

# Santé et stations de base

Date de la mise à jour : 20.12.2009

## L'essentiel...

Santé et stations de base

- L'effet sur la santé des stations de base suscite beaucoup d'interrogation au sein de la population. Les études sur les symptômes ou pathologies à proximité des antennes de stations de base, difficiles à mettre en place ont évolué ces dernières années, introduisant la dosimétrie et associant des études expérimentales (reproduisant une exposition similaire à celle induite par une station de base).
- Les effets à long terme sont peu étudiés, alors que ceux à court terme, dont les symptômes subjectifs, font l'objet de plusieurs études. Les symptômes semblent souvent liés à la perception du risque dans les études d'observation et le lien avec l'exposition réelle n'est pas démontré dans les études expérimentales.
- D'autres études, s'appuyant sur une méthodologie adaptée, notamment de mesure de l'exposition, sont donc indispensables pour avancer sur ce sujet.

## Généralités sur les stations de base

### ■ Principe de la téléphonie mobile

Une **station de base** est un émetteur-récepteur indispensable à la transmission des communications à partir d'un téléphone portable.

Cette station peut être composée d'une ou de plusieurs antenne-relais. Chaque station couvre une portion de territoire constituant une « cellule » d'où le nom de téléphonie cellulaire. La taille des cellules varie de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres en rase campagne.

On distingue plusieurs types de stations de base :

➤ **Stations picocellulaires** : les plus petites, de faible puissance, installées à l'intérieur des bâtiments. Leur portée est inférieure à 100 mètres.

➤ **Stations microcellulaires** : elles sont utilisées en milieu urbain dense (gare, centres commerciaux). Elles sont installées sur les façades. Leur portée est inférieure à 1000 mètres. Elles sont plus puissantes que les stations picocellulaires.

➤ **Stations macrocellulaires** : ce sont les plus fréquentes (85%). Elles sont utilisées en zones urbaines, suburbaines et rurales pour couvrir de grandes étendues. Elles sont situées au dessus du niveau des toits. Leur puissance est plus élevée que les précédentes (20-30Watts).

De part leur visibilité, ce sont ces derniers types de stations de base qui suscitent le plus d'interrogation voire de craintes au sein de la population.

### ■ Niveaux de référence

Les niveaux de références fixés par la Recommandation européenne 1999/519/CE sont de **41V/m** pour des fréquences d'émission d'environ 900 MHz (GSM 900) et de **58V/m** pour les fréquences d'émissions d'environ 1800 MHz (GSM 1800) (tableau 1).

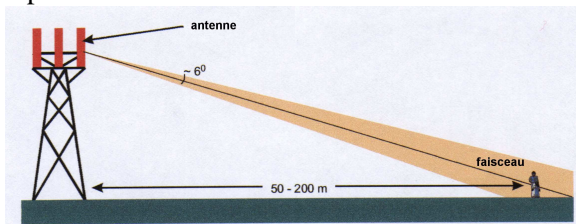
Tableau 1 : Niveaux de référence fixés par la Recommandation européenne

Système mobile	Fréquences d'émission (MHz)	Champ électrique (V/m)	Champ magnétique (A/m)	Densité de puissance (W/m <sup>2</sup> )
GSM 900	925-960	41	0,11	4,6
GSM 1800	1805-1880	58	0,15	9,0
UMTS	2110-2170	61	0,16	10,0

En Europe, seul le Royaume-Uni a des limites supérieures à celles recommandées. En revanche, plusieurs pays appliquent des limites inférieures aux recommandations. Par exemple, en Italie, les limites sont de 6 V/m pour les GSM 900 et 1800.

## ■ Mesures d'exposition

Les champs autour d'une station de base varient en fonction de la nature de l'antenne, de son orientation et de la distance. Ainsi, le champ décroît très rapidement en fonction de la distance.



L'Agence Nationale des Fréquences (ANFr) réalise régulièrement des mesures sur plus d'une centaine de sites choisis en fonction de la densité de la population et de la nature des émetteurs installés sur le territoire français (Site de l'ANFr : [www.anfr.fr](http://www.anfr.fr)).

Dans un rapport en 2004, elle concluait : *"Si au cours des dernières années, l'apparition de nombreux relais de radiotéléphone dans notre paysage quotidien a pu susciter de vives controverses, l'évolution dans le temps de la moyenne des résultats de mesures, ne montre pas de variation significative de l'exposition du public aux rayonnements électromagnétiques. Les valeurs moyennes des champs électromagnétiques par rapport aux niveaux limites correspondants restent globalement constantes, de l'ordre de 1 %."*(1)

Les articles considérés ont été identifiés par une recherche sur la base de données Medline ou dans des actes de congrès, en langue anglaise ou française.

