

Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Analyse des résultats de mesures
d'exposition du public aux ondes
radiofréquences réalisées en 2019
dans le cadre du dispositif national de
surveillance.

Avril 2020

Synthèse

Cette étude porte sur les mesures réalisées en 2019 dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques dans la bande 100 kHz – 6 GHz. Ouvert aux particuliers et aux collectivités locales, ce dispositif permet de faire mesurer gratuitement l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans des locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public.

3 020 lieux ont fait l'objet de mesures en dehors des campagnes nationales de l'Etat, qui font l'objet d'analyses séparées¹. Ce nombre est comparable à celui des années précédentes. La typologie des mesures reste stable depuis 2014. Concernant la répartition géographique des demandes, elle apparaît corrélée principalement à la densité de la population.

La conformité des niveaux d'exposition constatés vis-à-vis du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 a été déclarée sur tous les sites ayant fait l'objet d'une mesure, à l'exception d'un site, pour lequel un dépassement théorique des niveaux de référence après extrapolation a été relevé, provenant de sources émettant à plusieurs fréquences. Une réduction de puissance d'un facteur de plus de 6 a mis fin au dépassement. Une mesure de contrôle a été effectuée.

L'analyse fait apparaître un niveau de champ médian de 0,38 V/m, tandis que 90 % des niveaux mesurés à la sonde large bande apparaissent inférieurs à 1,8 V/m. Les niveaux des champs mesurés sont plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural et plus élevés en extérieur qu'en intérieur. La légère hausse observée en 2018 (valeur médiane de 0,40 V/m) ne s'est pas confirmée en 2019 avec un niveau médian qui a décliné à 0,38 V/m.

L'analyse détaillée, possible quand la mesure s'effectue selon le « cas B » du protocole, révèle que la téléphonie mobile constitue le principal contributeur dans plus de 60 % des cas. En milieu rural, cette tendance apparaît moins marquée, avec seulement 33 % des cas où la téléphonie mobile domine tandis que, dans près de 40 % des cas, aucune source significative n'est mesurée. En extérieur, la téléphonie mobile domine dans près de 80 % des cas.

Le tableau ci-dessous synthétise l'analyse des résultats pour 2019. Le tableau se lit ainsi : en milieu rural (ligne) 90 % des niveaux d'exposition mesurés en 2019 (colonne) sont inférieurs à 0,86 V/m (valeur figurant dans la case à l'intersection entre la ligne et la colonne).

| | Nombre de mesures | Moyenne | 50 % (médiane) | 90 % | 99 % | Max |
|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Rural | 526 17% | 0,4 V/m | 0,22 V/m* | 0,86 V/m | 3,1 V/m | 4,7 V/m |
| Urbain | 2494 83% | 0,87 V/m | 0,45 V/m | 2,0 V/m | 6,1 V/m | 28,6 V/m |
| Intérieur | 2059 68% | 0,68 V/m | 0,38 V/m | 1,5 V/m | 5,2 V/m | 28,6 V/m |
| Extérieur | 961 32% | 1,0 V/m | 0,56 V/m | 2,4 V/m | 6,2 V/m | 14,4 V/m |
| Total | 3020 | 0,78 V/m | 0,38 V/m | 1,8 V/m | 5,9 V/m | 28,6 V/m |

*Ces valeurs sont en-dessous du seuil de sensibilité typique des sondes utilisées pour l'analyse globale de l'exposition qui est de 0,38 V/m. Les appareils de mesures employés permettent néanmoins de recueillir des valeurs fiables jusqu'à 0,05 V/m.

¹ <http://www.radiofrquences.gouv.fr/campagne-de-mesures-du-ministere-a80.html>

Executive summary

This study addresses measurements carried out in 2019 as part of the French national surveillance process of public exposure to electromagnetic waves in the 100 kHz - 6 GHz band. Open to private individuals and local authorities, the process allows, for free, assessing exposure to electromagnetic waves at home and in areas accessible to the public.

3,020 locations were measured in the 100 kHz - 6 GHz band in 2019 outside national measurements campaigns². This number is comparable to that of previous years. The typology of measurement has been stable since 2014. Regarding the geographical distribution of demands, it remains correlated mainly with the density of the population.

The compliance of the level of exposure to electromagnetic fields in the 100 kHz - 6 GHz band with the decree 2002-775 of May 3rd, 2002 was declared on all the sites which were the object of a measurement with the exception of a site for which there was a theoretical exceedance after extrapolation of the reference levels for sources emitting at several frequencies. A power reduction of more than a factor of 6 ended the overshoot.. A new measurement has been carried out.

The overall analysis states a median field level of 0.38 V/m, while 90% of the levels measured at the broadband probe appear below 1.8 V/m. The measured field levels are higher in urban than in rural areas and higher outdoors than indoors. The slight increase observed in 2018 (median value of 0.4 V/m) was not confirmed in 2019 with a median level of 0.38 V/m.

The detailed analysis, possible when a measurement according to the "case B" of the protocol was carried out, reveals that the mobile telephony is the main contributor in more than 60% of the cases. In rural areas, this trend appears less pronounced with only 33% of cases where mobile telephony dominates and in almost 40% of cases, no significant source is measured. Mobile telephony dominates in almost 80% of cases outdoors.

The table below summarizes the analysis of the results obtained in 2019. The table reads as follows: in rural areas (row) 90% of the exposure levels measured in 2019 (column) are lower than 0.86 V/m.

| | Number of measurements | Mean | 50 % (median) | 90 % | 99 % | Max |
|----------------|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Rural | 526 17% | 0,4 V/m | 0,22 V/m* | 0,86 V/m | 3,1 V/m | 4,7 V/m |
| Urban | 2494 83% | 0,87 V/m | 0,45 V/m | 2,0 V/m | 6,1 V/m | 28,6 V/m |
| Indoor | 2059 68% | 0,68 V/m | 0,38 V/m | 1,5 V/m | 5,2 V/m | 28,6 V/m |
| Outdoor | 961 32% | 1,0 V/m | 0,56 V/m | 2,4 V/m | 6,2 V/m | 14,4 V/m |
| Total | 3020 | 0,78 V/m | 0,38 V/m | 1,8 V/m | 5,9 V/m | 28,6 V/m |

* these values are below the typical sensitivity threshold of the broadband instruments of 0.38 V/m

² <http://www.radiofrquences.gouv.fr/campagne-de-mesures-du-ministere-a80.html>

Sommaire

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1. | INTRODUCTION | 5 |
| 2. | BILAN DES MESURES | 7 |
| 2.1. | Typologie des demandes..... | 7 |
| 2.2. | Analyse des résultats..... | 10 |
| 2.3. | Analyse détaillée des résultats | 15 |
| Annexe 1. | Le protocole de mesure | 18 |
| Annexe 2. | Le dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes radioélectriques | 20 |

1. Introduction

Le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 fixe les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques. Il transpose la recommandation européenne 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999. Ces valeurs limites sont comprises entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences (cf. Figure 1).

