



# **Campagne nationale de mesure des radiofréquences dans les établissements d'hébergement pour personnes âgées (EHPA)**

**Convention DGPR-CSTB n°2201070605**

Sutharsini SIVANANTHAM, Ingrid SCHNEIDER, Corinne MANDIN  
Direction Santé – Confort

**Rapport référencé CSTB-DSC/2020-071  
Rapport final – Juin 2020**

## SOMMAIRE

---

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Méthode de collecte et d'exploitation des données .....</b>	<b>6</b>
2.1	Constitution de l'échantillon .....	6
2.2	Réalisation des mesures de radiofréquences .....	6
2.3	Extrapolation des résultats bruts au parc national des EHPA .....	7
2.4	Base de données fournie par l'Agence nationale des fréquences (ANFR) .....	8
2.5	Mise en perspective par rapport aux valeurs limites réglementaires .....	9
2.6	Méthodes statistiques utilisées .....	10
<b>3</b>	<b>Niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France .....</b>	<b>11</b>
3.1	Niveaux de radiofréquences globaux (cas A) .....	12
3.2	Niveaux de radiofréquences par type d'émetteur et bande de fréquences (cas B) .....	12
<b>4</b>	<b>Déterminants des niveaux de radiofréquences dans les EHPA .....</b>	<b>14</b>
4.1	Identification des potentiels facteurs explicatifs .....	14
4.2	Analyse des corrélations entre les niveaux de radiofréquences et les variables explicatives... .....	16
4.3	Modèle explicatif du niveau de radiofréquences dans les EHPA .....	18
<b>5</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>19</b>
5.1	Niveaux de radiofréquences .....	19
5.2	Analyse des radiofréquences par service .....	19
5.3	Déterminants des niveaux de radiofréquences .....	19
<b>6</b>	<b>Références .....</b>	<b>20</b>
	ANNEXES .....	21

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Liste des données fournies par l'ANFR.....	8
Tableau 2. Distribution des niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine (N = 10 008).....	12
Tableau 3. Distribution des niveaux de radiofréquences détaillés par type d'émetteur et bande de fréquences dans les EHPA en France métropolitaine (N = 9 414) .....	13
Tableau 4. Niveaux médians de radiofréquences selon les variables explicatives dans les EHPA (N = 10 008) (cas A du protocole de mesure de l'ANFR (ANFR, DR15)) .....	15
Tableau 5. Synthèse des corrélations entre le niveau de radiofréquences dans les EHPA et ses facteurs explicatifs (N = 10 008) .....	17
Tableau 6. Nombre moyen pondéré d'émetteurs selon leur distance aux EHPA et la densité urbaine (N = 10 008).....	17
Tableau 7. Modèle de régression linéaire multivariée du niveau de radiofréquences dans les EHPA (N = 10 008).....	18
Tableau 8. Taille de l'échantillon estimée pour différentes valeurs de la précision relative .....	22
Tableau 9. Plan de sondage, nombre d'EHPA instrumentés et restant à instrumenter .....	23
Tableau 10. Comparaison de la répartition par strate des EHPA en France et dans l'échantillon pour le calcul des poids de redressement .....	26
Tableau 11. Distribution des variables explicatives quantitatives (N = 10 008).....	28
Tableau 12. Distribution des variables explicatives qualitatives (N = 10 008) .....	29
Tableau 13. Corrélations entre le niveau global de radiofréquences et les variables explicatives quantitatives (test de Pearson) (N = 10 008).....	30
Tableau 14. Corrélations entre le niveau global de radiofréquences et les variables explicatives qualitatives (ANOVA) (N = 10 008) .....	30

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1. Valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775 ....9	
Figure 2. Répartition géographique des 227 EHPA ayant participé à la campagne de mesure des radiofréquences selon leur densité urbaine (rurale/urbaine) .....11	
Figure 3. Synthèse des contributeurs principaux des niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine selon la typologie de l'environnement (N = 9 414) .....13	
Figure 4. Zones climatiques de la France métropolitaine (RT 2012).....24	

## LISTE DES ANNEXES

---

Annexe 1. Échantillonnage des EHPA .....22	
Annexe 2. Zones climatiques de la France métropolitaine .....24	
Annexe 3. Définition du niveau d'atypicité des champs électromagnétiques (ANFR, 2018) .....25	
Annexe 4. Redressement de l'échantillon .....26	
Annexe 5. Méthodes d'analyse statistique pour la recherche des déterminants.....27	
Annexe 6. Sélection des variables explicatives du niveau de radiofréquences .....28	

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

ANFR : Agence nationale des fréquences
CEM : champs électromagnétiques
DECT : téléphonie fixe sans fil
EHPA : établissement d'hébergement pour personnes âgées
EHPAD : établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes
HF : hautes fréquences (ondes courtes, moyennes et longues)
PMR : réseaux radio professionnels
Radiodiffusion FM : radiodiffusion en modulation de fréquences
RNT : radio numérique terrestre
TM : téléphonie mobile (TM « downlink » : émission des antennes vers les terminaux mobiles) dans les différentes bandes de fréquences
TV : télévision

## 1 Introduction

Un dispositif gratuit de mesure des ondes électromagnétiques dans différents lieux de vie (écoles, logements, EHPA, etc.) et espaces extérieurs publics visant à améliorer les connaissances sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques a été mis en place le 1<sup>er</sup> janvier 2014.

Afin d'évaluer l'exposition de la population à l'échelle nationale, des mesures dans des **échantillons représentatifs du parc des établissements recevant du public (ERP)** ont été réalisées. Une première campagne de mesure a été conduite dans un échantillon d'écoles de France métropolitaine, en lien avec la campagne nationale « écoles » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) (CSTB, 2018).

Pour poursuivre l'étude des niveaux d'exposition de la population aux radiofréquences dans les environnements intérieurs, le ministère en charge de l'environnement a souhaité s'intéresser aux autres établissements accueillant des populations sensibles. Il a ainsi été décidé d'investiguer **les collèges, les lycées, les établissements d'hébergement pour personnes âgées et les hôpitaux**. Des mesures intérieures de radiofréquences y ont été effectuées selon le protocole de mesure de l'Agence nationale des fréquences (ANFR, DR15) par des laboratoires accrédités.

Le présent document décrit **l'étude des mesures de radiofréquences réalisées dans les établissements d'hébergement pour personnes âgées (EHPA)** incluant deux types d'établissement : les établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) et les résidences autonomie. Cette étude a pour objectifs de :

- réaliser un état descriptif des niveaux d'exposition aux radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine ;
- mettre en perspective ces niveaux d'exposition avec les valeurs limites réglementaires ;
- rechercher les déterminants de ces niveaux à partir des caractéristiques de l'environnement et des émetteurs de radiofréquences situés autour des EHPA.

