

Les effets des champs électromagnétiques dans le voisinage des lignes et postes à hautes tensions

Autor(en): **Rollier, Y.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **79 (1988)**

Heft 22

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904108>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les effets des champs électromagnétiques dans le voisinage des lignes et postes à hautes tensions

Y. Rollier

Les champs électromagnétiques produits par les installations électriques ont-ils des effets sur l'environnement? Sur la végétation et les êtres vivants? Même si dans ce domaine certaines incertitudes subsistent, on doit souligner que depuis de nombreuses années, des spécialistes de l'électricité, de la biologie, de la médecine, de l'épidémiologie, ainsi que des commissions et organisations internationales examinent ces questions. Dans l'état actuel des connaissances on peut affirmer que les champs électromagnétiques des lignes et installations à hautes et très hautes tensions n'ont pas d'effets nocifs sur les hommes, les animaux et les végétaux. Il est cependant possible de percevoir dans certaines conditions le champ électrique à proximité de ces installations, par la manifestation d'effets secondaires inoffensifs, tout au plus désagréables; c'est la raison pour laquelle les valeurs limites prescrites ou proposées dans certains pays sont du même ordre de grandeur que les champs maximum que l'on peut mesurer près de ces installations.

Adresse de l'auteur

Yves Rollier, S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), Place de la Gare 12, 1001 Lausanne.

1. Informations générales

1.1 Notre environnement électromagnétique

Notre environnement est rempli de champs électromagnétiques: dès qu'il y a présence de charges électriques, il y a un champ électrique et dès qu'il y a un déplacement ou une disposition orientée de charges électriques il y a un champ magnétique.

Ces champs électromagnétiques peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. De tels champs existent aussi dans le corps humain où certains phénomènes biologiques sont de nature électrique ou électrochimique. Par exemple les influx nerveux sont dus à des modifications de polarisation électrique des cellules (migration de ions de potassium K et de sodium Na).

Les champs électromagnétiques peuvent être continus ou alternatifs suivant la nature des courants électriques qui les induisent. En fonction de leur fréquence ou de leur longueur d'onde, les champs alternatifs peuvent avoir des effets différents sur les organismes biologiques. Les champs alternatifs sont toujours électromagnétiques c'est à dire que les champs électriques et magnétiques se manifestent simultanément. Des champs purement électriques ou purement magnétiques n'existent qu'à l'état statique, par exemple entre les pôles + et - d'une batterie, respectivement à proximité d'un aimant permanent.

1.2 Effets des champs et rayonnements électromagnétiques

On peut classer les effets reconnus des champs électromagnétiques en trois catégories principales (cf. fig. 1):

- ionisations dues au rayonnements de très hautes fréquences: rayons cosmiques, matières radioactives, rayons X et ultra-violet,

- effets calorifiques dus aux ondes de la gamme intermédiaire de fréquences: rayons infra-rouges (soleil, chauffages, fours à micro-ondes et à induction),

- irritations, stimulations nerveuses et musculaires provoquées par les champs de fréquences extrêmement faibles (ELF): sons, électricité courant fort (16 $\frac{2}{3}$, 50, 60 Hz).

Les champs et rayonnements des deux premières catégories peuvent avoir des actions nocives dans le cas de certaines applications et utilisations courantes, alors que ce n'est pratiquement pas le cas avec ceux provenant des installations à courant fort dont font partie les postes et lignes à hautes tensions.

2. Les champs électromagnétiques et leurs influences aux environs des lignes et postes à hautes tensions

Toutes les installations électriques à courant alternatif génèrent, dans leur environnement proche, des champs électromagnétiques (champs électriques et magnétiques) qui modifient les conditions électromagnétiques naturelles et provoquent certains effets, certaines perturbations.

Depuis des années, de nombreuses études ont été effectuées pour examiner l'influence électromagnétique des installations électriques sur l'environnement matériel et biologique. Plus récemment, du fait de l'augmentation des tensions de service des lignes et de la multiplication des installations électriques, des inquiétudes ont été exprimées au sujet des éventuels effets physiologiques des champs électriques et magnétiques à basse fréquence régnant à côté des ouvrages électriques.