Les difficultés de mise en place des études concernant les stations de base de téléphonie mobile expliquent entre autre leur faible nombre. Devant la difficulté de mesure de l'exposition attribuable uniquement aux antennes, et le plus faible niveau d'exposition auquel elles exposent la population en comparaison aux téléphones mobiles eux-mêmes, les

études sont plus rares. Elles suscitent cependant un intérêt pour répondre à l'inquiétude de la population. C'est pourquoi la plupart des travaux traitent actuellement des effets à court terme, souvent évoqués, tels les maux de tête, troubles du sommeil, troubles neuropsychiques. Les études concernant les effets à plus long terme (cancer) sont actuellement quasi inexistantes et concernent principalement les émetteurs radio et TV, dont nous ferons un récapitulatif en seconde partie.

En 2007, un article publié par Neubaer (2) discute des difficultés méthodologiques des études épidémiologiques portant sur les effets sur la santé des antennes relais. Il soulève de nombreux points : **quand prendre en compte l'exposition aux antennes relais par rapport aux autres sources de radiofréquences, comment évaluer l'exposition aux antennes relais, comment analyser les résultats.** Les auteurs concluent que les études épidémiologiques sur les antennes relais sont réalisables. **Néanmoins, toutes les sources de radiofréquences doivent être prises en considération et la méthode d'évaluation de l'exposition doit être validée.** Concernant les effets à court ou moyen terme tels que la qualité de vie, l'étude de cohorte est la plus adaptée. Concernant les effets à long terme, il faut choisir des groupes potentiellement très exposés. Enfin, les effets immédiats doivent être évalués de préférence lors d'études expérimentales.

Après plusieurs études transversales, recueillant les symptômes "subjectifs" déclarés par les sujets, et nommés ainsi de par leur attribution aux stations de bases sans mesures possibles, d'autres types d'études ont vu le jour. Ainsi, les études d'observation plus récentes s'appuient en général sur des mesures d'exposition et des études expérimentales ses ont mises en place afin d'améliorer la méthodologie.

# Stations de base et symptômes subjectifs

## Etudes d'observation sans dosimétrie

Une étude transversale portant sur 530 sujets volontaires, recrutés par voie de presse a été conduite en France par Santini (3) dans le but d'étudier la relation entre l'existence de symptômes dits subjectifs (nausées, difficulté de concentrations, céphalées, perte de mémoire, tendance dépressive,...) et l'exposition aux radiofréquences émises par les stations de base. L'exposition était évaluée par la distance du domicile à la station de base sur la seule déclaration des personnes enquêtées. Les fréquences des plaintes ont été comparées entre divers groupes de personnes ( $\leq 300\text{m}$  /  $> 300\text{m}$  de la station de base). Les plaintes étaient plus fréquentes lorsque l'on se rapprochait des stations de base. Les femmes se plaignaient plus souvent que les hommes parmi les sujets situés à moins de 300m d'une station de base, alors qu'il n'existait pas de différence entre les sexes au-delà de 300m.

Cette étude comportait d'importants biais méthodologiques retrouvés dans beaucoup d'études transversales sur ce sujet:

### ➤ Biais de sélection

- Recrutement basé sur le volontariat. L'échantillon est, par conséquent, non représentatif et ne permet pas de généraliser les résultats de cette étude à la population générale.

### ➤ Biais d'information :

- Mesure d'exposition basée sur la déclaration des sujets. Il est vraisemblable que les individus souffrant de symptômes qu'ils associent aux radiofréquences "repèrent" mieux les antennes dans leur environnement que ceux qui ne rapportent pas de symptômes.
- Les symptômes dits "subjectifs" sont fréquemment rencontrés dans de nombreuses situations de stress. Ils pourraient de ce fait traduire un état de stress de ces personnes et donc ne pas être liés à l'exposition aux stations de base.

Cette étude n'est pas informative et ne permet pas de conclure à l'existence d'une relation entre l'exposition aux radiofréquences des stations de base et les symptômes étudiés contrairement à la conclusion des auteurs.