## 2 Méthode de collecte et d'exploitation des données

### 2.1 Constitution de l'échantillon

La taille de l'échantillon d'EHPA, parmi les 10 008 établissements de France métropolitaine au démarrage de l'étude, nécessaire à la campagne de mesure a été estimée à partir de mesures réalisées par l'ANFR dans des EHPA, en intérieur, entre janvier 2015 et septembre 2016. Cette taille a été calculée pour une précision relative de l'estimateur du niveau moyen de radiofréquences fixée à 20 % (Annexe 1).

Il a été décidé d'intégrer les 83 EHPA déjà instrumentés par l'ANFR dans l'échantillon d'étude afin de réduire les coûts. L'analyse de leur répartition par strate, c'est-à-dire selon la zone géographique (Annexe 2) et la densité urbaine, a permis d'identifier les strates sous-représentées par rapport au parc national des 10 008 EHPA. Pour compléter ces strates et obtenir un échantillon répondant à la précision souhaitée, un objectif de 137 nouveaux EHPA à instrumenter a été déterminé. Ces établissements ont été sélectionnés par tirage aléatoire simple stratifié. Par ailleurs, des établissements non sélectionnés ont eu connaissance de la campagne de mesure et ont souhaité y participer. Ces établissements volontaires ont été instrumentés mais exclus des analyses statistiques.

Dans certaines strates, l'objectif de recrutement a été dépassé car des établissements ont donné leur accord de participation tardivement, après que d'autres recrutements aient été réalisés. Malgré ces accords tardifs, il a été décidé d'instrumenter l'ensemble des EHPA. Dans les zones H1c rurale, H1c urbaine et H3 urbaine, l'objectif de recrutement n'a pas été atteint. Ces strates ont été complétées par des établissements volontaires lorsque cela était possible : 3 EHPA volontaires pour la strate H1c urbaine et 2 pour la strate H3 urbaine. La strate H1c rurale reste légèrement sous-représentée : 7 établissements y ont été recrutés au lieu de 9 et aucun établissement volontaire n'y a été instrumenté. La pondération des données, décrite ci-après, permet de corriger la sous-représentativité de cette strate.

Finalement, 144 nouveaux EHPA ont été recrutés et instrumentés en 2019, portant à **227 le nombre d'EHPA dans l'échantillon final**.

### 2.2 Réalisation des mesures de radiofréquences

Les mesures de radiofréquences ont été réalisées dans les 227 EHPA par les laboratoires Aexpertise et Exem, entre janvier 2015 et décembre 2019 selon les versions 3.0, 3.1 puis 4.0 du protocole de mesure de l'ANFR (ANFR, DR15). Toutes les mesures ont été réalisées à l'intérieur des bâtiments.

Le protocole de mesure comprend trois étapes. Dans un premier temps, le niveau d'exposition global est mesuré à différents emplacements de l'EHPA à l'aide d'une sonde large bande d'une sensibilité de 0,38 V/m. Ce relevé dit intermédiaire est effectué à une hauteur de 150 cm et permet de déterminer le point de niveau de champ électrique maximum. Dans un deuxième temps, le niveau d'exposition global est mesuré à trois hauteurs différentes à l'emplacement du niveau maximum relevé, ou éventuellement à un emplacement pertinent demandé par l'établissement. Une moyenne spatiale des trois mesures est calculée (cas A). Enfin, une mesure détaillée des niveaux de champ électrique par type d'émetteur et bande de fréquences est réalisée à l'aide d'un analyseur de spectre à l'emplacement défini précédemment (cas B). La mesure selon le cas B du protocole n'est pas systématiquement réalisée, elle n'est obligatoire que lorsque le niveau global mesuré dépasse la valeur d'attention de 6 V/m (Annexe 3).

L'analyseur de spectre utilisé par le laboratoire Aexpertise détecte les niveaux de radiofréquences supérieurs à 0,01 V/m et l'appareil utilisé par le laboratoire Exem détecte les niveaux supérieurs à 0,05 V/m.

Le protocole de mesure couvre l'ensemble des émissions radioélectriques de 100 kHz à 300 GHz. Les principaux services pris en compte sont la téléphonie mobile (TM « downlink » : émission des antennes vers les terminaux mobiles) dans les différentes bandes de fréquences, la radiodiffusion FM, la radio numérique terrestre (RNT), la télévision (TV), les réseaux radio professionnels (PMR), les services HF (ondes courtes, moyennes et longues), les radars, le Wifi et la téléphonie fixe sans fil (DECT).

### 2.3 Extrapolation des résultats bruts au parc national des EHPA

Afin d'exprimer les résultats bruts (mesurés dans l'échantillon) à l'échelle du parc national des EHPA, un poids de redressement a été attribué à chaque EHPA instrumenté. Ce poids correspond au nombre d'EHPA du parc représenté par chaque EHPA de l'échantillon. Il tient compte de la stratification nationale des EHPA selon la zone géographique et la densité urbaine. Il est calculé selon la formule suivante :

$$poids(x) = \frac{N_{strate}(x)}{n_{strate}(x)}$$

où :

- $poids(x)$  correspond au poids attribué à l'EHPA  $x$  ;
- la  $strate$  correspond au croisement entre la zone géographique et la densité urbaine de l'EHPA  $x$  ;
- $N_{strate}(x)$  correspond au nombre total d'EHPA (à l'échelle de la France) dans la strate de l'EHPA  $x$  ;
- $n_{strate}(x)$  correspond au nombre d'EHPA instrumentés (à l'échelle de l'échantillon) dans la strate de l'EHPA  $x$ .

Après pondération des données, les répartitions des EHPA selon les strates étudiées sont identiques dans l'échantillon et dans le parc national des EHPA (Annexe 4).

