurs fois par mois (*monthly*) et peuvent être attribués à la pré-ménopause ou péri-ménopause chez des femmes (16 femmes).

Un pourcentage important de participants avaient des allergies alimentaires (64%), des allergies aux moisissures/pollen/poussières (48%), des allergies aux animaux domestiques (20%) et étaient chimico-sensibles (36%) (Fig. 7).

Certains avaient également des problèmes de santé/médicaux antérieurs. Les cinq principaux problèmes étaient : anxiété (28%), hypothyroïdie (28%), dysfonctionnement auto-immunitaire (20%), dépression (16%), hypertension artérielle (16%). Notons que ces troubles relevaient davantage de l'autodiagnostic que d'un diagnostic médical.

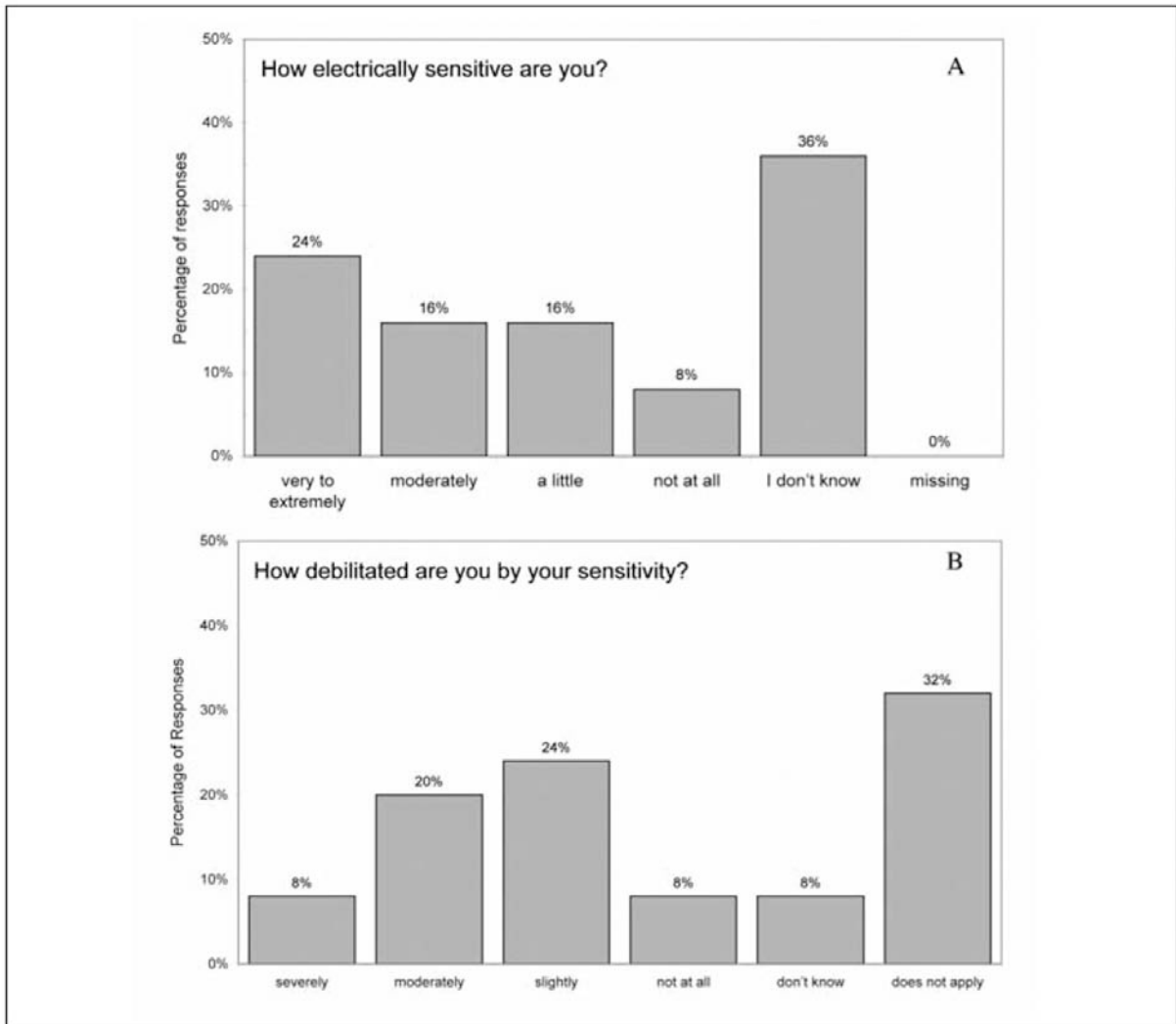


Fig. 4 : Auto-évaluation des participants sur leur EHS (n = 25)

Appareils provoquant ou associés à des symptômes révélant une altération de la santé

Parmi les appareils provoquant une altération de la santé, on trouve en premier lieu les lumières des tubes fluorescents, avec plus de 40% des participants réagissant *souvent* ou *toujours* (Fig. 9). Les quatre suivants de la liste (antennes, téléphones portables, WIFI, téléphones sans fil) émettent tous les rayonnements MO. Selon la figure, 16% des sujets réagissent aux téléphones sans fil *souvent* ou *toujours* ; leurs réactions comprennent maux de tête, vertiges, dépression, symptômes qu'il est impossible de contrôler en même temps que la VRC.

Cinquante-deux pour cent des sujets affirmaient que leur sensibilité était handicapante, légèrement 24%, modérément 20% et gravement 8%. Quelques-uns éprouvaient de la difficulté à faire leurs courses, ce qui s'explique par la présence des éclairages dans les magasins. D'autres avaient des difficultés pour prendre l'avion ou pour voyager en voiture, peut-être en raison de l'exposition aux MO sur les autoroutes ou dans les avions. Un petit nombre de sujets est dans l'incapacité de se servir d'un téléphone portable ou d'un ordinateur, ou bien de regarder la télévision. Certains ne peuvent pas porter de bijoux parce que ceux-ci provoquent une irritation de la peau, ni de montres parce qu'elles fonctionnent mal sur eux (Fig. 7).

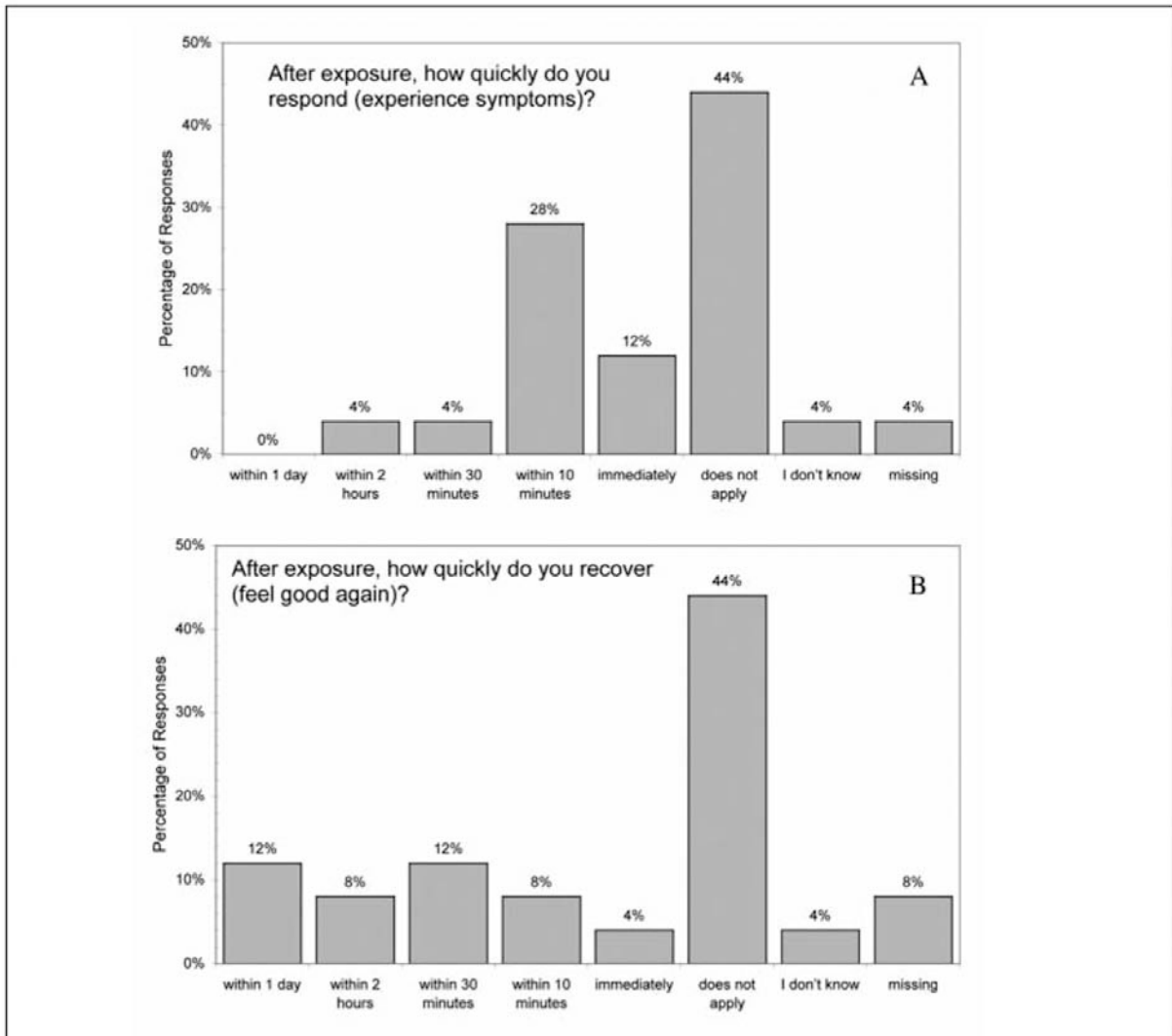


Fig. 5 : Temps de réaction au stress électromagnétique et temps de récupération (auto-évaluation des participants)

A. Au bout de combien de temps réagissez-vous à une exposition ?

B. Au bout de combien de temps récupérez-vous (i. e. vous sentez-vous mieux) après une exposition ?

L'EHS et le CEM de la personne

Étant donné qu'elle était mesurée par une différence de potentiel entre le sujet et le sol électrique, la tension corporelle variait d'un site à l'autre. À Golden, les sujets obtenaient des valeurs beaucoup plus élevées qu'à Boulder. C'était aussi le cas pour les champs électriques de hautes et basses fréquences et pour les champs magnétiques HF et BF (Tableau 3). La réaction galvanique de la peau avant les tests était très variable d'un sujet à l'autre et était sans rapport avec la sensibilité personnelle ou l'environnement. Il n'y avait aucune relation entre les mesures de CEM (tension corporelle, réaction galvanique de la peau, champ électrique ou champ magnétique) qui ont été réalisées avant les tests et l'EHS des sujets testés. Dans une étude ultérieure, il serait utile de contrôler le CEM de chaque personne avant, pendant et après l'exposition.