En 2004, Hutter a mené une étude de perception du risque concernant les antennes relais et les téléphones mobiles chez des riverains d'antennes relais (4). Un questionnaire avait été distribué au début d'une réunion publique d'information sur les antennes-relais (n=123). Des étudiants de médecine étaient pris comme témoins

(n=366). Les riverains et en particulier les femmes ainsi que les personnes plus âgées, estimaient le risque provenant des téléphones mobiles et des antennes-relais plus important que les étudiants en médecine. Toutefois parmi les autres risques environnementaux proposés dans le questionnaire, le risque concernant l'exposition aux téléphones mobiles et aux antennes-relais ne venait, chez les riverains, qu'en 5<sup>ème</sup> position après l'amiante, le tabac, les centrales nucléaires, la pollution. Seuls les bruits de circulation et le transport aérien étaient considérés comme moins dangereux que la téléphonie mobile. Les auteurs concluaient que les angoisses liées à la téléphonie mobile pourraient être évitées par une meilleure information des citoyens.

En 2007, une étude cas-témoins égyptienne a par ailleurs étudié l'association entre l'exposition prolongée aux champs électromagnétiques émis par les antennes relais et les effets neuropsychologiques et divers symptômes (5). Quarante-deux cas, vivant à proximité d'une antenne relais en Egypte (immeubles sous l'antenne ou en face, dernière mesure de la densité de puissance :  $0,4 \text{ mW/cm}^2$ ) ont été sélectionnés, les critères d'exclusion étant des antécédents médicaux tels que l'épilepsie, les pathologies psychiatriques, ou les maux de tête ayant une cause spécifique. Par ailleurs, 80 témoins, appariés sur l'âge, le sexe, le milieu professionnel, le niveau d'éducation, le tabagisme et l'utilisation du téléphone portable ont été inclus. Un questionnaire distribué à l'ensemble des participants de l'étude comportait des renseignements concernant les antécédents médicaux, un examen clinique (général et neurologique) et des tests neuropsychologiques. Les sujets complétaient également le questionnaire de personnalité d'Eysenck (EPQ). Les résultats retrouvaient des prévalences significativement plus élevées de certains signes neuropsychologiques (céphalalgies, troubles de la mémoire, vertiges, tremblements, symptômes dépressifs, troubles du sommeil) chez les personnes habitant à proximité des antennes relais et des tests portant sur l'attention et la mémoire auditive significativement inférieurs chez les sujets exposés. En revanche, les sujets exposés avaient de meilleurs résultats pour les tests de rapidité oculomotrice et au test d'attention. Les scores de l'EPQ n'étaient pas significativement différents entre les deux groupes.

## *Etudes d'observation avec dosimétrie*

En 2006, Hutter publiait une des premières études avec dosimétrie (6). Cette étude portait sur 365 sujets sélectionnés au hasard, parmi une population vivant depuis plus d'un an près de 10 stations de base, en zones urbaines et rurales. L'intensité du champ électromagnétique à haute fréquence (HF-EMF) a été mesurée dans les chambres de 336 ménages. La densité moyenne de puissance était légèrement plus élevée dans la zone rurale ( $0,05 \text{ mW} / \text{m}^2$ ) que dans la zone urbaine ( $0,02 \text{ mW} / \text{m}^2$ ) et restait inférieure aux niveaux recommandés (max.  $4,1 \text{ mW} / \text{m}^2$ ). Des tests cognitifs ont été effectués, ainsi qu'une évaluation du bien-être et de la qualité du sommeil. En tenant compte d'autres facteurs influençant (peur des effets néfastes des CEM), les céphalées et les difficultés de concentrations étaient plus importantes en fonction de l'exposition. Les autres symptômes ne variaient pas. Une des limites ici est la mesure de l'exposition, ne tenant pas compte des variations en fonctions des appels, ni des expositions supplémentaires, notamment en dehors du domicile.

Une large étude transversale a été menée en Allemagne en 2005-2006, en deux phases. L'objectif de la première phase (7) était de déterminer si la proximité du domicile aux stations de base de téléphonie mobile ainsi que la perception du risque étaient associées à des troubles de la santé. Méthodes: Après sélection par un institut de sondage, 30 047 personnes (parmi 51 444 contactées soit 58 %) ont pris part à l'enquête nationale. Un questionnaire concernant une liste de 38 problèmes de santé était rempli. Sur les 30 047 participants 18,7% se sentaient concernés par les effets sur la santé des stations de base de téléphonie mobile, et 10,3% attribuaient leurs symptômes à l'exposition aux stations. Les participants concernés ou qui attribuaient des symptômes aux stations de base de téléphonie mobile et ceux vivant à proximité d'une station mobile de base de téléphone (< 500 m) indiquaient plus de symptômes que les autres.

