

## État des connaissances sur l'hypersensibilité électromagnétique (HS-EM)

### Electromagnetic Hypersensitivity (EHS): state of the art

---

**J.-P. Marc-Vergnes\***

*\*Imagerie cérébrale et handicaps neurologiques, UMR 825 (INSERM/Université Paul Sabatier), Pavillon Baudot, CHU Purpan, 31024 Toulouse cedex 3, marc-vergnes.jp @orange.fr*

---

Mots-clefs : Hypersensibilité électromagnétique, Syndromes médicalement inexplicables, Études cliniques, Études de provocation, Revue.  
Electromagnetic hypersensitivity, Medically unexplained symptoms, Clinical studies, Provocation studies, Review.

---

#### Résumé

Le concept d'hypersensibilité électromagnétique (HS-EM) continue à reposer uniquement sur les déclarations de personnes attribuant des symptômes fonctionnels à une exposition à des champs électromagnétiques (CEM) et sur l'absence d'autres explications à ces symptômes. Bien que plusieurs équipes aient travaillé de façon continue sur cette question depuis une vingtaine d'années, aucun tableau clinique caractéristique n'a été décrit, aucune preuve reproductible d'un lien de causalité entre les différentes expositions aux CEM et les symptômes fonctionnels qui leur sont attribués n'a été apportée, aucun critère ou outil de diagnostic objectif, comparables à ceux qui existent pour la plupart des autres syndromes fonctionnels médicalement inexplicables, n'a été élaboré. Face aux demandes d'un nombre croissant de personnes, la constatation de quelques associations pathologiques ou fonctionnelles justifie la poursuite de recherches s'appuyant sur une meilleure et possible caractérisation de la symptomatologie clinique et des expositions.

#### Introduction

Le terme d'hypersensibilité électromagnétique (HS-EM) a été créé en 1997 pour réunir dans un même cadre nosographique, les troubles cutanés attribués par certains à une exposition aux écrans cathodiques et les symptômes fonctionnels attribués par d'autres à une exposition aux appareils électriques. Y ont été rajoutés, à partir de 1998, les symptômes attribués à une exposition aux radiofréquences (RF) de la téléphonie mobile et des autres moyens de communication sans fil. Aucun tableau clinique particulier n'a pu être décrit et les expositions expérimentales n'ont pas permis de mettre en évidence un lien de causalité entre l'exposition à divers champs électromagnétiques (CEM) et la survenue de symptômes fonctionnels. Pour souligner cette absence de lien de causalité, l'OMS a proposé, en 2004, de remplacer ce terme par celui d'intolérance environnementale idiopathique (IEI) attribuée aux CEM. L'OMS établissait ainsi un lien avec le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques, qu'elle avait qualifié d'IEI en 1996, et avec les autres syndromes fonctionnels médicalement inexplicables, comme la fibromyalgie ou le syndrome de fatigue chronique.

C'est dans ce contexte d'incertitude nosographique, entre une possible hétérogénéité du concept et une inclusion dans un ensemble plus vaste, qu'il faut considérer les études consacrées à l'HS-EM, qu'elles soient (1) cliniques, (2) expérimentales; dites de « provocation », (3) épidémiologiques ou (4) qu'elles portent sur les affections ou anomalies associées. Il n'y a plus eu d'essai thérapeutique sur le sujet depuis 2002 ; aucun d'eux n'ayant été véritablement concluant, cette question ne sera pas traitée ici. En revanche, un cinquième chapitre donnera un bref aperçu du contexte social qui pourrait être déterminant pour la poursuite des recherches sur un concept encore flou et incertain.

## 1. Études cliniques

Pour un concept qui repose uniquement sur la subjectivité des personnes, la caractérisation clinique du vécu de ces dernières est la première étape, indispensable, de l'approche scientifique du problème. Les premières descriptions cliniques, qu'il s'agisse de troubles attribués aux écrans cathodiques, à l'électricité ou aux RF de la téléphonie mobile, ont fait état de symptômes très divers, différents d'une étude à l'autre. En 2005, deux revues générales donnaient deux visions complémentaires de la situation. L'une (Irvine, 2005) se contentait de compiler tous les symptômes de 5 études antérieures et en dénombrait une cinquantaine. L'autre (Seitz et al, 2005) dégagait les symptômes les plus fréquemment décrits, à savoir la fatigue et les troubles du sommeil, les sensations d'instabilité, les maux de tête, les problèmes cutanés, les difficultés de concentration et les pertes de mémoire, et enfin la nervosité.