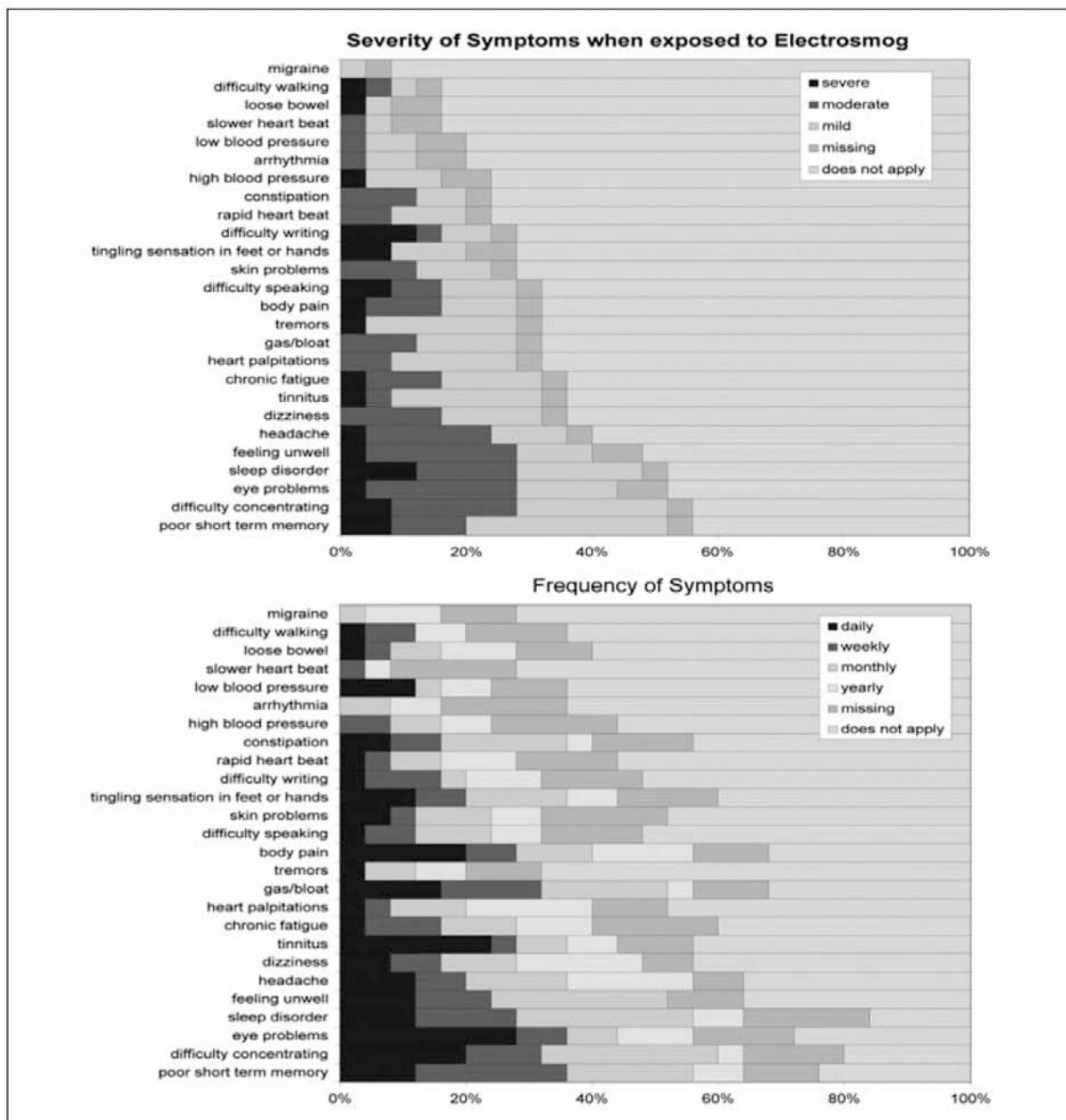


Fig. 6 : Gravité et fréquence des symptômes associés à une exposition à l'électrosmog (n = 25)

Détermination à l'aveugle des réponses : VRC orthostatique et VRC de provocation

La VRC orthostatique nous a donné des renseignements sur l'état du SNV et sur le score de santé caractérisant l'individu avant exposition : ceci est important pour prévoir l'intensité de la réaction à l'exposition.

Une récapitulation de la VRC orthostatique (analyse en aveugle) avec l'autodétermination et la VRC de provocation (en aveugle et pas en aveugle) est fournie pour tous les sujets en Appendice A. Pour les sujets qui ont une réponse modérée ou intense, les prévisions à l'aveugle montrent une bonne adéquation pour la plage d'exposition et pour l'intensité.

Si l'on se fonde sur le test orthostatique, les individus qui sont dotés d'une capacité d'adaptation élevée avaient une probabilité plus faible de réagir au stress ; mais, dans le cas où ils réagissaient, leur réaction était de faible à forte. Inversement, ceux qui sont dotés d'une capacité d'adaptation faible avaient une probabilité de réaction plus élevée ; mais ils n'avaient pas toujours suffisamment d'énergie pour réagir et, partant, leur réaction était faible.

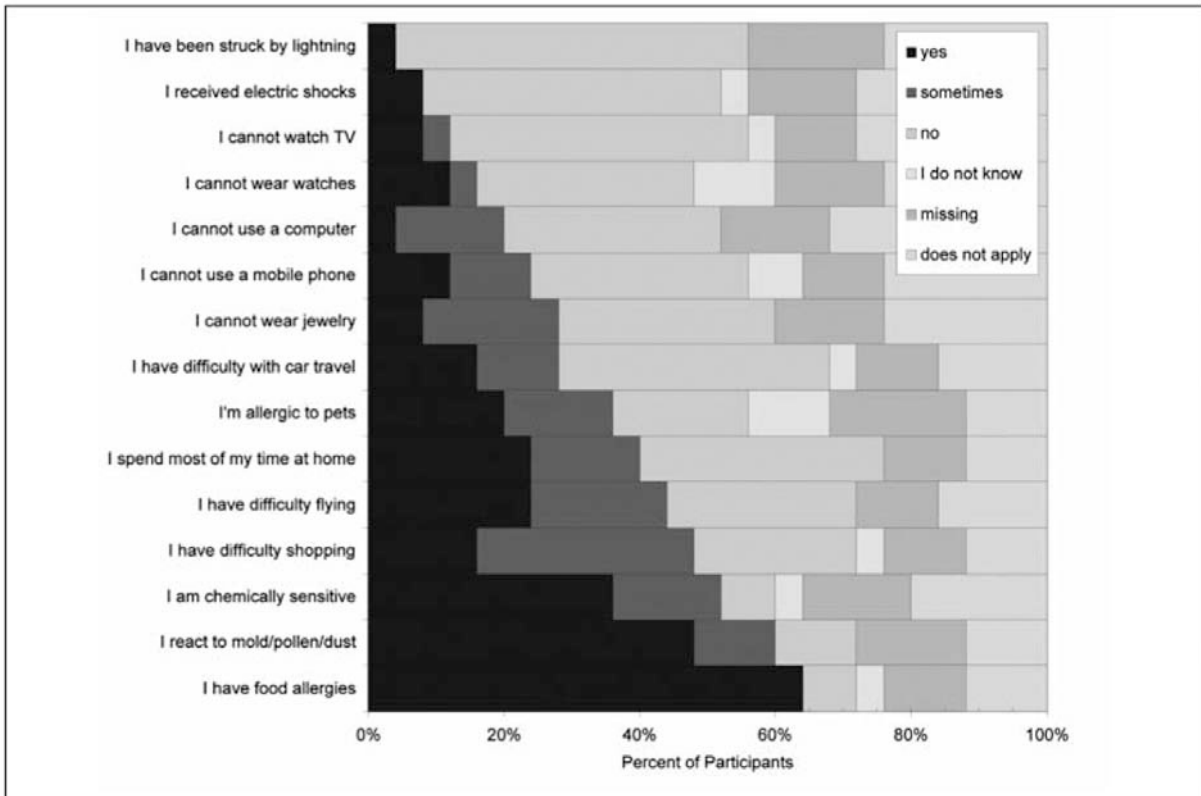


Fig. 7 : Réponses à des questions spécifiques qui peuvent contribuer ou être associées à l'électrosensibilité électromagnétique (n = 25)

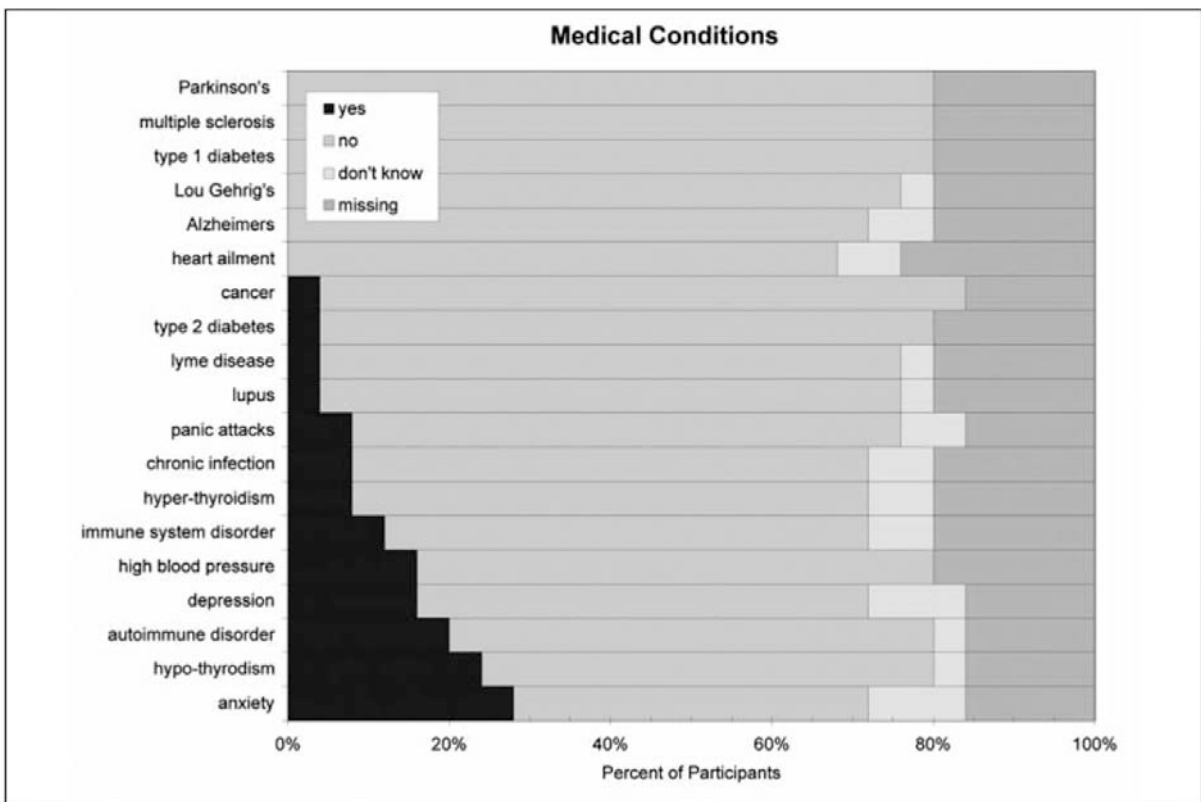


Fig. 8 : État de santé / problèmes médicaux des participants (n = 25)