La seconde phase de l'enquête (8) portait sur un sous-échantillon, principalement en zone urbaine. Au total, 3526 personnes ont répondu à un questionnaire (taux de réponse 85%) et 1808 (21%) ont participé à une évaluation de l'exposition à domicile grâce à un dosimètre mesurant les

différentes RF. Les participants ont répondu à un questionnaire postal concernant les troubles du sommeil, les maux de tête, les troubles de la santé mentale et physique et le stress et sur leur perception de la façon dont les stations de base de téléphonie mobile affectaient leur santé. Parmi les 3526, 7,5 % attribuaient leurs symptômes aux stations et 20 % ne les attribuaient pas mais se sentaient concernés par les risques liés aux stations. L'étude de 5 scores de santé ne montrait pas de différence entre les exposés ( $>0,1 \text{ V/m}$ ) et non exposés. Les personnes attribuant des effets néfastes sur leur santé aux stations de base rapportaient significativement plus troubles du sommeil et troubles de la santé. Les auteurs concluent à l'absence d'association entre les symptômes et l'exposition mais à une association entre les symptômes et la perception du risque dont il faut tenir compte.

Enfin, en 2008, une étude utilisant des dosimètres individuels a été réalisée par Thomas *et al.* (9). Il s'agissait d'étude transversale en population générale en Allemagne, afin d'étudier la relation entre l'exposition aux radiofréquences et les symptômes généraux aigus et chroniques (fatigue, céphalées, troubles du sommeil, etc.). Un échantillon de 329 adultes âgés de 18 à 65 ans a été constitué. Les participants répondaient à l'inclusion à un questionnaire informatisé sur les symptômes chroniques et un dosimètre individuel était installé au bras pour une mesure de l'exposition sur 24h. Un journal portant sur les symptômes aigus devait être rempli à deux moments de la journée. Le niveau d'exposition général était très en dessous des limites fixés par l'ICNIRP, de l'ordre de 0,58% de la valeur fixée. Aucune relation entre le niveau d'exposition et les symptômes aigus ou chroniques n'a pu être mise en évidence de façon significative. Cette étude présentait des limites comme la non participation (moins souvent propriétaires d'un TP et habitant plus souvent des villes de petite taille), ou encore la taille de l'échantillon ou la courte durée d'enregistrement. Cependant, elle prouve la faisabilité de cette méthode dans des études épidémiologiques.

## *Etudes expérimentales*

En 2007, une étude réalisée au Royaume-Uni par Eltiti *et al.* concernait 44 personnes hypersensibles aux CEM et 115 sujets témoins ne présentant pas ce type de troubles (10).

L'exposition se déroulait en 4 séances : exposition courte sans insu à des signaux GSM puis UMTS puis simulé (S1) / exposition en double insu de 50 minutes (densité de puissance 10 mW/m<sup>2</sup>) à des signaux GSM (S2) / UMTS (S3) / champ simulé (S4). L'évaluation de la présence de symptômes subjectifs, comme l'anxiété, l'état de tension ou de relaxation, l'agitation, la sensation de gêne ou la fatigue, était effectuée au cours de chaque séance, à l'aide d'une échelle visuelle analogique et d'une échelle de symptômes et les constantes hémodynamiques (pouls, tension artérielle) étaient relevées. Lors de la séance sans insu, les sujets hypersensibles aux CEM présentaient des niveaux d'anxiété, de tension, d'agitation, de gêne ou de fatigue significativement supérieurs aux sujets témoins ( $p < 0,003$ ). Par ailleurs, la survenue de symptômes était significativement plus élevée en cas d'exposition aux signaux GSM ou UMTS comparées aux conditions d'exposition simulée chez les sujets sensibles ( $p < 0,003$ ). Cette différence n'était pas retrouvée chez les sujets contrôles. Dans les conditions de double insu (3 autres séances), l'exposition aux signaux GSM ou UMTS, comparée à une exposition simulée, n'était pas associée à l'apparition des symptômes ni à des modifications hémodynamiques, quel que soit le groupe de sujet concerné.

Des remarques ont été émises au sujet de la durée d'exposition (11), des méthodes statistiques (12) ou encore de l'effectif de la population (13), mais de remettant pas en cause les résultats d'après les auteurs.

