

## EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

### Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences Synthèse de l'expertise internationale

Saisine Afsset n°« 2008/006 »

---

Ce document synthétise les travaux du comité d'experts spécialisés et des rapporteurs.

---

### Présentation de la question posée

L'Afsset a été saisie le 25 juin 2008 par les ministères en charge de la santé, de l'environnement et du travail afin de conduire une expertise relative aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. Il était notamment demandé à l'Afsset de réaliser une synthèse des travaux de l'expertise internationale et de proposer des recommandations afin de mieux quantifier l'exposition de la population à ces champs.

Plus précisément, l'Afsset a été sollicitée pour :

- réaliser une synthèse des travaux de l'expertise internationale ;
- réaliser une analyse méthodologique de l'étude Expers (Exposition des personnes), qui vise à évaluer l'exposition de la population française aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences ;
- réaliser une analyse méthodologique de l'enquête citoyenne du Criirem<sup>1</sup>, menée dans l'ouest de la France ;
- établir la contribution des différents équipements et situations à l'exposition de la population aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences et faire des recommandations et des propositions afin de mieux quantifier le niveau d'exposition de la population française aux champs électromagnétiques ;
- faire des propositions d'études et de recherches pour améliorer les connaissances scientifiques dans le domaine des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences.

### Contexte scientifique

La question de l'impact sanitaire des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences a été étudiée depuis plusieurs décennies, notamment après la publication en 1979 d'une étude épidémiologique qui a fait date (Wertheimer et Leeper, 1979)<sup>2</sup>, les auteurs associant des cancers développés par des enfants dans certaines habitations du Colorado (États-Unis) avec la présence de réseaux électriques dans leur environnement. Par la suite, de nombreux travaux ont été publiés dans le monde, aussi bien dans les domaines de l'épidémiologie que des effets des champs *in vitro* et *in vivo*. En dépit d'associations statistiques identifiées par plusieurs études entre l'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences et les leucémies infantiles, aucun lien de cause à effet n'a pu être clairement identifié. La part d'incertitude qui entoure encore la question concernant les effets sanitaires des

---

<sup>1</sup> Centre de recherche et d'information indépendantes sur les rayonnements électromagnétiques

<sup>2</sup> Wertheimer N., Leeper E. (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol.*; 109(3):273-84.

champs extrêmement basses fréquences, en particulier à long terme, alimente les préoccupations et les interrogations du public, focalisées notamment autour des ouvrages de transport d'électricité. L'impossibilité de la science à démontrer l'absence d'effet sanitaire lié à l'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences et la publication régulière d'études dont les résultats sont parfois difficilement interprétables nourrissent les incertitudes et les inquiétudes.

La publication par le CIRC en 2002<sup>3</sup> du classement des champs magnétiques extrêmement basses fréquences dans la catégorie 2B (cancérogènes possibles pour l'homme), en raison des incertitudes persistantes liées aux études épidémiologiques ayant associé l'exposition à ces champs avec un excès de risque de leucémies infantiles, a marqué un tournant dans l'expertise des risques sur ce sujet.

Depuis la publication en 2004 d'un rapport remis à la Direction générale de la santé (DGS) (DGS, 2004)<sup>4</sup>, d'autres données d'expertise sont parues dans le monde. En particulier, l'OMS<sup>5</sup> et le Scenih<sup>6</sup> ont communiqué des positions scientifiques sur cette question des effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. En France, les travaux récents ou en cours sur le sujet ont été principalement tournés vers l'amélioration de la mesure de l'exposition et sa prise en compte dans les études épidémiologiques.

## Organisation de l'expertise

L'Afsset a confié au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » l'instruction de cette saisine. Le CES, au cours de sa séance du 9 mars 2009, a mandaté des experts rapporteurs pour la réalisation de l'expertise. Les travaux d'expertise de ces rapporteurs ont été soumis au CES, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les critères de compétence, d'indépendance et de transparence tout en assurant la traçabilité.

## Description de la méthode

Les experts rapporteurs se sont réunis une première fois le 7 juillet 2009. Cette réunion a permis de préciser les objectifs de la saisine ainsi que de construire l'architecture du rapport. Une seconde réunion a eu lieu le 27 octobre 2009 pendant laquelle les rapporteurs ont pu prendre connaissance des contributions fournies par chacun.