Deux tentatives pour élaborer un questionnaire standard sur les symptômes fonctionnels n'ont pas abouti. Le premier de ces questionnaires comprenait 36 symptômes (Frick et al, 2002), et le second 39 (Eltiti et al, 2007), alors qu'une analyse rapide des 4 études qui viennent d'être citées permet d'en recenser plus de 80. En tout état de cause, parmi les équipes ayant une expérience du problème, nul ne conteste aujourd'hui la réalité de ces symptômes et la nécessité de leur prise en charge médicale, même si celle-ci n'a pour l'instant aucune spécificité.

Malgré cette extrême diversité des symptômes, certains (Levallois, 2002 ; Sternberg et al, 2002 ; Rubin et al, 2008 ; Johansson et al. 2010) ont proposé d'individualiser deux formes d'HS-EM, une forme « bénigne », pauci symptomatique et liée à un seul type d'exposition, les écrans cathodiques (Sternberg et al, 2002) ou les RF de la téléphonie mobile (Rubin et al, 2008 ; Johansson et al. 2010) et une forme « sévère », évoluant depuis plus longtemps, parfois invalidante et liée à plusieurs types d'exposition. Pour l'instant, il est impossible de dire avec certitude si ces deux formes correspondent à deux stades évolutifs ou à deux formes distinctes d'un même état. En fait, la seule étude de cohorte est celle de Rössli et al (2010) qui ont interrogé à un an d'intervalle, à l'aide d'un questionnaire écrit adressé par la poste, une population représentative de la région de Bâle. Cette étude avait aussi l'originalité d'utiliser une nouvelle classification des patients en deux groupes qualifiés, soit d'HS-EM s'ils répondaient positivement à la question « Êtes-vous électrohypersensibles ? », soit d'attributeurs s'ils répondaient positivement à la question « Pensez-vous que vous présentez des symptômes dus à la pollution électromagnétique de la vie quotidienne ? ». A l'entrée dans l'étude, sur les 1122 personnes qui ont répondu aux deux questionnaires, 96 (8,6%) se déclaraient HS-EM, 145 (12,9%) se déclaraient attributeurs et 881 (78,5%) ni l'un, ni l'autre. Un an plus tard, il y avait 86 (7,7%) HS-EM, 161 (14,3%) attributeurs et 875 (78%) sujets. Sur les 96 sujets HS-EM, 52 (54,2%) se déclaraient toujours comme tels, 16 (16,7%) se déclaraient attributeurs et 28 (29,2%) ne se plaignaient plus de rien. La probabilité d'une évolution spontanée favorable semble donc être loin d'être négligeable pour les sujets EHS.

L'élaboration d'un outil de prise en charge de ces sujets, qui intègre à la fois la multiplicité des symptômes et leur possible regroupement syndromique, nécessite à l'évidence un travail collectif des équipes ayant une expérience de la question, comme cela a été fait pour d'autres symptômes ou syndromes médicalement inexpliqués (cf. ci-dessous).

## 2. Études expérimentales, dites de « provocation »

Le moyen le plus simple de démontrer l'existence d'un lien causal entre des expositions à un champ électromagnétique et les symptômes attribués par les sujets à ces expositions est de comparer, en laboratoire dans des conditions expérimentales strictes, les réponses de sujets HS-EM et de témoins à des expositions réelles et simulées

Les études de ce type, dites études de provocation, ont été suffisamment nombreuses pour permettre la rédaction de 4 revues, (1) celle de Rubin et al (2005) reprenant les 31 études réalisées avant cette date, qu'elles aient porté sur les ondes émises par les écrans cathodiques, les radiofréquences de la téléphonie mobile ou les extrêmement basses fréquences ; (2) celle de Rössli et al (2008) consacrées uniquement aux effets des RF de la téléphonie mobile ; (3) celle encore de Rubin et al (2010) synthétisant les 16 études postérieures à la revue de 2005, et enfin (4) celle de Rubin et al (2011) portant uniquement sur effets physiologiques et ou cognitifs constatés lors de 29 études d'activation. Ces 4 revues concluent de façon identique que les sujets HS-EM ne sont pas plus capables que les témoins de reconnaître la présence d'un CEM et qu'ils ne présentent pas plus de symptômes pendant les périodes d'exposition réelle que pendant celles d'exposition simulée. Les auteurs en déduisent que l'exposition

aux CEM n'est pas la cause principale des symptômes ressentis par ces sujets. Ils relèvent en outre plusieurs études, jusqu'à 8 dans la revue de Rubin et al (2010), mentionnant l'apparition de symptômes fonctionnels ou la perception de CEM lors d'exposition simulées, ce qui suggère l'existence d'un effet nocebo dans les mécanismes de l'HS-EM. A l'appui de cette hypothèse, Rubin et al (2010) analyse une étude qui mérite d'être rapportée plus en détail ici.