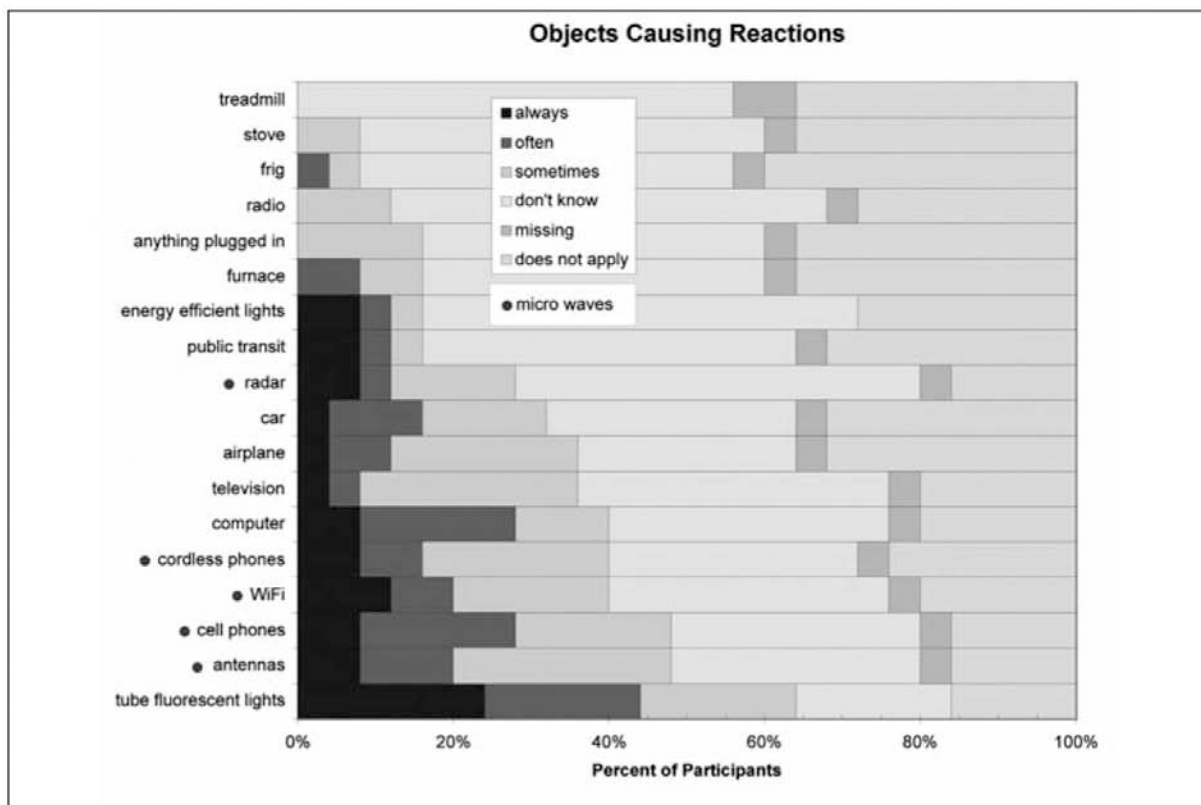


Fig. 9 : Appareils occasionnant des symptômes négatifs. Les appareils dont le nom est précédé d'un point noir génèrent des fréquences MO (n = 25)

Tableau 3 : Environnement électromagnétique personnel des sujets testés, comprenant la réponse galvanique de la peau (RGP/GSR), le voltage corporel, les champs électrique (*E-field*) et magnétique (*M-field*) qui concernent à la fois les hautes (HF/HF) et les basses fréquences (BF/LF) [* P < 0,05]

Table 3 - Personal electromagnetic environment (mean \pm standard deviation) of subjects tested including galvanic skin response (GSR), body voltage, electric (E-field) and magnetic fields (M-field) at both high and low frequency (HF and LF) [* P \leq 0.05].

Location	Date	GSR	Body	E-field	E-field	M-field	M-field
		mV	Voltage mV	HF mV	LF mV	HF mG	LF mG
Golden	10/16/08	3.5 \pm 1.8	3.4 \pm 0.5*	88 \pm 85*	333 \pm 71*	4.6 \pm 5.7*	17 \pm 14*
Boulder	10/20/08	3.2 \pm 2.5	0.5 \pm 0.5	13 \pm 33	63 \pm 94	0.2 \pm 0.6	2.7 \pm 0.7*
Boulder	10/21/08	4.1 \pm 1.3	0.2 \pm 0.1	2 \pm 0.8	57 \pm 50	0.1 \pm 0.4	1.7 \pm 0.6*

La VRC de provocation

La plupart des sujets (15/25, 60%) ne répondaient pas d'une manière mesurable aux rayonnements MO générés par le téléphone sans fil quand il était branché à une prise électrique. Le rythmogramme était inchangé et le rythme cardiaque, comme le tonus parasympathique et sympathique restaient constants (Fig. 3, 10, 12).

Toutefois, 10 sujets (40%) répondaient bel et bien à la stimulation MO. La Fig. 13 montre la réponse pour six d'entre eux. La réponse, comme la récupération, était immédiate. La provocation par MO diffère notablement de l'exposition simulée. Le rythme cardiaque augmente de manière significative pour quatre sujets, provoquant une tachycardie pour trois d'entre eux. Le rythme cardiaque du sujet 25 passe de 61 battements par minute (bpm) à 154 bpm (avec une provocation réelle) et redescend à 64 bpm (avec une provocation simulée) (Fig. 11). L'augmentation du rythme cardiaque, pendant l'exposition au téléphone sans fil, s'accompagnait d'une augmentation du SNS et d'une baisse du SNPS pour quatre sujets du Tableau 4 (Fig. 13). La réponse d'un sujet (n° 27)

fut paradoxale dans le mesure où le rythme

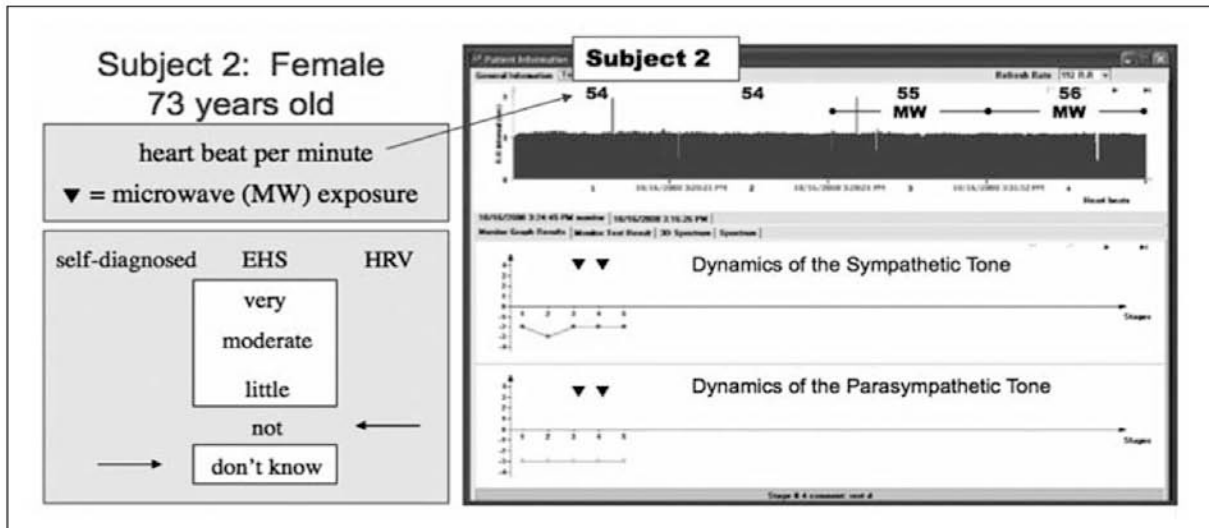


Fig. 10 : Contrôle en continu de la VRC pendant la phase de provocation (Sujet non réactif)

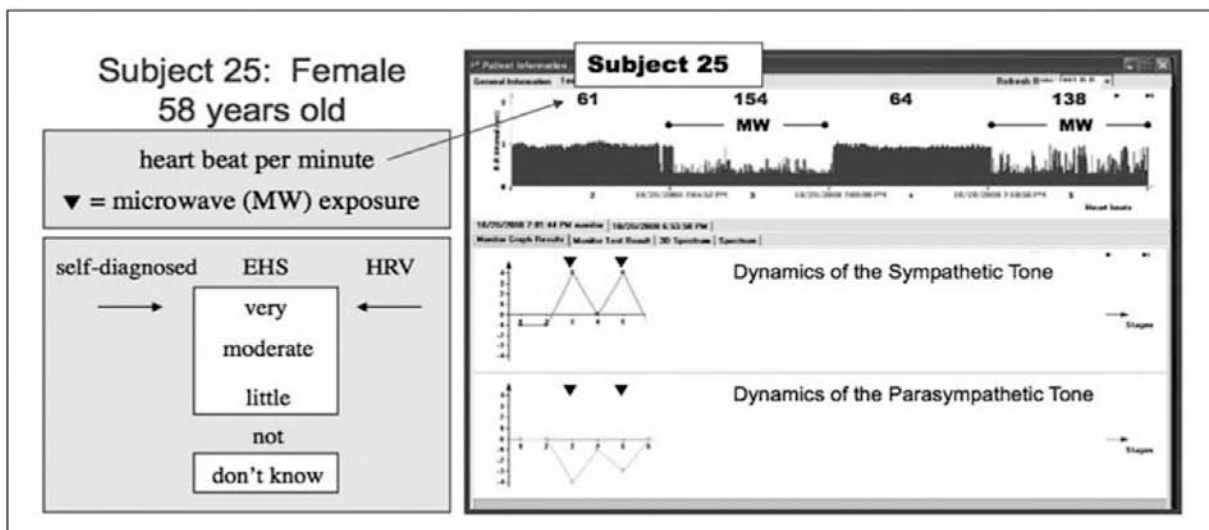


Fig. 11 : Contrôle en continu de la VRC pendant la phase de provocation (Sujet qui a réagi aux rayonnements MO émis par un téléphone sans fil numérique à 2,4 GHz)

cardiaque est passé de 72 à 82 bpm, laps de temps pendant lequel le tonus parasympathique a augmenté tandis que le tonus sympathique demeurait inchangé.

La Fig. 14 montre la répartition des réponses à la provocation d'un certain nombre de sujets non ou légèrement réactifs.