Les agents de l'Afsset ont par la suite exploité les contributions de chaque rapporteur afin de présenter un rapport au CES « Agents Physiques » répondant à la saisine de ses ministères de tutelle.

Quatre auditions ont été réalisées au cours de l'instruction de cette saisine :

- représentants du projet Expers le 9 septembre 2009 ;
- représentants de RTE (Réseaux de transport électrique) le 29 septembre 2009 ;
- représentants du Criirem le 7 octobre 2009 ;
- représentants d'EDF (Électricité de France) le 13 octobre 2009.

Les recommandations proposées dans le rapport sont issues d'une réflexion collective impliquant les experts rapporteurs, notamment dans le cadre de réunions téléphoniques.

---

<sup>3</sup> IARC. (2002). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 80: Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. 445 p.

<sup>4</sup> DGS. (2004). Aurengo A., Clavel J., de Seze R., Guénel P., Joussot-Dubien J., Veyret B. Champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence et santé. 61 p.

<sup>5</sup> WHO. (2007). Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria 238. 543 p.

<sup>6</sup> SCENIHR. (2009). Health Effects of Exposure to EMF. Brussels: European Commission, Health and Consumers DG. 83 p.

## Résultat de l'expertise collective

Le rapport d'expertise propose des généralités sur les champs électromagnétiques, et notamment les champs magnétiques extrêmement basses fréquences, avant d'exposer un recueil des données disponibles en matière de connaissance des expositions à ces champs. Une focalisation est proposée sur 3 études particulières, désignées spécifiquement dans la saisine : le cas de l'étude d'exposition réalisée à Champlan (Essonne) par l'Afsset, l'étude Expers, ainsi que l'enquête réalisée par l'association Criirem. La littérature disponible a été analysée afin de recueillir et synthétiser les données disponibles en matière de champ émis par les diverses sources répertoriées. Au cours des dernières années, des rapports provenant d'organismes internationaux (OMS), et d'institutions nationales (RIVM aux Pays-Bas, HPA et NRPB en Grande-Bretagne) ont été publiés, présentant des données d'exposition de la population aux champs électromagnétiques. Pour compléter ces informations, il a été demandé au laboratoire d'électromagnétisme de Supélec de réaliser des mesures de champs à proximité d'appareils couramment rencontrés dans la vie quotidienne. Les résultats sont présentés à la fin du chapitre consacré aux données d'exposition.

Le quatrième chapitre de ce rapport présente un résumé des connaissances actuelles sur les interactions entre le vivant et les champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences, ainsi qu'une synthèse de l'expertise internationale sur le sujet, à travers l'analyse des différents rapports disponibles parus depuis 2004.

Enfin, les conclusions et recommandations discutées avec les experts rapporteurs sont présentées en fin de ce rapport.

Le Comité d'Experts Spécialisés « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » a adopté les travaux d'expertise collective ainsi que ses conclusions et recommandations, lors de sa séance du 26 janvier 2010 et a fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset.

## Conclusions et recommandations de l'expertise collective

### Conclusions de l'expertise collective

Il ressort des études portant sur la mesure de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques basses fréquences publiées ces dernières années ou encore en cours, que la connaissance de cette exposition a progressé. La nature des sources responsables de ces émissions est connue mais encore insuffisamment documentée et les moyens métrologiques disponibles permettent par exemple aujourd'hui de simuler l'exposition au champ créé par les lignes de transport d'électricité. Les outils de mesure du champ à disposition aujourd'hui permettent de caractériser les émissions des ouvrages de transport d'électricité ou des appareils électroménagers. Par ailleurs, des appareils spécifiques permettent de quantifier l'exposition individuelle des personnes aux différentes sources de champ, dans leurs activités quotidiennes. Ces outils doivent permettre de mieux évaluer l'exposition des personnes et sa répartition entre les différentes sources, notamment pour améliorer les études épidémiologiques, qu'elles s'intéressent à la population générale ou à des populations professionnelles spécifiques.

L'étude d'exposition réalisée à Champlan a proposé une méthode nouvelle d'investigation de l'exposition individuelle aux champs magnétiques extrêmement basses fréquences.