Landgrebe et al (2008) ont en effet couplé pour la première fois le paradigme de provocation et le paradigme d'activation cérébrale qui a permis le progrès des connaissances des bases cérébrales des fonctions psychiques. Ces auteurs ont étudié, en IRM fonctionnelle, les réponses du circuit de la douleur (cortex cingulaires antérieurs et insulaires) à une stimulation douloureuse classique (calorique) et à une exposition simulée à des RF de type téléphonie mobile, chez 15 sujets HS-EM et 15 témoins appariés en âge et sexe. Pendant la stimulation douloureuse, une activation des cortex cingulaires antérieurs et insulaires a été observée, de façon similaire et conforme aux données de la littérature, dans les deux groupes. Pendant l'anticipation et l'exposition simulée aux RF, en revanche, cette activation et celle du gyrus fusiforme n'a été observée que chez les sujets HS-EM et s'est accompagnée chez ces derniers de la perception de symptômes fonctionnels. Cette relation entre les symptômes ressentis pendant l'exposition simulée et l'activation spécifique des cortex cingulaires antérieurs et insulaires constitue un argument fort en faveur de l'implication de ces aires corticales dans la génération de ces symptômes fonctionnels. Sous réserve de réplication, cette étude pourrait apporter la preuve d'une base cérébrale à l'effet nocebo et au rôle joué par ce dernier dans les mécanismes impliqués dans l'HS-EM.

Récemment, l'équipe de Shreveport, Louisiane, a développé un nouveau protocole de provocation qui pourrait orienter vers d'autres pistes. Son originalité est de comparer les effets d'expositions à un champ électrique « pulsé » aux effets d'expositions à un champ électrique continu de mêmes caractéristiques et d'expositions simulées (McCarty et al, 2011). Bien que ce protocole n'ait été appliqué qu'à une seule patiente HS-EM, sans comparaison avec un sujet témoin, et qu'il ne soit pas exempt de défauts méthodologiques, ses résultats font qu'il mérite d'être examiné avec attention. Les auteurs ont développé un système permettant d'exposer la tête d'un sujet à un champ électrique sinusoïdal de 60Hz, 300 V/m de façon, soit pulsée à la fréquence de 10Hz (temps d'exposition de 100 ms alternant avec des temps de non exposition de 100 ms), soit continue, soit simulée. Trois sessions expérimentales distinctes ont été réalisées. Les deux premières avaient pour but de comparer les effets de ces 3 types d'exposition, appliquées sous forme de séquences de 100 s, sur les symptômes ressentis par la patiente pendant l'expérience. Celle-ci était interrogée à la fin de chaque séquence sur la survenue de symptômes et sur leur intensité et la séquence suivante ne commençait que lorsque le(s) symptôme(s) s'était(en)t apaisé(s). La première expérimentation comparait les effets de 10 séquences d'exposition pulsée et de 10 séquences d'exposition simulée, délivrées au hasard, et la deuxième les effets de 5 séries de 3 séquences (toujours de 100 s) d'exposition simulée, continue et pulsée, délivrées systématiquement dans cet ordre. Dans les 2 cas, les symptômes apparus pendant et/ou après l'exposition pulsée étaient significativement ( $p < 0,05$ ) plus fréquents et plus intenses que ceux provoqués par l'exposition continue ou l'exposition simulée. Une troisième session expérimentale avait pour but de tester la perception du champ par la patiente. Les taux de réponses positives de 8,7% pendant les essais d'exposition réelle ( $n=293$ ) et de 9,9% pendant les essais d'exposition simulée ( $n=150$ ) montrent que la patiente était incapable de percevoir consciemment la présence du champ. Pour les auteurs, cette absence de perception serait un argument en faveur de la réalité biologique des effets de l'exposition pulsée et de l'hypothèse, non étudiée avant eux, que cette réalité serait liée aux transitions ON/OFF.

