

Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Analyse des résultats de mesures
d'exposition du public aux ondes
radiofréquences réalisées en 2020
dans le cadre du dispositif national de
surveillance.

Juillet 2021

Synthèse

Cette étude porte sur les mesures réalisées en 2020 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.

2 735 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 malgré le contexte sanitaire. 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. L'extinction d'un secteur a mis fin au dépassement. Une mesure de contrôle a été effectuée.

L'analyse fait apparaître un niveau d'exposition global médian de 0,37 V/m. Une grande majorité (76 %) de ces niveaux d'exposition sont inférieurs à 1 V/m. Près de 2 % des niveaux globaux mesurés dépassent la valeur d'attention de 6 V/m à partir de laquelle une mesure détaillée en fréquence est obligatoire. Ce chiffre est en hausse par rapport aux années précédentes.

Les niveaux des champs mesurés sont plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural et plus élevés en extérieur qu'en intérieur.

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 près de 60 % des cas. En milieu rural, cette tendance apparaît moins marquée, avec seulement 31 % des cas où la téléphonie mobile domine tandis que, dans plus de 35 % des cas, aucune source significative n'est mesurée. En extérieur, la téléphonie mobile domine dans plus de 70 % des cas.

Le tableau ci-dessous synthétise l'analyse des résultats pour 2020. Le tableau se lit ainsi : en milieu rural (ligne) 99 % des niveaux d'exposition mesurés en 2020 (colonne) sont inférieurs à 2,9 V/m (valeur figurant dans la case à l'intersection entre la ligne et la colonne).

	Nombre de mesures	Moyenne	50 % (médiane)	99 %	Max
Rural	664 24%	0,4 V/m	0,21* V/m	2,9 V/m	8,4 V/m
Urbain	2071 76%	0,99 V/m	0,49 V/m	7,8 V/m	40,9 V/m
Intérieur	1760 64%	0,8 V/m	0,33* V/m	7,5 V/m	40,9 V/m
Extérieur	975 36%	0,92 V/m	0,51 V/m	6,6 V/m	15,5 V/m
Total	2735	0,85 V/m	0,37 V/m	7 V/m	40,9 V/m

*Ces valeurs sont inférieures au 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 2020 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.

2,735 locations were measured in the 100 kHz - 6 GHz band in 2020 outside national measurements campaigns². This number is comparable to that of previous years despite the health context. 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. The turning off of one ended the overshoot. A new measurement has been carried out.

The overall analysis states a median field level of 0.37 V/m. A large majority (76%) of these exposure levels are below 1 V/m. Almost 2% of the global exposure levels measured exceed the attention value of 6 V/m from which detailed frequency measurement is mandatory. This figure is up from previous years. The measured field levels are higher in urban than in rural areas and higher outdoors than indoors.

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 almost 60% of the cases. In rural areas, this trend appears less pronounced with only 31% of cases where mobile telephony dominates and in almost 35% of cases, no significant source is measured. Mobile telephony dominates in almost 70% of cases outdoors.

The table below summarizes the analysis of the results obtained in 2020. The table reads as follows: in rural areas (row) 99% of the exposure levels measured in 2020 (column) are lower than 2.9 V/m.

	Number of measurements	Mean	50 % (median)	99 %	Max
Rural	664 24%	0.4 V/m	0.21* V/m	2.9 V/m	8.4 V/m
Urban	2071 76%	0.99 V/m	0.49 V/m	7.8 V/m	40.9 V/m
Indoor	1760 64%	0.8 V/m	0.33* V/m	7.5 V/m	40.9 V/m
Outdoor	975 36%	0.92 V/m	0.51 V/m	6.6 V/m	15.5 V/m
Total	2735	0.85 V/m	0.37 V/m	7 V/m	40.9 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 globale des résultats	9
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).

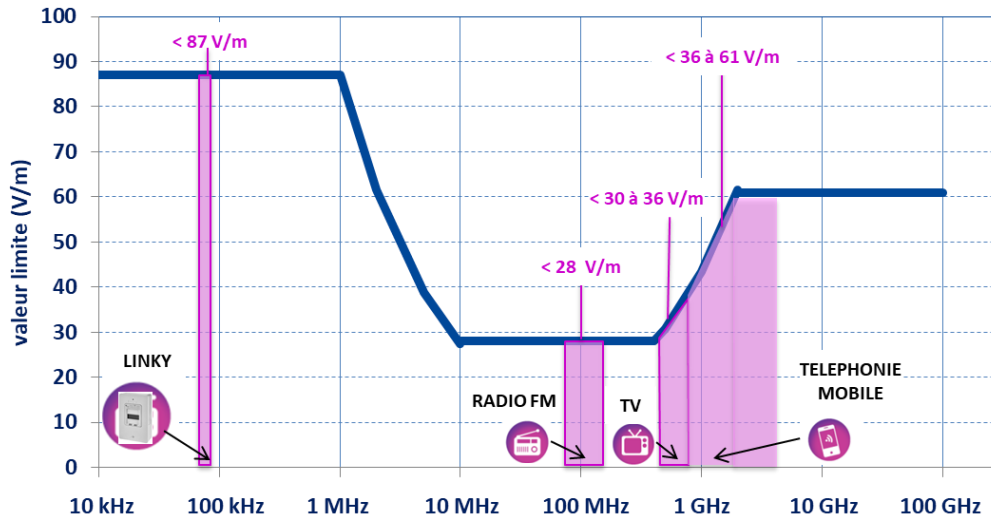


Figure 1: valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

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 2020, la version 4 (décrite en Annexe 1) était en vigueur. 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.

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.

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'ANFR³.

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 séparée⁴.