Les réponses avant et après aux MO générées par le téléphone sans fil (SNS et SNPS) différaient de manière significative pour ce groupe (Fig. 15), avec une régulation en hausse pour le SNS et une régulation en baisse pour le SNPS en cas d'exposition MO ; et, inversement, après l'exposition, ce qui suppose une phase de récupération.

Les personnes qui répondaient d'une manière forte ou modérée étaient dotées d'un rapport BF/HF beaucoup plus élevé que les personnes qui ne répondaient pas ou bien avaient une faible réaction à l'exposition MO du téléphone sans fil (Fig. 16b). Ceci indique une nouvelle fois une stimulation du SNS (BF) et une régulation à la baisse du SNPS (HF). La régulation en hausse a été plus importante pour BF2 que pour BF1 (Fig. 16a).

Si l'on se fonde sur l'auto-détermination et les résultats donnés par l'étude de provocation, on peut dire que 2 sujets (8%) sous-estimaient leur EHS et que 5 sujets (20%) sur-estimaient leur EHS à la provocation du téléphone sans fil. Toutefois, seulement 2 de ces 5 derniers affirment

ressentir des palpitations cardiaques légères et seulement un d'entre eux réagit « parfois » au téléphone sans fil.

Tableau 4 : Contrôle en temps réel du rythme cardiaque, des tonus sympathique et parasympathique, avant, pendant et après exposition à un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz / puissance 3-5 microW/cm² [= 3,36-4,34 V/m]

Table 4 - Real-time monitoring of heart rate, sympathetic and parasympathetic tone before, during, and after exposure to a 2.4 GHz digital cordless phone radiating 3-5 microW/cm²

EHS	Subject Code	EHS Ranked	Heart Rate (bpm)				Sympathetic Response				Parasympathetic Response			
			bgrnd	pre	MW	post	bgrnd	pre	MW	post	bgrnd	pre	MW	post
Intense	25	1	61	61	154	64	-1	-1	4	0	0	0	-4	-1
	17	2	66	68	122	66	0	0	4	0	0	-2	-3	0
	26	3	59	61	106	61	-1	-1	3	0	1	2	-3	1
	27	4	72	nd	82	69	0	nd	0	0	-3	nd	2	-2
Moderate	5	5	66	66	66	65	1	1	3	0	-1	-1	-3	-1
	9	6	77	75	75	73	1	1	0	1	-2	0	-3	-1
	3	7	48	50	53	nd	2	-2	0	nd	2	0	0	nd
	16	8	61	nd	62	63	0	nd	-2	0	-2	nd	-2	-2
	8	9	81	nd	81	80	1	nd	1	1	0	nd	-2	-1
	10	10	69	68	70	70	0	0	0	0	-2	-2	-3	-1
Mild	2	11	54	54	55	56	-2	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-3
	23	12	59	nd	58	60	-1	nd	0	-2	-2	nd	-2	-3
	12	13	71	nd	69	74	0	nd	1	0	-1	nd	-1	-1
	18	14	60	61	61	61	-2	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-2
	19	15	63	62	62	61	-1	0	-1	-1	-3	-3	-3	-2
	6	16	65	66	66	65	0	0	0	0	-3	-3	-4	-3
	4	17	61	62	61	61	-2	-1	-1	-2	-3	-2	-3	-2
	24	18	71	72	71	69	0	0	0	0	-3	-2	-1	-2
None	1	19	71	70	71	71	0	0	0	1	-3	-1	-1	-1
	11	20	57	nd	57	58	0	nd	0	0	3	nd	3	2
	21	21	78	78	78	nd	1	1	1	nd	-2	-3	-3	nd
	7	22	70	71	70	69	0	0	0	0	-3	-3	-3	-3
	14	23	69	68	67	66	0	0	0	0	-1	-2	-2	-1
	20	24	67	nd	66	66	0	nd	0	0	-1	nd	-1	-1
	13	25	80	78	76	nd	1	1	1	nd	-3	-2	-2	nd
Response			Mean Heart Rate (bpm)				Mean Sympathetic Response				Mean Parasympathetic Response			
Intense			65	63	116	65	-0.5	-0.7	2.8	0.0	-0.5	0.0	-2.0	-0.5
Moderate			67	65	68	70	0.8	0.0	0.3	0.4	-0.8	-0.8	-2.2	-1.2
Mild			63	63	63	63	-1.0	-0.8	-0.6	-1.0	-2.6	-2.7	-2.5	-2.3
None			70	73	69	66	0.3	0.4	0.3	0.2	-1.4	-2.2	-1.3	-0.8
All			66	66	74	66	-0.1	-0.3	0.4	-0.2	-1.5	-1.7	-2.0	-1.4

Note:

EHS categories described in text: bgrnd = background; pre=sham exposure before real exposure; MW=microwave exposure; post=sham exposure after real exposure; nd=no data

Changes in Heart Rate (HR), Sympathetic (SNS) and Parasympathetic (PSNS) Tone

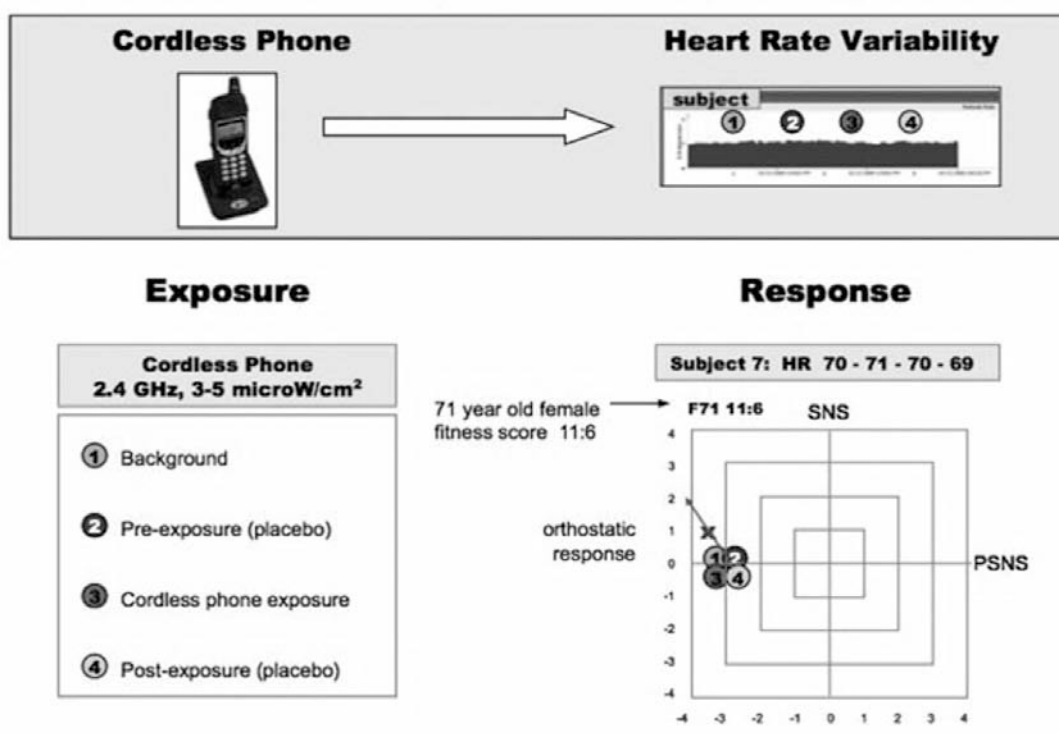


Fig. 12 : Sujet 7 : Aucune modification du rythme cardiaque ni des tonus sympathique et parasympathique, avant, pendant et après exposition à un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz / puissance 3-5 microW/cm² [= 3,36-4,34 V/m]

Discussion

Le résultat le plus étonnant de cette étude est le suivant : un petit groupe de sujets répondaient de façon instantanée et spectaculaire à une exposition MO générée par un téléphone sans fil numérique DECT à l'occasion d'une exposition en aveugle. Le rythme cardiaque (RC) a augmenté de façon significative pour 4 sujets (16%) (de 10 à 93 battements par minute) et l'équilibre sympathique/parasympathique a subi une modification pour 6 sujets supplémentaires (24%) alors qu'ils étaient en position allongée. C'est la première étude qui confirme l'hypothèse selon laquelle une modification aussi spectaculaire survient instantanément et dure aussi longtemps que le sujet est exposé. Ce résultat est en totale contradiction avec les études de provocation menées par Levallois⁵, Rubin et al.¹⁴, et Bergerqvist et al.³¹ Les auteurs de ces études ont généralement conclu qu'il était impossible d'établir une relation entre des champs de basses et hautes fréquences et l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou bien des symptômes apparaissant habituellement chez les individus touchés par l'EHS. Qui plus est, certaines études ne faisaient état d'aucune conséquence des téléphones portables (conditions d'exposition variables) sur les paramètres VRC humains³²⁻³⁹.

Les résultats auxquels nous avons abouti montrent clairement une relation de cause à effet entre une exposition à des MO pulsées de 100 Hz et des modifications du SNV, ce qui est un phénomène physiologique plutôt que psychologique : ceci peut expliquer au moins certains symptômes ressentis par les personnes sensibles aux fréquences électromagnétiques. Le dysfonctionnement du SNV peut provoquer des irrégularités cardiaques (arythmie, palpitations, pouls faible), altération de la pression artérielle, vertiges, nausées, fatigue, troubles du sommeil, transpiration abondante et périodes de faiblesse, qui correspondent à certains symptômes de l'EHS.