### 3. Études épidémiologiques

Elles ont porté sur deux thèmes distincts : la prévalence de l'HS-CEM et l'état sanitaire autour des antennes relais de téléphonie mobile.

En l'absence de critères de diagnostic autres que les déclarations des personnes, les études de prévalence doivent être considérées avec circonspection. Bien qu'elles donnent des résultats très variables, elles semblent traduire une augmentation du nombre de cas en fonction du temps. En 2002, cette prévalence était évaluée à 1,5% en Suède (Hillert et al, 2002) et à 3,2% en Californie (Levallois et al, 2002). Elle montait ensuite à 13,3% en Autriche (Spiss, 2003), pour redescendre à 11% en Grande-Bretagne (Fox, 2004), à 8-10% en Allemagne (Infass, 2006), à 5% en Suisse (Schreier et al, 2006), à 4% en Grande-Bretagne (Eltiti et al, 2007a) et à 3,5% en Autriche (Schrötnner & Leitgeb, 2008). Les dernières estimations sont sensiblement plus élevées : 8,6% de sujets se qualifiant d'électro hypersensibles et 12,9% de sujets établissant une relation entre une exposition à des CEM et des symptômes fonctionnels dans l'étude déjà citée de Rössli et al (2010) sur le suivi à un an d'une cohorte représentative de 1122 sujets, et 13,3% dans un groupe de 1251 personnes représentatif de la population de Formose (Meg Tseng et al, 2011). Il est intéressant de noter que, dans cette dernière étude, la prévalence des

formes très sévères n'était que de 1,3%, celle des formes sévères de 3,2% et celle des formes modérées et légères de 8,7%.

Les études sur les effets des antennes relais de téléphonie mobile sur la symptomatologie fonctionnelle et la qualité de vie ont été et restent difficiles à réaliser correctement. Elles sont relativement peu nombreuses et comportent, comme le montre la revue de Rössli et al (2010a) qui leur est consacrée, des biais dans l'évaluation de l'exposition, dans la sélection des patients, dans la randomisation ou dans la prise en compte des confondeurs. Les premières études (Hutter et al, 2006 ; Abdel-Rassoul et al, 2007) notent une augmentation des symptômes (maux de tête et difficultés de concentration dans les deux études, pieds et mains froides dans la première, troubles de la mémoire, du sommeil, de la vision et de l'équilibre dans la seconde) chez les sujets les plus proches des antennes. Mais, elles ne décrivent pas de tableau cohérent tant en ce qui concerne les symptômes que pour ce qui est des types d'exposition. Par la suite, plus l'évaluation de l'exposition est devenue sophistiquée et individuelle, moins les symptômes ont été fréquents.

#### 4. Associations et corrélats

Qu'elles concernent les pathologies ou les corrélats biologiques, fonctionnels ou psychiques, ce sont elles qui offrent les perspectives les plus intéressantes

##### 4.1. Associations pathologiques

Elles ont été rapportées d'abord par les malades eux-mêmes ou leur groupement de défense (Philips & Philips, 2003, cité par Irvine, 2005; Schooneveld & Kuiper, 2008), puis confirmées par des études classiques (Eltiti et al, 2007 ; Dahmen et al, 2009). Ainsi, Schooneveld & Kuiper (2008), au nom d'une association néerlandaise, rapportent un nombre de pathologies associées (n=91) presque égal à celui des sujets HS-EM étudiés (n=93) et les répartissent en burnout (n=16), sensibilité chimique multiple (n=16), fibromyalgie (n=13), syndrome de fatigue chronique (n=13), lésions de contrainte répétitive (n=8), maladie de Pfeiffer (n=6), maladies métaboliques (n=5), syndrome du bâtiment malsain (n=4), syndrome de stress post-traumatique (n=3), maladie de Sudeck (n=3), maladie de Lyme (n=2), et dermatose polymorphe chronique (n=2). Pour leur part, Eltiti et al (2007) ont décrit une fréquence significativement plus élevée ( $p < 0,01$ ) de maladies chroniques dans un groupe de 50 sujets HS-EM (32,0%) comparé à un groupe de 261 témoins (14,6%), les pathologies les plus fréquemment observées par ces auteurs étant le syndrome de fatigue chronique (9,1%), le diabète (8,0%), les maladies ostéo-articulaires (6,8%) et l'hypo ou l'hyperthyroïdie (4,5%). Ces constatations sont à rapprocher de celles de Dahmen et al (2009) qui, s'appuyant sur le fait que les principaux symptômes décrits par les sujets HS-EM sont aussi ceux que l'on retrouve chez les patients atteints de dysfonctionnement thyroïdien, de maladie hépatique, d'anémie, de maladie rénale ou d'inflammation chronique, ont comparé les bilans biologiques standards de 132 sujets HS-EM et de 101 témoins. Ces auteurs ont observé une fréquence significativement plus élevée ( $p = 0,042$ ) de sujets ayant un taux anormalement bas de TSH chez les sujets HS-EM (6,1%) que chez les témoins (0,9%) et des valeurs moyennes de transaminases plus élevées chez sujets HS-EM que chez les témoins, tant pour le SGPT ( $26,54 \pm 15,66$  U/L contre  $22,50 \pm 13,65$  U/L,  $p = 0,007$ ) que pour les SGOT ( $26,88 \pm 9,09$  U/L contre  $25,64 \pm 13,42$  U/L,  $p = 0,003$ ), seuls 3 sujets HS-EM cependant ayant des valeurs de SGPT anormalement élevées.

