

Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Analyse des résultats de mesures
d'exposition du public aux ondes
radiofréquences réalisées en 2021 dans
le cadre du dispositif national de
surveillance.

Septembre 2022

Synthèse

Cette étude porte sur les mesures réalisées en 2021 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 dans des locaux d'habitation ou des lieux accessibles au public.

4 022 lieux ont fait l'objet de mesures en dehors des campagnes de mesures lancées par l'Etat ou certaines villes en concertation avec l'ANFR, qui font l'objet d'analyses séparées. L'année 2020 avait été marquée par un nombre en légère baisse par rapport aux années précédentes, du fait de la crise sanitaire. L'année 2021, marquée par le déploiement de la 5G en France, est à ce jour l'année qui a enregistré le nombre record de mesures depuis la mise en place du dispositif en 2014. La typologie des mesures reste globalement stable depuis 2014. En 2021, le surplus des demandes a été suscité par l'apparition de la 5G et la téléphonie mobile qui a été plus souvent détectée dans les mesures. Les mesures réalisées en extérieur ont été plus nombreuses que les autres années, ce qui peut aussi s'expliquer par des campagnes de mesures menées localement par certaines villes. Concernant la répartition géographique des demandes, elle apparaît toujours principalement corrélée 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 immédiate de deux secteurs par deux opérateurs a mis fin au dépassement.

L'analyse fait apparaître un niveau d'exposition global médian de 0,38 V/m. Une grande majorité (76 %) de ces niveaux d'exposition sont inférieurs à 1 V/m. Près de 1,5 % des niveaux globaux mesurés dépassent la valeur d'attention de 6 V/m à partir de laquelle une mesure détaillée en fréquence est obligatoire. Les points atypiques dépassant un niveau global d'exposition de 6 V/m, et qui font l'objet d'un rapport détaillé séparé, ont vu leur nombre augmenter 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 32 % 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 plus de 70 % des cas.

Le tableau ci-dessous synthétise l'analyse des résultats pour 2021. Le tableau se lit ainsi : en milieu rural (ligne) 99 % des niveaux d'exposition mesurés en 2021 (colonne) sont inférieurs à 4 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	971 (24%)	0,46 V/m	0,23* V/m	4 V/m	26,6 V/m
Urbain	3051 (76%)	0,97 V/m	0,49 V/m	6,9 V/m	27 V/m
Intérieur	2286 (57%)	0,71 V/m	0,32* V/m	6,1 V/m	10,2 V/m
Extérieur	1736 (43%)	1 V/m	0,57 V/m	8,2 V/m	27 V/m
Total	4022	0,85 V/m	0,38 V/m	6,8 V/m	27 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.

Executive summary

This study addresses measurements carried out in 2021 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.

4,022 locations were measured in the 100 kHz - 6 GHz band in 2021 outside measurements campaigns launched by state or some cities in collaboration with ANFR. The year 2020 had been marked by a slight drop in numbers compared to previous years due to the COVID health crisis. The year 2021, marked by the deployment of 5G in France, is the year that recorded the record number of measurements since the implementation of the system in 2014. The typology of measurement has been quite stable since 2014. The more important number of measurements in 2021 can probably be explained by the 5G roll out as the mobile telephony has been more often detected than previous years. Outdoor measurements were also more numerous than in other years, that could be explained by local campaign launched in some cities. 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 immediate turning off of two sectors ended the overshoot.

The overall analysis states a median field level of 0.38 V/m. A large majority (76%) of these exposure levels are below 1 V/m. Almost 1.5% of the global exposure levels measured exceed the attention value of 6 V/m from which detailed frequency measurement is mandatory. The number of atypical points exceeding a global exposure level of 6 V/m is up compared to 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 32% of cases where mobile telephony dominates and in almost 40% 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 2021. The table reads as follows: in rural areas (row) 99% of the exposure levels measured in 2021 (column) are lower than 4 V/m.

	Number of measurements	Mean	50 % (median)	99 %	Max
Rural	971 (24%)	0,46 V/m	0,23* V/m	4 V/m	26,6 V/m
Urban	3051 (76%)	0,97 V/m	0,49 V/m	6,9 V/m	27 V/m
Indoor	2286 (57%)	0,71 V/m	0,32* V/m	6,1 V/m	10,2 V/m
Outdoor	1736 (43%)	1 V/m	0,57 V/m	8,2 V/m	27 V/m
Total	4022	0,85 V/m	0,38 V/m	6,8 V/m	27 V/m

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

Sommaire

1.	INTRODUCTION	5
2.	BILAN DES MESURES	7
2.1.	Typologie des demandes.....	7
2.2.	Analyse globale des résultats	10
2.3.	Analyse détaillée des résultats	16
	ANNEXE 1 : LE PROTOCOLE DE MESURE.....	20
	ANNEXE 2 : LE DISPOSITIF NATIONAL DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DU PUBLIC AUX ONDES RADIOELECTRIQUES	22

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).