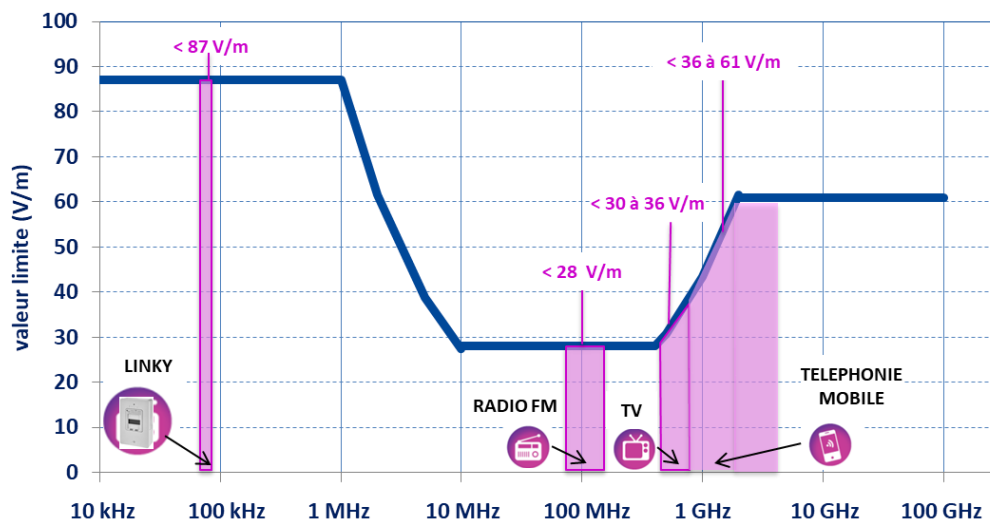


Figure 1: valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

Dans le cadre de ses missions, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) veille au respect de ces valeurs limites. Pour cela, elle élabore un protocole de mesure de l'exposition et l'actualise en fonction des évolutions technologiques. En 2019, seule la version 4 (décrite en Annexe 1) était en vigueur. Cette version 4 a notamment élargi la plage d'évaluation de l'exposition aux fréquences situées entre 9 kHz et 100 kHz. Ce protocole vise principalement à évaluer le niveau d'exposition créé par les équipements fixes utilisés dans les réseaux de télécommunication : il est donc recommandé, pendant les mesures, d'éteindre les équipements dont les émissions sont non permanentes (téléphone portable, par exemple). Cependant, si certains de ces équipements activables par le demandeur sont maintenus en marche à sa demande, la mesure reste possible : des dispositions sont prises pour que ces équipements émettent pendant les mesures et le rapport de mesure mentionne cette situation.

En 2019, des déploiements pilotes ont été menés en France pour tester en vraie grandeur les modalités d'un déploiement d'antennes 5G dans la bande 3 400 - 3 800 MHz. Dans le cadre de la réflexion générale sur l'évaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques des réseaux 5G, l'ANFR a publié deux rapports³, l'un sur une présentation générale de la 5G abordée sous l'angle de l'exposition et l'autre sur ces déploiements pilotes d'antennes 5G à faisceaux orientables dans la bande 3400-3800 MHz.

La vérification de la conformité des niveaux d'exposition vis-à-vis de ces valeurs limites réglementaires est confiée à des laboratoires de mesure accrédités par le Comité français d'accréditation (COFRAC) qui doivent respecter le protocole de mesure de l'ANFR ainsi que des critères d'indépendance.

³ <https://www.anfr.fr/publications/dossiers-thematiques/la-5g/exposition-du-public/>

L'ANFR reçoit l'ensemble des rapports de mesure réalisés selon ce protocole et les publie sur le site cartoradio.fr.

Le dispositif national de surveillance de l'exposition aux ondes électromagnétiques géré par l'ANFR et effectif depuis le 1^{er} janvier 2014 est détaillé en Annexe 2 de ce rapport. Ce dispositif permet à toute personne physique ou morale de faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans des locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public (parcs, commerces...). Cette démarche est gratuite.

Les analyses des mesures réalisées dans le cadre de ce dispositif font l'objet chaque année d'un rapport publié sur le site internet de l'ANFR⁴.

Depuis juin 2018, ce dispositif prend en compte de nouvelles sources potentielles d'exposition liées aux objets communicants fixes, comme les compteurs Linky par exemple. Les résultats des mesures de l'exposition concernant les objets communicants fixes font l'objet d'une analyse séparée⁵.

En 2019, près de 3 400 mesures ont été réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz dans le cadre de ce dispositif, incluant une campagne nationale d'environ 350 mesures menée par l'Etat. Cette campagne nationale concernant des établissements particuliers⁶ fera l'objet d'une analyse séparée⁷. Ce rapport porte donc sur l'étude d'environ 3 000 mesures réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz en 2019 dans le cadre du dispositif géré par l'ANFR.

⁴ <http://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/analyse-des-mesures-realisees/>

⁵ <https://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/compteurs-communicants/mesures-linky/>

⁶ Collèges, lycées et établissements de soins

⁷ <http://www.radiofréquences.gouv.fr/campagne-de-mesures-du-ministere-a80.html>

2. Bilan des mesures

2.1. Typologie des demandes

3 020 lieux ont fait l'objet de mesures dans la bande 100 kHz-6 GHz en 2019 dans le cadre du dispositif déjà décrit. C'est un nombre comparable à celui des années précédentes (cf. Figure 2).

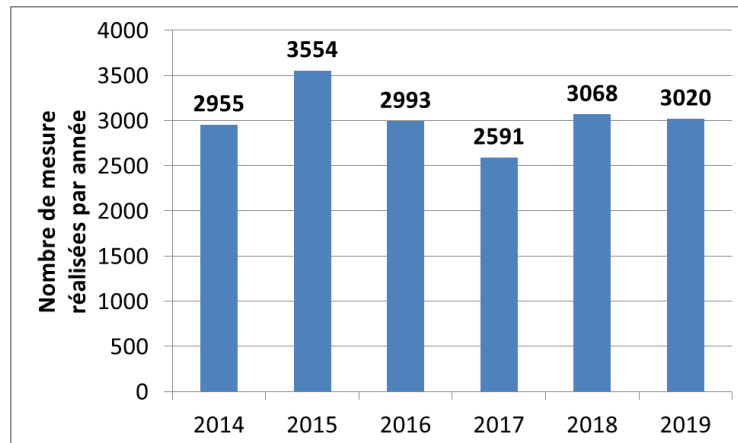


Figure 2 : nombre de mesures réalisées par an dans le cadre du dispositif national (en dehors des campagnes nationales de mesure sur les places de mairies de 2014 et 2017 et dans les établissements particuliers en 2019)

En 2019, comme lors des années précédentes, l'ensemble du territoire a été concerné par ces mesures, comme illustré sur la Figure 3. Sur cette figure, les points les plus récents recouvrent les points les plus anciens s'ils occupent la même position.

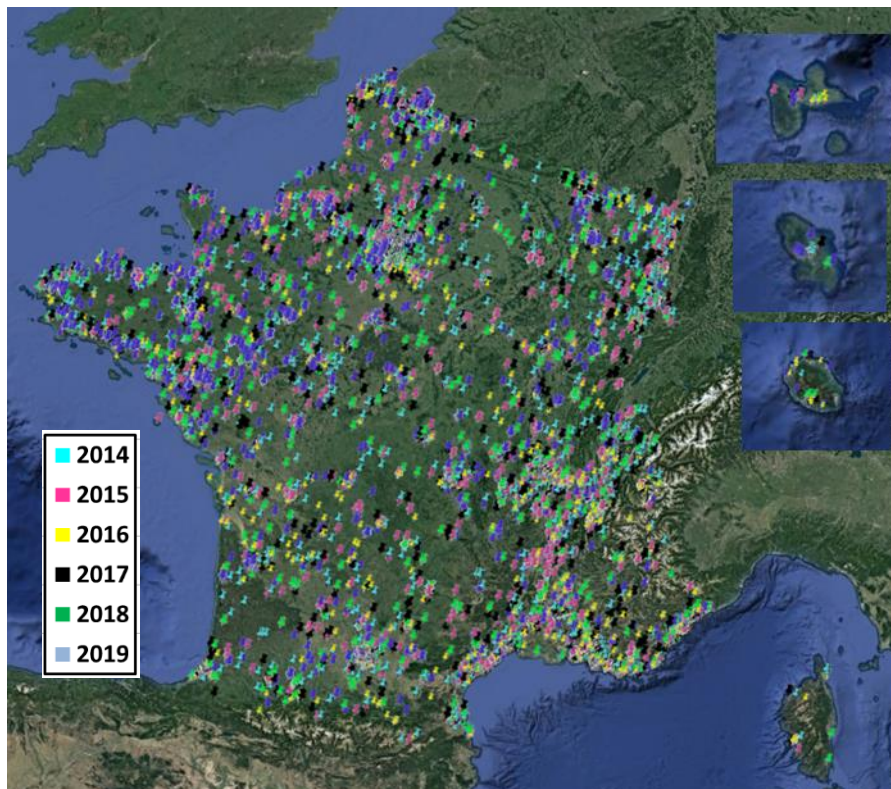


Figure 3 : répartition géographique des mesures réalisées chaque année

Comme les années précédentes, le nombre de demandes de mesure dans une zone géographique apparaît proportionnel à sa population et au nombre de supports de téléphonie mobile qui y sont implantés. Il existe en effet une corrélation entre le nombre de mesures réalisées dans un département et son nombre d'habitants (cf. Figure 4). Le cas de Paris constitue une exception puisque la ville de Paris réalise chaque année des campagnes de mesures de plusieurs centaines de points.

Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson entre le nombre de mesures et le nombre d'habitants vaut 0,75 si l'on exclut Paris (la courbe de tendance sans Paris est affichée en pointillé sur la figure de droite ci-dessous). Rapporté à sa population, le nombre de demandes dans une zone apparaît similaire en milieu urbain ou rural.

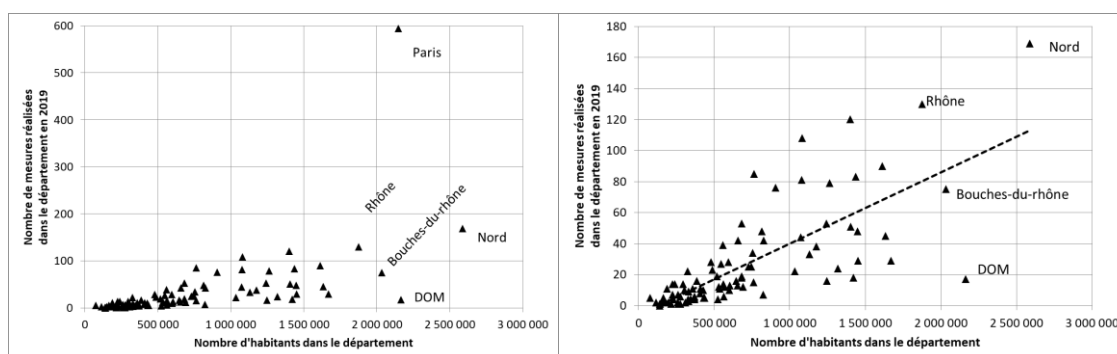


Figure 4 : corrélation entre le nombre de mesures réalisées dans les départements français et leur nombre d'habitants (à gauche avec Paris, à droite sans Paris qui constitue une exception)

Les mesures sont notamment caractérisées par :

- le type de mesure : cas A ou cas B du protocole de mesure ;
- l'environnement : urbain ou rural ;
- la nature du lieu : intérieur ou extérieur ;
- le type du lieu : lieu d'habitation, espace public, rue ou autres (commerces, divers).

La Figure 5 illustre la typologie des mesures réalisées en 2019 et les années précédentes. En juin 2018, le dispositif de surveillance de l'exposition avait évolué pour prendre en compte de nouvelles sources potentielles d'exposition liées aux objets communicants fixes. Cette évolution a conduit à la disparition du cas A+ dans le formulaire de demande de mesures. Ce type de demande s'est reporté sur le cas B plus détaillé. Ainsi, en 2019, les mesures selon le cas B du protocole représentent désormais une large majorité des mesures (78 %).

La majorité des mesures (83 %) ont été réalisées en milieu urbain, reflet de la répartition de la population française puisque près de 80 % de la population française vit en ville⁸.

La majorité des mesures (68 %) ont été réalisées en intérieur. Enfin, 62 % d'entre elles ont concerné les lieux d'habitation et 22 % des espaces publics.

⁸ Selon la base des unités urbaines de 2010 de l'INSEE

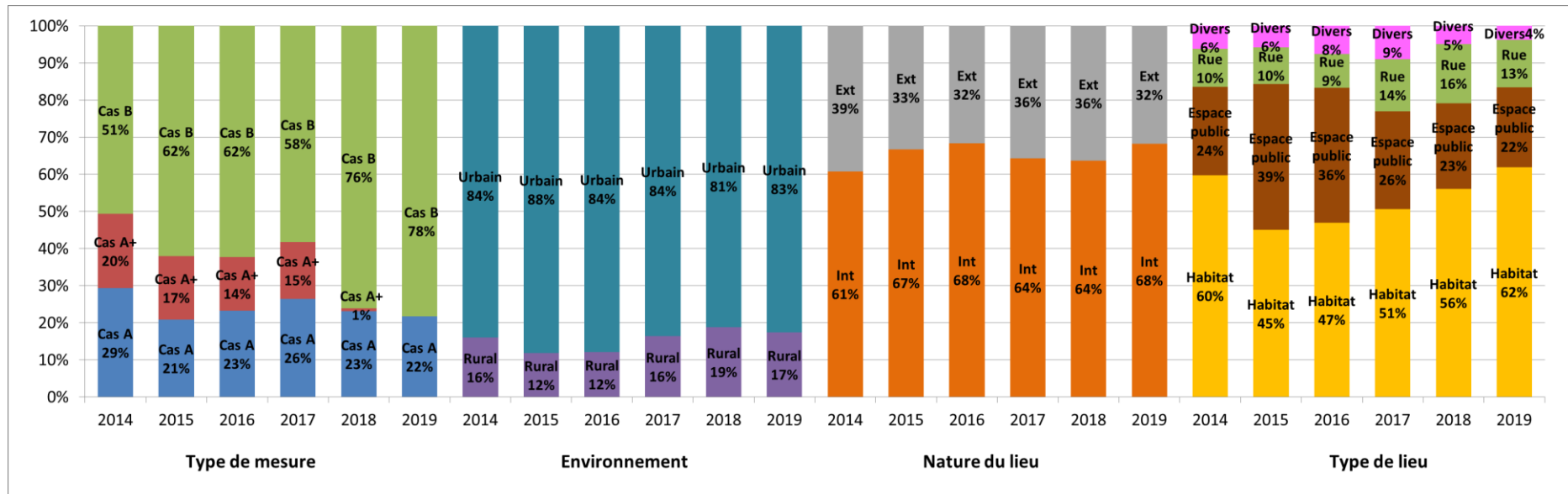


Figure 5 : typologie des mesures réalisées chaque année depuis 2014 dans le cadre du dispositif de surveillance de l'exposition géré par l'ANFR (en dehors des campagnes nationales de l'Etat menées en 2014 et 2017 sur les places de mairies et en 2019 dans les établissements particuliers)

2.2. Analyse globale des résultats

L'analyse globale porte sur les résultats des mesures selon le cas A du protocole. Ces mesures sont disponibles pour l'ensemble des 3 020 mesures analysées puisque les mesures selon le cas B du protocole sont systématiquement précédées d'une mesure selon le cas A. Ces mesures globales sont réalisées à l'aide d'une sonde large bande qui fournit une valeur de champ électrique. La sensibilité typique des sondes utilisées pour l'analyse globale de l'exposition est de 0,38 V/m. Les appareils de mesures employés permettent néanmoins de recueillir des valeurs fiables jusqu'à 0,05 V/m.

La Figure 6 illustre la répartition de niveaux d'exposition mesurés à la sonde large bande selon le cas A du protocole. Une grande majorité (78 %) de ces niveaux d'exposition sont inférieurs à 1 V/m. Environ 1 % des niveaux mesurés dépassent la valeur d'attention de 6 V/m à partir de laquelle une mesure selon le cas B du protocole est obligatoire.