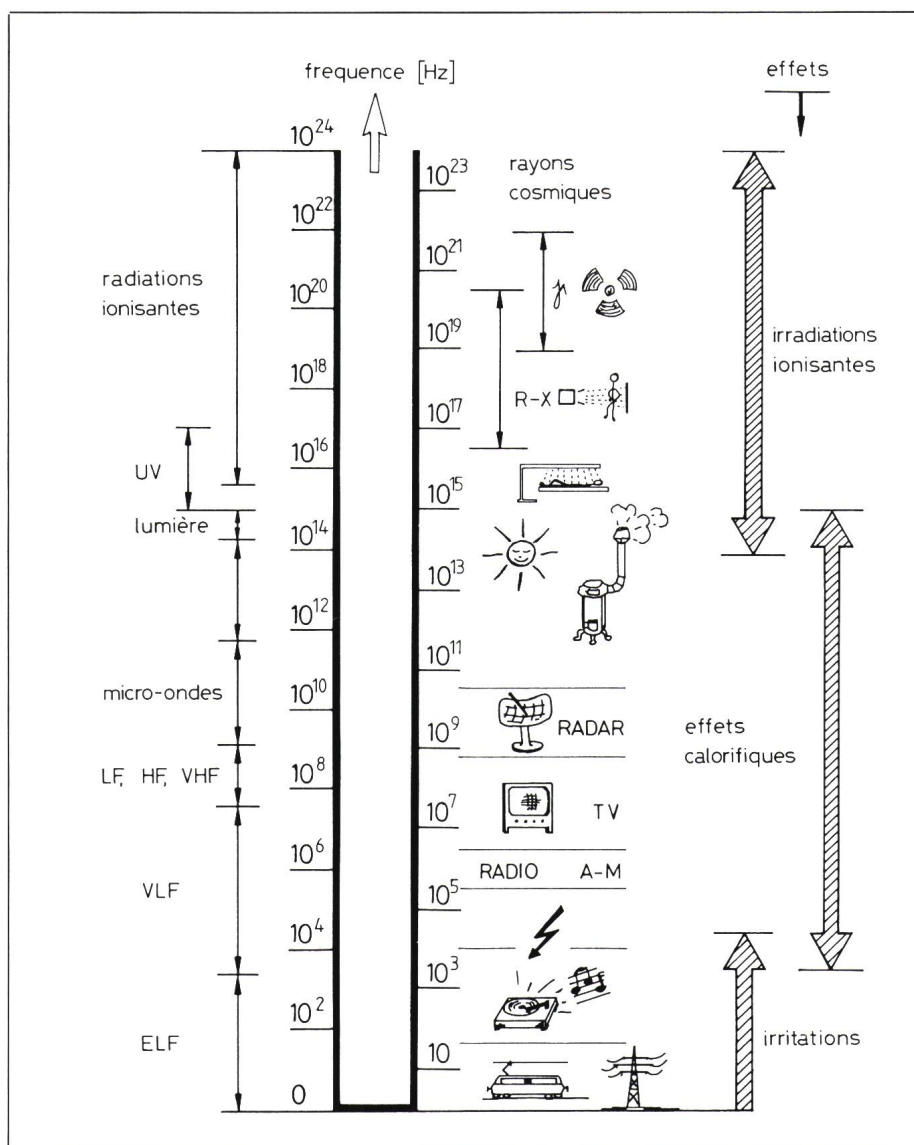


Figure 1 Champs électromagnétiques, domaines de fréquences et effets.

2.1 Champs électromagnétiques des lignes et postes à hautes tensions

Dans le voisinage de matériel électrotechnique, les champs électromagnétiques ne sont ni homogènes, ni uniformes entre un point et un autre de l'espace: ils sont influencés par la forme et la nature du matériel électrique et de tout objet placé dans leur zone d'influence. Ainsi ceux des lignes varient, ils sont maximum à proximité de la ligne, à mi-portée entre deux pylônes et diminuent dès que l'on se rapproche de ces derniers ou que l'on s'éloigne des fils conducteurs. Les lignes à hautes tensions transportent du courant triphasé et comportent en général 2×3 faisceaux de conducteurs (2×3 phases). Par une bonne disposition relative de ces derniers on peut di-

minuer les champs à des intensités minimales. En pratique on indique les valeurs des champs au sol, mesurés ou calculés à 1 m au-dessus du sol. Le tableau I donne les valeurs maximales possibles et celles résultant de calculs. Les diagrammes de la figure 2 présentent la répartition latérale des champs à mi-portée des lignes EOS 380 kV projetées.

2.2 Les phénomènes d'influence

Des courants et des tensions sont induits dans des objets conducteurs placés dans un champ électromagnétique alternatif. Les courants induits proviennent de petites oscillations de particules chargées. Dans un objet métallique il s'agit essentiellement de mouvements d'électrons, alors que dans les tissus et liquides de corps vivants la

conduction ionique est prédominante (déplacement de ions). L'intensité de ces courants induits dépend de l'importance du champ, de sa fréquence, de la forme et des dimensions de l'objet, ainsi que de la résistance de mise à terre de ce dernier. Par exemple le courant induit dans une personne adulte, placée debout dans un champ électrique vertical de 1 kV/m, est d'environ 0,015 mA.

2.3 L'effet couronne

A la surface des câbles conducteurs des lignes à hautes tensions et de leurs armatures, les champs électriques sont très élevés, ils sont renforcés en certains points singuliers tels qu'arrondis de très faibles rayons de courbure, griffures, dépôts d'impuretés, gouttes d'eau et givre. Si en ces endroits le champ électrique dépasse un certain niveau (11 à 18 kV_{eff}/cm suivant les conditions météorologiques), des décharges électriques très localisées se produisent et provoquent une ionisation de l'air: c'est l'effet couronne qui a pour conséquence:

- des pertes de transport supplémentaires,
- des perturbations des émissions radio dans le domaine des basses fréquences,
- du bruit,
- une couronne lumineuse rarement visible (essentiellement des UV),
- une très faible production d'ozone (O_3) et d'oxydes d'azote (NO_x).

3. Les effets des champs électromagnétiques dans le voisinage des lignes et postes à hautes tensions

Quelques rapports et communications scientifiques des années 60 et 70

Champs électriques/magnétiques max.

Ligne 220 kV: 6,4 kV/m / 0,030 mT
Ligne 380 kV: 9,6 kV/m / 0,055 mT

Ligne EOS-CFF 380/132 kV,
2000/380 A (2 ternes EOS, 1 terne CFF)

Phases circulaires:
max 5,98 kV/m / 0,035 mT

Phases symétriques:
max 8,45 kV/m / 0,034 mT

Tableau I Champs électromagnétiques des lignes HT 220/380 kV

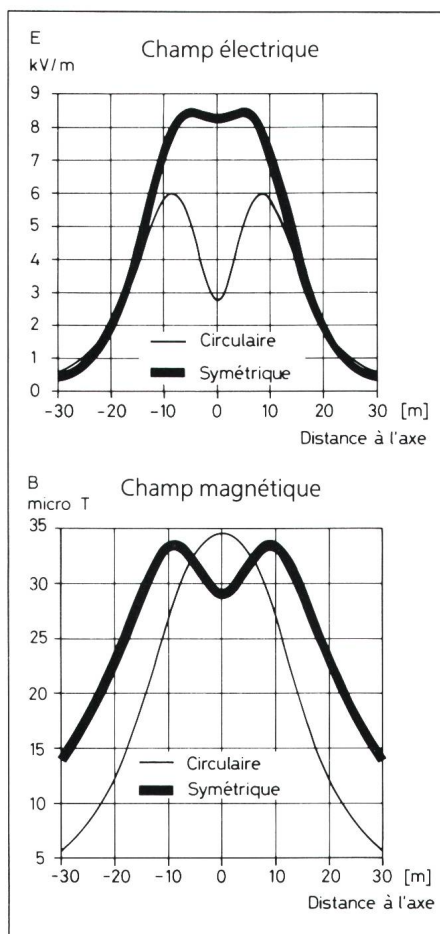


Figure 2 Ligne EOS 380 kV: Champs électromagnétiques, répartition latérale des champs.