Ces données appellent deux commentaires. Le premier est que l'un des critères proposés par l'OMS pour parler d'HS-EM, à savoir l'absence d'explication organique aux symptômes fonctionnels ressentis par les patients, est loin d'être respecté. Si l'on tient compte des résultats relatifs au diabète, aux dysfonctionnements thyroïdiens, aux troubles hépatiques, à la maladie de Pfeiffer et à la maladie de Lyme, ce sont probablement au moins 10% de sujets qui sont inclus indûment dans de nombreuses études sur l'HS-EM. Ceci contribue à l'hétérogénéité des populations étudiées et réduit la sensibilité des résultats. Il semble donc indispensable de faire de la présence d'une anomalie biologique significative un critère d'exclusion absolu pour les futures études et de tenir compte de l'intérêt porté à cette question dans l'interprétation des résultats des études antérieures. Par ailleurs, en pratique courante, il serait d'autant plus regrettable de se priver des possibilités thérapeutiques offertes par ces anomalies qu'aucune thérapeutique n'a à ce jour fait clairement la preuve de son efficacité dans le traitement de l'HS-EM.

Le deuxième commentaire concerne les syndromes médicalement inexpliqués, qui semblent être encore plus fréquemment associés à l'HS-EM que les maladies indiquées ci-dessus. La question posée ici est celle du degré de ressemblance et de différence, aux plans clinique et physiopathologique, entre ces différentes affections. Déjà, comme cela a été dit en introduction, l'OMS a réuni sous le même vocable d'intolérance idiopathique environnementale le syndrome de sensibilité chimique multiple ou syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques

(SIOC) et l'HS-EM. Il est surprenant que ce rapprochement, qui s'appuie sur une argumentation a priori, n'est pas fait l'objet d'études de terrain. On dispose pour le SIOC d'un outil de diagnostic, le QEESI, bien adapté au problème et largement utilisé dans le monde, ce qui n'est pas le cas, comme cela a été dit plus haut, pour l'HS-EM. Une comparaison rapide des questionnaires du QEESI sur les symptômes fonctionnels et les sources d'exposition et des données correspondantes disponibles pour l'HS-EM montre que le QEESI n'est pas applicable en l'état aux patients HS-EM. C'est donc un outil de diagnostic applicable aux deux syndromes qu'il conviendrait d'élaborer. Par ailleurs, Bergdahl et al (2005) ont montré que les sujets HS-EM et ceux se plaignant de douleurs liées aux amalgames dentaires avaient des profils psychologiques comparables et Brand et al (2009) ont procédé à une étude globale, pluridisciplinaire très approfondie de 61 patients se plaignant de troubles liés à l'environnement et n'ont pu mettre en évidence une spécificité des sujets HS-EM qui représentaient pourtant plus d'un tiers de l'effectif. La poursuite des recherches comparatives entre les différents syndromes médicalement inexpliqués nécessite une harmonisation entre les différents questionnaires standardisés qui ont été élaborés pour la plupart d'entre eux.