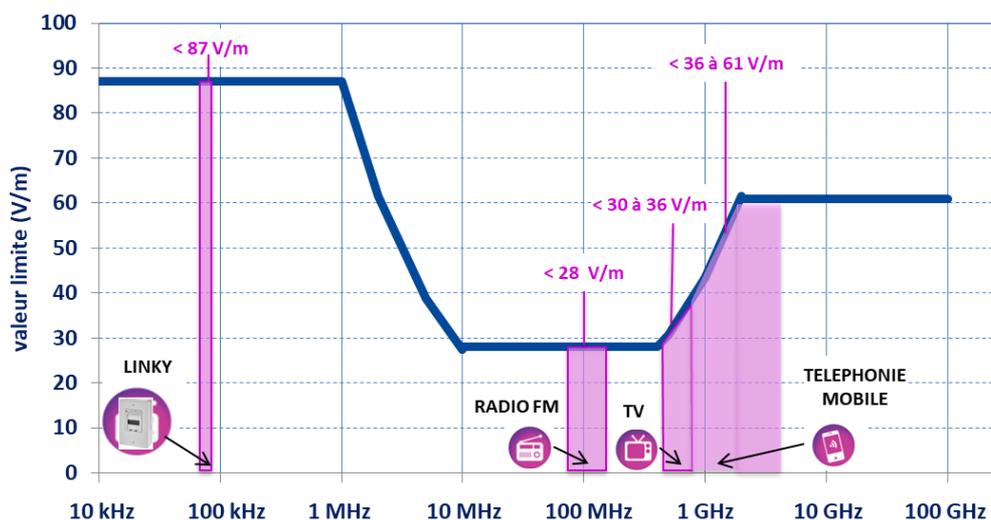


Figure 1: valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

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 2021, la version 4 (décrite en 0) 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 0 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'ANFR¹.

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 séparée².

En 2021, plus de 10 000 mesures ont été réalisées selon le protocole de mesures de l'ANFR dont près de 9 470 mesures réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition, incluant la campagne nationale de l'Etat pour accompagner le déploiement de la 5G et des campagnes spécifiques à certaines villes qui font l'objet d'analyses séparées.

Ce rapport porte finalement sur l'étude de plus de 4 000 mesures réalisées dans la bande 100 kHz – 6 GHz en 2021 dans le cadre du dispositif géré par l'ANFR, en dehors des campagnes d'accompagnement du déploiement de la 5G.

¹ <http://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/analyse-des-mesures-realisees/>

² <https://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/compteurs-communicants/mesures-linky/>

2. Bilan des mesures

2.1. Typologie des demandes

4 022 lieux ont fait l'objet de mesures dans la bande 100 kHz-6 GHz en 2021 dans le cadre du dispositif déjà décrit en dehors des campagnes de suivi du déploiement de la 5G. L'année 2020 avait été marquée par un nombre en légère baisse par rapport aux années précédentes du fait de la crise sanitaire. L'année 2021, marquée par le déploiement de la 5G en France, est l'année qui a enregistré le nombre record de mesures depuis la mise en place du dispositif en 2014 (cf. Figure 2).

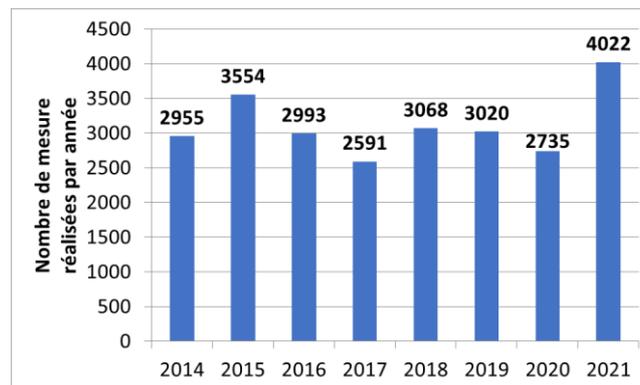


Figure 2 : nombre de mesures réalisées par an dans le cadre du dispositif national en dehors des campagnes de mesure de l'Etat

En 2021, comme lors des années précédentes, l'ensemble du territoire a été concerné par ces mesures, comme illustré sur la Figure 3.



Figure 3 : répartition géographique des mesures réalisées en 2021

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 2021, le cas du Nord est également remarquable avec la métropole Lille Métropole qui a sollicité de nombreuses mesures.

Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson entre le nombre de mesures et le nombre d'habitants vaut 0,68 si l'on exclut Paris et le Nord (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.

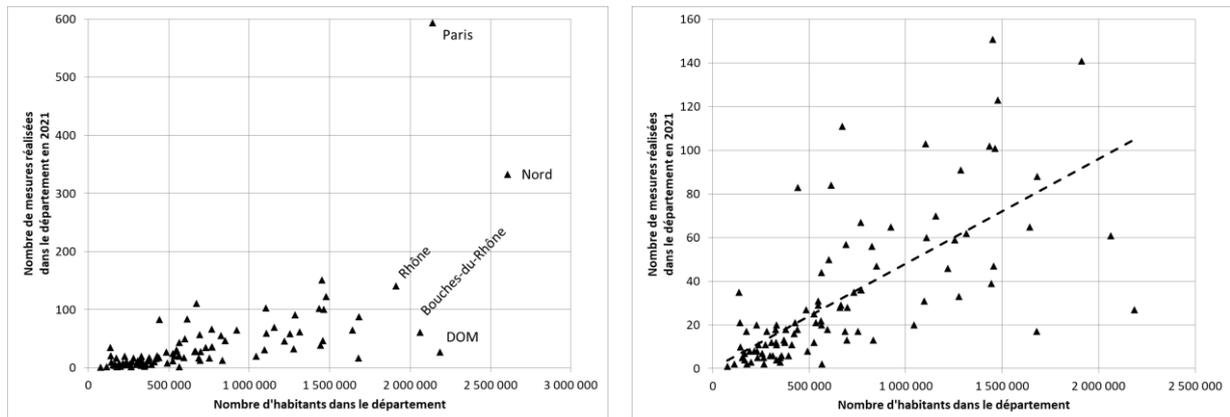


Figure 4 : corrélation entre le nombre de mesures réalisées dans les départements français et leur nombre d'habitants (à gauche avec Paris et le Nord, à droite sans ces deux départements qui constituent des exceptions)

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 2021 et les années précédentes. Pour une meilleure lisibilité, les années avant 2018 ont été regroupées. 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 depuis reporté sur le cas B plus détaillé. En 2021, les mesures selon le cas B du protocole représentent encore une large majorité des mesures (76 %).