<p>Effets étudiés sur l'homme et les animaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - courants et champs induits, - décharges électriques, - bruit dû à l'effet couronne, - polluants: ozone O₃ et oxydes d'azote NO_x produits par l'effet couronne
<p>Effets étudiés sur les végétaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - courants et champs induits, - effet couronne induit, - polluants: ozone O₃, oxydes d'azote NO_x
<p>Effets étudiés sur les matériaux et matériels</p> <ul style="list-style-type: none"> - véhicules, - bâtiments et structures métalliques, - installations d'irrigation et d'arrosage, - stimulateurs cardiaques, - fils d'alimentation de détonateurs, - mélanges inflammables, - interférences Radio-TV dues à l'effet couronne

Tableau II Les effets des champs électromagnétiques

ont fait état d'effets à long terme des champs électromagnétiques sur la santé des animaux et des hommes, ceci a motivé de nombreuses études et recherches sur tous les effets dus à ces champs et plus particulièrement sur ceux provenant des installations électriques à hautes tensions. Ces différentes études peuvent être réparties en 3 catégories dont la liste détaillée est donnée dans le tableau II.

3.1 Les effets biologiques des lignes et postes à hautes tensions

Les fonctions des corps biologiques sont basées sur des courants et des potentiels électriques, on doit donc admettre que des champs électromagnétiques alternatifs vont pouvoir agir par induction et polarisation dans ces corps, dont les tissus sont bons conducteurs d'électricité. Ainsi se pose la question suivante: Les tensions et courants induits dans les corps par les champs électromagnétiques naturels et

artificiels peuvent-ils être dangereux à court et à long termes (effets aigus et effets de doses retardés)?

Face à cette question, des spécialistes de l'électricité, de la biologie et de la médecine, travaillant pour des sociétés productrices et distributrices d'électricité, des instituts de recherche universitaires et des organisations internationales [1 à 9 et 14] ont effectué de nombreuses recherches:

- Mesures, calculs et évaluation des intensités des champs électromagnétiques à proximité des installations électriques,
- évaluation, à l'aide de modèles mathématiques, des effets des champs électromagnétiques sur le corps humain,
- essais en laboratoire sur des cellules vivantes, ainsi que sur des végétaux et des animaux, pour déterminer l'influence des champs électromagnétiques et établir les bases utiles pour les tests sur des êtres humains,

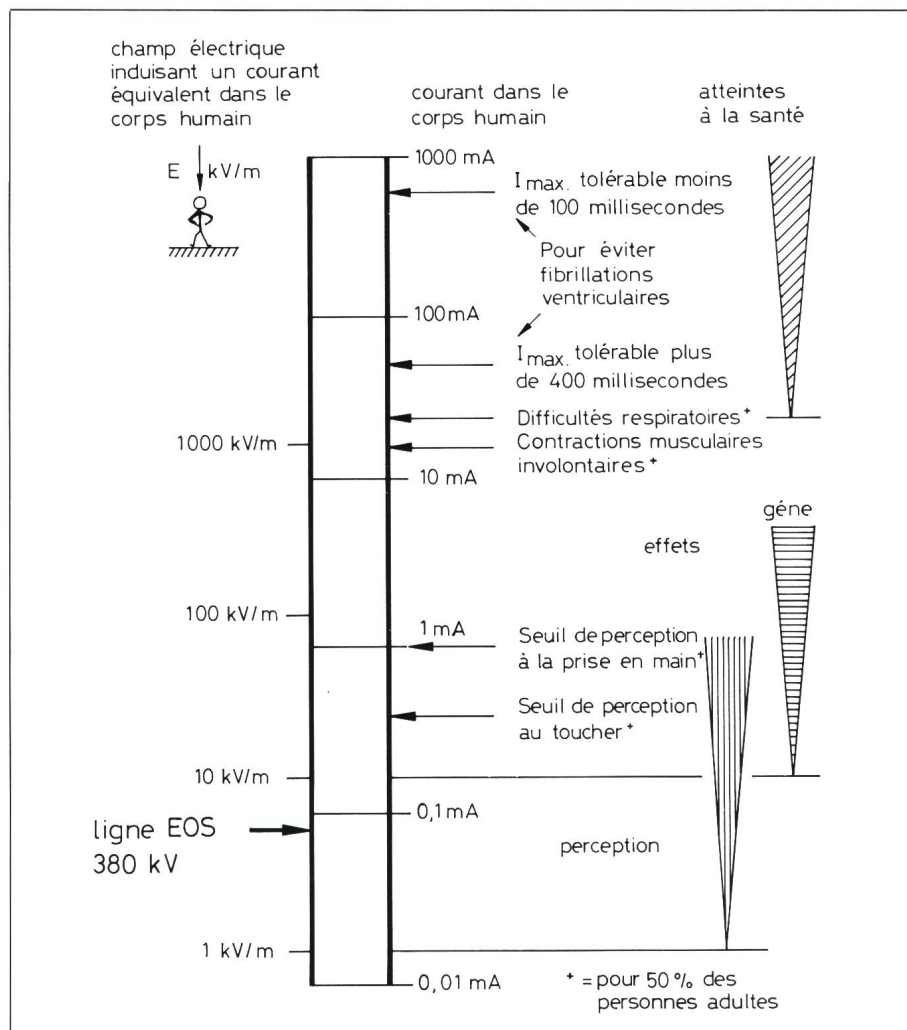


Figure 3 Champs électrique: effets sur le corps humain.

- tests en laboratoire sur des personnes volontaires pour connaître l'influence des champs maximums rencontrés dans la pratique,
- essais d'exposition de cultures et d'animaux sous des lignes à hautes tensions (jusqu'à 1200 kV),
- études épidémiologiques sur des populations particulièrement exposées à des champs électromagnétiques.

3.2 Effets biologiques à court terme des installations à hautes tensions

3.2.1 Effets sur le corps humain

Les recherches effectuées ont permis de déterminer les niveaux de perception et d'effets du courant électrique alternatif et des champs électromagnétiques sur le corps humain.