#### 4.2. Corrélats biologiques

Il ne s'agit pas de revenir ici sur les associations pathologiques qui viennent d'être envisagées, mais de la recherche d'anomalies spécifiques. Les études anciennes ont généralement été négatives. L'hypothèse d'une infiltration mastocytaire de la peau, qui était soutenue obstinément par Johansson O (36, 37), malgré les résultats contraires de Berg et al. (38) et de Lonne-Rahm et al. (39), n'a pas reçu de confirmation. Il en est de même des travaux de Belyaev et al (2009) qui avaient constaté une augmentation significative des foyers de réparation du DNA, 53BP1 et gamma-H2AX, dans les lymphocytes de sujets HS-EM par rapport à des témoins normaux, après exposition à des RF UMTS MWs et GSM-915 MWs.

#### 4.3. Corrélats fonctionnels

Ils concernent essentiellement le concept d'électrosensibilité, tel qu'il a été défini par Leitgeb & Schröttner (2003). Ces auteurs ont proposé de distinguer nettement deux concepts, l'HS-EM qu'ils définissent, classiquement, comme les états dans lesquels des symptômes fonctionnels sont attribués à une exposition à des champs électromagnétiques, et l'électrosensibilité (ES) qu'ils définissent comme la capacité des sujets à percevoir les expositions électriques et électromagnétiques, évaluée par la mesure du seuil de perception cutanée du courant électrique. Ces auteurs ont fait en outre l'hypothèse qu'une augmentation significative de l'ES était une condition, nécessaire mais insuffisante, du développement de l'HS-EM. Pour mesurer le seuil de perception cutanée du courant électrique, ils ont construit un prototype permettant d'appliquer à l'avant-bras des sujets un courant électrique de 50 Hz et d'intensité inférieure à 5  $\mu$ A au début, puis croissant linéairement jusqu'à ce que les sujets ressentent le stimulus, les mesures étant répétées 6 fois à 3 minutes d'intervalle. A partir des valeurs individuelles moyennes et des écarts-types obtenus chez 708 adultes, ils ont construit un diagramme d'électrosensibilité permettant de répartir la population générale en sujets ayant une électrosensibilité normale (dans l'intervalle de  $\pm 1$  SD autour de la moyenne), sujets sensibles (ayant un seuil de perception inférieur à la valeur moyenne moins 1 SD), sujets très sensibles (seuil de perception inférieur à la moyenne moins 2 SD), sujets insensibles (seuil de perception supérieure à la moyenne plus 1 SD) et très insensibles (seuil de perception supérieure à la moyenne plus 2 SD). Dans un second article, Schröttner et al (2007) ont comparé à ce diagramme, trois groupes de sujets HS-EM différant par les modalités de recrutement. Ils ont montré que, pris ensembles, les sujets HS-EM avaient un seuil de perception du courant significativement plus bas que la population générale ( $p < 0,001$ ), mais avec un chevauchement important avec les valeurs observées dans la population. Toutefois, les trois groupes de sujets HS-EM avaient des valeurs de seuil de perception du courant différentes : les membres d'un groupe d'entraide autrichien (G1) avaient des valeurs proches de celles de la population générale et n'étaient que 21 % à être sensibles ou très sensibles, alors que les sujets des deux autres groupes, sujets suédois recrutés par voie de presse (G2) et sujets autrichiens en demande d'aide thérapeutique (G3), avaient des valeurs significativement plus basses ( $p < 0,001$ ) que les sujets de la population générale et que, d'après le diagramme d'électrosensibilité, 44% des sujets du G2 et 60% du G3 se classaient dans les groupes de sujets sensibles ou hypersensibles. Ces données n'ont pas été comparées à d'autres caractéristiques, notamment cliniques, de ces sujets. Mais, elles suggèrent qu'un mécanisme biophysique pourrait être impliqué dans la physiopathologie de l'HS-EM et qu'un seuil de perception cutanée du courant électrique pourrait être défini au-dessous duquel la probabilité pour un sujet d'être considéré comme étant HS-EM augmenterait considérablement. Cette possibilité mérite d'autant plus d'être explorée que la mesure du seuil de perception du courant électrique est largement pratiquée dans l'évaluation des neuropathies périphériques, trigéminales et urinaires et qu'il existe dans le commerce des appareils permettant une investigation plus complète et plus fiable que le prototype utilisé par l'équipe de Graz.