En 2020, près de 4 100 mesures ont été réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz dans le cadre de ce dispositif, incluant trois campagnes nationales de l'Etat qui feront l'objet d'analyses séparées :

- la troisième campagne nationale de mesures de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques sur plus de 1 000 places de mairies⁵ ;
- une campagne de près de 150 mesures dans le métro parisien ;
- une campagne d'accompagnement du déploiement de la 5G : la fin de l'année 2020 a été marquée par l'attribution de la nouvelle bande de fréquences 5G 3,6 GHz aux opérateurs et par les premiers lancements commerciaux de la 5G. Pour accompagner ce déploiement, une campagne spécifique de mesure avant et après mise en service de la 5G a été lancée par l'Etat. Cette campagne portera sur 1 500 sites. En 2020, 149 mesures ont été réalisées dans ce cadre.

Ce rapport porte sur l'étude de plus de 2 700 mesures réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz en 2020 dans le cadre du dispositif géré par l'ANFR, en dehors des campagnes de l'Etat.

³ <http://www.anfr.fr/contrôle-des-fréquences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/analyse-des-mesures-realisees/>

⁴ <https://www.anfr.fr/contrôle-des-fréquences/exposition-du-public-aux-ondes/compteurs-communicants/mesures-linky/>

⁵ <http://www.radiofréquences.gouv.fr/campagne-de-mesures-du-ministere-a80.html>

2. Bilan des mesures

2.1. Typologie des demandes

2 735 lieux ont fait l'objet de mesures dans la bande 100 kHz-6 GHz en 2020 dans le cadre du dispositif déjà décrit en dehors des campagnes nationales de l'Etat. C'est un nombre comparable à celui des années précédentes (cf. Figure 2) malgré la crise sanitaire liée à la Covid-19.

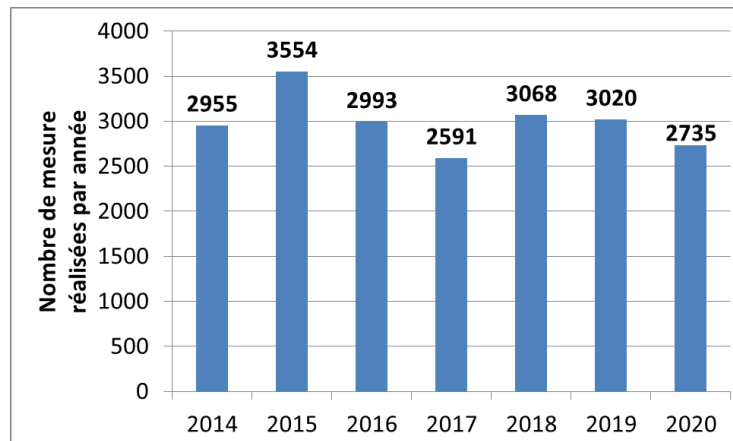


Figure 2 : nombre de mesures réalisées par an dans le cadre du dispositif national en dehors des campagnes de mesure de l'Etat

En 2020, 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.

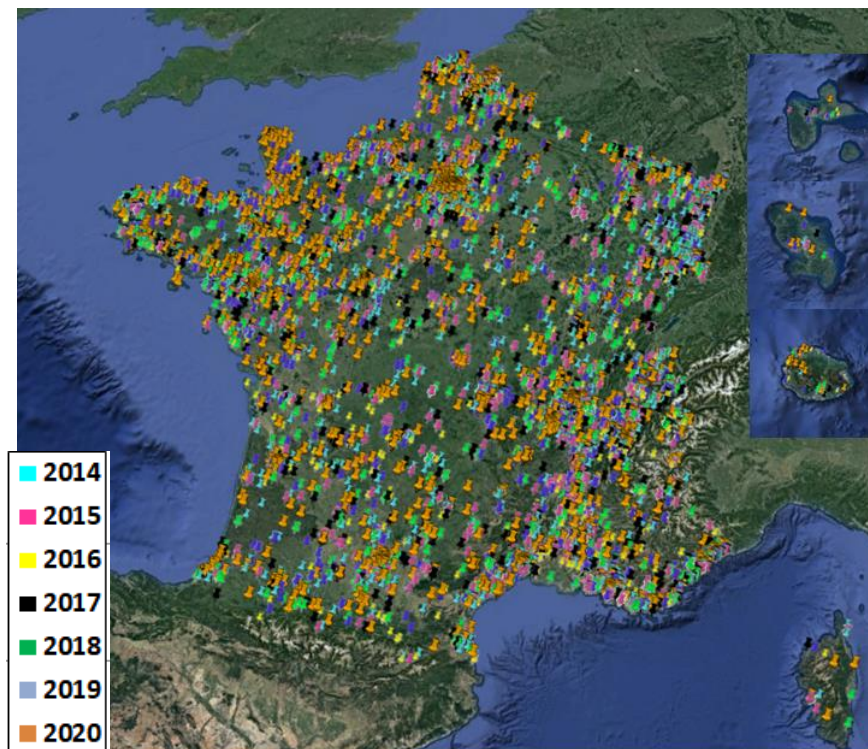


Figure 3 : répartition géographique des mesures réalisées chaque année

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. En 2020, le cas de l'Indre-et-Loire est également remarquable avec la métropole Tours Métropole Val de Loire qui sollicite de nombreuses mesures.

Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson entre le nombre de mesures et le nombre d'habitants vaut 0,73 si l'on exclut Paris et l'Indre-et-Loire (la courbe de tendance sans ces deux départements 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.