L'étude Expers étant toujours en cours, les données disponibles ne permettent pas de se prononcer sur l'ensemble des éléments méthodologiques. Cependant, en raison d'un faible taux de participation, en particulier chez les enfants, l'échantillon retenu n'est pas réellement représentatif de la population française.

L'enquête réalisée par le Criirem souffre d'un nombre important de biais (mauvaises conception et gestion du questionnaire, populations étudiées mal définies, mesures des expositions non pertinentes, etc.) qui ne permettent pas d'interpréter et de valider scientifiquement ses résultats.

En ce qui concerne de possibles effets à long terme, il existe une forte convergence entre les différentes évaluations des expertises internationales (organisations, groupes d'experts ou groupes de recherche), qui se maintiennent dans le temps. Une association entre exposition aux champs magnétiques extrêmement basses fréquences et leucémie infantile, à partir d'une exposition résidentielle moyennée de 0,2 à 0,4  $\mu\text{T}$ , a été indiquée avec une certaine cohérence des études épidémiologiques, mais une interprétation de cette corrélation en termes de cause et d'effet n'est soutenue ni par des études sur animaux ni par des études *in vitro* sur des systèmes cellulaires.

À partir de ces données, le CIRC a classé le champ magnétique de fréquences 50-60 Hz comme cancérigène possible (catégorie 2B). Cette classification repose surtout sur des données épidémiologiques, et l'absence de mécanisme biochimique identifié, notamment, justifie que cet agent physique ne soit pas classé en catégorie supérieure.

L'absence de relation claire entre des niveaux croissants d'exposition et l'augmentation du risque d'apparition d'un effet biologique, les résultats négatifs des études expérimentales, notamment celles conduites chez l'animal, et l'absence de mécanisme d'action plausible, ont conduit l'Icnirp, pour la définition de valeurs limites d'exposition (100  $\mu\text{T}$  pour le champ magnétique à 50 Hz, pour le public), à s'en tenir aux valeurs basées sur l'induction de courants induits. Une proposition de révision des recommandations de l'Icnirp, confirmant les valeurs limites actuelles, a été publiée récemment et est soumise à consultation publique.

Il faut noter que la valeur de 0,4  $\mu\text{T}$  ne peut pas être avancée comme un niveau de risque effectif, au-delà duquel la probabilité de voir survenir des effets sanitaires dommageables serait démontrée. C'est également la position de l'OMS [OMS, 2007, aide-mémoire n°322] qui considère que les preuves scientifiques d'un possible effet sanitaire à long terme sont insuffisantes pour justifier une modification des valeurs limites d'exposition.

Aucune relation entre les champs magnétiques extrêmement basses fréquences et des pathologies autres que les cancers n'a été établie, cependant, l'hypothèse de l'implication de ces champs dans les pathologies neurodégénératives (Alzheimer et sclérose latérale amyotrophique) ne peut être écartée.

## Recommandations

### Caractérisation de l'exposition

Le CES recommande, en matière de métrologie, pour réaliser des évaluations de l'exposition :

- de disposer d'appareils peu coûteux et d'encombrement réduit, dans l'objectif de cartographier précisément de nombreux lieux (dont des lieux fixes avec des dispositifs garantissant une autonomie suffisante) ;
- de disposer d'une méthodologie de référence donnant suffisamment d'informations, en particulier spectrales, pour réduire une partie des aléas des études, en standardisant les méthodologies de mesures, notamment pour les ouvrages de transport d'électricité, mais aussi pour les transports ferroviaires ;
- d'encourager les laboratoires d'essais et de métrologie en électromagnétisme à obtenir une accréditation de type COFRAC pour la réalisation de mesures de champs magnétiques basses fréquences, dans l'objectif de diversifier les acteurs ;

- d'encourager les sociétés qui exploitent des réseaux de distribution ou de transport d'électricité à disposer de données consultables de l'exposition aux champs électromagnétiques.