● Effets dus aux champs électriques

Les champs électriques maximum au sol sous les lignes et dans les postes électriques à haute tension de 380 kV sont compris entre 10 et 15 kV/m. Ils induisent dans les corps humains, des courants de 0,15 à 0,23 mA qui sont inférieurs au seuil de perception au toucher de 50% des personnes (0,36 mA). Par rapport aux seuils minimum de contractions musculaires (9 mA, 0,5% des personnes) et de fibrillations ventriculaires (100 mA, 0,5% des personnes), ces courants sont respectivement 40 à 700 fois plus faibles, comme le montre figure 3.

Il est toutefois possible que certaines personnes perçoivent le champ électrique de ces installations, sans pour autant qu'elles n'en ressentent gêne ou danger, car des essais en laboratoire ont montré qu'un très faible pourcentage de personnes pouvait déjà déceler des champs de 1 à 5 kV/m. Il est aussi possible que des effets d'influence dans des structures métalliques placées sous les lignes, puissent provoquer des courants induits et des décharges perceptibles par des personnes se trouvant sous les lignes à hautes tensions et touchant ces structures. Ces situations gênantes peuvent être éliminées par des mesures techniques simples, peu coûteuses et par des réglementations prescrivant la mise à terre des structures métalliques.

● Effets dus aux champs magnétiques

Les champs maximum d'induction magnétique au sol, aux environs des lignes et des postes électriques à 380 kV sont respectivement de 0,055 et 0,5 mT. Ils sont nettement inférieurs

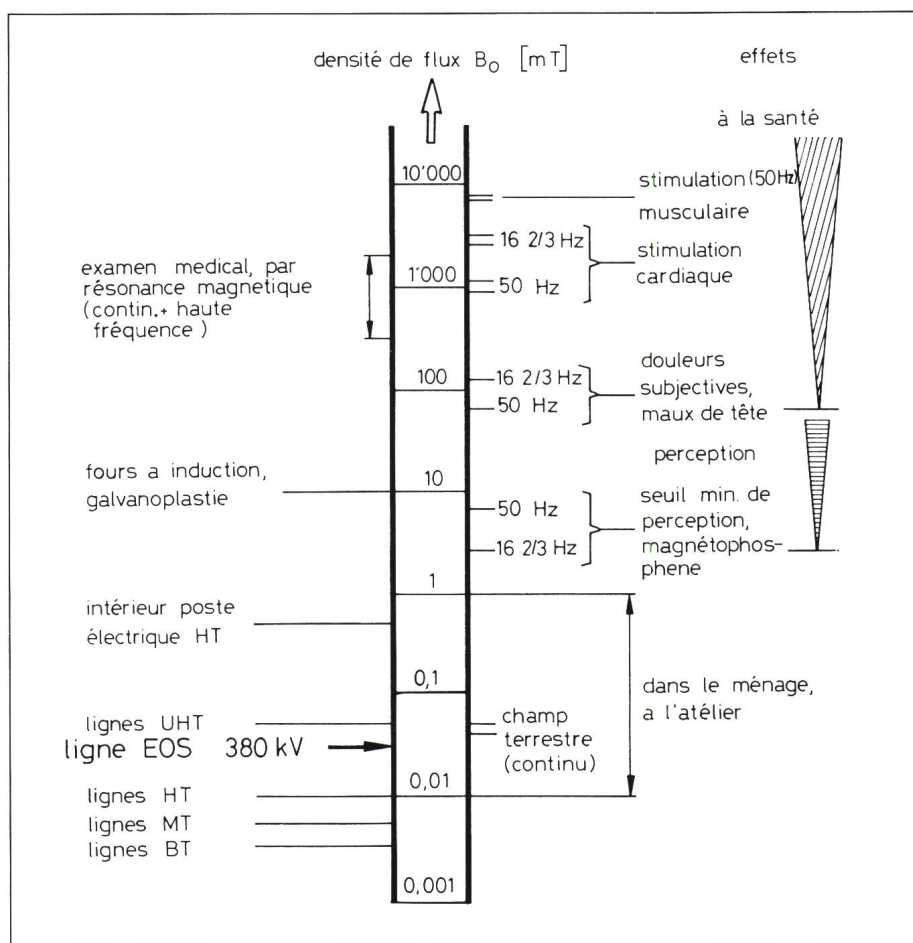


Figure 4 Champ magnétique: effets sur le corps humain.

aux niveaux de perception par magnétophosphène (effets lumineux dans les yeux), de maux de tête, et de stimulation cardiaque qui se situent respectivement à 5 mT, 60 mT et 1 à 2 T. Dans la vie courante, dans la rue, à la maison ou au travail on vit dans des champs magnétiques égaux ou supérieurs à ceux que l'on trouve sous les lignes à hautes tensions comme le montre figure 4.

Ainsi on peut affirmer que les champs électromagnétiques des lignes et postes à hautes tensions n'ont aucun effet à court terme sur la santé des êtres humains. Tout au plus, certaines personnes pourraient percevoir le champ électrique sous les lignes par la manifestation d'effets primaires ou secondaires non dangereux.

3.2.2 Effets sur les végétaux et les animaux

Effets sur les végétaux: Le seul effet direct du champ électrique, que l'on a pu constater, a été la destruction par effet couronne induit, d'extrémités de

branches d'arbres situées trop près des conducteurs à hautes tensions.

Effets sur les animaux: Des influences des champs électromagnétiques sur le comportement de certains animaux ont été décelées lors d'essais. Elles sont dues à la perception de ces champs (vibration des poils, courants induits dans les pattes relativement élevés, micro-chocs) associée à l'impossibilité de compréhension du phénomène par l'animal. On a accusé les lignes électriques à hautes tensions de désorienter et d'électrocuter les oiseaux. Des études ont montré que ces derniers peuvent percevoir des champs magnétiques alternatifs d'intensité comparable à celle du champ magnétique terrestre continu. Il n'en n'est pas ressorti de preuves significatives de désorientation des oiseaux, qui lors de leurs migrations franchissent des centaines, voire des milliers de lignes de transport et de distribution. Des oiseaux de grande taille peuvent être électrocutés par contact entre un conducteur et les structures mises à terre ou entre les conducteurs voisins de 2

phases, ceci peut se produire essentiellement sur des lignes de moyenne tension, jusqu'à max. 70 kV; pour les plus hautes tensions, les conducteurs sont suffisamment éloignés pour éliminer ce risque.