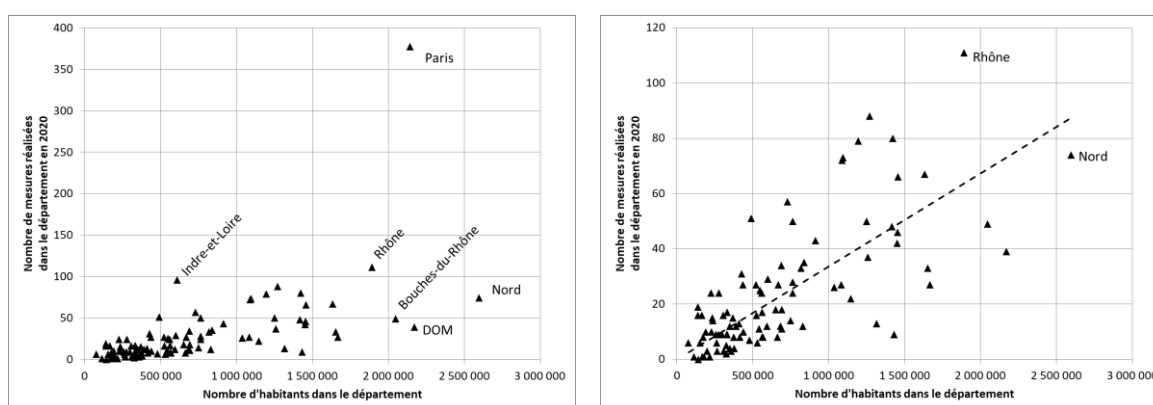


Figure 4 : corrélation entre le nombre de mesures réalisées dans les départements français et leur nombre d'habitants (à gauche avec Paris et l'Indre-et-Loire, à droite sans ces deux départements qui constituent des exceptions)

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 2020 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 avait 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. En 2020, les mesures selon le cas B du protocole représentent encore une large majorité des mesures (75 %).

La majorité des mesures (76 %) sont toujours réalisées en milieu urbain. Le milieu rural représente donc près d'un quart des mesures, ce qui constitue une part en hausse par rapport aux années précédentes.

La majorité des mesures (64 %) ont été réalisées en intérieur. Enfin, 55 % d'entre elles ont concerné les lieux d'habitation et 25 % des espaces publics.

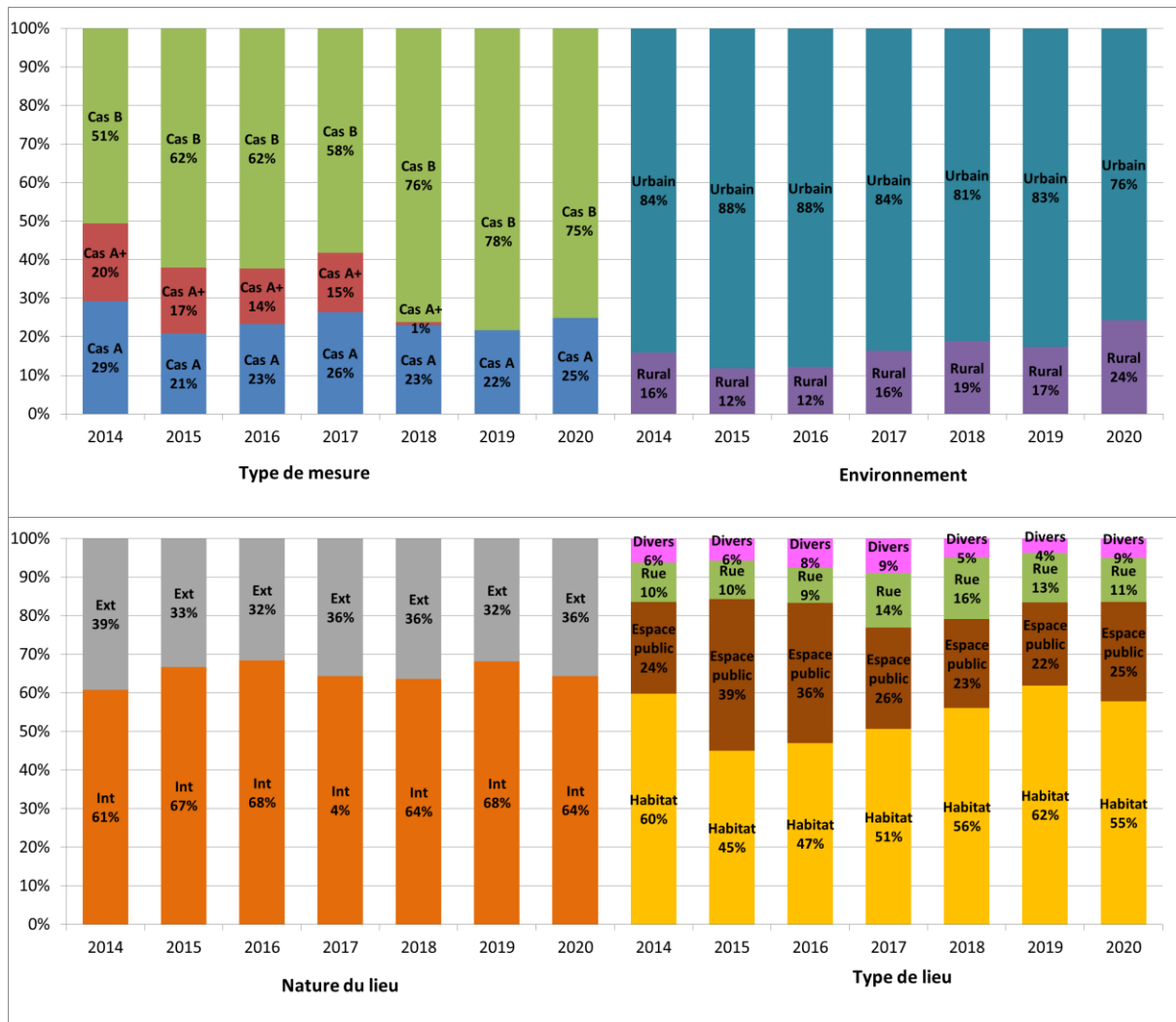


Figure 5 : typologie des mesures réalisées chaque année depuis 2014 dans le cadre du dispositif de surveillance de l'exposition géré par l'ANFR (en dehors des campagnes nationales de l'Etat, menées par exemple sur les places de mairies)

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 2 735 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 (76 %) de ces niveaux d'exposition sont inférieurs à 1 V/m. Près de 2 % 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. Ce chiffre est en hausse par rapport aux années précédentes.