## 2.4 Base de données fournie par l'Agence nationale des fréquences (ANFR)

Les données de mesure ont été collectées et mises à disposition par l'ANFR. Elles sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Liste des données fournies par l'ANFR

<b>Variables</b>
Date de mesure
Nom du laboratoire qui a réalisé les mesures
Lieu de mesure : intérieur ou extérieur
Adresse du lieu de mesure
Commune du lieu de mesure
Longitude du lieu de mesure
Latitude du lieu de mesure
Environnement du lieu de mesure
Type de résultat : cas A ou cas B
Nombre d'installations visibles
Distance de l'installation visible la plus proche
Hauteur de l'installation visible la plus proche
Type de l'installation visible la plus proche
Distance de l'installation visible la plus loin
Hauteur de l'installation visible la plus loin
Type de l'installation visible la plus loin
Valeur globale de radiofréquence (V/M)
DECT (V/M) : téléphonie fixe sans fil
FM RNT (V/M) : radiodiffusion
HF (V/M) : services hautes fréquences
PMR (V/M) : réseaux radio professionnels
PMR BALISES (V/M) : réseaux radio professionnels
RADAR BALISES (V/M)



Variables
RADAR BLR (V/M)
TM 700 (V/M) : téléphonie mobile 700 Mhz
TM 800 (V/M) : téléphonie mobile 800 Mhz
TM 900 (V/M) : téléphonie mobile 900 Mhz
TM 1 800 (V/M) : téléphonie mobile 1 800 Mhz
TM 2 100 (V/M) : téléphonie mobile 2 100 Mhz
TM 2 600 (V/M) : téléphonie mobile 2 600 Mhz
TV (V/M)
WIFI (V/M)

## 2.5 Mise en perspective par rapport aux valeurs limites réglementaires

La campagne vise notamment à mettre en perspective les niveaux de radiofréquences dans les EHPA par rapport aux valeurs limites réglementaires. Ces valeurs limites sont fixées par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002, qui reprend la recommandation européenne 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999. Elles sont comprises entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences (Figure 1).

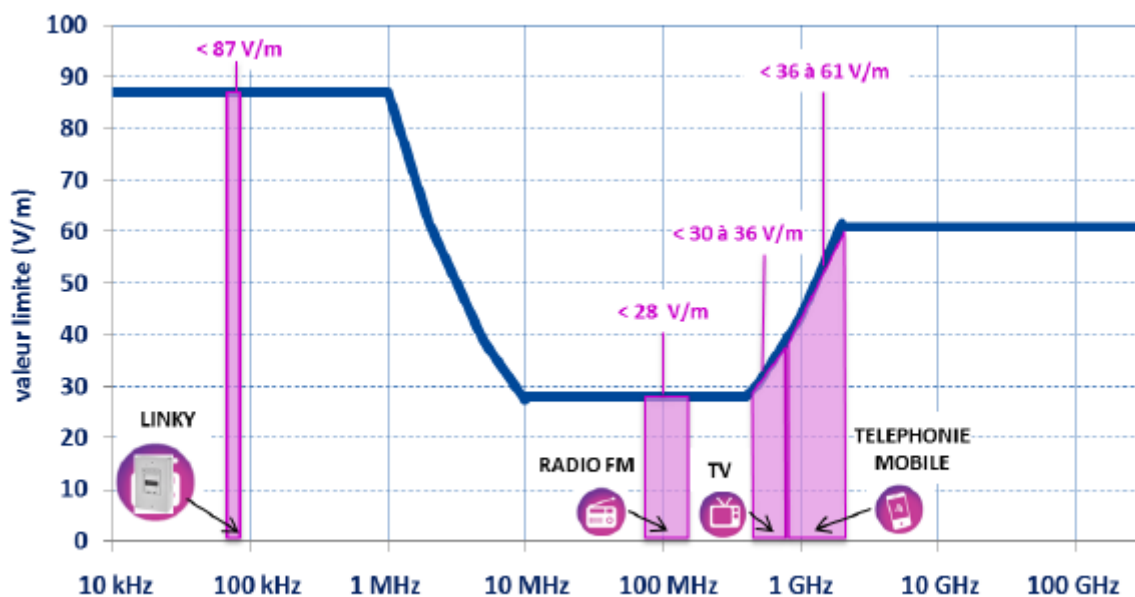


Figure 1. Valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

## **2.6 Méthodes statistiques utilisées**

Dans un premier temps, des statistiques descriptives des niveaux intérieurs de radiofréquences ont été calculées : moyenne, écart-type, médiane, 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles, 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles. Les principaux types d'émetteurs et bandes de fréquences contribuant aux niveaux de radiofréquences ont également été identifiés dans chaque type d'environnement (rural et urbain).

Dans un second temps, une recherche des facteurs influençant les niveaux de radiofréquences parmi les caractéristiques de l'environnement et des émetteurs de radiofréquences à proximité du point de mesure a été réalisée. Des informations détaillées relatives aux méthodes statistiques déployées sont fournies en Annexe 5.

### 3 Niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France

Les niveaux de radiofréquences ont été mesurés dans 227 EHPA en France métropolitaine. Ces EHPA sont répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain français comme illustré sur la Figure 2.