3.3 Effets biologiques à long terme des installations à hautes tensions

Les effets biologiques à long terme des champs électromagnétiques ont été étudiés sur des végétaux et des animaux en procédant à des essais d'exposition en laboratoire et sous des lignes à très et ultra-hautes tensions. De nombreuses études épidémiologiques ont été effectuées pour déterminer les éventuels effets sur l'homme.

Des publications récentes de l'OMS, des départements de la santé de la Santé de l'Ontario (Canada), de l'Etat de New York, du Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (Suisse), de l'ASE (Suisse), de l'U.S. DOE-BPA, de l'EDF etc.... [1 à 9, 13 et 14] présentent des synthèses des études importantes publiées jusqu'en 1987.

3.3.1 Essais en laboratoire et sous des lignes à hautes tensions

Essais en laboratoire: des cellules vivantes, des végétaux (fleurs, céréales, graines en germination) et des animaux (embryons de poulets, souris, rats, chats, singes, porcs etc.) ont été exposés à des champs électromagnétiques. Quelques effets sur les cellules, sur le système nerveux et sur le comportement des animaux ont été identifiés. Ces effets ne constituent pas un risque majeur car la plupart sont réversibles. D'une manière générale on peut conclure que, dans l'état actuel des connaissances, l'on n'a pas décelé d'effets significatifs et durables affectant la santé.

Essais sous des lignes: de nombreux essais d'exposition ont été effectués aux USA sous des lignes à ultrahautes tensions de 500 à 1200 kV, avec des champs électriques compris entre 2 et 16 kV/m:

- essais sur des fleurs, des céréales, des oignons, de l'herbe de pâture, des arbres et des arbustes,
- essais sur des mammifères (bétail et autres animaux de fermes, petits mammifères des forêts), oiseaux, poissons, insectes (abeilles).

Les essais sur les végétaux ont montré qu'il n'y a pas d'effets dommagea-

bles, ni de pertes de production dus aux champs électromagnétiques.

D'autres essais ont aussi montré que les champs électromagnétiques des lignes n'ont pas d'effets nuisibles sur les animaux, avec cependant une exception: les colonies d'abeilles à l'intérieur des ruches en bois, placées dans des champs électriques de 2 kV/m à 12 kV/m. On a constaté une augmentation de l'irritabilité et de la mortalité des abeilles et une propolisation excessive des ruches. Ces effets sont dus aux courants induits à l'intérieur des ruches qui provoquent des microchocs électriques sur les abeilles. Pour éliminer ces effets il suffit de protéger les ruches par un blindage métallique mis à terre. Des études effectuées sur les oiseaux nichant sur le tracé des lignes et sur leurs pylônes ont confirmé l'absence d'effets dus aux champs électromagnétiques et ont montré que leur habitat est conditionné avant tout par la végétation avoisinante.

3.3.2 Etudes épidémiologiques

Depuis les années 70, de nombreuses études épidémiologiques de morbidité (maladies) et de mortalité ont été effectuées dans différents pays (USA, Canada, URSS, GB, S, E, CS, Chine) sur des groupes de population résidant à proximité d'installations à hautes tensions ou étant professionnellement exposés à des champs électromagnétiques.

Des articles récents font état de quelques études épidémiologiques affirmant que l'exposition à de faibles champs magnétiques provoque une augmentation du risque de cancer, de leucémie, de fausses-couches et de mutations génétiques. De l'avis de spécialistes, ces études présentent des lacunes en ce qui concerne les échantillons de population examinés, l'évaluation des expositions (intensité, durée) et la prise en compte d'autres cofacteurs pouvant provoquer les atteintes à la santé relevées dans les populations examinées. Aucune des nombreuses autres études épidémiologiques n'a montré de telles corrélations. Dans l'état actuel des connaissances, on n'a pas trouvé de relation de cause à effet, ni de relation dose-réponse entre l'exposition à de faibles champs magnétiques et les effets sanitaires cités. Pour les causes connues de cancers: fumée, substances chimiques, radiations, le risque est plus élevé pour les fortes expositions. Les études citées ci-dessus, se réfèrent toujours à de faibles

champs magnétiques, alors que de nombreuses personnes vivent ou travaillent dans des champs magnétiques nettement plus élevés et accumulent ainsi des doses d'exposition plus fortes sans que l'on ait décelé d'effets négatifs. D'une manière générale, pour les faibles expositions, les statistiques de ces maladies présentent des fluctuations qui rendent difficile une preuve absolue de risque.

Ainsi il apparaît que les champs électromagnétiques n'augmentent certainement pas de manière significative le risque des affections susmentionnées. Si un tel risque existe, il ne peut être que très faible par rapport aux autres causes induisant ces maladies et, dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible d'infirmier ou de confirmer son existence.

3.4 Conclusions concernant les effets biologiques sur l'homme:

Dans l'état actuel des connaissances, les conclusions présentées par l'OMS, dans le chapitre 8 de son étude de 1984, restent valables [1]:

«... De l'examen critique de l'ensemble des études de laboratoire in vivo et in vitro, et des études effectuées sur l'homme, on peut tirer les conclusions suivantes:

- Il n'a pas été possible de confirmer d'effets défavorables sur la santé humaine, résultant de l'exposition aux champs électriques de fréquence extrêmement basse (ELF), que l'on rencontre habituellement dans l'environnement et aux postes de travail.
- Quelques personnes peuvent ressentir de petites décharges électriques dans des champs supérieurs à 3 kV/m et percevoir des champs entre 2 et 10 kV/m. Actuellement, il n'existe aucune donnée scientifique suggérant que la perception d'un champ électrique puisse produire un effet pathologique défavorable.
- L'exposition à des champs électriques ELF peut provoquer des modifications de la cellule, de la physiologie et du comportement. Bien qu'il ne soit pas possible d'extrapoler ces découvertes à l'homme, ces études incitent à la prévention, il faut éviter les expositions inutiles.
- La nature préliminaire des résultats trouvés dans les études épidémiologiques concernant l'accroissement du taux de cancers chez les enfants et adultes exposés aux champs électromagnétiques à très basses fréquences

provenant des installations électriques, de même que les valeurs relativement très faibles de cet accroissement, suggèrent – bien qu'on ne puisse pas rejeter les données épidémiologiques – qu'il faudra effectuer encore beaucoup d'études avant qu'elles ne puissent être utilisées comme bases pour l'évaluation du risque.»