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. L'extinction d'un secteur a mis fin au dépassement théorique. Une mesure de contrôle a été effectuée.

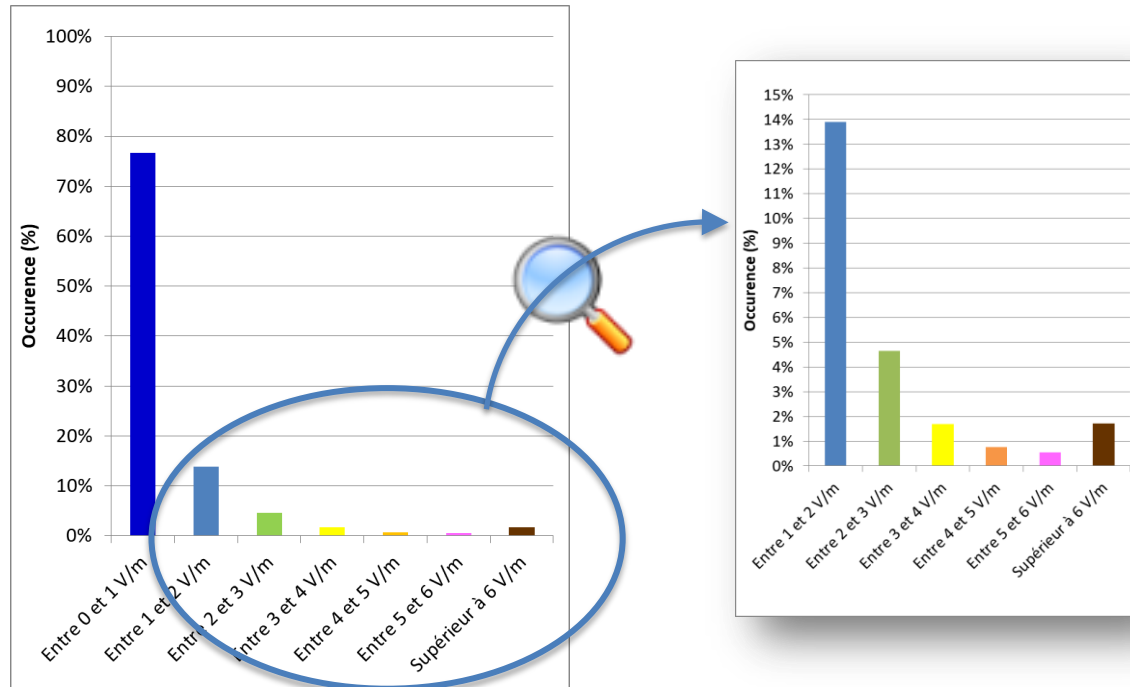


Figure 6 : distribution des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure et zoom sur la distribution des valeurs supérieures à 1 V/m

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 2020 est globalement similaire à celle des niveaux mesurés les années précédentes avec cependant un nombre de cas dépassant le niveau global de 6 V/m plus important.

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 %
2020	Occurrence (%)	23,3 %	9,4 %	4,7 %	3 %	2,3 %	1,7 %

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

La tendance légèrement à la hausse qui s'était dessinée en 2018 par rapport aux années précédentes (cf. Figure 7) se confirme en 2020. Ainsi, le nombre de cas se situant au-dessus de 1 V/m est en hausse tout comme le nombre de cas dépassant la valeur d'attention de 6 V/m.

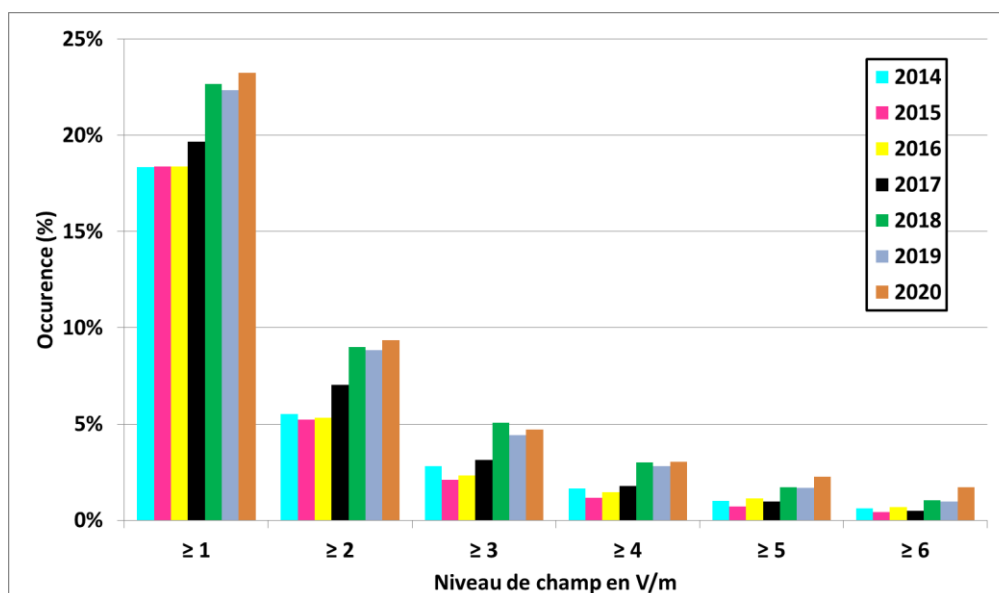


Figure 7: répartition des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure selon les années

Cependant, la valeur médiane reste stable et vaut 0,37 V/m (cf. Figure 8). L'augmentation ne concerne donc pas tous les lieux de mesures mais les niveaux les plus élevés, qui ont tendance à augmenter. En conséquence, la moyenne se trouve impactée à la hausse par l'augmentation de ces valeurs les plus élevées. La valeur moyenne en 2020 est de 0,85 V/m. Elle a augmenté de 0,17 V/m par rapport à 2014. Les 1% des valeurs les plus élevées dépassent 7 V/m en 2020 alors qu'elles ne dépassaient pas 6 V/m les années précédentes. Ces points atypiques font l'objet d'une analyse spécifique⁶.