Les niveaux mesurés sont tous nettement inférieurs aux valeurs limites réglementaires qui varient entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences. La conformité du niveau d'exposition au champ électromagnétique dans la bande 100 kHz – 6 GHz vis-à-vis du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 a été déclarée sur tous les sites ayant fait l'objet d'une mesure, à l'exception d'un site pour lequel est apparu, après extrapolation, un dépassement théorique des niveaux de référence, pour des sources émettant à plusieurs fréquences. Une réduction de puissance d'un facteur de plus de 6 a mis fin au dépassement. Une mesure de contrôle a été effectuée

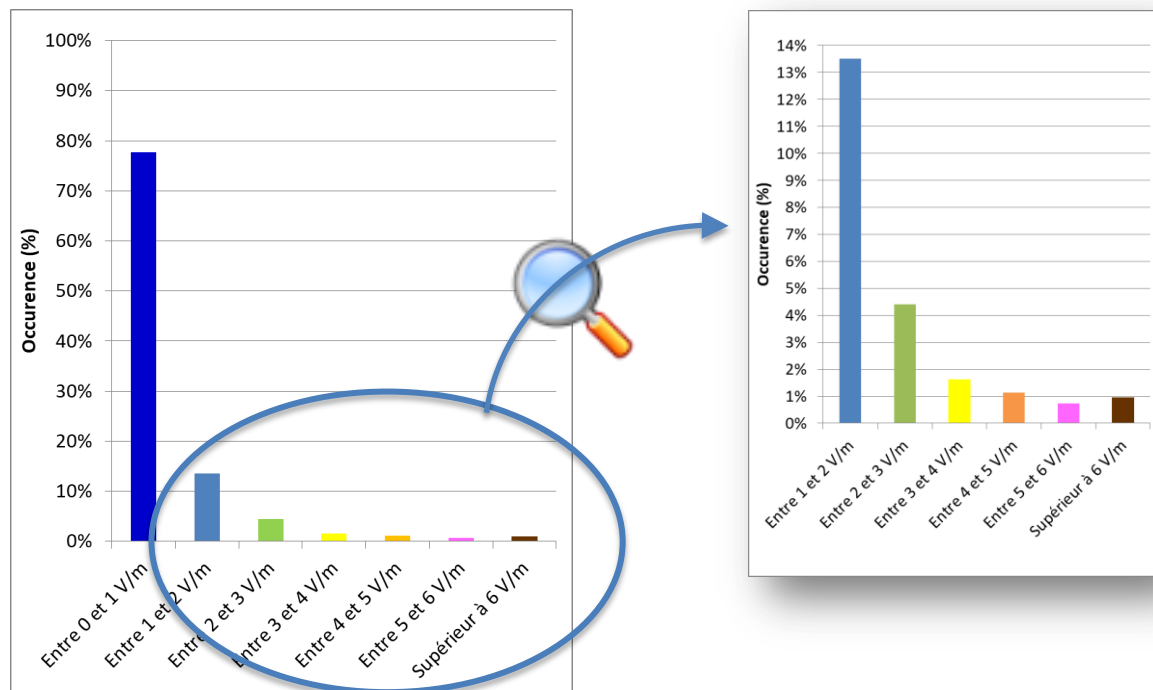


Figure 6 : distribution des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure et zoom sur la distribution des valeurs supérieures à 1 V/m

La répartition des résultats de mesures selon les niveaux de champs électriques mesurés est indiquée dans le Tableau 1 par année depuis 2014. La répartition des niveaux d'exposition mesurés en 2019 est globalement similaire à celle des niveaux mesurés les années précédentes.

| Année | E (V/m) | ≥ 1 V/m | ≥ 2 V/m | ≥ 3 V/m | ≥ 4 V/m | ≥ 5 V/m | ≥ 6 V/m |
|-------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2014 | Occurrence (%) | 18,3 % | 5,5 % | 2,8 % | 1,7 % | 1 % | 0,6 % |
| 2015 | Occurrence (%) | 18,4 % | 5,2 % | 2,1 % | 1,2 % | 0,7 % | 0,4 % |
| 2016 | Occurrence (%) | 18,4 % | 5,3 % | 2,3 % | 1,5 % | 1,1 % | 0,7 % |
| 2017 | Occurrence (%) | 19,7 % | 7 % | 3,1 % | 1,8 % | 1 % | 0,5 % |
| 2018 | Occurrence (%) | 22,7 % | 9 % | 5,1 % | 3 % | 1,7 % | 1 % |
| 2019 | Occurrence (%) | 22,4 % | 8,8 % | 4,4 % | 2,8 % | 1,7 % | 1 % |

Tableau 1 : répartition des résultats de mesures selon les niveaux de champs électriques mesurés

Une légère hausse s'était dessinée en 2018 par rapport aux années précédentes (cf. Figure 7). En 2019, les niveaux ont été stables, voire légèrement inférieurs par rapport à l'année 2018 selon les critères observés. La médiane passe ainsi de 0,40 V/m en 2018 à 0,38 V/m en 2019. En revanche, le nombre de points au-dessus de 6 V/m, valeur d'attention du point atypique, s'est stabilisé à 1 % en 2018 et 2019 alors qu'il oscillait entre 0,4 % et 0,7 % entre 2014 et 2017. Les points atypiques font l'objet d'une analyse spécifique⁹.

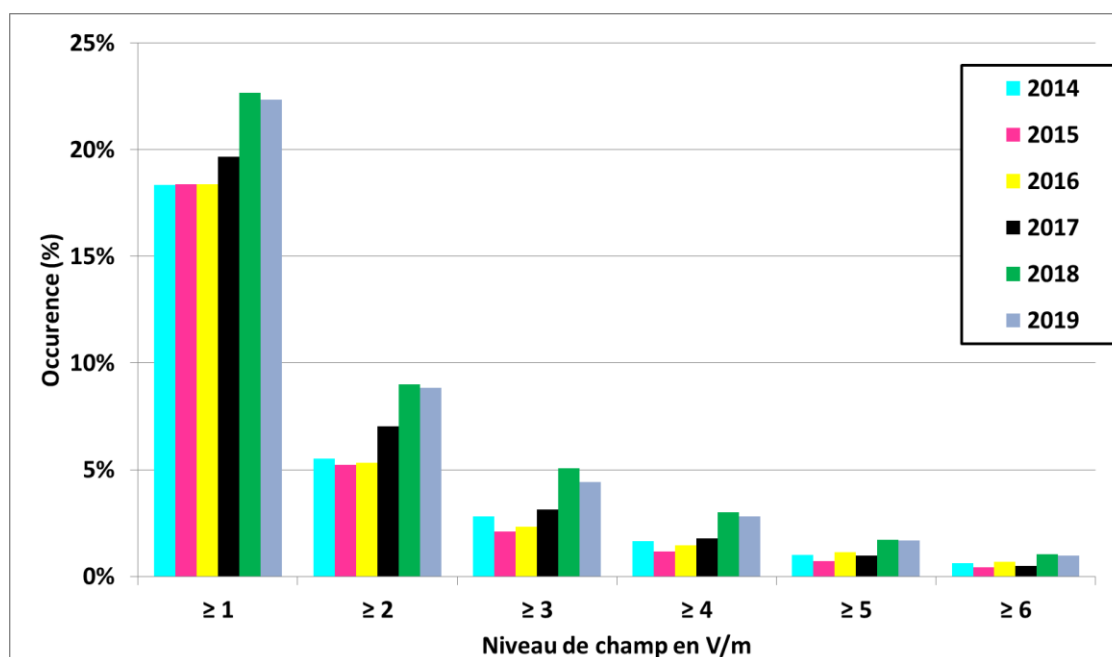


Figure 7: répartition des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure selon les années

⁹ <https://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/recensement-des-points-atypiques/>

La Figure 8 compare les niveaux de champs électriques mesurés en milieu rural et en milieu urbain. Les distributions sont globalement similaires avec une large majorité de niveaux de champs électriques inférieurs à 1 V/m (91,6 % des cas en milieu rural et 74,7 % des cas en milieu urbain). Toutefois, les niveaux mesurés apparaissent plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural. Cette tendance est plus marquée depuis 2018.