Compte tenu des nombreuses études et recherches effectuées, ainsi que de l'utilisation des innombrables applications de l'électricité qui exposent les personnes à des champs électromagnétiques souvent plus élevés que ceux provenant des lignes à hautes tensions, il est certain que si un risque notable existait, il aurait déjà été décelé.

Ainsi, pour les installations actuelles de transport d'électricité à haute tension, on peut pratiquement exclure le risque d'effets sur la santé dus aux champs électromagnétiques qu'elles génèrent dans leur environnement.

3.5 L'effet couronne

L'effet couronne et ses actions sont décrits au paragraphe 2.3. Par des interventions sur la géométrie et les dimensions des conducteurs et de leurs attaches (accrochages, isolateurs) les constructeurs de lignes à hautes tensions cherchent toujours à diminuer l'effet couronne pour réduire les pertes de transport et par la même occasion le bruit. Si l'on arrive pratiquement à une suppression totale de l'effet couronne sur les moyennes et hautes tensions jusqu'à 100 kV, ce n'est plus possible pour les tensions supérieures où il se manifeste surtout par mauvais temps (pluie et brouillard).

3.5.1 Pertes de transport et couronne lumineuse

Les pertes ne sont pas directement gênantes pour l'environnement, on a intérêt à les maintenir à une valeur minimale pour des raisons économiques. La couronne lumineuse, rarement visible, n'est pas gênante pour l'environnement.

3.5.2 Perturbation des émissions radio

L'effet couronne provoque l'émission d'ondes électromagnétiques qui peuvent perturber la réception d'émissions radio. Il s'agit surtout de parasites radio dans les gammes d'ondes moyennes et grandes. Les ondes radio en fréquence modulée (FM) et les ondes TV ne sont en général pas perturbées, sauf lors de mauvaises condi-

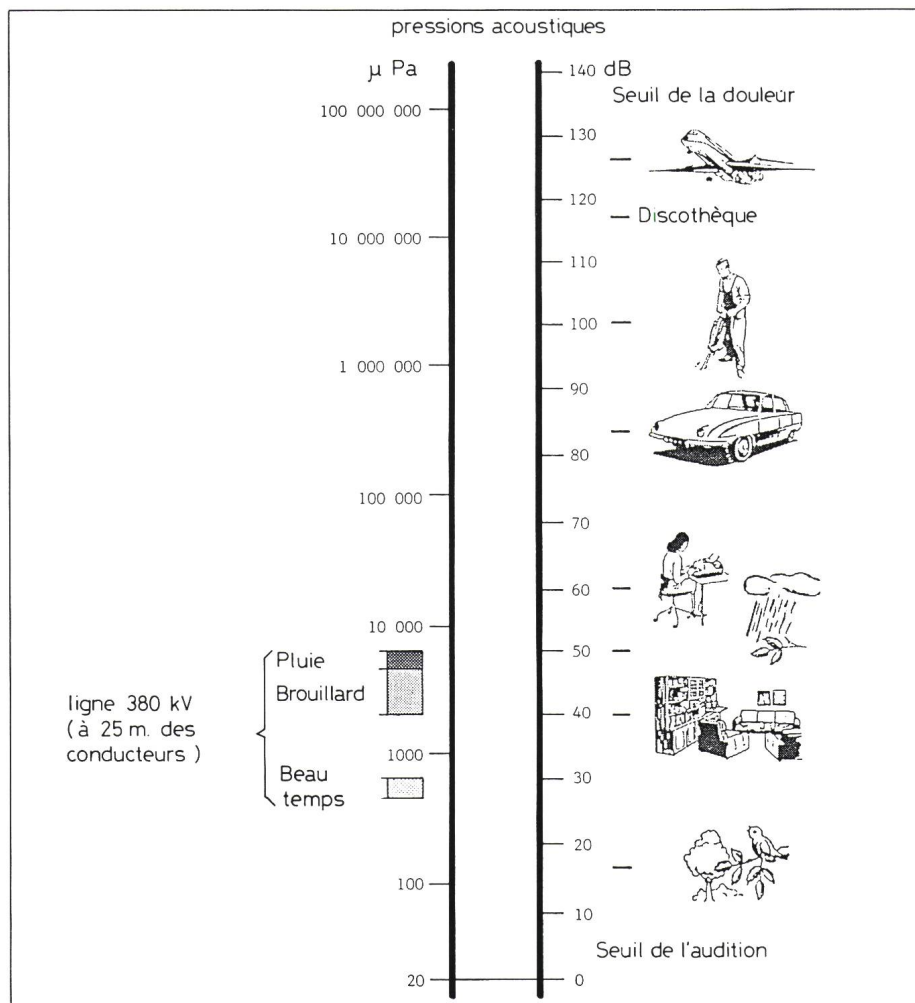


Figure 5 Ligne HT, champ électrique, effet couronne : émissions sonores.

tions météorologiques, dans des régions où leur réception est normalement très faible. En Suisse des prescriptions limitent ces champs parasites [10].

3.5.3 Emissions sonores

L'effet couronne produit un crépitement dont le niveau sonore fluctue. Il n'est pas gênant aux environs des lignes à hautes tensions jusqu'à 380 kV. Pour les plus hautes tensions il est plus important mais comme il est le plus intense par temps de pluie, il est masqué par le bruit de cette dernière. La figure 5 compare le bruit d'une ligne 380 kV à d'autres bruits de notre environnement quotidien.