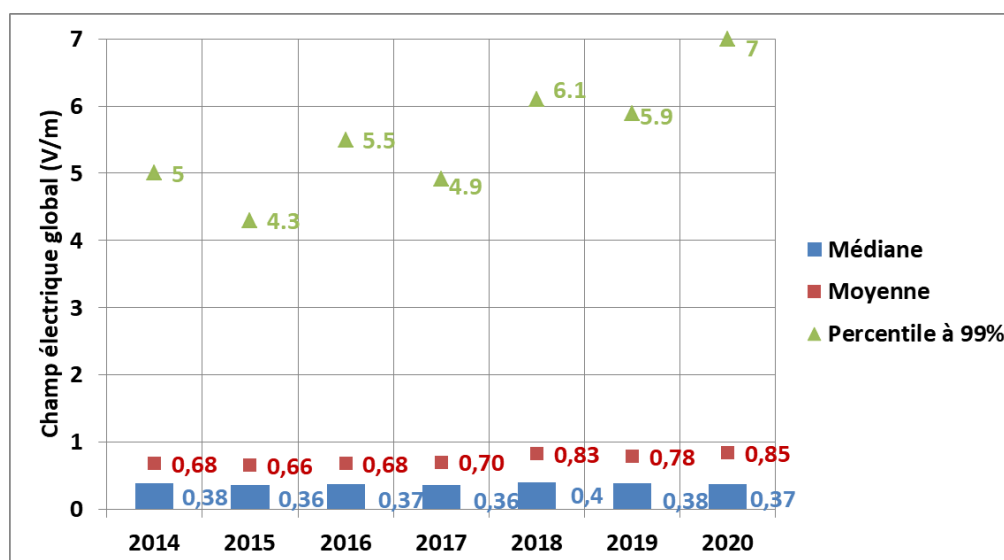


Figure 8: valeurs médianes (barres bleues), valeurs moyennes (carrés rouges) et percentiles à 99 % (triangles verts) en fonction des années

⁶ <https://www.anfr.fr/contrôle-des-fréquences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/recensement-des-points-atypiques/>

La Figure 9 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 (93,7 % des cas en milieu rural et 71,3 % des cas en milieu urbain). Toutefois, les niveaux mesurés apparaissent plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural. Cette tendance s'accroît depuis 2018.

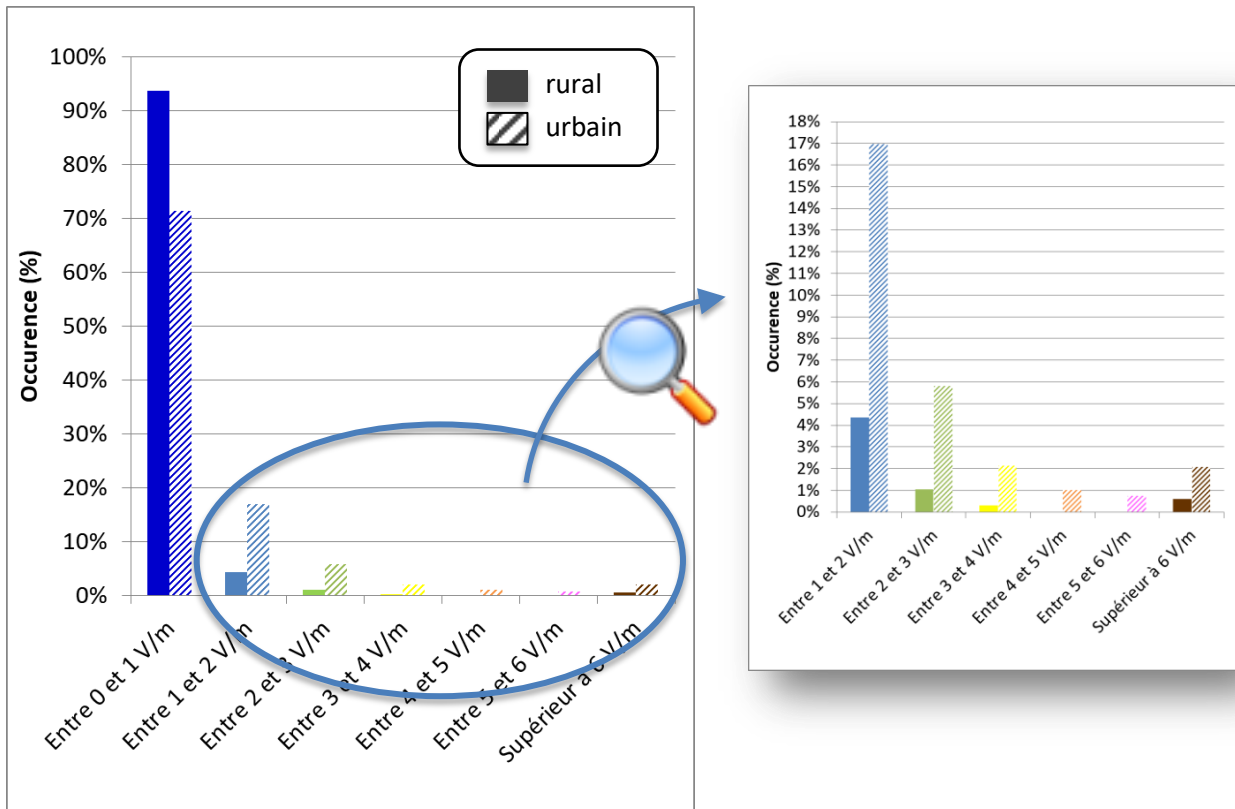


Figure 9 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesuré en milieu rural (barres pleines) et en milieu urbain (barres hachurées) et zoom sur les distributions au-delà de 1 V/m