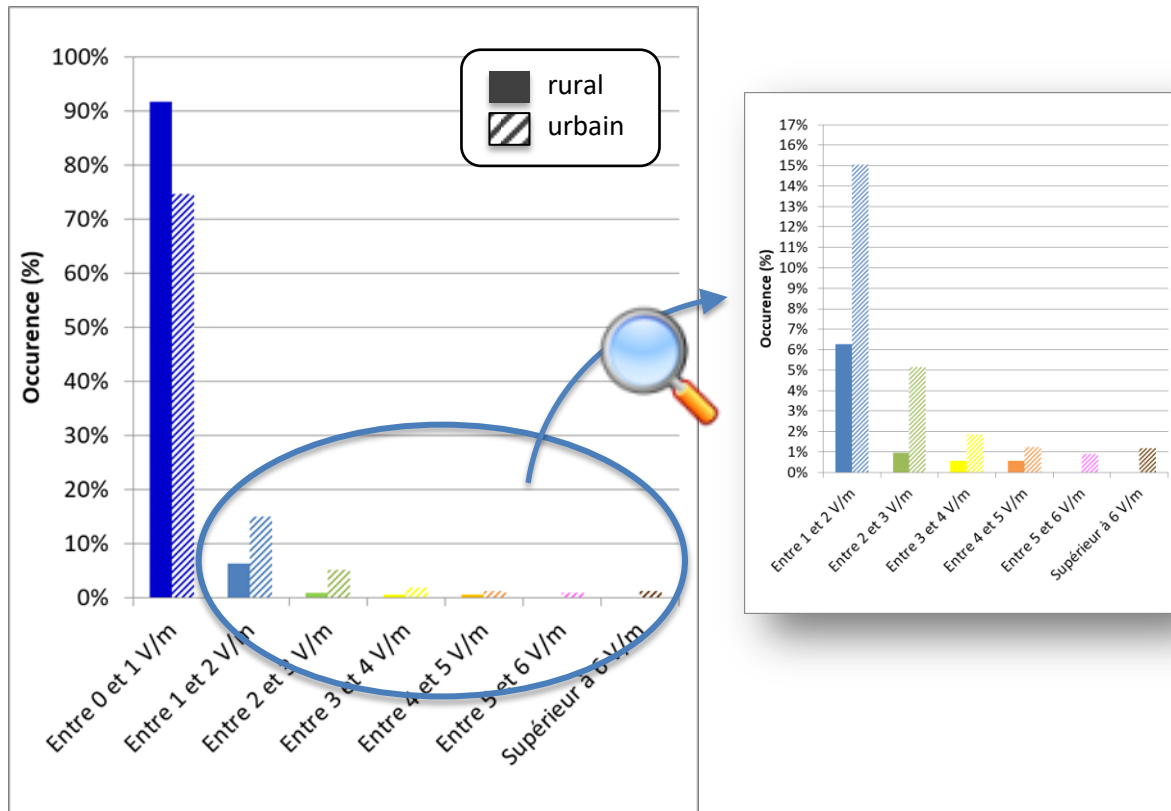


Figure 8 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesuré en milieu rural (barres pleines) et en milieu urbain (barres hachurées) et zoom sur les distributions au-delà de 1 V/m

La Figure 9 compare les niveaux des champs électriques mesurés en intérieur et en extérieur. Les distributions sont également globalement similaires, avec une large majorité de niveaux de champs électriques inférieurs à 1 V/m (82,2 % des cas en intérieur et 67,8 % des cas en extérieur). Toutefois, les niveaux mesurés sont légèrement plus élevés en extérieur qu'en intérieur, comme les années précédentes.

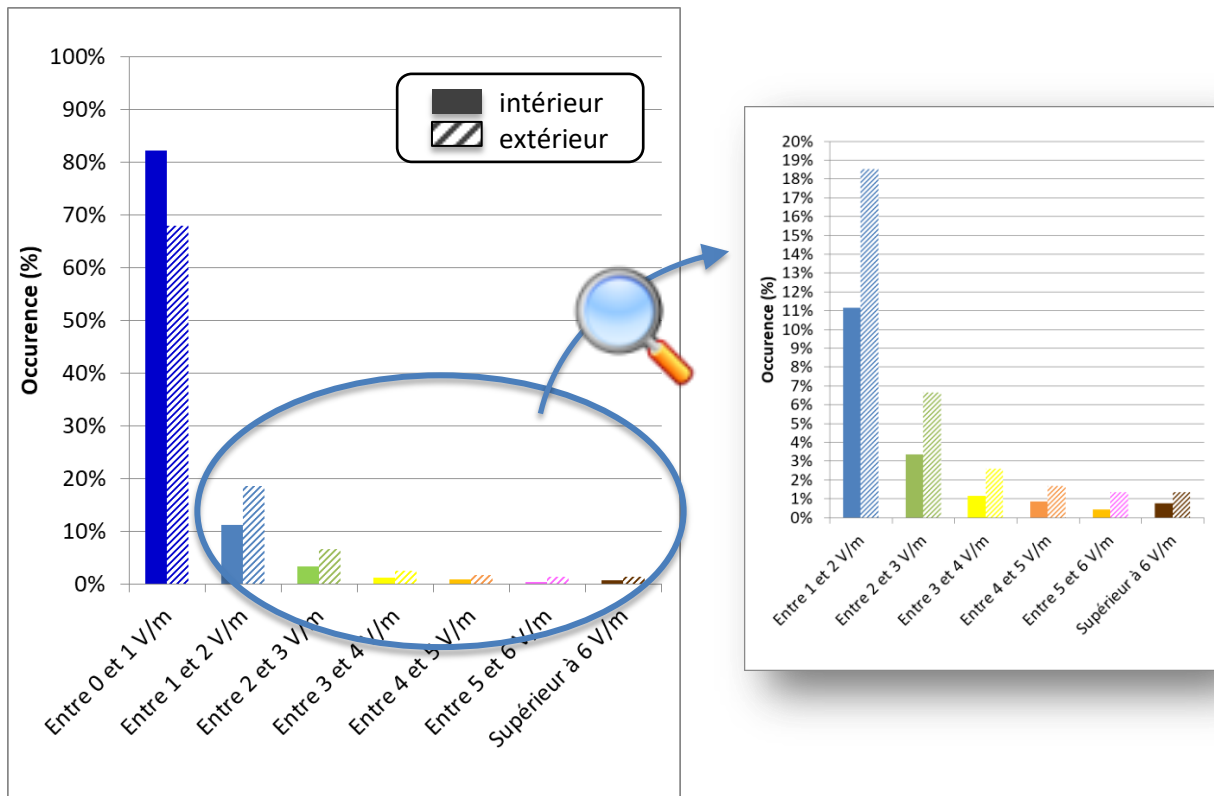


Figure 9 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesurés en intérieur (barres pleines) et en extérieur (barres hachurées)

Le Tableau 2 récapitule les principales caractéristiques des distributions de niveaux de champ électrique mesurés à la sonde large bande (cas A du protocole) en France depuis 2014 dans le cadre du dispositif de surveillance de l'exposition géré par l'ANFR en dehors des campagnes nationales menées par l'Etat en 2014 et 2017 sur des places de mairie et en 2019 dans des établissements particuliers.

Cette analyse globale montre donc que, comme pour les années précédentes, les niveaux d'exposition du public aux ondes électromagnétiques sont globalement nettement inférieurs aux valeurs limites réglementaires en vigueur.

Comme illustré sur la Figure 10, jusqu'en 2017, il n'y avait pas eu d'évolution significative ni sur les valeurs médianes mesurées (barres bleues sur la figure), ni sur les 1% des valeurs les plus élevées (traits noirs sur la figure) mais en 2018, une légère tendance à la hausse a été observée. En 2019, cette tendance ne s'est pas confirmée.