La majorité des mesures (76 %) restent réalisées en milieu urbain. Le milieu rural représente donc près d'un quart des mesures, comme en 2020.

La majorité des mesures (57 %) ont été réalisées en intérieur mais les mesures en extérieur (43 %) sont en forte hausse par rapport aux années précédentes. Enfin, 52 % d'entre elles ont concerné les lieux d'habitation et 24 % des espaces publics.

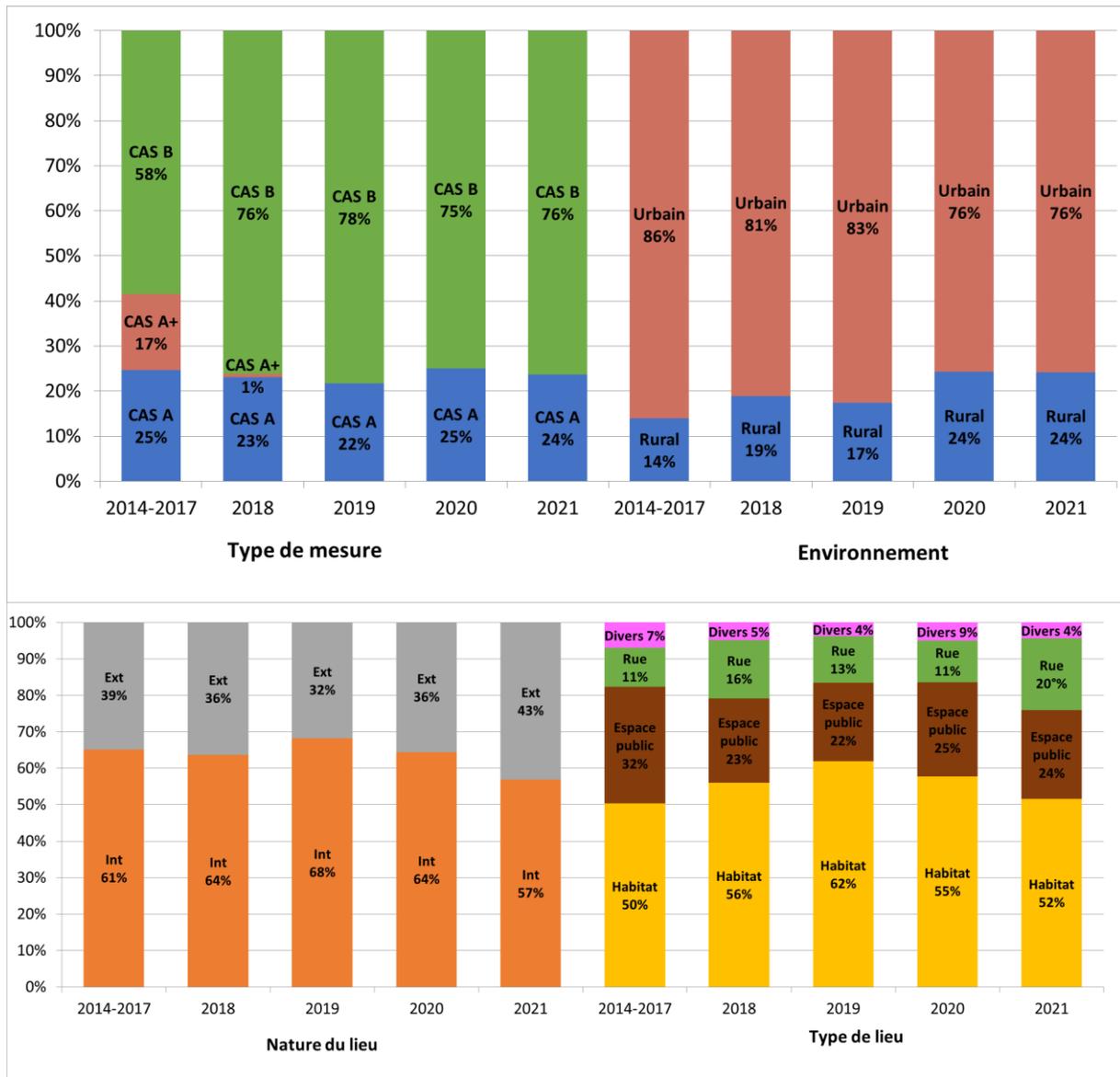


Figure 5 : typologie des mesures réalisées chaque année depuis 2014 dans le cadre du dispositif de surveillance de l'exposition géré par l'ANFR (en dehors des campagnes nationales de l'Etat, menées par exemple sur les places de mairies). Pour une meilleure lisibilité, les années avant 2018 ont été regroupées.

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 4 022 mesures analysées puisque celles réalisées selon le cas B du protocole sont systématiquement précédées d'une mesure selon le cas A. Ces mesures globales sont effectuées 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 statistiquement 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 1,5 % des niveaux mesurés dépassent la valeur d'attention de 6 V/m à partir de laquelle une mesure selon le cas B du protocole devient 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 seul site pour lequel est apparu, après extrapolation, un dépassement théorique des niveaux de référence, pour des sources émettant à plusieurs fréquences. L'extinction de deux secteurs par deux opérateurs a mis fin au dépassement théorique. Une mesure de contrôle a été effectuée.