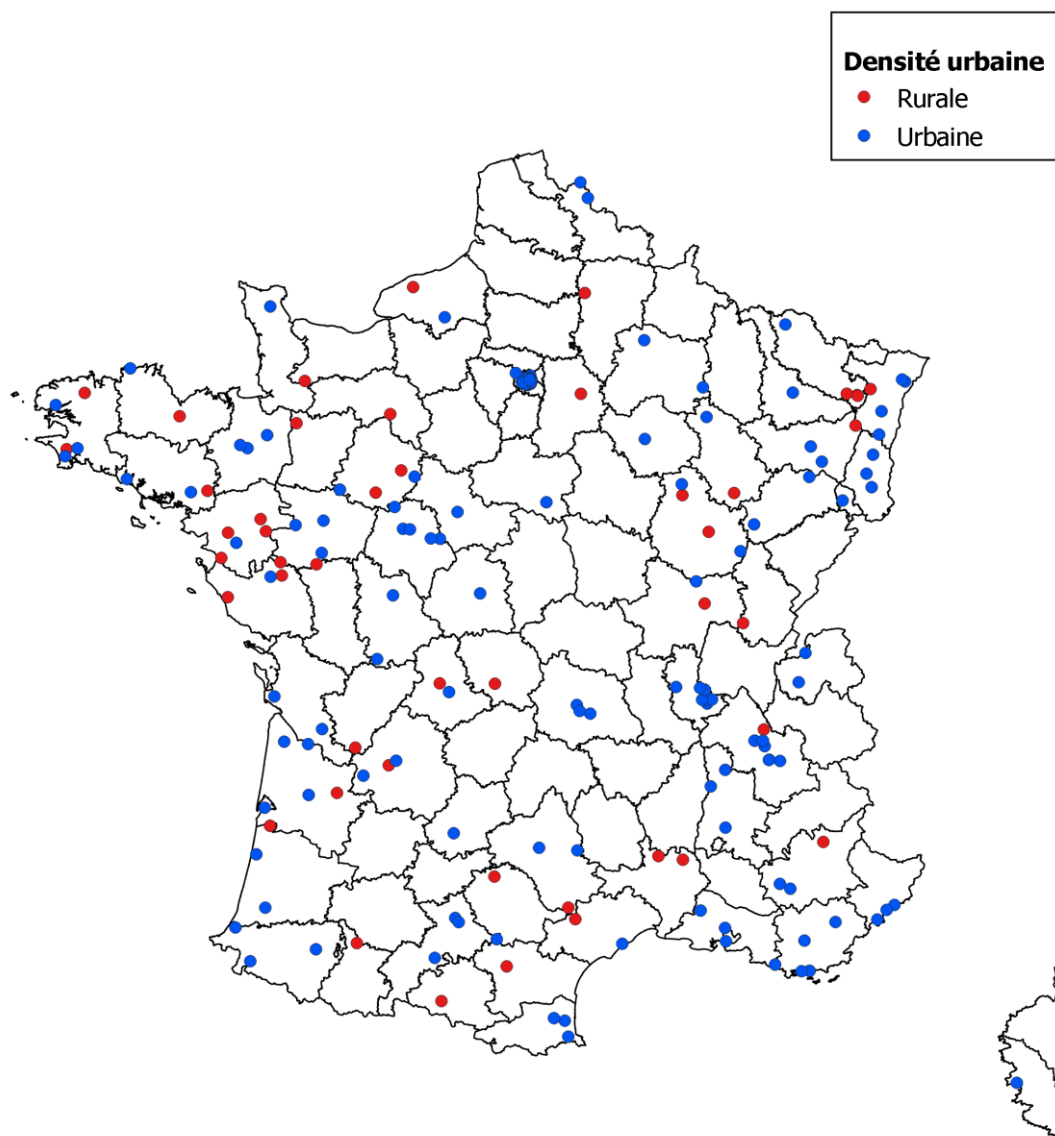


Figure 2. Répartition géographique des 227 EHPA ayant participé à la campagne de mesure des radiofréquences selon leur densité urbaine (rurale/urbaine)

L'échantillon des mesures de radiofréquences a été redressé à l'échelle nationale (méthode décrite en Annexe 4). Les statistiques descriptives sont ainsi présentées pour le parc des EHPA en France métropolitaine (N = 10 008) (Tableau 2). Les niveaux de radiofréquences par type d'émetteur et bande de fréquences ont été mesurés et analysés uniquement dans les établissements où des mesures selon le cas B du protocole ont été effectuées (N = 9 414) (Tableau 3).

### 3.1 Niveaux de radiofréquences globaux (cas A)

Le niveau moyen de radiofréquences dans le parc national des EHPA est de 0,45 V/m (Tableau 2). Le **niveau médian de radiofréquences est de 0,31 V/m**.

Tableau 2. Distribution des niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine (N = 10 008)

Niveau mesuré (V/m)	Moyenne +/- écart-type	P5	P25	Médiane	P75	P95
Global	0,45 +/- 0,03	0,11	0,20	0,31	0,56	1,24

*Note :* seuil de sensibilité typique des sondes large bande = 0,38 V/m ; limite maximale de détection des analyseurs de spectre utilisés (LD) = 0,05 V/m. P5 = 5<sup>ème</sup> percentile ; P25 = 25<sup>ème</sup> percentile ; P75 = 75<sup>ème</sup> percentile ; P95 = 95<sup>ème</sup> percentile.

Le niveau maximal mesuré dans l'échantillon est de 3,37 V/m : ce niveau est inférieur au niveau d'atypicité de l'ANFR de 6 V/m (Annexe 3) et au seuil limite réglementaire de 28 V/m (Figure 1).

La médiane des niveaux de radiofréquences dans les EHPA est comparable à la valeur de 0,33 V/m, médiane des 1 952 mesures intérieures réalisées dans les locaux d'habitation et lieux accessibles au public en 2018 dans le cadre du dispositif de surveillance (ANFR, 2019). Toutefois, ce résultat n'est pas vérifié statistiquement puisque les mesures d'exposition du public réalisées par l'ANFR ne sont pas représentatives du territoire.

La distribution des niveaux de radiofréquences dans les EHPA est également semblable à celle dans les hôpitaux en France métropolitaine, où le niveau médian des radiofréquences mesurées entre 2015 et 2019 est aussi de 0,31 V/m (CSTB, 2020).

### 3.2 Niveaux de radiofréquences par type d'émetteur et bande de fréquences (cas B)

Les niveaux de radiofréquences les plus élevés proviennent de la téléphonie mobile (TM) et de la téléphonie fixe sans fil (DECT) (Tableau 3). Parmi les différentes bandes de fréquences de la téléphonie mobile, la bande 900 MHz (TM 900), correspondant aux technologies 2G, 3G et 4G, est la plus détectée (dans 3 598 EHPA sur 9 414, soit plus du tiers des EHPA), comme cela avait également été observé dans les hôpitaux.

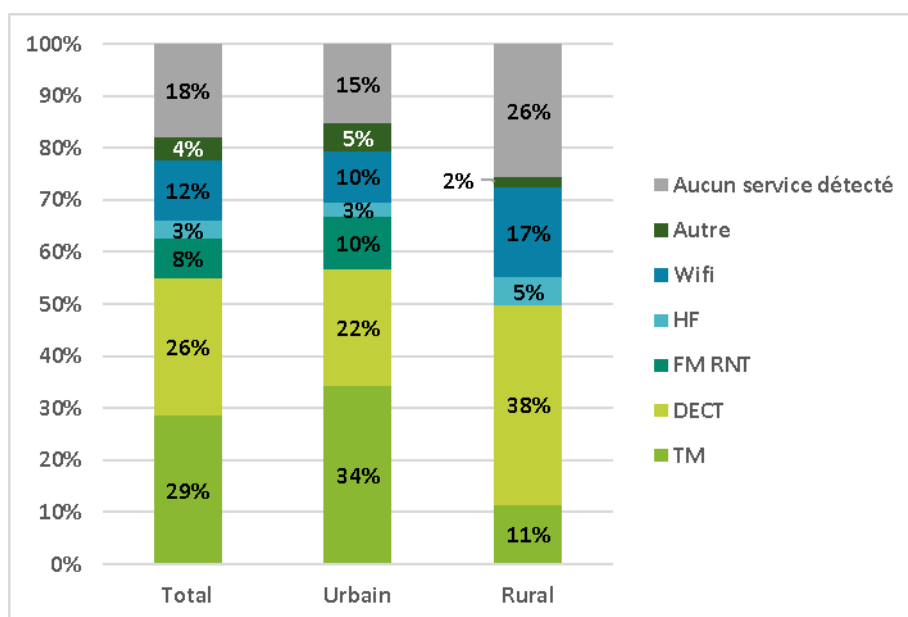
L'analyse détaillée des contributeurs principaux des niveaux de radiofréquences est présentée sur la Figure 3. Dans 18 % des cas, aucune source de radiofréquences significative n'a été détectée (niveaux inférieurs au seuil de détection de l'appareil de mesure). Cette tendance est plus marquée en milieu rural (26 %) qu'en milieu urbain (15 %). Comme dans les hôpitaux, **la téléphonie mobile (TM) est le contributeur principal de l'exposition détectée dans les EHPA en milieu urbain (34 %), tandis que la téléphonie fixe sans fil (DECT) est le contributeur principal de l'exposition détectée en milieu rural (38 %)**.