3.5.4 Production de gaz oxydants et de ions

Les décharges dues à l'effet couronne entraînent la formation de gaz oxydants et d'ions. Les gaz oxydants sont essentiellement de l'ozone (O_3) et des

oxydes d'azote (NO_x). Ces deux gaz existent déjà dans l'atmosphère, provenant d'origines naturelles ou artificielles; à partir d'une certaine concentration ils deviennent nuisibles pour les systèmes biologiques. La production d'oxydes d'azote NO_x due à l'effet couronne, ne représente que le 5 à 10% de celle d'ozone; on peut ainsi se limiter à étudier cette dernière et en déduire celle de NO_x .

La production d'ozone par des décharges électriques est bien connue car c'est la méthode utilisée pour la production d'ozone pour le traitement des eaux et dans les purificateurs d'air (ioniseurs, ozoniseurs). Dans ces cas, la conception des appareils est faite pour une production optimale d'ozone, qui s'élève à 100 à 150 g O_3 /kWh. Dans le cas de l'effet couronne des lignes, le rendement de la production d'ozone est très faible et il n'a pas été possible d'en mesurer la concentration dans l'environnement proche des lignes à hautes tensions, car elle n'attei-

gnait pas le seuil minimum de détection des appareils de mesures (1 ppb_v ou env. 2 µg O₃/m³). Il a fallu construire aux USA une ligne d'essai à 775 kV ayant des pertes par effet couronne très élevées, pour arriver à détecter quelques ppb_v d'ozone pendant une dizaine d'heures sur les 300 que comportait l'essai, lors de mauvaises conditions météorologiques.

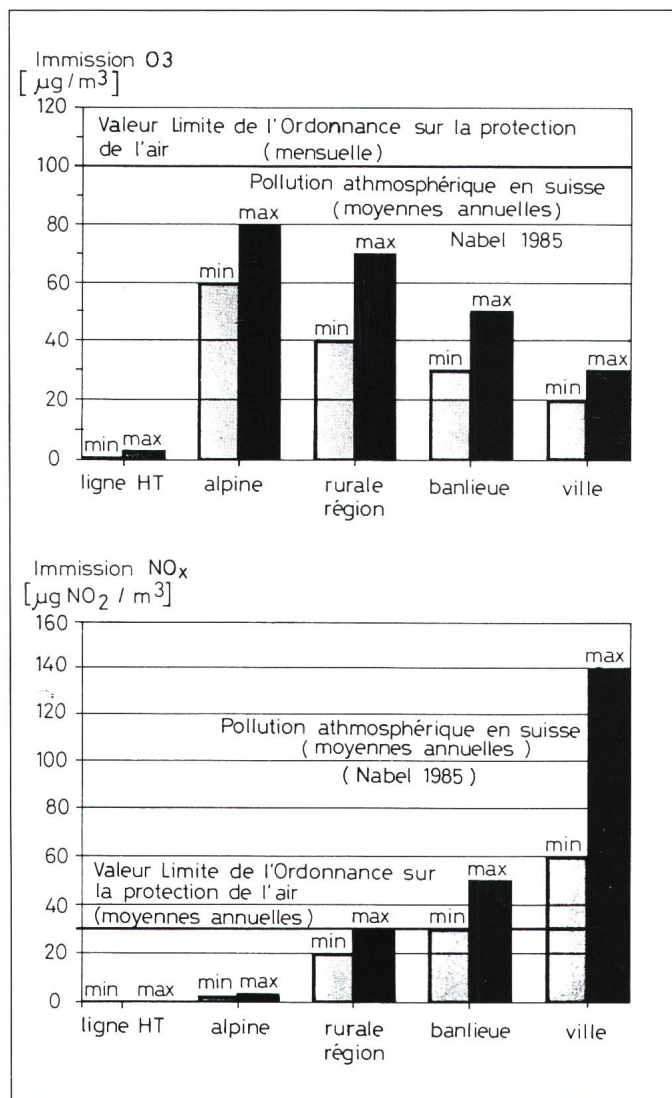
A partir des résultats de cet essai et de ceux effectués dans des laboratoires pour les hautes tensions (par ex. en 1986 à l'EPFZ à l'Institut de transport d'énergie électrique et de technique des hautes tensions), il a été possible de calculer la production d'ozone des lignes 380 kV et d'en estimer la concentration atmosphérique dans les conditions météorologiques les plus défavorables possibles en Suisse (4 lignes triphasées 380 kV, pluie, fond de vallée étroite avec couche d'inversion empêchant la diffusion des polluants en altitude). La concentration d'ozone, dans l'environnement proche des lignes, serait de 2 à 3 µg O₃/m³, soit environ 10% de la concentration naturelle. Par beau temps cette concentration serait de 0,7 µg O₃/m³, c'est-à-dire inférieure au seuil minimum de mesure. Ces concentrations sont très faibles, comparées aux immissions d'ozone résultant de la production naturelle et des réactions photochimiques des polluants de la combustion émis dans l'atmosphère; il en est de même des concentrations d'oxydes d'azote résultant de l'effet couronne qui sont négligeables, comparées celles d'autre provenance (cf. fig. 6).

L'effet couronne est générateur de ions dont la densité est importante dans le voisinage immédiat des conducteurs. L'alternance de la tension entraîne un mouvement de va-et-vient des ions, qui ne peuvent s'échapper que très difficilement de la zone proche des conducteurs et qui se neutralisent rapidement entre eux. Ainsi, à quelques mètres des conducteurs, il n'existe plus qu'une quantité tout à fait négligeable d'ions dus à l'effet couronne.

3.6 Effets sur les matériaux et matériels

Les champs électromagnétiques peuvent induire des tensions et des courants dans des corps conducteurs (cf. par. 2.2) ou des polarisations dans les matériaux diélectriques (vibrations des cheveux dans un fort champ électrique). Quand des champs électromagnétiques de plusieurs origines in-

Figure 6
Ligne 380 kV,
immissions O₃ et
NO_x.



terfèrent, il peut en résulter des perturbations. Parfois ces phénomènes agissent ensemble.

Par des blindages, par de bonnes mises à terre, par l'utilisation de matières isolantes de séparation ou en remplacement d'éléments conducteurs, il est en général possible d'éviter ou de supprimer les phénomènes gênants.