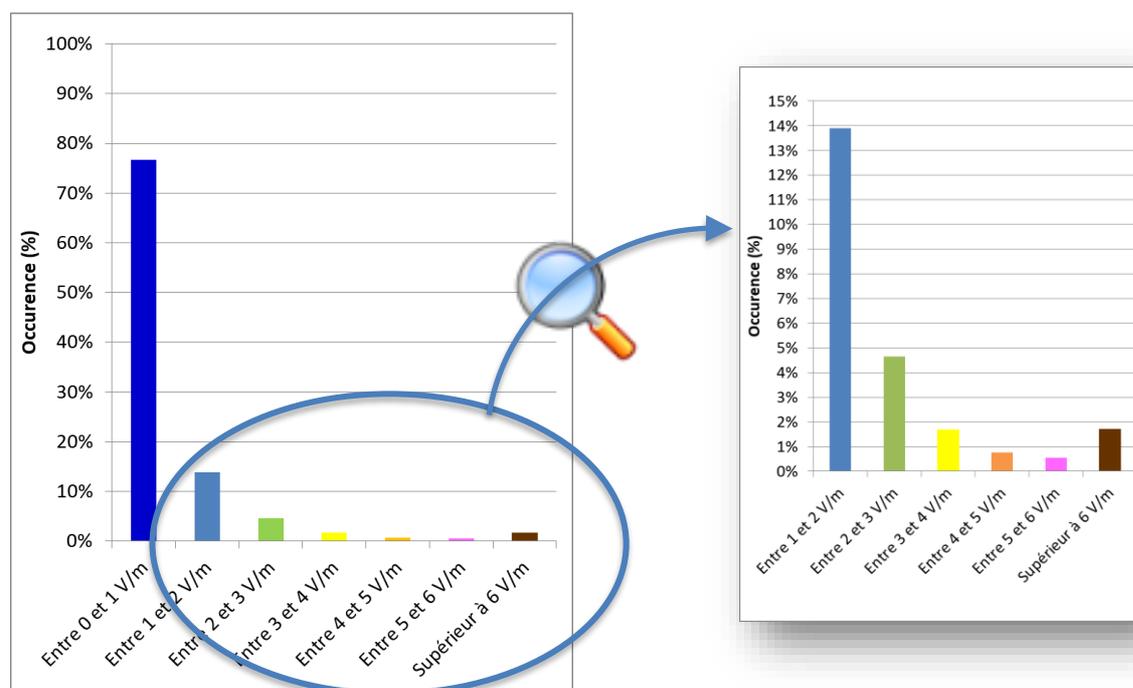


Figure 6 : distribution des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure et zoom sur la distribution des valeurs supérieures à 1 V/m

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 2021 est globalement similaire à celle des niveaux mesurés les années précédentes avec un nombre de cas dépassant le niveau global de 6 V/m plus important depuis l'année 2020.

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 %
2021	Occurrence (%)	24%	9%	4,8%	3,1%	2%	1,4%

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 2021. Ainsi, le nombre de cas se situant au-dessus de 1 V/m apparaît en hausse.

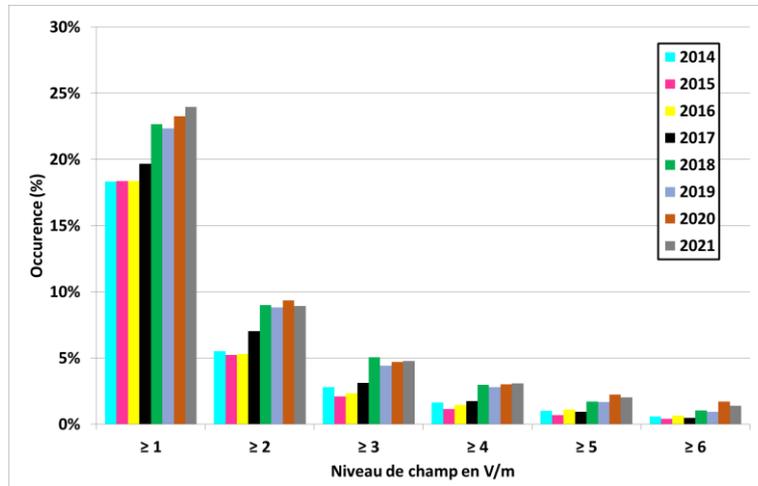


Figure 7: répartition des niveaux de champs électriques mesurés selon le cas A du protocole de mesure selon les années

Cependant, la valeur médiane reste toujours stable et vaut 0,38 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. La moyenne évolue à la hausse du fait de l'augmentation de ces valeurs les plus élevées. La valeur moyenne en 2021 est de 0,85 V/m comme pour l'année 2020, mais elle a augmenté de 0,17 V/m par rapport à 2014. 1 % des valeurs les plus élevées dépassent environ 7 V/m en 2021 alors qu'elles ne dépassaient pas 6 V/m avant 2020. Les points dépassant 6 V/m, dits « points atypiques » font l'objet d'une analyse détaillée spécifique³.