La Figure 10 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 (79,4 % des cas en intérieur et 71,9 % des cas en extérieur). Toutefois, les niveaux mesurés sont légèrement plus élevés en extérieur qu'en intérieur. Cette écart est moins marqué qu'en 2019.

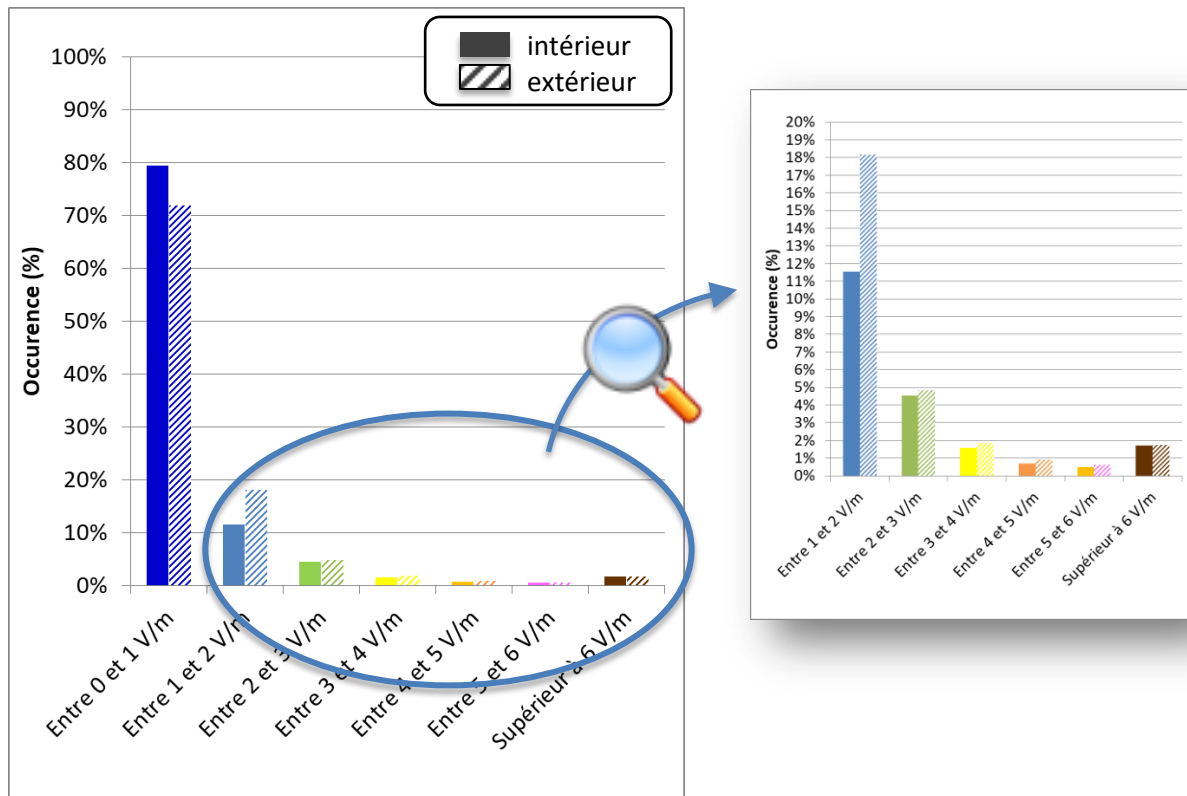


Figure 10 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesurés en intérieur (barres pleines) et en extérieur (barres hachurées)

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.

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

	Nombre de mesures							Moyenne						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rural	472 16%	421 12 %	364 12%	425 16 %	578 19%	526 17%	664 24%	0,42 V/m	0,67 V/m	0,43 V/m	0,43 V/m	0,41 V/m	0,4 V/m	0,4 V/m
Urbain	2483 84%	3154 88 %	2629 88%	2166 84 %	2490 81%	2494 83%	2071 76%	0,73 V/m	0,7 V/m	0,72 V/m	0,76 V/m	0,92 V/m	0,87 V/m	0,99 V/m
Intérieur	1797 61%	2387 67 %	2046 67%	1666 64%	1952 64%	2059 68%	1760 64%	0,61 V/m	0,67 V/m	0,56 V/m	0,62 V/m	0,74 V/m	0,98 V/m	0,8 V/m
Extérieur	1158 39%	1190 33 %	947 33%	914 36%	1116 36%	961 32%	975 36%	0,79 V/m	0,9 V/m	0,94 V/m	0,85 V/m	0,97 V/m	1 V/m	0,92 V/m
Total	2955	3577	2993	2591	3068	3020	2735	0,68 V/m	0,67 V/m	0,68 V/m	0,7 V/m	0,83 V/m	0,78 V/m	0,85 V/m