#### 4.4. Corrélats psychiques

Dès l'attribution de symptômes cutanés à une exposition aux écrans cathodiques, des facteurs de stress ont été mis en évidence chez ces sujets (Berg et al, 1992). Mais, il a été clairement démontré que les sujets HS-EM ne présentaient pas plus de maladies psychiatriques caractérisées que des témoins normaux (Berg et al, 1992 ; Rubin et al, 2008, Hillert et al, 2008). En revanche, des troubles modérés de la personnalité ont été fréquemment mis en évidence (Bergdahl et al, 2005 ; Brand et al, 2009 ; Johansson A et al, 2010). Comparant une population de 89 sujets HS-EM à une population de 107 témoins, Landgrebe et al (2008) ont montré que les premiers avaient une stratégie cognitive spécifique caractérisée par une plus grande rumination des symptômes ( $p<0,0001$ ), une plus grande intolérance aux symptômes physiques ( $p=0,04$ ), une plus grande lenteur pour remplir les questionnaires ( $p<0,001$ ), une plus grande impression d'être différents des autres ( $p<0,001$ ) et une plus grande vulnérabilité ( $p=0,006$ ). Mais la réelle spécificité de ces caractéristiques reste à démontrer, notamment en comparaison des autres syndromes médicalement inexpliqués.

#### 5. Contexte social

La poursuite des recherches sur l'HS-EM ne saurait s'envisager sans la prise en considération du contexte de polémique médiatique, judiciaire et juridique dans lequel elles devront se situer. En effet, ces recherches ne peuvent être faites correctement qu'avec la participation constructive de sujets HS-EM. Devant le nombre croissant de ces sujets dans de nombreux pays (cf. ci-dessus), des associations se sont formées, dès 1987 en Suède ([www.feb.se](http://www.feb.se)), puis dans la plupart des pays du nord de l'Europe, pour demander la reconnaissance de cette situation particulière comme un handicap environnemental, nécessitant une prise en charge globale et des mesures de protection spécifique, comme la diminution des émissions des antennes relais à 0,6 V/m et la création de zones blanches. En France, le mouvement a été plus tardif. Plusieurs associations ont été créées au début des années 2000. Certaines d'entre elles ont violemment contesté, en 2005, le premier rapport de l'AFSSE sur la question. Depuis, elles participent, à travers des structures dites de dialogue, à la réflexion menée sur le sujet par les organismes chargés de promouvoir la recherche (Fondation Santé & Radiofréquences, de 2005 à 2010, ANSES depuis 2011). Mais elles s'y montrent très critiques à l'égard de la plupart des publications scientifiques. En 2009, dans le cadre du Grenelle de l'environnement, elles ont obtenu l'inscription de l'HS-EM comme thème d'une « *des dix actions à mener au cours des prochaines années* ». En conséquence, le ministère de la santé a soutenu la création d'un PHRC (Programme Hospitalier de Recherche Clinique) chargé d'organiser la prise en charge des sujets se déclarant atteints de ce trouble dans 24 centres de consultation de pathologie professionnelle (CCPP) en France. Avant même la mise en place de cette opération, un appel au boycott a été lancé par plusieurs associations. Parallèlement, ces mêmes associations soutiennent les actions en justice entreprises par de collectifs locaux pour empêcher l'installation de nouvelles antennes ou pour en faire démonter d'autres. Elles ont même poussé quelques municipalités à réglementer, au nom du principe de précaution, l'installation des antennes sur leur commune ; mais trois arrêts du Conseil d'Etat, en octobre 2011, ont mis un terme à ces pratiques. Cette décision n'a pas contribué à améliorer les relations des associations et des personnes qui adhèrent à leurs idées avec les pouvoirs publics. Le rétablissement d'un climat plus serein fait partie d'un préalable à la poursuite des travaux.

#### Conclusions

Les recherches sur l'HS-EM souffrent encore aujourd'hui du manque d'un outil de recherche clinique pertinent permettant de définir des critères d'inclusion précis, mais aussi des critères de diagnostic utilisables en pratique courante. Ceci se répercute sur la qualité de toutes les autres études. Quelques résultats incitent cependant à poursuivre les recherches sur ce concept. Il en est ainsi de la constatation simultanée d'une activation des aires corticales de la douleur et la survenue de symptômes fonctionnels lors d'une exposition simulée aux RF de la téléphonie mobile, qui fournit un argument fort en faveur d'un effet placebo. Il en est de même pour la baisse du seuil de perception cutanée de l'électricité. Une relation de confiance avec une population de sujets HS-EM est indispensable à la réalisation de ces travaux.