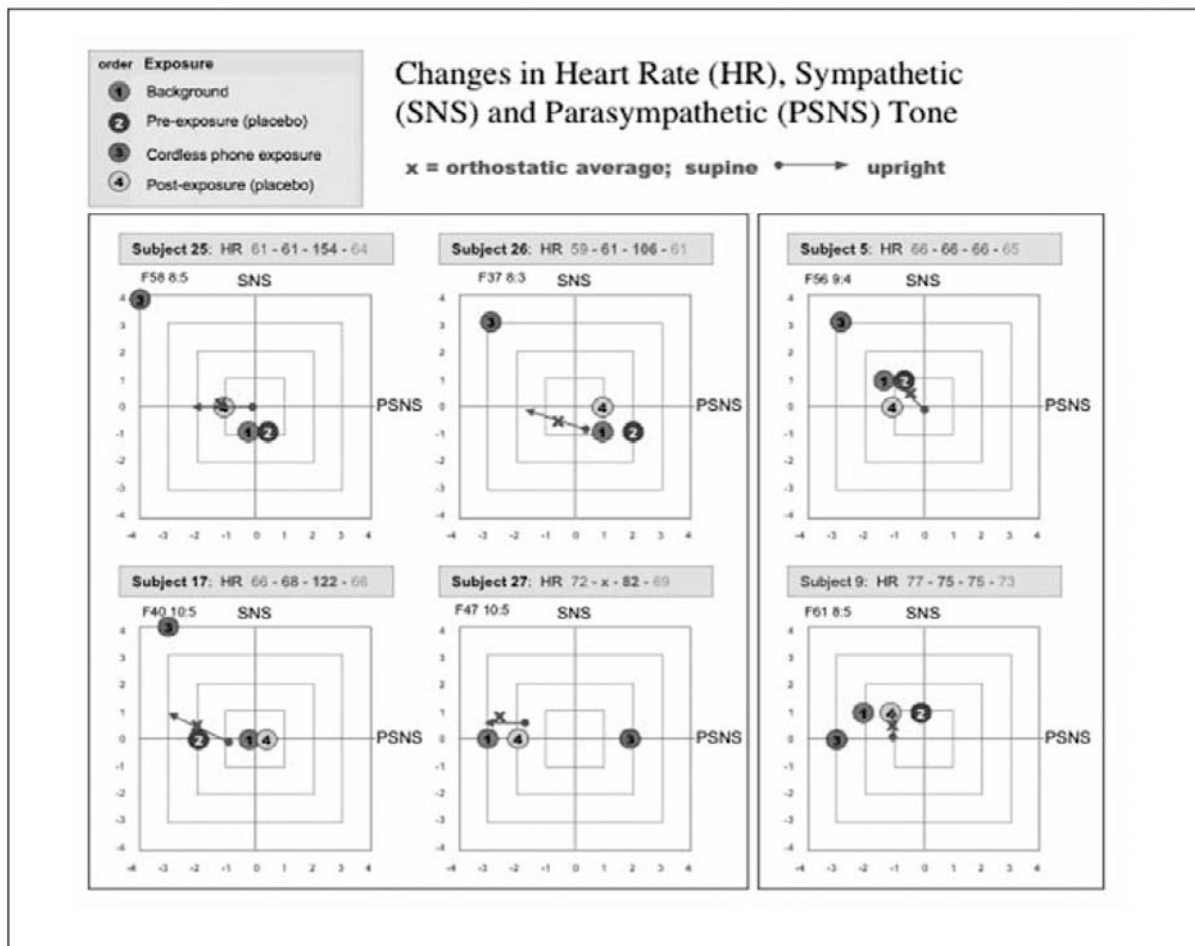


Fig. 13 : Sujets réactifs : Modifications affectant le rythme cardiaque et les tonus sympathique et parasympathique, avant, pendant et après une provocation en aveugle au moyen d'un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz /puissance 3-5 microW/cm² [= 3,36-4,34 V/m]

Quand le SNS (réponses combattives ou fuyantes) est stimulé et que le SNPS (au repos et en digestion) est supprimé, le corps est dans un état de stimulation et consomme davantage d'énergie. Si cet état s'installe dans la durée, il se peut que le sujet soit atteint de fatigue et éprouve des difficultés à dormir (il est incapable de se détendre à cause d'une régulation en baisse du SNPS et/ou d'une régulation en hausse du SNS). Point intéressant, Sandstrom⁴⁰ a remarqué l'existence d'un dysfonctionnement des rythmes circadiens de la VRC et l'absence de la composante du spectre du puissance HF attendue (parasympathique) pendant le sommeil des personnes qui se perçoivent elles-mêmes EHS.

Si le dysfonctionnement du SNS est intermittent, cela peut être ressenti comme de l'anxiété et/ou des accès de panique ; en outre, si le nerf vague est touché, cela peut provoquer des vertiges et/ou des nausées.

Les résultats auxquels nous avons abouti montrent que, pour certains sujets, le SNS est régulé à la hausse (augmentation des BF) et que le SNPS est régulé à la baisse (baisse des HF) pendant la provocation. La plus grande augmentation se situe dans les BF2, qui correspondent à la réponse au stress surrénal, même si BF1 augmente également. Nous ne savons pas dans quelle mesure ce phénomène est dû aux pulsations de 100 Hz, au courant porteur des MO, ou encore à la combinaison des deux.

Un certain nombre d'études corroborent nos résultats.

Lyskov et al.⁴¹ ont enregistré les caractéristiques neurologiques en ligne de base concernant 20 patients victimes de l'EHS et les ont comparées à un groupe de contrôle. Ils ont découvert que le groupe de patients examinés avaient une tendance à l'hyper-tonus sympathique et à l'hyper

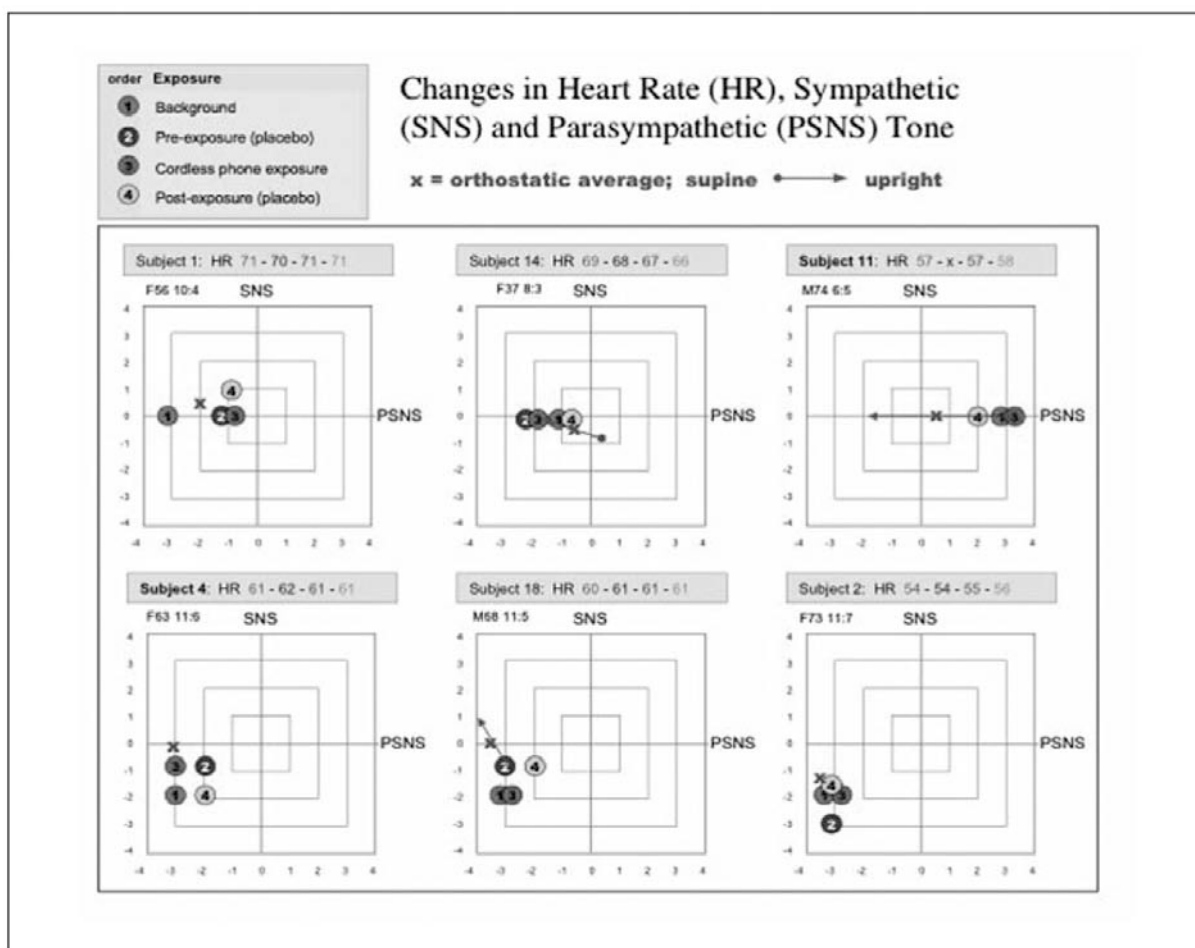


Fig. 14 : Sujets peu ou modérément réactifs : Exemples de résultats obtenus avant, pendant et après l'exposition à un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz / puissance 3-5 microW/cm² [= 3,36-4,34 V/m]

groupe EHS au repos avait une moyenne RC/VRC plus basse et un pourcentage BF/HF plus élevé que le groupe témoin.

Kolesnyk et al.⁴² décrivent une « influence négative du téléphone mobile sur la VRC » ; et Rezk et al.⁴³ font état d'une augmentation du HR fœtal et néonatal ainsi qu'une baisse du rendement cardiaque après l'exposition des femmes enceintes aux téléphones portables.

Anderzejak et al.⁴⁴ font état d'une augmentation du tonus parasympathique et d'une baisse du tonus sympathique après 20 minutes de communication téléphonique. Bien que ces résultats soient en contradiction avec nos découvertes, les conséquences d'une conversation téléphonique ne peuvent pas être exclues dans l'étude d'Anderzejak et al. Rappelons que, dans notre étude, le sujet reste en position allongée, silencieux et sans bouger pendant le test.

Les employés des stations d'émissions radiophoniques présentent un risque accru de souffrir de troubles de la pression artérielle et du rythme cardiaque. Ils ont un rythme cardiaque de jour plus lent, une VRC en baisse, des indices plus élevés correspondant à une pression artérielle en hausse et des perturbations dans les paramètres des rythmes diurnes de la pression artérielle et du rythme cardiaque – bien qu'aucun de ces indices n'ait de signification clinique, ils font ressortir globalement une certaine dérégulation du contrôle neuro-cardiaque⁴⁵⁻⁴⁸.

Bortkiewicz et al.⁴⁹ signalent que l'exposition aux CEM hyperfréquences AM, ne dépassant pas les normes de santé, affecte les fonctions du SNV des employés. Les employés étaient plus nombreux à souffrir d'anomalies au repos et ECG 24 heures que lors des contrôles ; et un nombre croissant de perturbations du rythme cardiaque (battements prématurés du ventriculaire).