Tableau 3. Distribution des niveaux de radiofréquences détaillés par type d'émetteur et bande de fréquences dans les EHPA en France métropolitaine (N = 9 414)

Niveau mesuré (V/m)	Effectif	Moyenne +/- écart-type	P5	P25	Médiane	P75	P95
TM 700	286	0,18 +/- 0,01	0,05	0,06	0,08	0,20	0,41
TM 800	2 796	0,2 +/- 0,03	< LD	0,06	0,12	0,21	0,59
TM 900	3 598	0,31 +/- 0,04	0,06	0,09	0,16	0,37	0,92
TM 1 800	1 996	0,27 +/- 0,05	0,05	0,09	0,15	0,32	0,73
TM 2 100	2 771	0,18 +/- 0,03	< LD	0,07	0,10	0,20	0,44
TM 2 600	844	0,23 +/- 0,05	0,06	0,09	0,12	0,23	0,62
FM RNT	2 129	0,25 +/- 0,04	0,05	0,07	0,11	0,25	0,85
TV	748	0,14 +/- 0,03	< LD	0,05	0,07	0,17	0,38
DECT	3 091	0,36 +/- 0,03	< LD	0,14	0,33	0,51	0,69
HF	1 409	0,12 +/- 0,01	0,05	0,06	0,08	0,14	0,28
PMR	-	-	-	-	-	-	-
PMR balises	440	0,17 +/- 0,04	< LD	< LD	0,11	0,28	0,38
Radars balises	-	-	-	-	-	-	-
Radars BLR	892	0,14 +/- 0,02	0,05	0,06	0,09	0,13	0,35
Wifi	2 143	0,18 +/- 0,02	0,05	0,07	0,14	0,25	0,42

*Note :* seuil de sensibilité typique des sondes large bande = 0,38 V/m ; limite maximale de détection des analyseurs de spectre utilisés (LD) = 0,05 V/m. P5 = 5<sup>ème</sup> percentile ; P25 = 25<sup>ème</sup> percentile ; P75 = 75<sup>ème</sup> percentile ; P95 = 95<sup>ème</sup> percentile ; TM = téléphonie mobile ; FM RNT = radiodiffusion en modulation de fréquences et radio numérique terrestre ; DECT = téléphonie fixe sans fil ; HF = services hautes fréquences (ondes courtes, moyennes et longues) ; PMR = réseaux radio professionnels.

Figure 3. Synthèse des contributeurs principaux des niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine selon la typologie de l'environnement (N = 9 414)



*Note :* TM = téléphonie mobile ; DECT = téléphonie fixe sans fil ; FM RNT = radiodiffusion en modulation de fréquences et radio numérique terrestre ; HF = services hautes fréquences (ondes courtes, moyennes et longues) ; autre = TV, réseaux radio professionnels (PMR) et radars.

## 4 Déterminants des niveaux de radiofréquences dans les EHPA

### 4.1 Identification des potentiels facteurs explicatifs

Les potentiels facteurs explicatifs du niveau de radiofréquences ont été présélectionnés à dire d'expert sur la base des données disponibles. Ces facteurs sont les suivants :

- caractéristiques de l'environnement :
  - zone climatique au sens de la réglementation thermique 2012. Cette variable est utilisée ici pour étudier l'influence de la zone géographique (Annexe 2) ;
  - densité urbaine (rurale/urbaine) ;
- caractéristiques des émetteurs de radiofréquences (= supports radioélectriques) :
  - distance à l'émetteur de radiofréquences le plus proche ;
  - hauteur de l'émetteur de radiofréquences le plus proche ;
  - nombre d'émetteurs dans un rayon de 5 km autour de l'établissement ;
  - présence d'au moins un émetteur dans un rayon de 1 km autour de l'établissement ;
  - technologie de l'émetteur le plus proche ;
  - orientation horizontale de l'émetteur le plus proche (azimut) ;
  - service détecté (téléphonie mobile, radiodiffusion, TV, etc.) ;
  - présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure (oui/non) ;
  - type de l'émetteur visible le plus proche ;
  - type de l'émetteur visible le plus éloigné.

Les niveaux médians de radiofréquences en fonction de chaque variable explicative sont présentés dans le Tableau 4. Dans ce tableau, les variables quantitatives ont été catégorisées en variables binaires avec des classes d'amplitude similaire. Par exemple, environ 50 % des EHPA sont situés à une distance inférieure ou égale à 300 m d'un émetteur de radiofréquences et environ 50 % des établissements sont situés à plus de 300 m d'un émetteur. La variable de distance a donc été catégorisée en deux classes en fonction du seuil de 300 m ; il y a ainsi un nombre équivalent d'établissements dans chacune des deux classes. Il est à noter qu'il n'y a aucun émetteur à moins de 100 m pour 78 % des EHPA et à moins de 200 m pour 60 % des EHPA. Pour ces périmètres, le nombre d'émetteurs n'a pas été catégorisé ; en revanche l'indicateur de présence d'émetteurs est présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4. Niveaux médians de radiofréquences selon les variables explicatives dans les EHPA  
(N = 10 008) (cas A du protocole de mesure de l'ANFR (ANFR, DR15))

Variable explicative	Modalité	Nombre d'établissements	Pourcentage d'établissements	Niveau médian de radiofréquences (V/m)
Zone climatique (Annexe 2)	H1a	2 570	26%	0,30
	H1b	1 111	11%	0,51
	H1c	1 624	16%	0,25
	H2a	725	7%	0,30
	H2b	1 464	15%	0,34
	H2c	1 172	12%	0,43
	H2d	324	3%	0,11
	H3	1 018	10%	0,28
Densité urbaine	Rurale	2 341	23%	0,28
	Urbaine	7 667	77%	0,33
Technologie	2-3G	280	3%	0,42
	4G	7 680	77%	0,33
	Non renseignée	2 048	20%	0,27
Détection de radiofréquences provenant de la téléphonie mobile	Oui	3 850	38%	0,41
	Non	5 563	56%	0,26
	Cas A	594	6%	0,33
Détection de radiofréquences provenant de la radio ou la TV	Oui	2 318	23%	0,63
	Non	7 096	71%	0,28
	Cas A	594	6%	0,33
Détection de radiofréquences provenant d'un autre service	Oui	5 660	57%	0,38
	Non	3 753	38%	0,21
	Cas A	594	6%	0,33
Présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure	Oui	4 676	47%	0,47
	Non	5 332	53%	0,22
Type de l'émetteur visible le plus proche	Téléphonie mobile	2 154	22%	0,61
	Radio ou TV	123	1%	0,22
	Autre	2 399	24%	0,43
	Installation non visible	5 332	53%	0,22
Type de l'émetteur visible le plus éloigné	Téléphonie mobile	2 104	21%	0,61
	Radio ou TV	78	1%	0,70
	Autre	2 494	25%	0,43
	Installation non visible	5 332	53%	0,22
Distance à l'émetteur le plus proche (m)	<= 300 m	4 781	48%	0,33
	> 300 m	5 227	52%	0,31
Hauteur de l'émetteur le plus proche (m)	<= 30 m	5 613	56%	0,30
	> 30 m	4 395	44%	0,33