En 2008, une étude expérimentale sur l'homme a été réalisée par Riddervold (14) en vue d'étudier les effets à court terme des rayonnements électromagnétiques provenant des stations de base UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). L'étude a été conduite en schéma croisé, randomisée, en double aveugle. Ont participé à cette étude 40 adolescents âgés de 15 à 16 ans et 40 adultes âgés de 25 à 40 ans, sélectionnés au hasard à partir du registre d'Etat Civil d'une province du Danemark. Chaque sujet a successivement participé à 4 sessions dans un ordre aléatoire : exposition simulée, émission continue à 2140 MHz, signal de 2140 MHz modulée comme UMTS et UMTS modulée à 2140 MHz. Les sujets subissaient une

exposition de 35 minutes à une des conditions suscitées. Ils devaient, à la fin de l'exposition, compléter un ensemble de tests neuropsychologiques. Un intervalle d'au moins 24h était respecté entre deux sessions successives. Le critère principal était le temps pour compléter le Trial Making B (TMB), considéré comme un test sensible pour la détection de déficits dans des multiples domaines cognitifs. Les tests étaient exactement les mêmes à chaque session, et un effet d'apprentissage a été pris en compte dans les analyses. Un questionnaire portant sur l'existence de certains symptômes était rempli par chaque sujet en début et en fin de chaque session.

En ce qui concerne les performances aux tests cognitifs, aucune différence significative n'a été observée entre les expositions simulées et l'exposition aux radiofréquences UMTS dans aucun des groupes d'âge. En ce qui concerne les symptômes, le taux rapporté de céphalées lors de l'exposition UMTS était supérieur à celui des expositions simulées, lorsque les réponses des deux groupes d'âge étaient analysées ensemble ( $p = 0,027$ ).

Une nouvelle étude expérimentale a été effectuée par Eltiti *et al.* en 2009 (15). Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet à court terme (50 min) des signaux de type GSM et UMTS, émis par les stations de base (10 mW/m<sup>2</sup>), sur l'attention, la mémoire et les mesures physiologiques. Elle a été réalisée chez 44 personnes dites "sensibles" et 44 sujets témoins, appariés. Les expositions étaient réalisées en double aveugle, avec des signaux GSM, UMTS et simulés. Différents tests ont été réalisés durant l'exposition : logique, mémoire, calcul mental. Aucune différence n'a été observée pour le fonctionnement cognitif selon l'exposition. On n'observait pas non plus de différence pour les mesures physiologiques en fonction du signal.

▪ ***Etude cellulaire : Hirose 2008 (16)***

L'objectif de cette étude expérimentale était d'étudier le rôle d'une exposition aux CEM de téléphonie mobile de 2,14 GHz) sur l'induction de la transformation néoplasique des cellules de souris de la lignée BALB.

Les cellules étaient exposées in vitro à des CEM de 2,14 GHz pendant 6 semaines consécutives avec des DAS calculé à 0,08 et 0,8 W/kg. Une partie des cellules non exposées ou soumises à une exposition simulée servait de témoins. Dans chaque groupe, certaines cellules étaient également exposées à des

molécules carcinogènes (pouvant entraîner des cellules cancéreuses) connues (MCA et TPA).

Aucune différence concernant la survenue de transformations malignes n'a été retrouvée entre le groupe exposé aux RF et les groupes témoins non exposés (qu'ils soient exposés ou non molécules carcinogènes). Dans cette étude, l'exposition aux RF quels que soient les DAS n'induisait pas de transformation cellulaire néoplasique responsable de la formation de tumeurs.

## ***Stations de base et interférences***

Le rayonnement émis par une station de base de radiotéléphonie est susceptible à courte distance d'entraîner un dysfonctionnement des prothèses implantables actives (pacemakers par exemple).

Comme en atteste le rapport du groupe d'experts présidé par le Pr. ZMIROU (17), ces dysfonctionnements ne sont jamais observés en dehors des périmètres de sécurité préconisés.

La plupart de ces études ont été motivées par la présence de « clusters » [cas de maladies rares se présentant de manière groupée dans le temps et/ou l'espace].