Comme dans notre étude, l'exposition aux hyperfréquences étaient associée à un spectre de

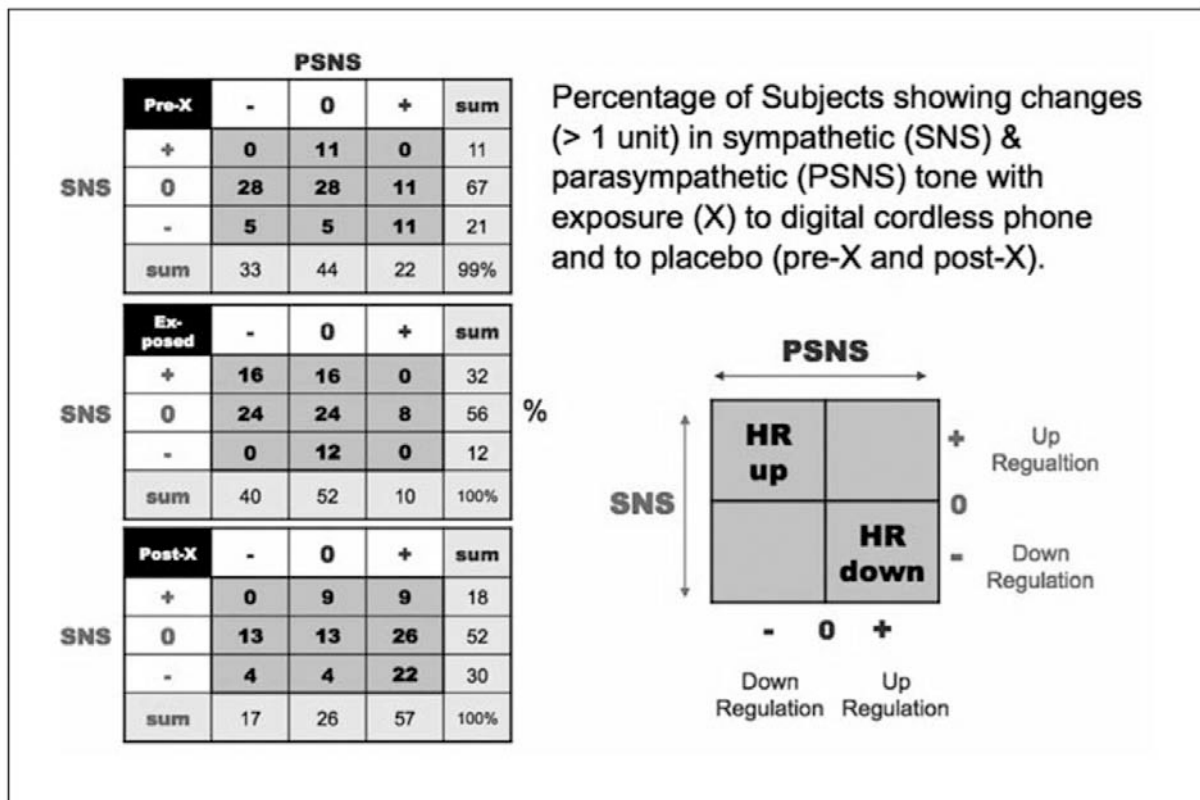


Fig. 15 : Résultats obtenus par les 25 sujets aux tests de provocation en aveugle effectués au moyen d'un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz /puissance 3-5 microW/cm² [= 3,36-4,34 V/m]

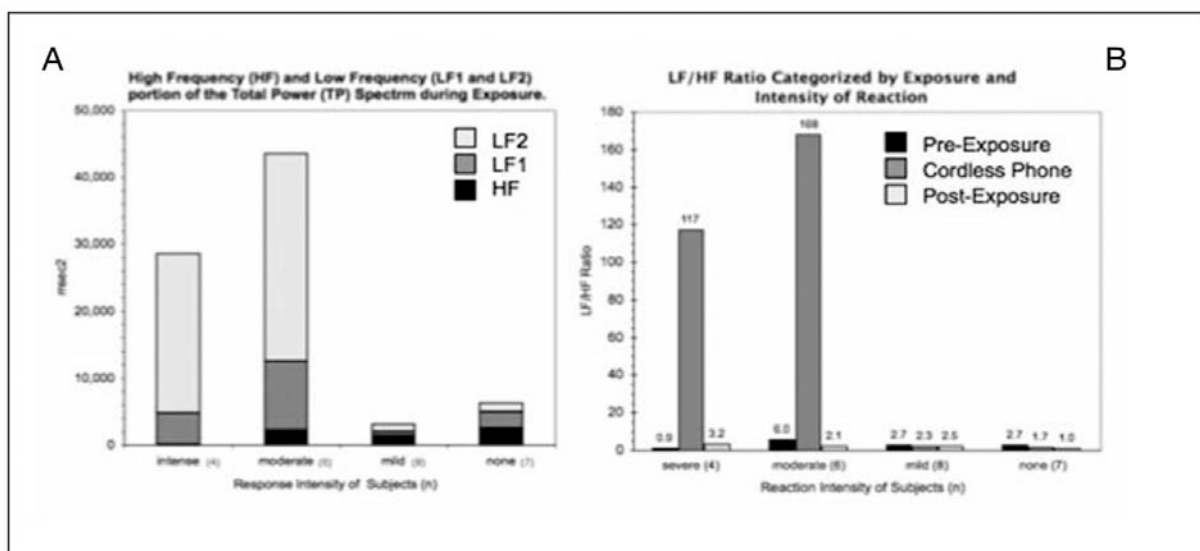


Fig. 16 : A) Distribution spectrale des hautes fréquences moyennes (parasympathique) et des basses fréquences moyennes (sympathique), servant à évaluer l'intensité des réponses des 25 sujets exposés à un téléphone sans fil de 2,4 GHz B) Pourcentage des basses fréquences (BF1 + BF2) et hautes fréquences (HF) correspondant aux différentes expositions

puissance réduite en HF, laissant supposer que les champs électromagnétiques réduisent l'influence du SNPS dans la fonction circulatoire.

Un certain nombre d'études font état de modifications dans la pression artérielle, lors d'une exposition à des CEM^{50,51}. D'autres montrent une augmentation du stress oxydatif et une baisse des systèmes de défense anti-oxydatifs dans le tissu d'un cœur soumis à des fréquences de 2,45

GHz et de 900 MHz respectivement^{52,53}. D'autres études montrent quant à elles une réaction au stress de réponse suivant l'exposition aux rayonnements d'hyperfréquences soit sous la forme de protéines déchargeant de la chaleur (pdch), soit dans les modifications de l'activité enzymatique. Chez des rats subissant des rayonnements de faible intensité (fréquences 0,2-20 MHz), on a observé une augmentation des pdch70 dans le myocarde⁵⁴. D'une manière comparable, une exposition à des hyperfréquences de 1,71 GHz augmente le pdch70 dans les cellules souches déficientes du p53⁵⁵. Abramov et Merkulova⁵⁶ montrent quant à eux que des CEM pulsés augmentent l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase dans le cœur d'un animal, ce qui interdit l'action du parasympathique et permet au sympathique de dominer.

Ajoutons que, dans la plupart des études menées sur des êtres humains, celles qui n'ont pas montré d'effets des rayonnements MO ont été menées avec des sujets jeunes et en bonne santé. On peut donc se demander si les expériences n'auraient pas produit des résultats différents avec des sujets doté d'un « prérequis pathologique plus élevé » et, partant, dotés de possibilités moindres de compenser l'agression éventuellement provoquée par les rayonnements.

Les études menées sur des employés travaillant sous des rayonnements MO ont abouti à différents niveaux d'effets sur le système cardiovasculaire. Ceci pourrait conduire à évoquer la nécessité de demeurer régulièrement, de façon répétée, et pendant une période suffisamment longue, en-dessous d'un certain seuil d'exposition aux CEM, d'où la grande importance qu'il faut accorder aux niveaux d'exposition tant sur le lieu de travail qu'à la maison. Il se pourrait que seule une exposition chronique aux CEM – MO peut modifier suffisamment des rythmes variés (i. e. les biorythmes cardiovasculaires) pour provoquer des conséquences observables. Il se pourrait aussi que ce soient ces individus-là qui deviennent un jour EHS et qui, partant, réagissent aux agressions à condition qu'ils soient dotés d'une énergie suffisante pour élaborer une réaction.

Dans notre étude, la moitié des personnes testées – les sujets étaient âgés de 37 à 79 ans – se plaignaient d'être de modérément à extrêmement sensibles à l'énergie électromagnétique. Les symptômes dont ils souffraient sont semblables à ceux qui sont rapportés dans d'autres publications ; ils comprennent : appauvrissement de la mémoire immédiate, difficulté de concentration, problème d'yeux, troubles du sommeil, sentiment de mal-être, maux de tête, vertiges, acouphènes, fatigue chronique et palpitations cardiaques.^{2,7,57}

Les appareils auxquels on reproche le plus couramment de provoquer des attaques électromagnétiques sont les suivants : ampoules fluorescentes, antennes relais, téléphones mobiles, WIFI et téléphones sans fil. Rappelons que les quatre derniers émettent tous des rayonnements MO.

Parmi les personnes se plaignant de souffrir d'EHS, beaucoup ont également développé des allergies alimentaires, des allergies aux moisissures/pollen/poussières en même temps qu'ils sont chimico-sensibles. Quand un sujet est affecté par autant de sensibilités autres (que l'EHS), il est difficile de déterminer si la sensibilité à l'énergie électromagnétique relève d'une perturbation primordiale attribuable à des expositions électromagnétiques élevées et/ou prolongées, ou bien si elle correspond à une perturbation secondaire provoquée, dans un système immunitaire détérioré, par d'autres sortes d'agressions.

Fait intéressant, les participants qui étaient jeunes (de 37 à 58 ans) ont fourni les réactions les plus intenses, sans doute en raison d'un état de santé suffisamment bon pour élaborer une réponse aux agressions. Quant aux sujets qui n'ont pas réagi aux expositions MO, soit il s'agissait de sujets non sensibles, soit il s'agissait de sujets dotés d'une capacité adaptative faible, associée à un score de santé médiocre, si bien qu'ils n'avaient pas l'énergie suffisante pour réagir. Associé au contrôle de la provocation, le test de la VRC orthostatique peut fournir des données pour faire une distinction entre trois types de sujets : 1. les sujets sensibles ; 2. les sujets non sensibles ; 3. les sujets réactifs qui sont dans l'incapacité de réagir.

L'expression « EHS » a été conçue pour suggérer qu'une relation de cause à effet a été établie entre des symptômes signalés et une exposition à des CEM. C'est pourquoi l'OMS⁸ a décrit l'EHS comme une Intolérance Idiopathique Environnementale, dans le but de faire comprendre qu'il s'agit d'une perturbation acquise comportant des symptômes multiples récurrents, associée à des facteurs environnementaux de divers ordres, qui sont tolérés par la plupart des personnes, et qui ne sont assimilables à aucun trouble médical, psychiatrique ou physiologique connu.

Nous pensons que, à la lumière de notre étude notamment, cette étiquette (EHS) doit être changée.

Conclusions

Le test orthostatique de la VRC fournit des informations sur la capacité d'adaptation d'un individu, fondée sur le score de santé et sur l'état du SNS et du SNPS. Une personne dotée d'une capacité d'adaptation élevée n'est pas susceptible de réagir à une agression (en raison, précisément, de sa capacité à s'adapter); toutefois, si jamais elle réagit, la réaction sera probablement forte. Le test de la VRC orthostatique s'est révélé un bon indicateur pour prévoir l'intensité de la réaction d'un sujet donné; un indicateur plus médiocre pour prévoir la réaction d'un sujet donné à une agression qui, dans le cas présent, est constitué par les émissions d'un téléphone sans fil numérique de 2,4 GHz qui génère une puissance de 3 à 5 microW/cm² (= de 3,36 à 4,34 V/m).