Variable explicative	Modalité	Nombre d'établissements	Pourcentage d'établissements	Niveau médian de radiofréquences (V/m)
Angle entre l'établissement et l'orientation horizontale de l'émetteur (azimut en degrés)	<= 20°	4 308	43%	0,29
	> 20°	5 258	53%	0,34
	Émetteur non directif	442	4%	0,26
Nb émetteurs à moins de 500 m	<= 1	5 728	57%	0,31
	> 1	4 280	43%	0,33
Nb émetteurs à moins de 1 km	<= 3	5 094	51%	0,33
	> 3	4 914	49%	0,30
Nb émetteurs à moins de 2 km	<= 10	5 338	53%	0,33
	> 10	4 670	47%	0,30
Nb émetteurs à moins de 3 km	<= 15	5 279	53%	0,33
	> 15	4 729	47%	0,30
Nb émetteurs à moins de 5 km	<= 30	5 250	52%	0,33
	> 30	4 758	48%	0,30
Présence d'au moins un émetteur à moins de 100 m	Oui	2 190	22%	0,35
	Non	7 818	78%	0,30
Présence d'au moins un émetteur à moins de 200 m	Oui	4 006	40%	0,35
	Non	6 002	60%	0,30
Présence d'au moins un émetteur à moins de 500 m	Oui	6 510	65%	0,33
	Non	3 498	35%	0,30
Présence d'au moins un émetteur à moins de 1 km	Oui	8 145	81%	0,33
	Non	1 863	19%	0,28

*Note : ldf = Ile-de-France ; Nb = nombre. L'émetteur est un support radioélectrique.*

Parmi ces variables, certaines ne sont pas exploitables à cause de valeurs manquantes et/ou d'une mauvaise répartition des effectifs. Une sélection de variables a été réalisée sur la base de ces critères et est disponible en Annexe 6.

## 4.2 Analyse des corrélations entre les niveaux de radiofréquences et les variables explicatives

Les liens statistiques entre les niveaux de radiofréquences et les variables explicatives ont été explorés par le biais d'analyses de corrélations. Les méthodes utilisées sont présentées en Annexe 5. Les résultats montrent que les niveaux de radiofréquences sont significativement corrélés :

- à la présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure ;
- à la distance à l'émetteur le plus proche ;
- au nombre d'émetteurs à moins de 200 m de l'établissement ;
- à la présence d'au moins un émetteur à moins de 500 m de l'établissement ;
- aux services à l'origine des radiofréquences ;
- à la densité urbaine.



La nature et la force de leurs liens statistiques sont détaillées dans le Tableau 5 et en Annexe 6.

Tableau 5. Synthèse des corrélations entre le niveau de radiofréquences dans les EHPA et ses facteurs explicatifs (N = 10 008)

Facteur explicatif	Nature de la corrélation	Force du lien statistique
<b>Présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure</b>	Les niveaux de radiofréquences mesurés sont significativement plus élevés lorsqu'il y a des émetteurs visibles depuis le point de mesure.	Très forte corrélation
<b>Distance à l'émetteur de radiofréquences le plus proche</b>	Plus l'émetteur est proche de l'EHPA et plus le niveau de radiofréquences est élevé.	Forte corrélation
<b>Nombre d'émetteurs à moins de 200 m de l'EHPA</b>	Plus le nombre d'émetteurs proches de l'EHPA est important et plus le niveau de radiofréquences est élevé.	Forte corrélation
<b>Présence d'au moins un émetteur à moins de 500 m de l'EHPA</b>	Les niveaux de radiofréquences mesurés sont significativement plus élevés lorsqu'il y a au moins un émetteur à moins de 500 m de l'EHPA.	Forte corrélation
<b>Service détecté</b>	La téléphonie mobile, la radiodiffusion et la télévision sont les principaux contributeurs des niveaux de radiofréquences.	Forte corrélation
<b>Densité urbaine</b>	Les niveaux de radiofréquences sont plus élevés en milieu urbain.	Corrélation modérée

*Note : L'émetteur est un support radioélectrique.*

Il est à noter que le nombre d'émetteurs à proximité des EHPA est significativement plus élevé en milieu urbain (Tableau 6). Ces deux variables sont fortement corrélées (ANOVA, p-value <0,05). Par conséquent, seule l'une des deux variables est retenue dans le modèle explicatif du niveau de radiofréquences afin de pallier la multicollinéarité. Il s'agit du nombre d'émetteurs à proximité des EHPA car cette variable est plus corrélée aux niveaux de radiofréquences que la densité urbaine (Tableau 5 et en Annexe 6).

Tableau 6. Nombre moyen pondéré d'émetteurs selon leur distance aux EHPA et la densité urbaine (N = 10 008)

Densité urbaine	Nombre d'EHPA	< 100 m	De 100 à 200 m	De 200 à 500 m	De 500 m à 1 km	De 1 km à 2 km	De 2 km à 3 km	De 3 km à 5 km
Rurale	2 341	0	0	0	0	1	1	4
Urbaine	7 667	0	1	5	20	73	108	277
<b>Total</b>	<b>10 008</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>56</b>	<b>83</b>	<b>213</b>

*Aide à la lecture du Tableau 6 : le Tableau 4 indique que pour 78 % des EHPA, aucun émetteur de radiofréquences n'est situé à moins de 100 m de l'établissement et que pour 22 % des EHPA, au moins un émetteur est situé à moins de 100 m de l'établissement. Le nombre moyen pondéré d'émetteurs situés à moins de 100 m des EHPA est de 0.*

### 4.3 Modèle explicatif du niveau de radiofréquences dans les EHPA

Trois variables corrélées aux niveaux de radiofréquences ont été retenues dans le modèle explicatif du niveau de radiofréquences, obtenu par régression linéaire multivariée (méthode décrite en Annexe 5). Ce modèle est présenté dans le Tableau 7.