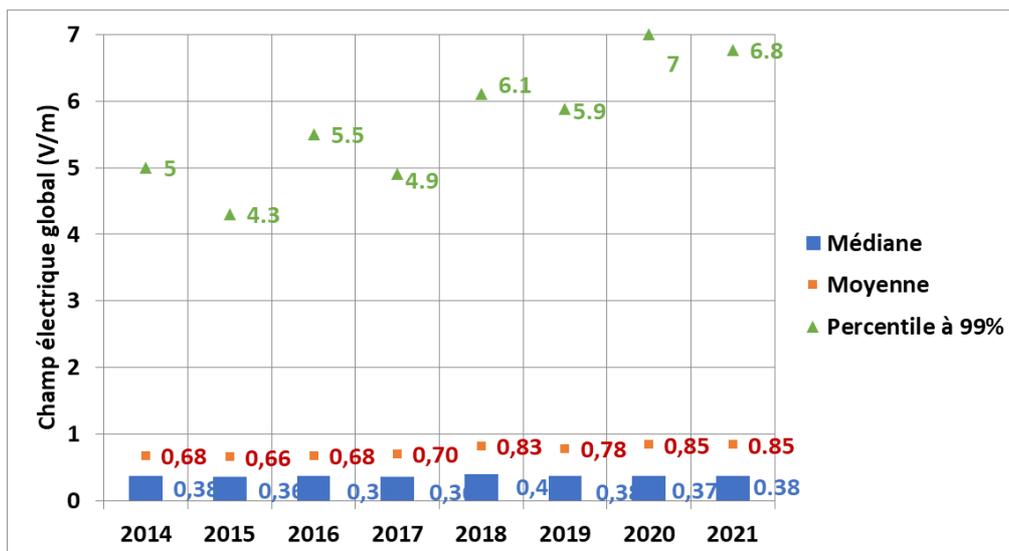


Figure 8: valeurs médianes (barres bleues), valeurs moyennes (carrés rouges) et percentiles à 99 % (triangles verts) en fonction des années

³ <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 inférieurs à 1 V/m (93,4 % des cas en milieu rural et 70,5 % des cas en milieu urbain). Toutefois, les niveaux mesurés apparaissent plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural. Cette tendance s'est accentuée depuis 2018.

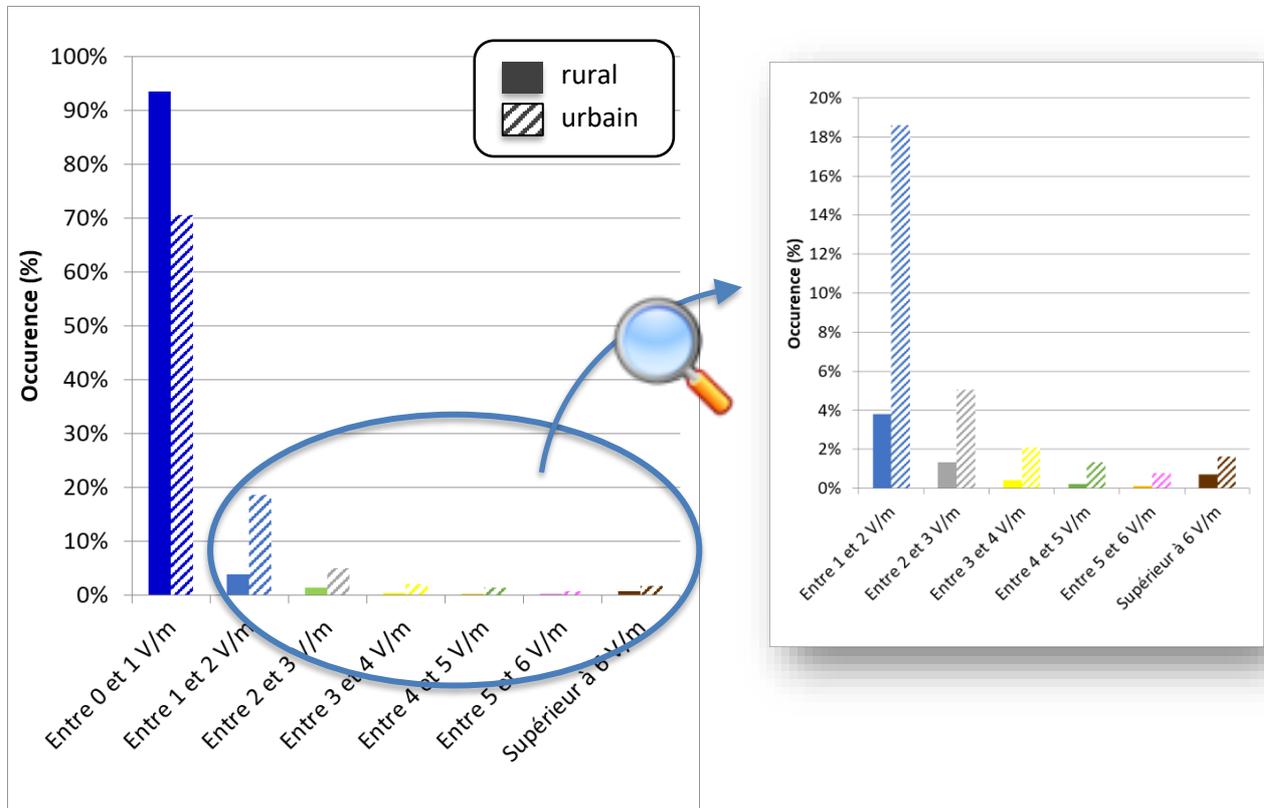


Figure 9 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesuré en milieu rural (barres pleines) et en milieu urbain (barres hachurées) et zoom sur les distributions au-delà de 1 V/m

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 inférieurs à 1 V/m (81,2 % des cas en intérieur et 69,2 % des cas en extérieur). Toutefois, les niveaux mesurés sont légèrement plus élevés en extérieur qu'en intérieur.