Quarante pour cent des sujets testés ont réagi à la provocation VRC. Quelques-uns ont souffert de tachycardie, ce qui correspond à une régulation à la hausse de leur SNS et à une régulation à la baisse de leur SNPS (augmentation du rapport BF/HF). On considère qu'un sujet a une réaction forte quand son RC, alors qu'il est en position allongée, augmente de 10 à 93 battements par minute à l'occasion d'une exposition en aveugle. Le RC redevenait normal pendant une exposition simulée pour tous les sujets testés.

Au total, 16% des sujets ont eu une réaction forte; 21% une réaction modérée (modifications du SNS et/ou du SNPS, mais aucune modification du RC); 32% ont eu une réaction faible et 28% n'ont pas réagi. Parmi ces derniers, certains sujets étaient dotés d'une capacité d'adaptation élevée (sujets non sensibles); d'autres étaient des réactifs non répondant (insuffisamment d'énergie pour élaborer une réaction). Un petit nombre de personnes réactives étaient en outre dotées d'un grand potentiel de réaction, de telle sorte que leur réaction s'est accrue avec le renouvellement de l'exposition; tandis que d'autres personnes ont fait preuve d'une capacité d'autorégulation quand on a renouvelé l'exposition.

Ces données montrent que la VRC peut être utilisée pour décrire des réactions physiologiques à une agression provoquée par des MO pulsées de 100 Hz. Pour certains sujets, la réaction est forte (tachycardie); pour d'autres, elle est de moyenne à faible (modifications du SNS et/ou du SNPS); et pour d'autres encore, il n'y a aucune réaction observable en raison soit d'une capacité d'adaptation élevée, soit d'une exténuation du système neurovégétatif.

Nos résultats mettent en évidence le fait que, premièrement, les rayonnements MO perturbent le SNV; que, deuxièmement, ils peuvent mettre en danger la vie des individus ayant des problèmes cardiaques à partir du moment où ils sont exposés à des rayonnements électromagnétiques auxquels ils sont sensibles.

Cette étude apporte **la preuve scientifique** selon laquelle quelques individus peuvent souffrir d'arythmie, de palpitations cardiaques, d'un affaiblissement du pouls ou bien d'une accélération du rythme cardiaque et/ou de symptômes vasovagaux comme les vertiges, les nausées, les sudations abondantes et les syncopes, à partir du moment où ils sont exposés à des émissions électromagnétiques. C'est la première étude qui met en évidence des réactions aussi spectaculaires aux rayonnements MO pulsés, avec une puissance bien inférieure (0,5%) aux niveaux d'exposition correspondant aux directives fédérales en vigueur au Canada et aux États-Unis (1000 microW/cm² = 61 V/m).

Remerciements

Nous remercions les personnes qui ont mis leur domicile à notre disposition pour mener les expériences, ainsi que celles qui se sont portées volontaires pour les expériences. Nous remercions plus particulièrement Evelyn Savarin pour l'aide apportée.

References

1. Hallberg O, Oberfeld G. Letter to the Editor: Will we all become electrosensitive? *Electromagn Biol Med* 2006; 25: 189-91.
2. Firstenberg A. Radio wave packet. President, cellular phone taskforce. 2001; http://www.goodhealthinfo.net/radiation/radio_wave_packet.pdf
3. Eltiti S, Wallace D, Zougkou K, *et al.* Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics* 2007; 28: 137-51.
4. Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, *et al.* Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health* 2002; 28(1): 33-41.
5. Levallois P. Hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure: a review of the literature. *Environ Health Perspect* 2002; 110 (suppl 4): 613-8.
6. Johansson O. Electrohypersensitivity: State-of-the-art of a functional impairment. *Electromagn Biol Med* 2006; 25: 245-58.
7. Schooneveld H, Kuiper J. Electrohypersensitivity (EHS) in the Netherlands. A questionnaire survey. 2nd graphical edition. Stichting EHS (Dutch EHS Foundation), 2008, 23.
8. Mild KH, Repacholi M, van Deventer E (eds). *Electromagnetic Hypersensitivity. Proceedings International Workshop on EMF Hypersensitivity Prague, Czech Republic October 25-27, 2004*, 196.
9. Havas M, Olstad A. Power quality affects teacher wellbeing and student behavior in three Minnesota Schools. *Sci Total Environ* 2008; 402(2-3): 157-62.
10. Havas M. Dirty electricity: an invisible pollutant in schools. Feature Article for Forum Magazine, Ontario Secondary School Teachers' Federation (OSSTF), 2006; Fall.
11. Havas M. Electromagnetic hypersensitivity: biological effects of dirty electricity with emphasis on diabetes and multiple sclerosis. *Electromagn Biol Med* 2006; 25: 259-68.
12. Havas M. Dirty electricity elevates blood sugar among electrically sensitive diabetics and may explain brittle diabetes. *Electromagn Biol Med* 2008; 27(2): 135-46.
13. Rea WJ, Pan Y, Fenyves EJ, *et al.* Electromagnetic field sensitivity. *J Bioelectr* 1991; 10: 241-56.
14. Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 2005; 67: 224-32.
15. Santini R, Santini P, Danze JM. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1st influence of distance and sex. *Pathol Biol* 2002; 50: S369-73.
16. Granlund R, Lind J. Black on White: voices and witnesses about electro-hypersensitivity, the Swedish Experience. 2nd Internet Edition Oct 3, 2004. Translation: J. Ganellen; Diagrams: J. Rennerfelt © Mimers Brunn Kunskapsförlaget, Sweden. mimersbrunn@spray.se
17. IGUMED. Freiburger Appeal. *nterdisziplina re Gesellschaft fur Umweltmedizin e. Bergseestr. Bad Sackingen, October 9 2002*, 57, 79713. igumed@gmx.de
18. Haumann T, Sierck P. Nonstop pulsed 2.4 GHz radiation inside US homes. 2nd International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, 7-11 Oct. 2002.
19. Singer DH, Martin GJ, Magid N, *et al.* Low heart rate variability and sudden cardiac death. *J Electrocardiol* 1988; 21: S46-55.
20. Cerutti S. Power spectrum analysis of heart rate variability signal in the diagnosis of diabetic neuropathy, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 11th Annual International Conference, 1989, 12-13.
21. Hayano J. Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. *Circulation* 1990; 81: 1217-24.
22. Muhlnickel B. The value of heart rate frequency variability in the prognostic evaluation of patients with severe cerebral injuries. *Anaesthesiol Reanim* 1990; 15: 342-50.
23. Van Ravenwaaij-Arts CM, Kollee LA, Hopman JC, *et al.* Heart rate variability. *Ann Int Med* 1993; 118: 436-47.
24. Camm AJ, Malik M. Guidelines, heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology

- and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J* 1996; 17: 354-81.
25. Riftine A. *Nervexpress. System Guide and User's Manual*. Heart Rhythm Instruments Inc., 2002, 72. Metuchen NJ. www.nervexpress.com.
 26. Riftine A. Quantitative assessment of the autonomic nervous system based on heart rate variability analysis theoretical review of the nerve-express system with sample cases. *Theoretical Review and Clinical Use* 2005; 43 pp. www.intelwave.net
 27. Graham MH. A microsurg meter for electrical pollution research. Memorandum No. UCB/ERL M03/3, 19 February 2003, Electronics Research Laboratory, College of Engineering, University of California, Berkeley.
 28. NHLBI. High Blood Pressure. National Heart Lung and Blood Institute, Diseases and Conditions Index. November 2008. http://www.nhlbi.nih.gov/health/dci/Diseases/Hbp/HBP_WhatIs.html.
 29. NHLBI. National Heart Lung and Blood Institute, Obesity Education Initiative, Calculate our Body Mass Index. No date; <http://www.nhlbisupport.com/bmi/>
 30. Mortazavi SM, Daiee E, Yazdi A, *et al.* Mercury release from dental amalgam restorations after magnetic resonance imaging and following mobile phone use. *Pak J Biol Sci* 2008; 11(8): 1142-6.
 31. Bergqvist U, Vogel E (eds). Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV, Swedish: National Institute for Working Life, 1997; 135 pp.
 32. Mann K, Röschke J, Connemann B, *et al.* No effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on heart rate variability during human sleep. *Neuropsychobiology* 1998; 38: 251-6.
 33. Röschke J, Mann K, Connemann B. Cardiac autonomic activity during sleep under the influence of radiofrequency electromagnetic fields. *Somnologie* 2005; 9: 180-4.
 34. Wilén J, Johansson A, Kalezic N, *et al.* Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2006; 27: 204-14.
 35. Atlasz T, Kellényi L, Kovács P, *et al.* The application of surface plethysmography for heart rate variability analysis after GSM radiofrequency exposure. *J Biochem Biophys Methods* 2006; 69: 233-6.
 36. Parazzini M, Ravazzani P, Tognola G, *et al.* Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability. *Bioelectromagnetics* 2007; 28: 122-9.
 37. Barker AT, Jackson PR, Parry H, *et al.* The effect of GSM and TETRA mobile handset signals on blood pressure, catechol levels and heart rate variability. *Bioelectromagnetics* 2007; 28: 433-8.
 38. Johansson A, Forsgren S, Stenberg B, *et al.* No effect of mobile phone-like RF exposure on patients with atopic dermatitis. *Bioelectromagnetics* 2008; 29: 353-62.
 39. Ahamed VI, Karthick NG, Joseph PK. Effect of mobile phone radiation on heart rate variability. *Comput Biol Med* 2008; 38: 709-12.
 40. Sandstrom M, Lyskov E, Hornsten R, *et al.* Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity. *Int J Psychophysiol* 2003; 49: 227-35.
 41. Lyskov E, Sandström M, Hansson Mild K. Neurophysiological study of patients with perceived 'electrical hypersensitivity'. *Int J Psychophysiol* 2001; 42: 233-41.
 42. Kolesnyk I, Zhulinsky M, Abramov VO, *et al.* Effect of mobile phone electromagnetic emission on characteristics of cerebral blood circulation and neurohumoral regulations in humans. *Fiziol Zh* 2008; 54: 90-3.
 43. Rezk AY, Abdulqawi K, Mustafa RM, *et al.* Fetal and neonatal responses following maternal exposure to mobile phones. *Saudi Med J* 2008; 29: 218-23
 44. Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, *et al.* The influence of the call with a mobile phone on heart rate variability parameters in healthy volunteers. *Ind Health* 2008; 46: 409-17.
 45. Bortkiewicz A, Zmylony M, Gadzicka E, *et al.* Evaluation of selected parameters of circulatory system function in various occupational groups exposed to high frequency electromagnetic fields.
 - II. Electrocardiographic changes. *Med Pr* 1996; 47: 241-52.
 46. Bortkiewicz A, Zmylony M, Gadzicka E, *et al.* Ambulatory ECG monitoring in workers