#### Références

- Berg M, Arnetz BB, Lidén S, Eneroth P, Kallner A. (1992) Techno-stress: a psychophysiological study of employees with VDU-associated skin complaints. *J Occup Med* 1992;34:698-701
- Bergdahl J, Marell L, Bergdahl M, Perris H. (2005) Psychobiological personality dimensions in two environmental-illness patient groups. *Clin Oral Investig* 9(4):251-6
- Brand S, Heller P, Bircher AJ, Braun-Fahrleander C, Huss A, Niederer M, Schwarzenbach S, Waeber R, Wegmann L, Kuechenhoff J. (2009) Patients with environment-related disorders: comprehensive results of interdisciplinary diagnostics. *Int J Hyg Environ Health* 212(2):157-71

- Eltiti S, Wallace D, Zougkou K, Russo R, Joseph S, Rasor P, Fox E. (2007) Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics* 28: 137-151
- Gangi S, Johansson O. (2000) A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans. *Med Hypotheses*. 54(4):663-71
- Heinrich S, Ossig, Schlittleier S, Hellbrück J. (2007) Elektromagnetische Felder einer UMTS-Mobilfunkbasisstation und mögliche Auswirkung auf die Befindlichkeit - eine experimentelle Felduntersuchung. *Umwelt Med Forsch Prax.* 12:171-180
- Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, Bellander T. (2002) Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health* 28(1):33-41
- Hillert L, Akerstedt T, Lowden A, Wiholm C, Kuster N, Ebert S, Boutry C, Moffat SD, Berg M, Arnetz BB. (2008) The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study *Bioelectromagnetics* 29.3:185-96
- Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Kundi M. (2006) Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006;63:307-13
- Irvine N. (2005) Definition, Epidemiology and Management of Electrical Sensitivity. Report of the Radiation Protection Division of the Health Protection Agency. Ireland
- Johansson O. (2006) Electrohypersensitivity: state-of-the-art of a functional impairment. *Electromagn Biol Med* 25(4):245-58
- Johansson A, Nordin S, Heiden M, Sandström M. (2010) Symptoms, personality traits, and stress in people with mobile phone-related symptoms and electromagnetic hypersensitivity. *J Psychosom Res* 68(1):37-45
- Landgrebe M, Barta W, Rosengarth K, Frick U, Hauser S, Langguth B, Rutschmann R, Greenlee MW, Hajak G, Eichhammer P. (2008) Neuronal correlates of symptom formation in functional somatic syndromes: a fMRI study. *Neuroimage* 15; 41(4):1336-44
- Leitgeb N, Schröttner J. (2003) Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics* 24(6):387-94
- Levallois P. (2002) Hypersensitivity of Human Subjects to Environmental Electric and Magnetic Field Exposure: A Review of the Literature. *Environ Health Perspect* 110(suppl 4):613-618
- Mc Carthy DE, Carruba S, Chesson AL, Frilot C, Gonzalez-Toledo E, Marino AA. (2011) Electromagnetic Hypersensitivity: Evidence for a Novel Neurological Syndrome. *Int J Neurosci* 121(12):670-6
- Meg Tseng MC, Lin YP, Cheng TJ. (2011) Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: A population-based study. *J Formos Med Assoc* 110(10):634-41
- Röösli M, Frei P, Mohler E, Hug K. (2010a) Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bull World Health Organ* 88:887-896G
- Röösli M, Mohler E, Frei P. (2010b) Sense and sensibility in the context of radiofrequency electromagnetic field exposure. *C.R. Physique* 11:576-84
- Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. (2005) Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 2005;67(2):224-32
- Rubin GJ, Cleare AJ, Wessely S. (2008) Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones. *J Psychosom Res.* 64(1):1-9; discussion 11-2
- Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. (2010) Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 31(1):1-11
- Rubin GJ, Hillert L, Nieto-Hernandez R, van Rongen E, Oftedal G. (2011) Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 32(8):593-609
- Seitz H, Stinner D, Eikmann T, Hern C, Röösli M. (2005) Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication--a literature review published between 2000 and 2004. *Sci Total Environ* 349 (1-3) 45-55
- Stenberg B, Bergdahl J, Edvardsson B, Eriksson N, Lindén G, Widman L. (2002) Medical and social prognosis for patients with perceived hypersensitivity to electricity and skin symptoms related to the use of visual display terminals. *Scand J Work Environ Health* 28(5):349-57