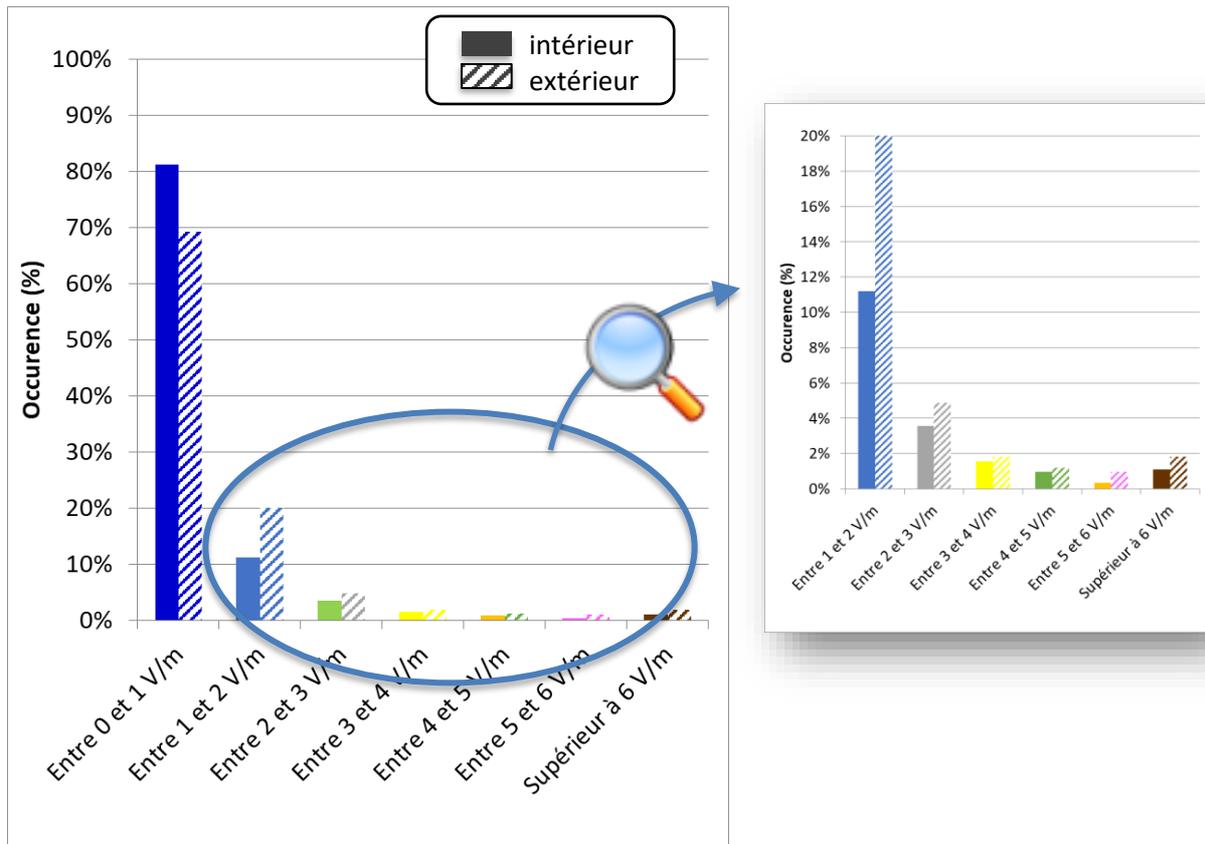


Figure 10 : comparaison des distributions des niveaux de champ électrique mesurés en intérieur (barres pleines) et en extérieur (barres hachurées)

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	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Rural	472 16%	421 12 %	364 12%	425 16 %	578 19%	526 17%	664 24%	971 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	0,46 V/m
Urbain	2483 84%	3154 88 %	2629 88%	2166 84 %	2490 81%	2494 83%	2071 76%	3051 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	0,97 V/m
Intérieur	1797 61%	2387 67 %	2046 67%	1666 64%	1952 64%	2059 68%	1760 64%	2286 57%	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	0,71 V/m
Extérieur	1158 39%	1190 33 %	947 33%	914 36%	1116 36%	961 32%	975 36%	1736 43%	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	1 V/m
Total	2955	3577	2993	2591	3068	3020	2735	4022	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	0,85 V/m

	Médiane (50%)								99 %								Max							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	0,23* 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	4 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	26,6 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	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	6,9 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	40,9 V/m	27 V/m
Int	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	0,32* 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	6,1 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	10,2 V/m
Ext	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	0,57 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	8,2 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	15,5 V/m	27 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	0,38 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	6,8 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	27 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 statistiquement fiables jusqu'à 0,05 V/m.

Tableau 2: quantiles⁴ et moyennes des niveaux d'exposition mesurés en France depuis 2014

⁴ Le tableau se lit ainsi : 99% des niveaux d'exposition mesurés en milieu rural en 2021 sont inférieurs à 4 V/m.

2.3. Analyse détaillée des résultats

Dans 3 068 cas sur les 4 022 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 (59 %), 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 (32 % 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 (2 % des cas) qu'en milieu urbain (7 % des cas). Enfin, dans près de 40 % des cas en milieu rural et dans près de 15 % des cas en milieu urbain, aucune source détectable (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 16 % des cas, ce chiffre est stable par rapport à l'année 2020 mais il en hausse par rapport aux années précédentes où le WiFi était contributeur dans seulement 8 à 12 % des cas. En extérieur, le WiFi est contributeur principal dans moins de 1 % des mesures réalisées en 2021.