Des études et recherches sur les effets des champs électromagnétiques et sur les remèdes à apporter ont été faites plus particulièrement dans les cas suivants [4]:

- Effets sur les stimulateurs cardiaques: quelques rares modèles sont influencés par des champs électromagnétiques, toutefois les risques d'atteinte à la santé sont très faibles et peuvent être éliminés par le choix d'un bon appareil.
- Effets sur les matériaux inflammables: par des mesures préventives il

est possible d'éviter des auto-inflammations (équipements de transvasage d'essence).

- Utilisation d'explosifs à proximité de lignes HT: induction dans les dispositifs électriques de commande de l'explosion: d'autres systèmes de mise à feu sont utilisables à proximité des lignes.
- Utilisation d'installations d'irrigation: des prescriptions particulières permettent d'éviter la mise en danger de personnes lors de l'utilisation de jets d'arrosages ou de conduites d'irrigation de grandes longueurs, à proximité de lignes à hautes tensions.
- Constructions métalliques de grandes dimensions: des prescriptions de mise à terre des parties métalliques permettent de limiter les courants induits par les lignes à hautes tensions situées à proximité.

4. Réglementations concernant les champs électromagnétiques des lignes à hautes tensions

Dans l'état actuel des connaissances, il n'y a aucune raison de prescrire des valeurs limites pour les champs électriques et magnétiques des lignes et installations à hautes tensions, leurs niveaux étant suffisamment bas pour ne pas porter atteinte à la santé. Pour éviter des sensations désagréables dues à la perception du champ électrique et aux petites décharges possibles provenant des phénomènes d'influence on pourrait recommander uniquement pour le champ électrique les valeurs limites suivantes pour un séjour permanent:

- pour la population: env. 10 kV/m
- pour les travailleurs dans les installations à hautes tensions: env. 20 kV/m.

5. Conclusions

Notre environnement est rempli de champs électromagnétiques qui interfèrent avec ceux de notre corps, ils sont invisibles, ils se révèlent parfois au travers de perceptions et de manifestations secondaires, ils paraissent mystérieux: il est donc normal que l'homme s'inquiète, qu'il les trouve parfois utiles et parfois nuisibles. Ce qui étonne, c'est qu'il s'interroge sur certains champs particuliers, tout en oubliant que, dans sa vie quotidienne, il utilise d'innombrables applications de l'électricité, sans se soucier des champs électromagnétiques qui en résultent et qui sont souvent plus forts que ceux qu'il craint.

Même si, comme dans tous les domaines de la connaissance scientifique, certaines incertitudes existent et demandent des investigations complémentaires, on doit constater que les nombreuses recherches effectuées depuis une vingtaine d'années ont amené suffisamment d'informations pour affirmer que les champs électromagnétiques à fréquences extrêmement basses (ELF) des lignes et installations à hautes tensions n'ont pas d'effets nocifs significatifs sur les hommes, les animaux et les végétaux. Dans les quelques cas, qui pourraient être gênants, il est possible de prendre des mesures de protection efficaces. Compte tenu du très grand nombre d'applications de l'électricité, de l'exposition à des champs électromagnétiques qui en résulte et des innombrables études et recherches effectuées, il est certain que, si un risque notable existait, il aurait déjà été décelé; or, ce n'est pas le cas.

En conclusion: Les risques à court et à long terme pour la population et les travailleurs, résultant de l'exposition aux champs électromagnétiques des installations à courant fort et à hautes tensions, sont très faibles comparés aux autres risques de la vie quotidienne et aux autres risques professionnels.

Comme dans les autres domaines de la technique, la prévention est nécessaire, surtout pour éviter les expositions inutiles et les ennuis dus à la perception des champs électromagnétiques résultant des phénomènes d'influence et de l'effet couronne: Il faut ainsi utiliser raisonnablement les moyens techniques disponibles pour diminuer les champs électromagnétiques et réaliser une bonne mise à terre

des grandes structures métalliques qui pourraient se trouver sur le tracé de lignes à très hautes tensions.

Liste des références

- [1] OMS, UNEP, IRPA, «Extremely Low Frequency (ELF) Fields». OMS, Environmental Health Criteria 35, Genève 1984.
- [2] Ahlbom A. . . . «Biological effects of power line fields», New York State Power Lines Project (NYSPLP) Scientific Advisory Panel final Report, July 1, 1987.
- [3] Ontario Ministry of Health, «Health Effects of Extremely-Low-Frequency Electromagnetic Fields, a Review of Clinical and Epidemiological Studies», July 30, 1987.
- [4] Biological Studies Task Team, Lee J.M. Jr. (Chairman), US DOE/BPA, «Electrical and Biological Effects of Transmission Lines: a Review», 3rd edition, revised June 1986, DOE/BP-524 March 1987.
- [5] Leuthold P., DFTCE, «Effet des champs électromagnétiques sur l'environnement», Berne 10.86, 700 36043, EDMZ.
- [6] SEV, Informationstagung, «Aktuelle Probleme der Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen», 5. März 1987.
- [7] EDF, «Les champs électriques et magnétiques au voisinage des ouvrages électriques», LB 524.
- [8] Berndt H., «Freileitungen und ihre Bewertung als Umweltfaktor». Bull. SEV/VSE 77, 22. Novembre 1986.
- [9] Haubrich H.-J., VEW Dortmund, «Biologische Wirkung elektromagnetischer 50-Hz-Felder auf den Menschen», Elektrizitätswirtschaft, Jg. 86 (1987), Heft 16/17.
- [10] DFTCE, «Ordonnance sur la protection contre les perturbations électromagnétiques», 1.5.1979.
- [11] Keller P., BKW, «Die Erzeugung von Oxidanten an Hochspannungsleitungen». Unterausschuss «Forschung und Entwicklung» der Überlandwerke (UAF), August 1987.
- [12] Heizmann T., Staub R. «Koronaverluste – ein Umweltproblem?» ETHZ, Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, Fachgruppe Hochspannungstechnik, Semesterarbeit SS 86.
- [13] Carstensen E.L. «Biological Effects of Transmission Line Fields» Elsevier Science Publishing Co., Inc. New York, 1987.
- [14] OMS, UNEP, IRPA, «Magnetic Fields» Environmental Health Criteria 69, Genève 1987.