Tableau 7. Modèle de régression linéaire multivariée du niveau de radiofréquences dans les EHPA (N = 10 008)

Variable	Coefficient estimé	Écart-type	p-value
Constante	0,21	0,04	<,0001
Émetteurs visibles depuis le point de mesure	0,30	0,05	<,0001
Nombre d'émetteurs à moins de 100 m	0,11	0,05	0,0317
Détection de radiofréquences provenant de la téléphonie mobile	0,17	0,06	0,0036

*Note :* L'émetteur est un support radioélectrique.

Le coefficient de détermination  $R^2$  ajusté du modèle, qui en définit sa performance, est de 0,20. Ce paramètre, compris entre 0 et 1, mesure l'adéquation du modèle avec les données qui ont permis de l'établir. Dans le contexte de recherche des déterminants environnementaux des expositions humaines, un  $R^2$  ajusté égal à 0,20 est considéré comme indicateur d'un modèle correct.

Comme dans les hôpitaux, **la présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure est un bon indicateur du niveau élevé de radiofréquences. Par ailleurs, plus le nombre d'émetteurs de radiofréquences à moins de 100 mètres de l'établissement est important, plus le niveau de radiofréquences est élevé dans l'établissement. Les émissions radioélectriques provenant des antennes de téléphonie mobile sont également à l'origine de niveaux de radiofréquences élevés.**

Ces résultats restent à considérer avec précaution en raison du nombre limité de variables explicatives testées. Concernant l'orientation de l'émetteur, seul son azimut (orientation horizontale) est disponible tandis que son inclinaison (orientation verticale ou tilt global en degrés) est une donnée manquante. Ainsi, cette variable d'influence potentiellement majeure n'a pas pu être introduite dans le modèle (Annexe 6).

## **5 Conclusion**

### **5.1 Niveaux de radiofréquences**

Les niveaux de radiofréquences dans les EHPA en France métropolitaine sont faibles et en deçà des valeurs limites réglementaires. Le niveau médian est de 0,31 V/m. Il représente 1 % de la valeur limite d'exposition de 28 V/m.

### **5.2 Analyse des radiofréquences par service**

L'analyse détaillée des principaux contributeurs des radiofréquences montre qu'aucun service n'est détecté à l'intérieur de 18 % des EHPA. Il s'agit principalement d'établissements situés en milieu rural. Le principal contributeur des niveaux de radiofréquences est la téléphonie mobile en milieu urbain et la téléphonie fixe sans fil en milieu rural.

### **5.3 Déterminants des niveaux de radiofréquences**

Il ressort de la recherche des déterminants que les niveaux intérieurs élevés de radiofréquences dans les EHPA sont corrélés à la présence d'émetteurs radioélectriques visibles depuis le point de mesure et au nombre d'émetteurs situés à moins de 100 m de l'établissement. Les émissions radioélectriques provenant des antennes de téléphonie mobile sont également à l'origine de niveaux de radiofréquences élevés. Il aurait été intéressant de pouvoir compléter ces variables avec l'information sur l'orientation des émetteurs mais celle-ci étant incomplète, elle n'a pas pu être intégrée aux analyses.

*Les auteurs remercient monsieur Dragan JOVANOVIC (ANFR) pour son appui à la fourniture et à l'exploitation des données.*

## 6 Références

ANFR (Agence nationale des fréquences). Document ANFR/DR-15-3. Protocole de mesure visant à vérifier pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations, en termes de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002. Mai 2011. Version 3. 19 p.

ANFR (Agence nationale des fréquences). Document ANFR/DR-15-3.1. Protocole de mesure visant à vérifier sur site pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations, en termes de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002. Juillet 2015. Version 3.1. 16 p.

ANFR (Agence nationale des fréquences). Document ANFR/DR-15-4. Protocole de mesure visant à vérifier sur site, pour les équipements fixes utilisés dans les réseaux de télécommunication ou pour les installations radioélectriques, le respect des niveaux de référence de l'exposition du public aux champs radioélectriques prévus par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002. Août 2017. Version 4. 17 p.

ANFR (Agence nationale des fréquences). Étude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques. Analyse des résultats de mesures d'exposition du public aux ondes électromagnétiques réalisées en 2018 dans le cadre du dispositif national de surveillance. Avril 2019. 20 p.

ANFR (Agence nationale des fréquences). Recensement des points atypiques. Décembre 2018. 15 p.

CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Campagne nationale de mesure des radiofréquences dans les écoles. Décembre 2018. 34 p.

CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Campagne nationale de mesure des radiofréquences dans les hôpitaux. Juin 2020. 29 p.

Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

---

# ANNEXES

---

## Annexe 1. Échantillonnage des EHPA

### 1) Calcul de la taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon a été calculée à partir de 83 mesures réalisées dans des EHPA et disponibles auprès de l'ANFR au démarrage de l'étude. L'objectif est de constituer un échantillon qui permet d'atteindre une précision fixée pour le paramètre  $\theta$  que l'on souhaite étudier. Pour obtenir une bonne précision de ce paramètre, il faut qu'il se trouve dans un intervalle de confiance défini autour de ce paramètre estimé ( $\hat{\theta}$ ) avec une probabilité  $1-\alpha$ . La formule est la suivante :

$$\Pr \left\{ \theta \in \left[ \hat{\theta} - z_{1-\alpha/2} \sqrt{\widehat{\text{Var}}(\hat{\theta})}, \hat{\theta} + z_{1-\alpha/2} \sqrt{\widehat{\text{Var}}(\hat{\theta})} \right] \right\} = 1 - \alpha$$

Avec,  $z_{1-\alpha/2}$  le quantile d'ordre  $1-\alpha/2$  d'une variable aléatoire normale centrée réduite.

Ici, l'objectif est d'obtenir une bonne précision de la moyenne du niveau de radiofréquences. Le niveau de confiance, noté  $\alpha$ , a été fixé à 5 %. Les calculs ont été réalisés pour différentes valeurs de la précision relative, notée  $p$ , de l'estimateur de la moyenne : 20 %, 10 %, 5 % et 1 %. La formule pour le calcul de la taille de l'échantillon, notée  $n_E$ , est la suivante :

$$n_E \geq \left( \frac{1,96 \times \hat{\sigma}}{p \times \hat{m}} \right)^2$$

Avec,  $p$  la précision relative,  $\hat{m}$  la moyenne estimée et  $\hat{\sigma}$  l'écart-type estimé.