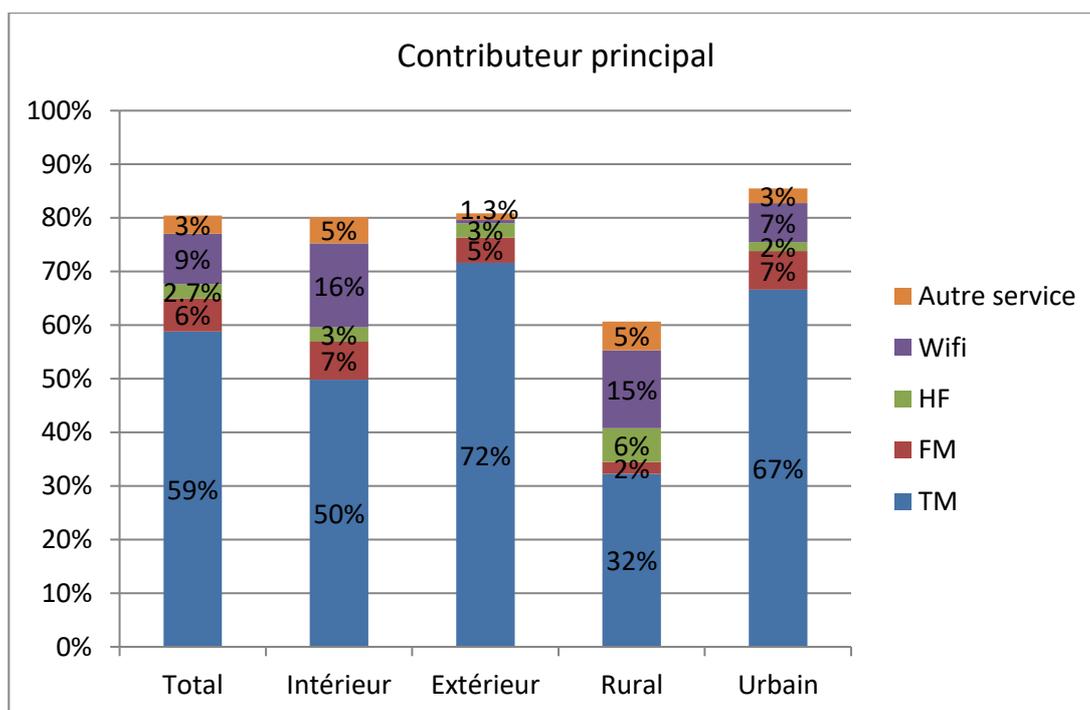


Figure 11 : synthèse des contributeurs principaux selon la typologie des lieux réalisée sur les résultats des 3 068 mesures effectuées en 2021 selon le cas B du protocole

Les services HF (ondes courtes, moyennes et longues) n'apparaissent comme un contributeur principal que dans moins de 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 2,6 V/m alors que lorsque la HF domine, 90 % des niveaux mesurés sont inférieurs à 0,3 V/m.

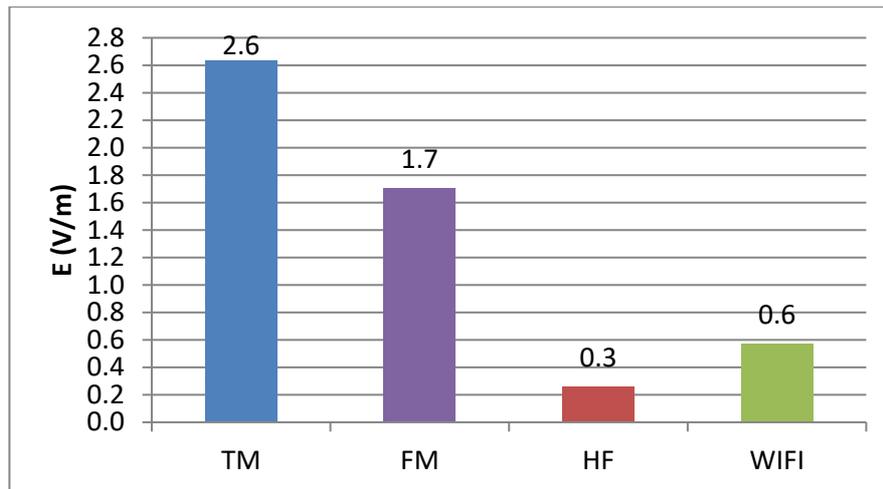


Figure 12: valeur des quantiles à 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés lorsque différents services dominant. La figure se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) domine, 90 % des niveaux d'exposition globale mesurés sont inférieurs à 2,6 V/m

Parmi les différentes bandes de fréquences de la téléphonie mobile, la bande 900 MHz reste la plus représentée avec une occurrence de 88 % (cf. Figure 13). Les autres bandes 700 MHz, 800 MHz, 1 800 MHz, 2 100 MHz et 2 600 MHz sont également souvent présentes avec entre 64 et 86 % d'occurrence. Le déploiement de la bande 700 MHz continue de progresser avec 64 % d'occurrences en 2021. 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 avait été détectée dans un nombre très faible de cas, moins de 0,5 % des cas en 2020. En 2021, le déploiement de la 5G s'est accéléré avec encore un trafic faible dans la nouvelle bande 3,5 GHz qui n'a été détectée que dans un peu plus de 10% des cas.

Les bandes de fréquence utilisées depuis de nombreuses années (800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz) ont été détectées bien plus fréquemment en 2021 (entre 70 % et 90 %) que depuis 2017 (entre 40 % et 70 %). Cette augmentation sensible de l'occurrence de la téléphonie mobile dans l'exposition mesurée pourrait être expliquée par le déploiement de la 5G qui a marqué l'année 2021 et qui a certainement suscité un grand nombre de demandes de mesures.