Deux études ont été réalisées à Hawaï, l'une, non publiée, en 1986 (18), puis reprise en 1994 par Maskarinec (19). Cette étude de type cas-témoins a été initiée après la survenue de 12 cas de leucémie aiguë chez des enfants, de 1979 à 1990, dont 7 cas de 1982 à 1984, à proximité d'un émetteur radio. L'évaluation de l'exposition était basée uniquement sur la distance entre le domicile et l'émetteur radio. D'autres facteurs de risque, comme le tabagisme des parents, ont été pris en compte au cours de cette étude. Parmi les enfants résidant à moins de 4,2 km, un excès non significatif de cancer a été suggéré (OR=2,0 [0,06;8,30]), mais le faible nombre de cas a conduit les auteurs à conclure que le cluster avait sans doute été le fruit du hasard.

Une étude écologique a été conduite en Australie, par Hocking, au voisinage de 3 émetteurs de TV (60 à 500 MHz) au Nord de Sydney (20). Elle a comparé l'incidence et la mortalité par cancer au cours de la période 1972-1990, en fonction de la distance aux émetteurs (moins de 4 km et de 4 km jusqu'à 15 km). La densité de puissance maximum estimée à 1 km de l'émetteur était de 80 mW/m<sup>2</sup> et de 2 mW/m<sup>2</sup> à 4 km. Un excès de risque de leucémie a été observé chez les personnes proches de l'émetteur et cela quel que soit l'âge (RR=1,24 [1,09;1,40]). Ce risque était plus élevé chez les enfants (RR=1,58 [1,07-2,34]). Aucune augmentation de l'incidence des tumeurs cérébrales n'a été retrouvée. Ce travail a été repris par McKenzie, qui a étendu l'étude à d'autres municipalités proches (21). Des mesures de champ ont été faites, montrant des densités de puissance qui variaient de moins de 2,5 W/m<sup>2</sup> à 1000 W/m<sup>2</sup> au pied d'un émetteur. Si dans une des zones exposées il était mis en évidence, comme dans l'étude initiale, un excès de leucémies de l'enfant, il n'en était pas de même dans les deux autres zones exposées, évoquant le rôle possible de facteurs autres que les radiofréquences.

A la suite de l'observation d'un nombre accru de leucémies et de lymphomes chez l'adulte à proximité de l'émetteur TV et de radio de Sutton Coldfield, deux études écologiques furent menées, l'une localement autour de l'émetteur incriminé (22), l'autre autour de 20 autres émetteurs de Grande-Bretagne (23).

La première étude considérait l'ensemble des cas de cancer survenus pendant 12 ans (de 1974 à 1986) dans un cercle de 10 km autour de la source suspectée. L'évaluation de l'exposition était, là aussi, basée sur la distance entre le domicile et l'émetteur radio. Une augmentation non significative, de 3%, du nombre total de cas de cancer fut retrouvée autour de l'émetteur. Seule l'augmentation du nombre de leucémie chez l'adulte était significative (OR=1,83 [1,22-2,74]).

Les auteurs, Dolk et coll., ont conclu qu'il n'était pas possible d'imputer les cancers à l'émetteur mais ont entrepris une étude plus large sur 21 émetteurs TV du pays.

Cette étude rétrospective comparant l'incidence des cancers sur 12 ans dans un rayon de 10 km autour de 21 émetteurs britanniques (gamme 430-890MHz), concernait 3,39 millions de personnes. Aucune association ne fut trouvée et par conséquent l'excès de leucémie de l'adulte n'a pas été confirmé.

Au total, les auteurs considéraient que leurs résultats ne donnaient, « au mieux », qu'une très faible indication à l'appui du cluster initial.

Une enquête écologique publiée en 2002 et menée par Michelozzi en Italie, a étudié la mortalité par leucémie chez l'adulte et l'incidence des leucémies chez l'enfant autour des émetteurs de Radio-Vatican (périmètre de 10 km) (24). Elle a montré un excès de leucémie de l'enfant (8 cas pour 4 attendus) avec une plus grande augmentation dans la zone de 4 à 6 km (5 cas pour 2,5 attendus). Les excès observés dans les autres zones étaient basés sur 1 ou 2 cas. Selon les auteurs, aucune relation causale ne pouvait être déduite.

Dans la région de San Francisco, l'incidence des leucémies, des lymphomes et des tumeurs cérébrales survenant autour d'un émetteur de radio et de télévision a été étudié, entre 1973 et 1988, chez les sujets de moins de 21 ans (25). Seule la distance a été prise en compte. Aucune information sur le niveau d'émission n'était donnée.

Aucun excès de risque n'a été observé dans un cercle de 3,5 km (RR = 0,73, p=0,86).