Concernant l'exposition du public :

- de compléter la méthodologie de la mesure de l'exposition dans les lieux de vie de la population étudiée par des mesures directes de l'exposition individuelle réelle, et par des enregistreurs individuels portables ;
- d'évaluer l'exposition réelle des personnes aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. Il est recommandé de considérer des temps de mesures supérieurs à 24 h, idéalement sur une période d'une semaine et de répéter les mesures en différentes saisons de l'année ;
- d'effectuer des mesures en population générale de la contribution des diverses sources à l'exposition globale aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences (lignes haute-tension, appareils électrodomestiques, transport, *etc.*). Le CES recommande également de caractériser l'exposition de certains équipements sources de champs non encore étudiés : voiture électrique, *etc.*

Concernant l'exposition des travailleurs :

- informer les acteurs concernés de l'évolution de la directive européenne fixant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) ;
- fournir une aide technique et scientifique aux entreprises pour la mise en place de la directive européenne ;
- identifier les situations d'expositions majeures et mineures, notamment dans les petites et moyennes entreprises et caractériser les différentes expositions en fonction des sources ou des activités ;
- organiser une veille scientifique sur la question de l'exposition et des effets sanitaires éventuels des champs magnétiques extrêmement basses fréquences en milieu professionnel.

### **Études et recherches sur les effets biologiques et sanitaires des champs extrêmement basses fréquences**

Afin de compléter les connaissances scientifiques sur les effets potentiels des champs extrêmement basses fréquences, le CES recommande :

#### ***En matière d'épidémiologie***

- de réaliser des études épidémiologiques ciblées sur des conditions d'expositions particulières : situations d'expositions importantes, milieu professionnel, *etc.*, et qui prennent bien en compte la caractérisation de l'exposition ;
- de prendre en compte l'impact des expositions multifactorielles (co-expositions) ;
- de rappeler l'importance de réaliser des études de faisabilité préalablement aux études épidémiologiques de grande ampleur ;

- de poursuivre les travaux concernant les pathologies autres que les cancers (maladie d'Alzheimer et sclérose latérale amyotrophique notamment), en raison du déficit d'information actuel ;
- d'actualiser les analyses groupées existantes sur la leucémie infantile, et les tumeurs cérébrales, à l'aide des nouvelles données aujourd'hui disponibles.

### **Concernant la recherche d'effets biologiques**

Le CES recommande :

- de mieux contrôler les conditions expérimentales permettant d'évaluer les effets biologiques ainsi que la caractérisation de l'exposition des modèles ;
- de développer des recherches sur les conséquences de l'exposition à un champ magnétique extrêmement basses fréquences sur le développement des systèmes immunitaires et hématopoïétiques chez le jeune animal ;
- de mener des expérimentations avec des expositions *in utero* ou du moins précoces dans la vie, prolongées ou répétées dans le temps, autres que les études de tératologie et de développement. Les paramètres à étudier doivent être en lien avec le cancer (cancérogénèse, génotoxicité et cytogénétique, etc.), mais aussi avec la leucémie lymphoblastique aiguë ;
- de mener des études permettant de caractériser expérimentalement une relation causale entre champs magnétiques extrêmement basses fréquences et leucémies de l'enfant ;
- d'encourager l'utilisation de modèles animaux de leucémie lymphoblastique aiguë ; notamment par la mise au point des modèles murins transgéniques de leucémie infantile utilisables dans les études sur les champs extrêmement basses fréquence ;
- d'étudier de manière approfondie les mécanismes des paires de radicaux dans les cellules immunitaires qui génèrent des espèces radicalaires de l'oxygène dans le cadre de leur fonction phénotypique ;
- de réaliser des études qui permettent de comprendre les éventuels mécanismes d'effets co-cancérogènes ;
- de tester les interactions entre les champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences et des agents dont la toxicité est établie (agents génotoxiques notamment) en utilisant des protocoles de toxicologie standardisés et une puissance statistique suffisante ;
- de conduire des études visant à vérifier l'existence d'effets synergiques et à déterminer les seuils éventuels pour l'apparition de tels effets.

### **Concernant la communication du risque**

Le CES recommande :

- d'améliorer la connaissance du public sur le niveau d'exposition des personnes aux ouvrages de transport d'électricité, notamment par la mise à disposition de résultats de mesure ;
- d'envisager la création d'un site internet de vulgarisation sur le sujet des champs extrêmement basses fréquences, qui proposerait une cartographie des champs couplée à la localisation des lignes de transport d'électricité et favoriserait l'accès des citoyens français aux documents de l'expertise internationale les plus importants.

Maisons-Alfort, le 26 janvier 2010

Au nom des experts du CES

« Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements »,

**le président du CES**