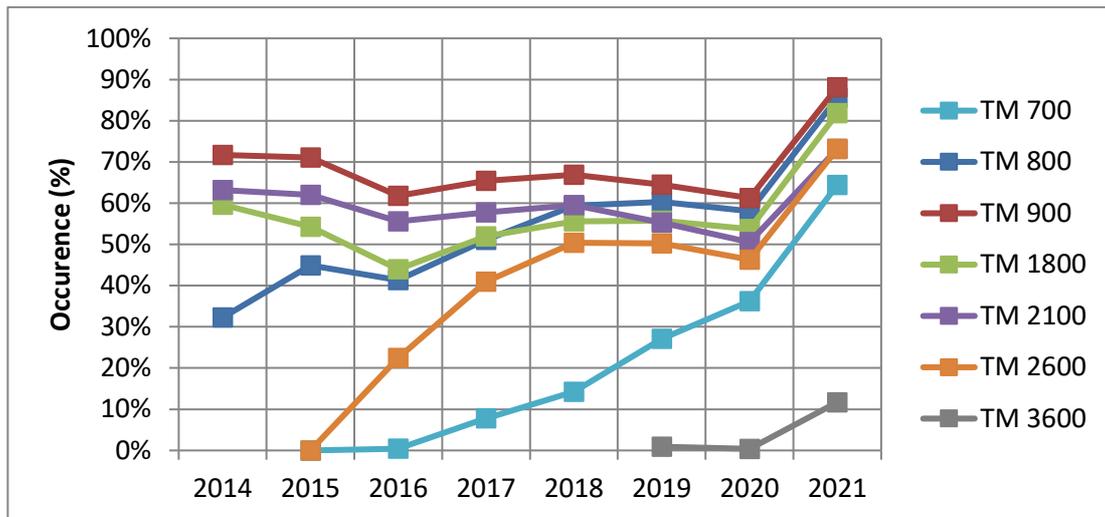


Figure 13 : détection des différentes bandes de téléphonie mobile (TM) lors des mesures selon le cas B

Lorsque la téléphonie mobile est le contributeur principal (c'est-à-dire dans 1 805 cas sur 3 068 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) 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 15 et 28 % des cas où la téléphonie mobile domine.

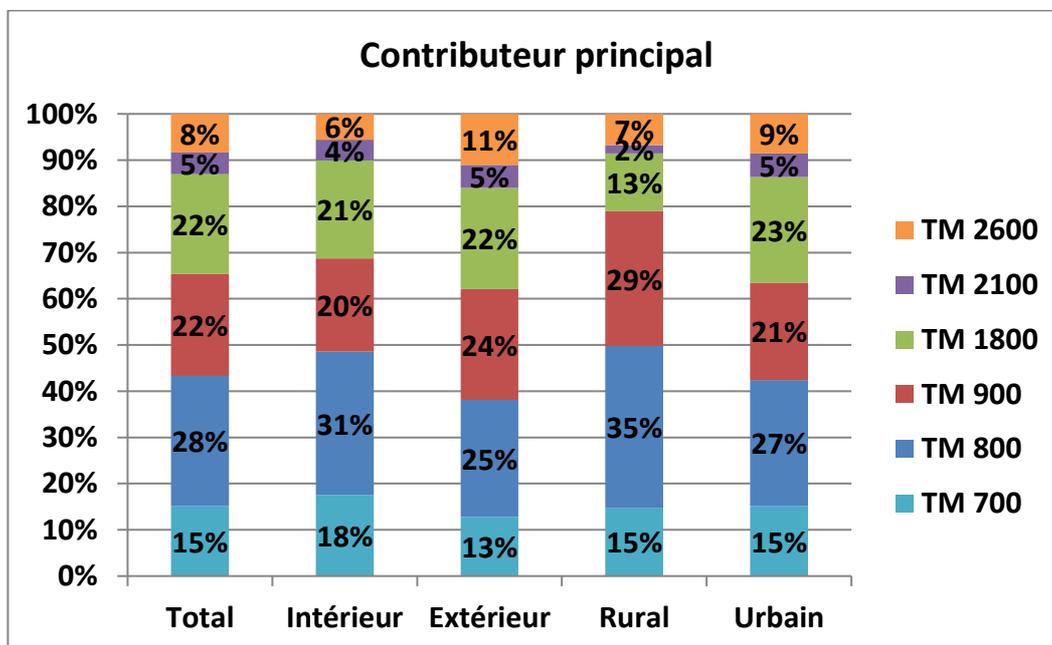


Figure 14 : dans le cas où la téléphonie mobile est le contributeur principal, nature des contributions principales selon les bandes de fréquence

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

	Moyenne	Médiane (50%)	99 %	Max
TM 700	0,23 V/m	0,44 V/m	3,8 V/m	7,1 V/m
TM 800	0,28 V/m	0,5 V/m	3,4 V/m	8,2 V/m
TM 900	0,28 V/m	0,51 V/m	3,6 V/m	12,3 V/m
TM 1800	0,27 V/m	0,5 V/m	3,6 V/m	12,6 V/m
TM 2100	0,22 V/m	0,39 V/m	3 V/m	8,3 V/m
TM 2600	0,24 V/m	0,42 V/m	3,3 V/m	5,5 V/m
TM 3600	0,13 V/m	0,22 V/m	1,7 V/m	1,9 V/m
TM	0,63 V/m	1,1 V/m	7,4 V/m	21,7 V/m

Tableau 3 : quantiles⁵ 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

⁵ Le tableau se lit ainsi : lorsque la téléphonie mobile (TM) est le contributeur principal, 99% des niveaux d'exposition mesurés en 2021 dans la bande 700 MHz sont inférieurs à 3,8 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 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.

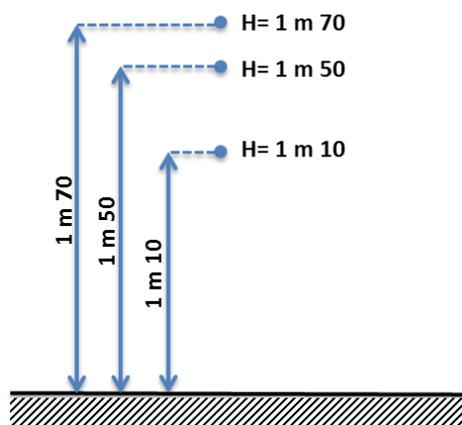


Figure 15 : position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points

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 contresigner 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.