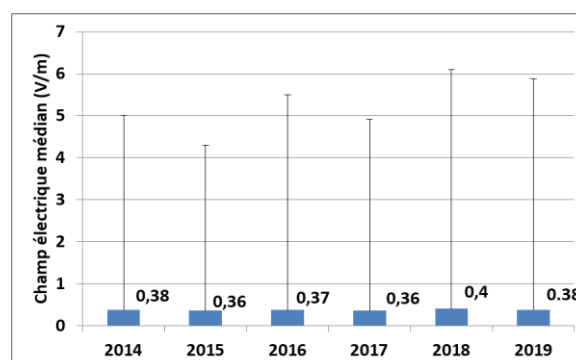


Figure 10: valeurs médianes (barres bleues) et percentiles à 99 % (traits noirs) en fonction des années

| | Nombre de mesures | | | | | | 50 % (médiane) | | | | | |
|------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rural | 472 16% | 421 12 % | 364 12% | 425 16 % | 578 19% | 526 17% | 0,26* V/m | 0,23* V/m | 0,24* V/m | 0,25* V/m | 0,23* V/m | 0,22* V/m |
| Urbain | 2483 84% | 3154 88 % | 2629 88% | 2166 84 % | 2490 81% | 2494 83% | 0,43 V/m | 0,40 V/m | 0,41 V/m | 0,40 V/m | 0,48 V/m | 0,45 V/m |
| Intérieur | 1797 61% | 2387 67 % | 2046 67% | 1666 64% | 1952 64% | 2059 68% | 0,31* V/m | 0,36* V/m | 0,30* V/m | 0,31* V/m | 0,33* V/m | 0,38 V/m |
| Extérieur | 1158 39% | 1190 33 % | 947 33% | 914 36% | 1116 36% | 961 32% | 0,53 V/m | 0,56 V/m | 0,56 V/m | 0,52 V/m | 0,62 V/m | 0,56 V/m |
| Total | 2955 | 3577 | 2993 | 2591 | 3068 | 3020 | 0,38 V/m | 0,36* V/m | 0,38 V/m | 0,36* V/m | 0,4 V/m | 0,38 V/m |

| | 90 % | | | | | | 99 % | | | | | | Max | | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rural | 0,77 V/m | 0,86 V/m | 0,90 V/m | 0,95 V/m | 0,83 V/m | 0,86 V/m | 2,5 V/m | 3,2 V/m | 2,8 V/m | 2,7 V/m | 3,2 V/m | 3,1 V/m | 10,2 V/m | 19,4 V/m | 9,6 V/m | 3,9 V/m | 9,5 V/m | 4,7 V/m |
| Urbain | 1,5 V/m | 1,5 V/m | 1,5 V/m | 1,7 V/m | 2,1 V/m | 2,0 V/m | 5,5 V/m | 4,5 V/m | 5,6 V/m | 5,2 V/m | 6,4 V/m | 6,1 V/m | 15,7 V/m | 26,8 V/m | 25,4 V/m | 11,2 V/m | 23,1 V/m | 28,6 V/m |
| Intérieur | 1,3 V/m | 1,3 V/m | 1,2 V/m | 1,3 V/m | 1,7 V/m | 1,5 V/m | 4,7 V/m | 3,6 V/m | 4,1 V/m | 4,9 V/m | 5,7 V/m | 5,2 V/m | 10,4 V/m | 8,1 V/m | 11,2 V/m | 10,5 V/m | 23,1 V/m | 28,6 V/m |
| Extérieur | 1,6 V/m | 1,5 V/m | 1,9 V/m | 1,9 V/m | 2,0 V/m | 2,4 V/m | 5,6 V/m | 5,7 V/m | 6,3 V/m | 4,9 V/m | 6,3 V/m | 6,2 V/m | 15,7 V/m | 26,8 V/m | 25,4 V/m | 11,2 V/m | 14,5 V/m | 14,4 V/m |
| Total | 1,4 V/m | 1,5 V/m | 1,4 V/m | 1,6 V/m | 1,8 V/m | 1,8 V/m | 5 V/m | 4,5 V/m | 5,5 V/m | 4,9 V/m | 6,1 V/m | 5,9 V/m | 15,7 V/m | 26,8 V/m | 25,4 V/m | 11,2 V/m | 23,1 V/m | 28,6 V/m |

* Ces valeurs sont en-dessous du seuil de sensibilité typique des sondes utilisées pour l'analyse *globale* de l'exposition qui est de 0,38 V/m. Les appareils de mesures employés permettent néanmoins de recueillir des valeurs fiables jusqu'à 0,05 V/m.

Tableau 2: quantiles¹⁰ des niveaux d'exposition mesurés en France depuis 2014

¹⁰ Le tableau se lit ainsi : 90% des niveaux d'exposition mesurés en milieu rural en 2019 sont inférieurs à 0,86 V/m.

2.3. Analyse détaillée des résultats

Dans 2 364 cas sur les 3 020 cas analysés dans cette étude, une mesure selon le cas B du protocole de mesure a été réalisée. Les informations sur la contribution des différentes sources d'exposition sont alors disponibles.

Une mesure selon le cas B est réalisée en fonction de la demande formulée, mais elle est systématique en cas de dépassement du niveau de 6 V/m lors de la mesure selon le cas A du protocole.

Les principales sources d'exposition mesurées sont la téléphonie mobile (TM), les services de radiodiffusion FM, les services HF (ondes courtes, moyennes et longues) et le WiFi (cf. Figure 11).

Dans la majorité des cas (61 %), la téléphonie mobile est le contributeur principal de l'exposition mesurée. Cette tendance apparaît moins marquée en milieu rural où la téléphonie mobile reste majoritaire, mais avec une prévalence moindre (33 % des cas). Elle est plus nette en extérieur où, dans plus de 77 % des cas, la téléphonie mobile apparaît comme le contributeur principal.

La radiodiffusion FM est moins souvent le contributeur principal en milieu rural (3 % des cas) qu'en milieu urbain (8 % des cas). Enfin, dans près de 40 % des cas en milieu rural et dans plus de 10 % des cas en milieu urbain, aucune source significative (c'est-à-dire produisant typiquement à elle seule plus de 0,05 V/m) n'est relevée. Ces cas correspondent à tous ceux où une mesure selon le cas B a été explicitement demandée, alors que le champ total était très faible.

En environnement intérieur, le WiFi est le principal contributeur dans 12 % des cas alors qu'il n'est jamais contributeur principal en extérieur sur les mesures réalisées en 2018.

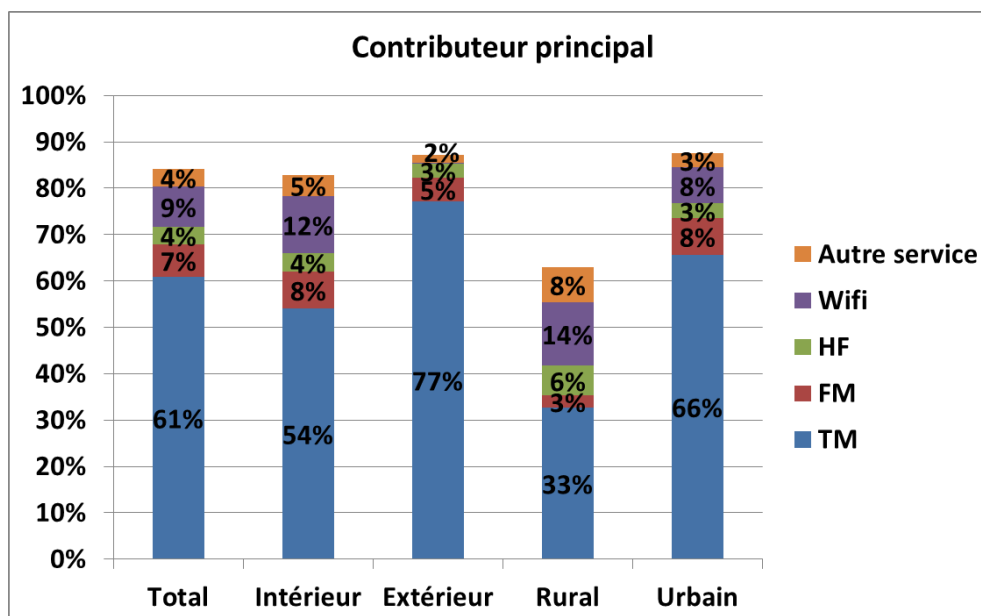


Figure 11 : synthèse des contributeurs principaux selon la typologie des lieux réalisée sur les résultats des 2 364 mesures effectuées en 2019 selon le cas B du protocole