- exposed to electromagnetic fields. *J Med Eng Technol* 1997; 21: 41-6.
47. Gadzicka E, Bortkiewicz A, Zmylony M, *et al.* Evaluation of selected functional circulation parameters of workers from various occupational groups exposed to electromagnetic fields of high frequency. III. 24-h monitoring of arterial blood pressure (ABP). *Med Pr* 1997; 48: 15-24.
 48. Szmigielski S, Bortkiewicz A, Gadzicka E, *et al.* Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields. *Blood Press Monit* 1998; 3: 323-30.
 49. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Zmylony M. Heart rate variability in workers exposed to mediumfrequency electromagnetic fields. *J Auton Nerv Syst* 1996; 59: 91-7.
 50. Lu ST, Mathur SP, Akyel Y, *et al.* Ultrawide-band electromagnetic pulses induced hypotension in rats. *Physiol Behav* 1999; 65: 753-61.
 51. Li BF, Guo GZ, Ren DQ, *et al.* Electromagnetic pulses induce fluctuations in blood pressure in rats. *Int J Radiat Biol* 2007; 83: 421-9.
 52. Kim MJ, Rhee SJ. Green tea catechins protect rats from microwave-induced oxidative damage to heart tissue. *J Med Food* 2004; 7: 299-304.
 53. Ozguner F, Altinbas A, Ozaydin M, *et al.* Mobile phone-induced myocardial oxidative stress: protection by a novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester. *Toxicol Ind Health* 2005; 21: 223-30.
 54. Ronchi R, Marano L, Braidotti P, *et al.* Effects of broad band electromagnetic fields on HSP70 expression and ischemia-reperfusion in rat hearts. *Life Sci* 2004; 75: 1925-36.
 55. Czyz, J, Guan K, Zeng Q, *et al.* High frequency electromagnetic fields (GSM signals) affect gene expression levels in tumor suppressor p53-deficient embryonic stem cells. *Bioelectromagnetics* 2004; 25: 296-307.
 56. Abramov LN, Merkulova LM. Histochemical study of the cholinesterase activity in the structures of the rat heart normally and during exposure to a pulsed electromagnetic field. *Arkh Anat Gistol Embriol* 1980; 79: 66-71.
 57. Bergqvist U, Wahlberg J. Skin symptoms and disease during work with visual display terminals. *Cont Derm* 1994; 30: 197-204.

APPENDIX A: Summary of data based on blind assessment.

1	2	3	4	5			6			7				Notes		
				IOR	AC	POR	Actual Stages Exposed	Changes in HR	SNS	PSNS	Stages Exposed	Stages showing reaction	POR		IOR	
EHS	Subject Code	EHS Ranked	EHS Self Assessment	CV Tone	Code	Code	Code					Code				
intense	25	1	very	3	3.5	4.5	1.5	3, 5 (6, 7, 9)	93	5	-4	3, 5	3, 5	5	high to extreme	8
	17	2	very	3	3.5	3.5	3.0	3, 5 (6)	54	4	-1	3, 5, 6	3, 5, 6	4.5	moderate	9
	26	3	moderate	1	5.0	5.0	1.5	3, 5, 6 (7, 8)	45	4	-5	3, 5, 6, 7	3, 5, 6, 7	5	moderate to intense	10
	27	4	little	3	3.0	3.0	3.5	2, 4 (5, 6)	10	0	5	2, 4, 5	2, 4, 5	5	mild	11
moderate	5	5	moderate	2	4.0	3.5	3.5	3, 5	0	2	-2	3, 5	3, 5	5	moderate to high	12
	9	6	don't know	2	3.5	4.5	2.0	3, 5, 6, 8	0	-1	-3	3, 5, 6	3, 5, 6	4	high	13
	3	7	don't know	-1	5.0	4.0	1.0	3, 4	3	2	0	2, 3	3, 4	4	moderate	14
	16	8	very	1	4.0	4.0	3.5	2, 4, 6	1	-2	0	2	2	1	mild	15
	8	9	not	5	2.5	1.5	4.5	2, 3	0	0	-2	2, 4	2, 4	1	mild	16
	10	10	don't know	2	3.5	3.0	3.0	3 (7, 8, 9)	2	0	-1	3, 7, 8, 9	3 mild, 7, 8, 9 intense	5	intense	17
mild	2	11	don't know	2	2.0	1.0	3.5	3, 4	1	1	0	unknown	none	1.75	mild	18
	23	12	little	-1	5.0	1.5	4.5	2, 4 (5, 6)	-1	1	0	2, 5	2, 5	2	mild to moderate	19
	12	13	little	3	4.0	4.0	2.5	2, 3 (5)	-2	1	0	3	3, 4, 5	3	mild to moderate	20
	18	14	don't know	2	2.5	2.5	4.5	3	0	-1	0	3	3	1.5	mild	21
	19	15	don't know	4	2.0	2.5	3.0	3	0	-1	0	2, 4	2, 4	3	mild to moderate	22
	6	16	very	2	3.5	2.0	4.5	3, 4	0	0	-1	2	2	2	mild	23
	4	17	little	1	2.0	1.0	4.0	3, 4	-1	0	-1	3, 4	4, 5	2.25	moderate	24
	24	18	little	2	3.0	4.0	3.0	3, 5	-1	0	1	2, 4, 5	2, 4, 5	2.5	mild	25
none	1	19	don't know	5	3.5	3.5	3.5	3, 4	1	0	0	3, 4	4, 5	1	mild	26
	11	20	not	1	1.0	5.0	1.5	2, 4, 5	0	0	0	3	3	1	mild or non-symptomatic	27
	21	21	little	3	2.5	2.0	3.5	3 (4, 5)	0	0	0	2, 5	2, 5	1.5	none to mild	28
	7	22	very	2	2.5	1.5	4.0	3, 4	-1	0	0	unknown	unknown	1.5	mild	29
	14	23	don't know	5	2.5	3.5	3.0	3, 4	-1	0	0	2	2, 3, 4	1.75	mild	30
	20	24	little	3	3.5	4.0	4.5	2	-1	0	0	possibly 5?	6	1	mild	31
	13	25	very	4	3.0	2.5	3.5	3, 4	-2	0	0	unknown	unknown	1	mild	32

code	code	code	code	code	code	code	code
5	hypo	intense	high	high			
4		strong					
3	normal	moderate	moderate	moderate		moderate	moderate
2		mild					mild
<1	hyper	don't know	low	low			low

Notes:

- 1 Electrohypersensitivity (EHS) response categories are based on HR = heart rate; SNS = sympathetic nervous system; PSNS = parasympathetic nervous system.
- 2 EHS was ranked based on changes in HR and changes in the SNS and PSNS during exposure to microwave (MW) radiation.
- 3 Self-assessment of sensitivity based on questionnaire response.
- 4 Cardiovascular (CV) Tone is based on the HR times the sum of the systolic and diastolic blood pressure; values at 1 or lower are hypotonic and values at 5 are hypertonic.
- 5 Intensity of reaction (IOR); adaptive capacity (AC), which is 6 - non adaptive capacity (NAC); and probability of reaction (POR) are based on the orthostatic heart rate variability (HRV) results and are described in the text.
- 6 Subjects were exposed to MW radiation at different stages. Stages in parentheses were not used in the study as they reflect multiple exposures with interference from other agents.
- 7 Blind assessment was based on the HRV during continuous monitoring with real and sham exposure to MW radiation from a 2.4 GHz digital cordless phone radiating and at a power density between 3 and 5 microW/cm².
- 8 Excellent subject.
- 9 Symptomatic at stage 3, parasympathetic rally begins to recovery but feels anxiety, stage 3 faint or dizziness predicted. Decent Chronotropic Myocardial Reaction Index (ChMR) and vascular compensation reaction (VC). Middle of bell curve.
- 10 The healthier a subject the more likely the reaction. This person has the energy to become symptomatic.
- 11 Mildly inflamed. Mildly fatigued but highly adaptive. ChMR and VC good. Has ability to react.
- 12 Adaptive person. Could use Mg and/or K based on high standing HR.
- 13 Has plenty of energy. Moderate response due to weakening. Stage 7 body re-regulating from exposure.
- 14 Shows a weakening reaction (down regulation of SNS). Positive reactor. Very healthy for age. Highly adaptive geriatric.
- 15 Lot of adaptive capacity. If she is exposed her reaction would be a fairly strong reaction.
- 16 Has diminished energy capacity (11:6). This person doesn't have enough energy to have a robust response.
- 17 Potentiated reactor, time sensitive, couldn't tolerate re-exposure. If she reacts it will be moderately strong because of ChMR. Needs minerals for VC factor slowed her down.
- 18 May be on heart medication. Cardiac rate and rhythm non-adaptive. CV tone hypertonic.
- 19 Any neurological insult will be met with a hard reaction since she has inverted response when she stands up.
- 20 If reactor, it will be strong because of ChMR strong. Highly adaptive capability and reserve. Slow VC could be mineral or vitamin D deficiency.
- 21 Don't have a strong PSNS resistance. Reactivity is based on inability to go parasympathetic, and then they will go more sympathetic if they have the energy to do so. No energy. Either a delayed reaction or a weak reaction.
- 22 Afibrillation, palpitations of heart probable. Strong girl. 11:6 fitness is OK for a person this age.
- 23 May have dental problems based on S/P response. Neurologically compromised.
- 24 Neurologically compromised. May be overmedicated on CV drug.
- 25 Strong gal. Decent reserve capacity but temporary fatigue. Doesn't feel bad but poor health for her age.
- 26 Normal reaction to stress, mild non-toxic reaction. Potential for reaction: moderately high because of the 10.4 but may tolerate an amount of exposure before they react because of the reserve capabilities.
- 27 Ridiculously healthy. Poster boy for his age. He can take a lot based on fitness of 6:5.
- 28 Lower end of bell curve. Doesn't have energy to react although may be symptomatic.
- 29 Either highly adaptive or non-reactive. Orthostatic response indicates that person doesn't have

- enough energy to have a robust response.
- 30 Normal CV tone for age, Decent Tension Index (TI). Good geriatric pattern. If she reacts it would be moderate to mild.
- 31 Strong girl. Has strong adrenal capacity. If she reacts it will be strong. May have chronic fatigue.
- 32 Moderate inflammation. Tired and has low adaptive reserve. If stressor comes along it will produce more stress. If reacting it would be medium.

**PRINCIPALES ABRÉVIATIONS UTILISÉES
DANS LA TRADUCTION
AVEC LES ABRÉVIATIONS CORRESPONDANTES EN ANGLAIS**

BF	basses fréquences	LF	low frequencies
CEM	champs électromagnétiques	EMF	electromagnetic fields
CNA	capacité non adaptative	NAC	non-adaptative capacity
ECG	électrocardiogramme	ECG	
EHS	électrohypersensibilité	EHS	electrohypersensitivity
HF	hautes fréquences	HF	frequencies
MO	micro-ondes	MW	microwaves
RC	rythme cardiaque	HR	heart rate
RGP	réaction galvanique de la peau	GSR	galvanic skin response
SNS	système nerveux sympathique	SNS	sympathetic nervous system
SNV	système neurovégétatif	ANS	autonomic nervous system
TCV	tonus cardiovasculaire	CVT	cardiovascular tone
VRC	variabilité du rythme cardiaque	HRV	heart rate variability