	Médiane (50%)							99 %							Max						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rural	0,26* V/m	0,23* V/m	0,24* V/m	0,25* V/m	0,23* V/m	0,22* V/m	0,21* 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	2,9 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	8,4 V/m
Urbain	0,43 V/m	0,40 V/m	0,41 V/m	0,40 V/m	0,48 V/m	0,45 V/m	0,49 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	7,8 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	40,9 V/m
Intérieur	0,31* V/m	0,36* V/m	0,30* V/m	0,31* V/m	0,33* V/m	0,38 V/m	0,33* 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	7,5 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	40,9 V/m
Extérieur	0,53 V/m	0,56 V/m	0,56 V/m	0,52 V/m	0,62 V/m	0,56 V/m	0,51 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	6,6 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	15,5 V/m
Total	0,38 V/m	0,36* V/m	0,38 V/m	0,36* V/m	0,4 V/m	0,38 V/m	0,37 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	7 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	40,9 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: quantiles⁷ et moyennes des niveaux d'exposition mesurés en France depuis 2014

⁷ Le tableau se lit ainsi : 99% des niveaux d'exposition mesurés en milieu rural en 2020 sont inférieurs à 2,9 V/m.

2.3. Analyse détaillée des résultats

Dans 2 052 cas sur les 2 735 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 (58 %), la téléphonie mobile est le contributeur principal de l'exposition mesurée. Cette tendance apparaît moins marquée en milieu rural où la téléphonie mobile reste le contributeur majoritaire le plus fréquent, mais avec une prévalence moindre (30 % des cas). Elle est plus nette en extérieur où, dans plus de 72 % des cas, la téléphonie mobile apparaît comme le contributeur principal.

La radiodiffusion FM est moins souvent le contributeur principal en milieu rural (4 % des cas) qu'en milieu urbain (9 % 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 contributeur principal dans 17 % des cas, ce chiffre est en hausse par rapport aux années précédentes où le WIFI était contributeur dans seulement 8 à 12 % des cas. En extérieur, le WIFI n'est jamais contributeur principal sur les mesures réalisées en 2020.

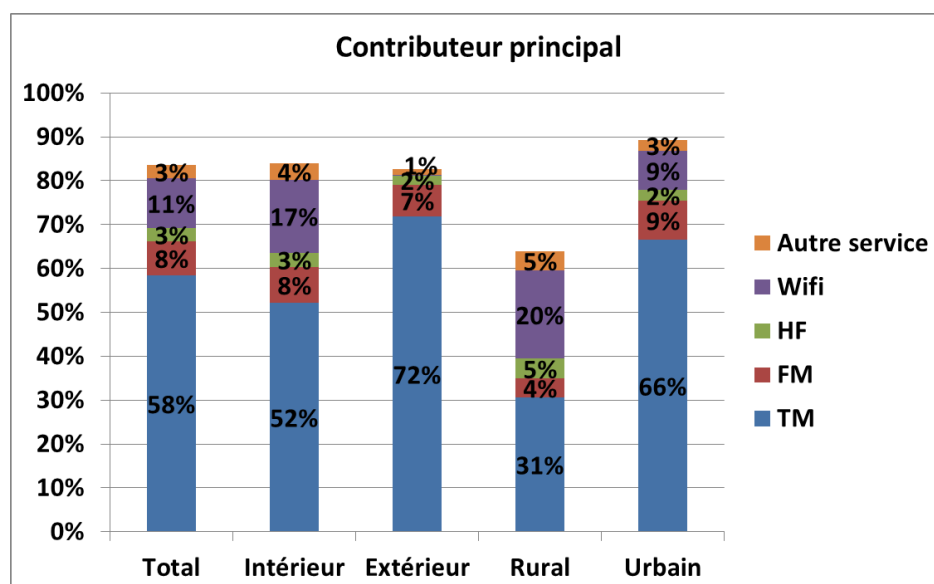


Figure 11 : synthèse des contributeurs principaux selon la typologie des lieux réalisée sur les résultats des 2 052 mesures effectuées en 2020 selon le cas B du protocole

Les services HF (ondes courtes, moyennes et longues) n'apparaissent comme un contributeur principal que dans 3 % 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 globale sont inférieurs à 1,9 V/m alors que lorsque la HF domine, 90 % des niveaux mesurés sont inférieurs à 0,3 V/m.

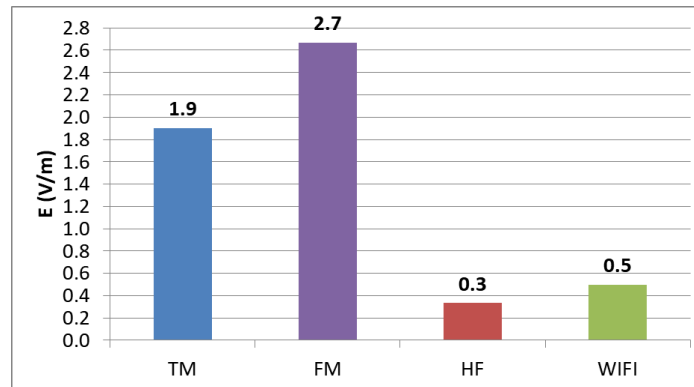


Figure 12: valeur des quantiles à 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés lorsque différents services dominant. La figure se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) domine, 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés sont inférieurs à 1,9 V/m

Parmi les différentes bandes de fréquences de la téléphonie mobile, la bande 900 MHz reste la plus représentée avec une occurrence de 61 % (cf. Figure 13). Les autres bandes 800 MHz, 1 800 MHz, 2 100 MHz et 2 600 MHz sont également souvent présentes avec entre 45 et 60 % d'occurrence. Le déploiement de la bande 700 MHz continue de progresser avec 36 % d'occurrences en 2020. En 2019, les premières autorisations expérimentales ont été accordées dans la bande 3,6 GHz pour la 5G et en fin d'année 2020, l'attribution des fréquences dans la bande 3,6 GHz a été finalisé. Cette bande a été détectée dans un nombre très faible de cas, moins de 0,5 % des cas en 2020.