Les services HF (ondes courtes, moyennes et longues) n'apparaissent comme un contributeur principal que dans 4 % des cas. Cependant, les cas où la HF domine sont des cas où les niveaux d'exposition sont très faibles et dans des bandes de fréquences où le niveau de bruit est plus élevé, ce qui relativise la contribution de ce service dans l'exposition globale (cf. Figure 12, qui indique la

valeur des quantiles à 90 % des niveaux d'exposition mesurés lorsque différents services dominant). Par exemple, lorsque la téléphonie mobile (TM) est le contributeur principal, 90 % des niveaux d'exposition sont inférieurs à 2,4 V/m alors que lorsque la HF domine, 90 % des niveaux mesurés sont inférieurs à 0,5 V/m.

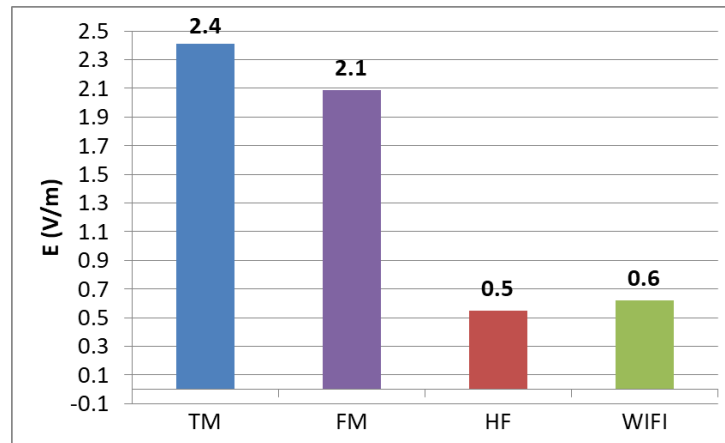


Figure 12: valeur des quantiles à 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés lorsque différents services dominant. La figure se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) domine, 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés sont inférieurs à 2,4 V/m

Parmi les différentes bandes de fréquences de la téléphonie mobile, la bande 900 MHz reste la plus représentée avec une occurrence de 64 % (cf. Figure 13). Les autres bandes 800 MHz, 1 800 MHz, 2 100 MHz et 2 600 MHz sont également souvent présentes avec entre 50 et 60 % d'occurrence. Le déploiement de la bande 700 MHz continue de progresser avec 27 % d'occurrences en 2019 contre 14% en 2018 et 6% en 2017. En 2019, les premières autorisations expérimentales ont été accordées dans la bande 3,6 GHz pour la 5G. Dans près de 1% des cas, une émission a été détectée dans cette bande.

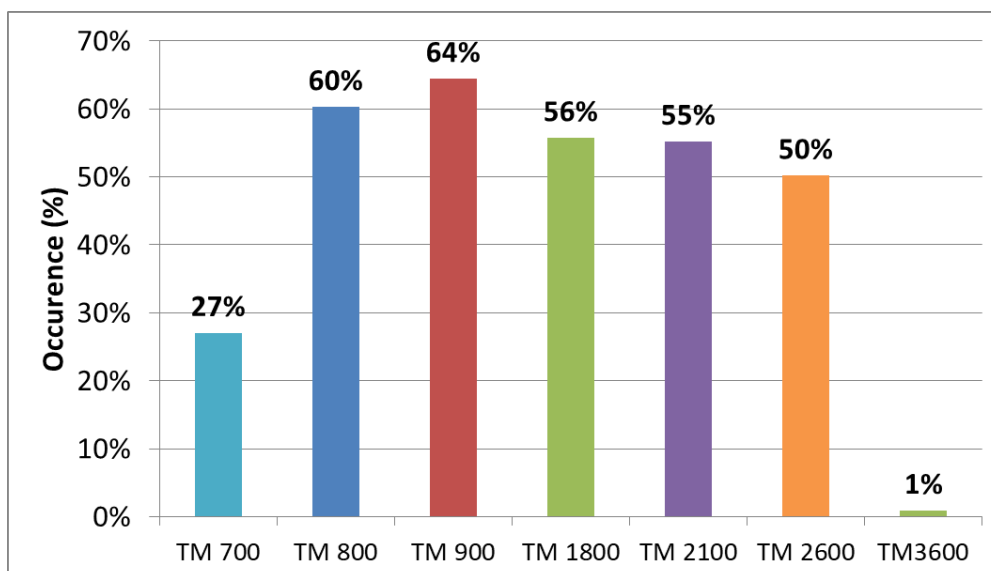


Figure 13 : détection des différentes bandes de téléphonie mobile (TM) lors des mesures selon le cas B

Lorsque la téléphonie mobile est le contributeur principal (c'est-à-dire dans 1 440 cas sur 2 364 cas B), le niveau d'exposition le plus important est, dans près de 70 % des cas observés, dans les bandes basses (700, 800 ou 900 MHz) de la téléphonie mobile comme l'illustre la Figure 14. Jusqu'en 2018, c'était la bande 900 MHz qui dominait dans près de 50% des cas. En 2019, cette proportion a

évolué au profit des bandes 700 et 800 MHz qui sont désormais des contributeurs principaux dans respectivement 8 et 26% des cas où la téléphonie mobile domine.

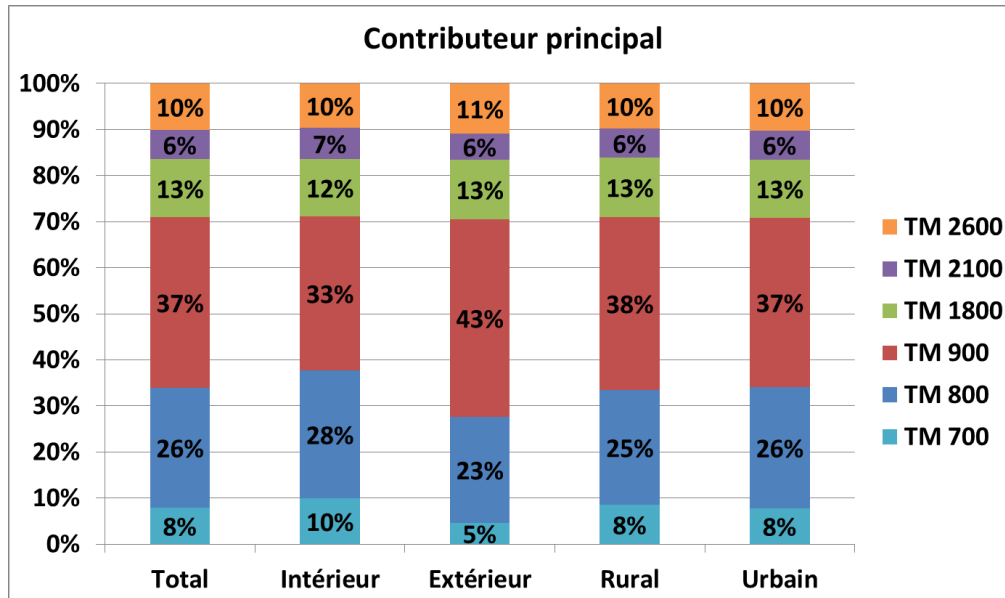


Figure 14 : dans le cas où la téléphonie mobile est le contributeur principal, nature des contributions principales selon les bandes de fréquence