En 2004, une étude écologique (26) a évalué les effets sanitaires des radiofréquences des émetteurs radio. Les zones exposées étaient celles comportant des émetteurs de plus de 100 kW, et les zones non-exposées celles sans émetteur et situées à une distance d'au moins 2 km d'un émetteur. Les taux standardisés de mortalité par cancer ont été calculés pour la période 1994-1995 à partir des certificats de décès. Le taux de décès par cancer était significativement plus élevé dans les zones exposées : rapport de taux standardisé direct de mortalité tous cancers = 1,29, IC 95 % [1,12-1,49]. Le rapport de taux standardisé de mortalité par leucémie chez les 0-14 ans était de 2,29, IC 95 % [1,05-5,98] ; et celui des 15-29 ans de 2,44, IC 95 % [1,07-5,24].

## Limites des études

Un certain nombre de problèmes méthodologiques concernant ces études doivent être soulevés.

### *Schéma d'étude :*

Sur les 9 études présentées précédemment, 8 étaient des études écologiques ou de corrélation géographique et seule l'étude de Maskarinec était une étude cas-témoin sur les leucémies de l'enfant.

Les études écologiques, basées sur les données de cancer et sur l'exposition des populations (et non sur des données individuelles) ne permettent pas d'établir un lien de causalité entre la survenue de cancer et la proximité d'émetteurs. Elles peuvent juste donner une indication sur le sens d'une relation. Les problèmes méthodologiques, communs à ces études (évaluation de l'exposition discutable, non prise en compte des facteurs de confusion) en font des enquêtes peu informatives.

### *Mesure de l'exposition :*

La mesure précise de l'exposition aux émetteurs de radio et de télévision, et *a fortiori* aux stations de base est difficile car de nombreux paramètres rentrent en compte (distance à la station de base, types de fréquences,

interférences, etc.). L'exposition a été estimée seulement par la distance.

Dans ces études, aucune mesure directe de l'exposition n'a été réalisée. Quelques mesures ponctuelles, faites sans analyse de spectre, ont été effectuées dans l'environnement très proche d'un émetteur (<1 km) au cours de l'étude italienne (24). Un dépassement des valeurs limites d'exposition à un point donné a été observé, mais des mesures sur 24 h, notamment dans la zone des 4-6 km n'ont pas montrée de niveaux élevés. Les éléments de métrologie réalisés en Italie mais aussi en Australie (20, 21) n'apportent en définitive que peu d'information (pas de données individuelles).

### *Facteurs de confusion :*

Peu de facteurs de confusion ont été pris en compte. L'étude cas-témoins à Hawaï a, quant à elle, exploré d'autres facteurs de risque au niveau individuel (profession des parents, tabagisme, antécédents médicaux exposition à des radiations ionisantes). Les autres études ont seulement tenu compte du niveau socio-économique des lieux étudiés. Aussi, le rôle possible d'autres facteurs, telle la pollution atmosphérique, dans la survenue de cancer, ne peut être exclu.

Au total, selon les rapports des experts (DGS, AFSSET) (27), il n'existe pas actuellement de preuves d'un lien direct entre l'exposition due aux stations de base et des effets sur la santé, mais des effets indirects, de l'ordre de la perception du risque semblent probables.

## Glossaire

### **Etude écologique**

Les études écologiques ou de corrélation géographique recherchent une liaison statistique entre un problème de santé concernant des populations, dont la fréquence est mesurée dans différentes unités géographiques (communes, régions, etc.) et une autre caractéristique représentant un éventuel facteur de risque. A la différence des autres études épidémiologiques, ce sont des données au niveau des populations et non pas des données individuelles.

### **Etude transversale**

Enquête épidémiologique où l'investigateur mesure simultanément, à un temps t donné, les facteurs de risque et la maladie.

### **Facteurs de confusion**

Facteur lié à la fois à l'exposition (ici, stations de base ou émetteur radio/TV) et à la maladie (cancers, symptômes subjectifs). Un facteur de confusion peut déformer la réalité d'une association entre l'exposition et la maladie.

### **Incidence**

Nombre de nouveaux cas d'une maladie ou d'un problème de santé apparus pendant une période de temps (souvent l'année) au sein d'une population.

### **Signification statistique**

Une association entre l'exposition et la maladie observée sur un échantillon est dite statistiquement significative (de façon abrégée, significative), si on juge qu'elle résulte de l'existence d'une association réelle dans la population source et non pas du aux fluctuations d'échantillonnage. Le jugement de signification repose sur la mise en œuvre de tests statistiques.