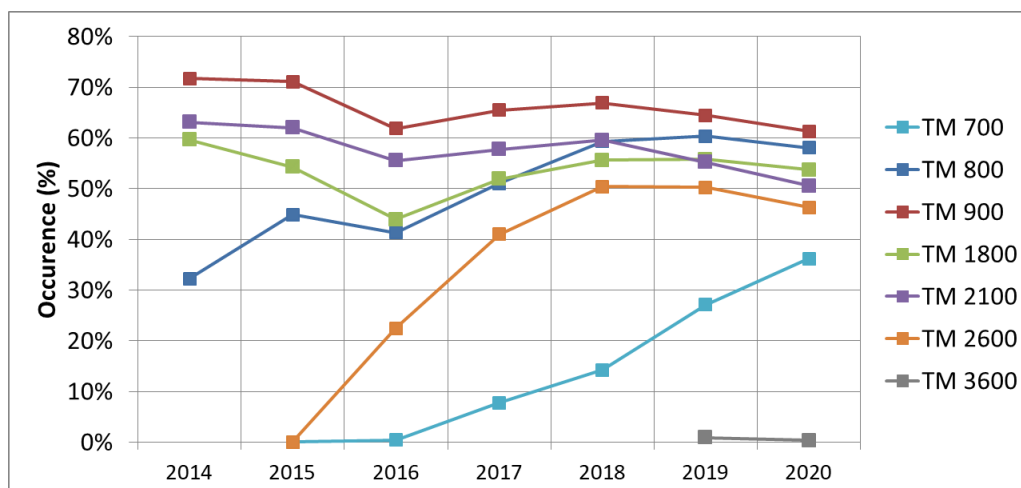


Figure 13 : détection des différentes bandes de téléphonie mobile (TM) lors des mesures selon le cas B

Lorsque la téléphonie mobile est le contributeur principal (c'est-à-dire dans 1 198 cas sur 2 052 cas B), le niveau d'exposition le plus important est constaté, dans près de deux tiers 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. Depuis 2019, cette proportion évolue au profit des bandes 700 et 800 MHz qui sont désormais des contributeurs principaux dans respectivement 10 et 27 % des cas où la téléphonie mobile domine.

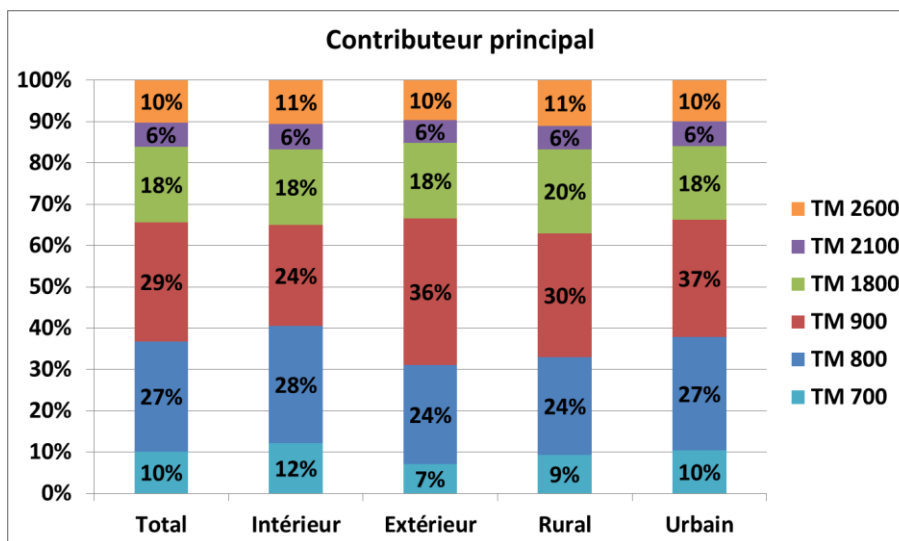


Figure 14 : dans le cas où la téléphonie mobile est le contributeur principal, nature des contributions principales selon les bandes de fréquence

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.

	Moyenne	Médiane (50%)	99 %	Max
TM 700	0,35 V/m	0,17 V/m	2,9 V/m	7,7 V/m
TM 800	0,54 V/m	0,27 V/m	4 V/m	22,4 V/m
TM 900	0,54 V/m	0,28 V/m	4,5 V/m	11,5 V/m
TM 1800	0,35 V/m	0,25 V/m	3,2 V/m	10 V/m
TM 2100	0,41 V/m	0,21 V/m	2,8 V/m	5,6 V/m
TM 2600	0,48 V/m	0,23 V/m	3,9 V/m	16,7 V/m
TM 3600	0,11 V/m	0,17 V/m	0,16 V/m	0,16 V/m
TM	1,1 V/m	0,58 V/m	7,7 V/m	31,9 V/m

Tableau 3 : quantiles⁸ 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

⁸ Le tableau se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) est le contributeur principal, 99% des niveaux d'exposition mesurés en 2020 dans la bande 700 MHz sont inférieurs à 2,9 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.

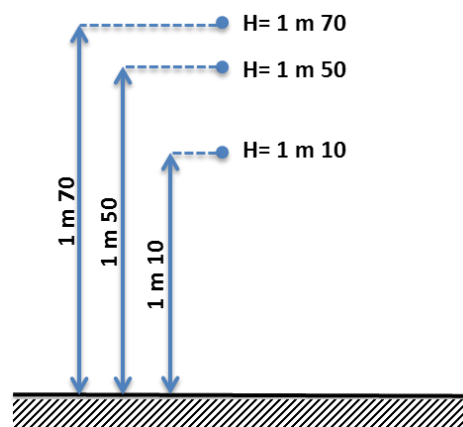


Figure 15 : position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points

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.