Le Tableau 3 récapitule les principales caractéristiques des niveaux d'exposition des différentes bandes de fréquences de la téléphonie mobile mesurées lorsque la téléphonie mobile est le contributeur principal du niveau d'exposition globale.

| | 50 % (médiane) | 90 % | 99 % | Max |
|----------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| TM 700 | 0,17 V/m | 0,83 V/m | 2,7 V/m | 4,9 V/m |
| TM 800 | 0,26 V/m | 0,99 V/m | 2,7 V/m | 5,0 V/m |
| TM 900 | 0,31 V/m | 1,2 V/m | 3,1 V/m | 7,1 V/m |
| TM 1800 | 0,23 V/m | 0,91 V/m | 3,1 V/m | 15,0 V/m |
| TM 2100 | 0,21 V/m | 0,77 V/m | 2,6 V/m | 10,4 V/m |
| TM 2600 | 0,23 V/m | 0,90 V/m | 2,7 V/m | 5,6 V/m |
| TM 3600 | 0,12 V/m | 0,22 V/m | 0,36 V/m | 0,36 V/m |
| TM | 0,58 V/m | 2,2 V/m | 5,7 V/m | 20,4 V/m |

Tableau 3 : quantiles¹¹ des niveaux d'exposition mesurés dans les différentes bandes de fréquence de la téléphonie mobile lorsque celle-ci est le contributeur principal du niveau d'exposition mesuré

¹¹ Le tableau se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) est le contributeur principal, 90% des niveaux d'exposition mesurés en 2019 dans la bande 700 MHz sont inférieurs à 0,83 V/m.

Annexe 1. Le protocole de mesure

L'ANFR tient à jour depuis 2002 le protocole de mesure de l'exposition aux ondes référencé au Journal Officiel qui permet d'évaluer le niveau global d'exposition aux ondes et de vérifier la conformité des niveaux d'exposition vis-à-vis des valeurs limites réglementaires. Ce protocole couvre l'ensemble des émissions radioélectriques de 9 kHz à 300 GHz.

La version 3.1 du protocole de mesure en vigueur jusqu'en novembre 2018 portait exclusivement sur les radiofréquences entre 100 kHz et 300 GHz. La version 4.0 en vigueur à partir de novembre 2017 permet de mieux caractériser les niveaux de champs créés par les nouveaux objets connectés et d'évaluer des niveaux d'exposition dès 9 kHz, notamment pour prendre en compte les compteurs communicants.

Selon l'objet de l'évaluation, les mesures portent donc sur la gamme de fréquences 100 kHz – 300 GHz, ou sur la bande de fréquences 9 kHz – 100 kHz.

Ce rapport porte exclusivement sur l'évaluation dans la bande de fréquences au-delà de 100 kHz et ne traite pas des objets communicants fixes.

La liste des services dans cette bande de fréquences pris en compte est indiquée sur le site www.anfr.fr. Les principaux services sont la téléphonie mobile dans les différentes bandes de fréquences, la radiodiffusion FM, la télévision (TV), les réseaux radio professionnels (PMR), les services HF (ondes courtes, moyennes et longues), les radars, le Wifi et le téléphone sans fil (DECT).

La première étape du processus de mesure au-delà de 100 kHz consiste à choisir entre une mesure de l'exposition globale large bande (cas A) ou détaillée en fréquences (cas B). Le cas A fournit globalise toutes les sources et fréquences et repose sur l'utilisation d'une sonde large bande. Le cas B, toujours précédé d'un cas A, précise les valeurs de champs par sources, fréquences ou sous-bandes de fréquences. Il repose sur l'utilisation d'un analyseur de spectre. Ce choix tient compte de la demande formulée mais, lorsque le niveau d'exposition évalué selon le cas A du protocole dépasse le niveau d'attention de 6 V/m, une évaluation selon le cas B du protocole devient obligatoire.

Les niveaux mesurés au-delà de 100 kHz sont en général destinés à refléter des valeurs moyennes dans l'espace par rapport à la dimension du corps humain.

Trois points de mesure sont au minimum utilisés (cf. Figure 15), ce qui permet en général de répondre aux exigences relatives à l'incertitude.

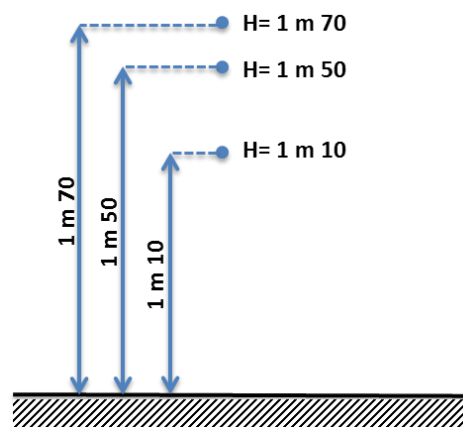


Figure 15 : position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points

Selon la réglementation en vigueur, pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz, la valeur moyenne du champ électrique doit être mesurée sur un intervalle de temps de six minutes. Au-delà de 10 GHz, le temps d'intégration est de $68/f^{1,05}$ minutes (f est exprimée en GHz).

L'évaluation globale (cas A) peut être complétée par une évaluation informative des niveaux de champ électrique des principaux services : radiodiffusion FM, télévision (TV), téléphonie mobile, téléphonie sans fils (DECT), et Wi-Fi. Cette évaluation informative est nommée « cas A+ » dans ce rapport. L'emplacement du point de mesure pour l'évaluation informative est celui du cas A à la hauteur pour lequel le niveau de champ est maximal.

Annexe 2. Le dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Afin de renforcer la transparence et l'indépendance du financement des mesures d'exposition du public aux ondes électromagnétiques, la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement a mis en place un nouveau dispositif de surveillance et de mesure des champs électromagnétiques.

Le financement des mesures réalisées par les laboratoires accrédités repose sur un fonds public alimenté jusqu'à fin 2018 par une taxe payée principalement par les opérateurs de téléphonie mobile. L'ANFR assure la gestion de ce fonds et met à disposition du public les résultats des mesures.

Toute personne physique ou morale peut demander à faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public (parcs, commerces...). Cette démarche est gratuite.

La personne qui souhaite faire réaliser une mesure remplit un formulaire de demande, téléchargeable sur le site internet www.service-public.fr. Elle doit faire contre-signer ce formulaire par un organisme habilité par le décret n° 2013-1162 du 14 décembre 2013 : collectivités locales (communes, groupements de communes...), agences régionales de santé, certaines associations agréées par le ministère de l'environnement ou le ministère de la santé.

En vue de simplifier les démarches pour les usagers, un téléservice a été mis en place pour ces demandes de mesure de l'exposition aux ondes électromagnétiques : <http://mesures.anfr.fr>.

La personne transmet la demande à l'ANFR qui missionne un laboratoire accrédité et indépendant pour réaliser la mesure. L'ANFR règle ensuite au laboratoire le montant de l'intervention. Le demandeur reçoit directement résultats de la mesure effectuée. Pour toute mesure réalisée sur le territoire d'une commune, une synthèse du rapport est en outre transmise à la mairie. Enfin, les mesures réalisées sont rendues publiques sur www.cartoradio.fr.

Ce dispositif est opérationnel depuis le 1^{er} janvier 2014.

En juin 2018, ce dispositif national de surveillance a évolué pour prendre en compte de nouvelles sources potentielles d'exposition liées aux objets communicants fixes et pour permettre l'évaluation de l'exposition dans la bande de fréquences intermédiaires entre 9 kHz et 100 kHz conformément au protocole V.4 entré en vigueur en novembre 2017.