## Références

1. Panorama du rayonnement électromagnétique en France. Etat des lieux et principe de précaution : Agence Nationale des Fréquences, 2004.
2. Neubauer G, Feychting M, Hamnerius Y, Kheifets L, Kuster N, Ruiz I, et al. Feasibility of future epidemiological studies on possible health effects of mobile phone base stations. *Bioelectromagnetics*. 2007;28(3):224-30.
3. Santini R, Santini P, Danze JM, LeRuz P, Seigne M. Enquête sur la santé de riverains de stations relais de téléphonie mobile: I /Incidences de la distance et du sexe. *Pathologie - Biologie*. 2002;50(6):369-73.
4. Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Public perception of risk concerning celltowers and mobile phones. *Sozial Und Praventivmedizin*. 2004;49(1):62-6.
5. Abdel-Rassoul G, Abou El-Fateh O, Abou Salem M, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M, et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology*. 2007;28 (2):434-40.
6. Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occupational and Environmental Medicine*. 2006;63(5):307-13.
7. Blettner M, Schlehofer B, Breckenkamp J, Kowall B, Schmiedel S, Reis U, et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occupational and Environmental Medicine*. 2009;66(2):118-23.
8. Berg Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, Breckenkamp J, Schlehofer B, Schmiedel S, et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occupational and Environmental Medicine*. 2009;66(2):124-30.
9. Thomas S, Kühnlein A, Heinrich S, Praml G, Nowak D, von Kries R, et al. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: A cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(6):463-70.
10. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, et al. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study. *Environmental Health Perspectives*. 2007;115(11):1603-8.
11. Zinelis SA. Short-term exposure to mobile phone base station signals. *Environmental Health Perspectives*. [Letter]. 2008;116(2):A62.
12. Rööslä M, Huss A. Mobile phone base station exposure and symptoms *Environmental Health Perspectives*. [Letter]. 2008;116(2):A62-A3.
13. Cohen A, Carlo G, Davidson A, White M, Geoghan C, Goldsworthy A, et al. Sensitivity to mobile phone base station signals *Environmental Health Perspectives*. [Letter]. 2008;116(2):A63-A4.
14. Riddervold IS, Pedersen GF, Andersen N, Pedersen AD, Andersen JB, Zachariae R, et al. Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to RF radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(4):257-67.
15. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, et al. Short-Term Exposure to Mobile Phone Base Station Signals Does Not Affect Cognitive Functioning or Physiological Measures in Individuals Who Report Sensitivity to Electromagnetic Fields and Controls. *Bioelectromagnetics*. [Article]. 2009;30(7):556-63.
16. Hirose H, Suhara T, Kaji N, Sakuma N, Sekijima M, Nojima T, et al. Mobile phone base station radiation does not affect neoplastic transformation in BALB/3T3 cells. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(1):55-64.
17. Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé. Etat des connaissances et recommandations: Direction Générale de la Santé;16 janvier 2001.
18. Anderson BS, Henderson AK. Cancer incidence in census tracts with broadcasting towers in Honolulu: Prepared for the city and county of Honolulu, Hawaii; 1986 October 28.
19. Maskarinec G, Cooper J, Swygert L. Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*. 1994;13(1):33-7.
20. Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *The Medical Journal of Australia*. 1996;165(11-12):601-5.
21. McKenzie DR, Yin Y, Morrell S. Childhood incidence of acute lymphoblastic leukaemia and exposure to broadcast radiation in Sydney- a second look. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. [Letter]. 1998;22(3 Suppl):360-7.
22. Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt I, et al. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter. *American Journal of Epidemiology*. 1997;145(1):1-9.
23. Dolk H, Elliott P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *American Journal of Epidemiology*. 1997;145(1):10-7.
24. Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, Forastiere F, Biggeri A, Barca A, et al. Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy. *American Journal of Epidemiology*. 2002;155(12):1096-103.
25. Selvin S, Schulman J, Merrill DW. Distance and risk measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers. *Social Science & Medicine*. 1992;34(7):769-77.
26. Park SK, Ha M, Im HJ. Ecological study on residences in the vicinity of AM radio broadcasting towers and cancer death: preliminary observations in Korea. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2004;77(6):387-94.
27. Les radiofréquences. Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. AFFSET. Octobre 2009.