La taille de l'échantillon a été estimée pour différentes valeurs de la précision relative (Tableau 8). Les résultats montrent que la taille de l'échantillon varie très fortement selon la précision relative de l'estimateur de la moyenne utilisée. Il a été décidé de retenir la valeur de 20 % car l'incertitude de mesure avec une sonde large bande est également de l'ordre de 20 %, il est inutile d'être plus précis.

Tableau 8. Taille de l'échantillon estimée pour différentes valeurs de la précision relative

	$p = 20 \%$	$p = 10 \%$	$p = 5 \%$	$p = 1 \%$
Taille de l'échantillon ( $n_E$ )	198	791	3 162	79 053

### 2) Définition du plan de sondage

L'échantillon est stratifié selon la zone climatique (Annexe 2) et la densité urbaine (rurale/urbaine) afin que la répartition géographique des EHPA échantillonnés soit représentative de la France métropolitaine.

Il a été décidé d'intégrer dans l'échantillon 83 EHPA déjà instrumentés par l'ANFR pour réduire le coût de l'étude. Des recrutements ont été réalisés pour compléter les strates sous-représentées et atteindre la précision ciblée (20 %). De plus, chaque strate doit contenir au moins 2 établissements afin de pouvoir la décrire correctement *a minima*. Le Tableau 9 indique le nombre d'établissements nécessaires pour obtenir un échantillon stratifié selon la densité urbaine et la zone climatique. Le nombre total d'EHPA restant à recruter et instrumenter est de 137.

Tableau 9. Plan de sondage, nombre d'EHPA instrumentés et restant à instrumenter

Densité urbaine	Zone climatique	Nombre d'EHPA en France (total = 10 008)	Extrapolation de la répartition nationale à l'échantillon	Nombre d'EHPA déjà instrumentés	Nombre d'EHPA à recruter
Rurale	H1a	276	5	0	5
Urbaine	H1a	2 294	46	68	0
Rurale	H1b	261	5	0	5
Urbaine	H1b	850	17	4	13
Rurale	H1c	459	9	0	9
Urbaine	H1c	1 165	23	7	16
Rurale	H2a	227	4	0	4
Urbaine	H2a	498	10	0	10
Rurale	H2b	532	11	0	11
Urbaine	H2b	932	18	0	18
Rurale	H2c	367	7	0	7
Urbaine	H2c	805	16	2	14
Rurale	H2d	100	2	0	2
Urbaine	H2d	224	5	0	5
Rurale	H3	119	2	0	2
Urbaine	H3	899	18	2	16
<b>TOTAL</b>			<b>198</b>	<b>83</b>	<b>137</b>

## Annexe 2. Zones climatiques de la France métropolitaine

La campagne nationale de mesure des radiofréquences dans les EHPA couvre les 8 zones climatiques de la France métropolitaine illustrées sur la Figure 4.

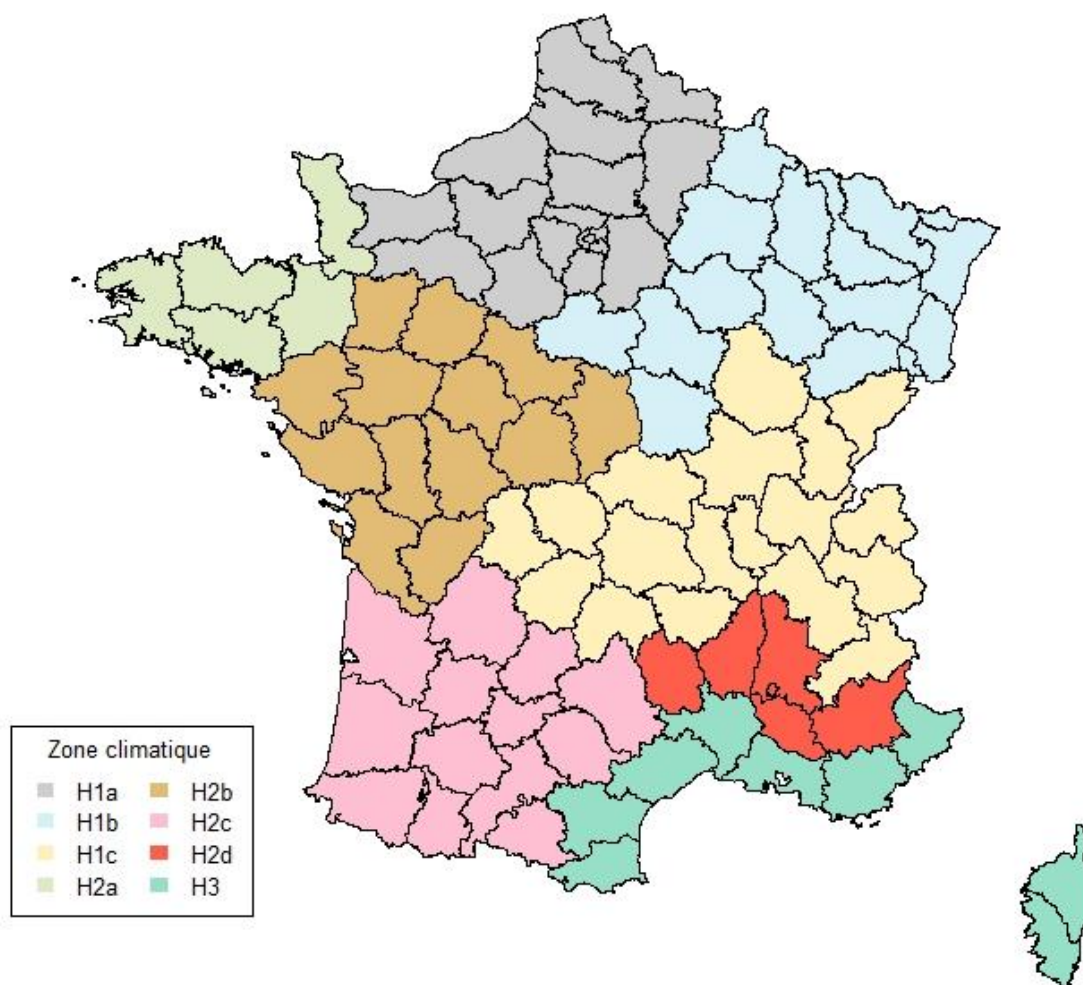


Figure 4. Zones climatiques de la France métropolitaine (RT 2012)



### **Annexe 3. Définition du niveau d'atypicité des champs électromagnétiques (ANFR, 2018)**

Les points atypiques sont définis par la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 comme les lieux dans lesquels le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale, conformément aux critères, y compris techniques, déterminés par l'ANFR et révisés régulièrement.

Dans cette démarche initiale, l'ANFR a retenu comme critère un niveau global d'exposition de 6 V/m en se fondant sur les éléments suivants :

- c'est le niveau retenu à partir du protocole ANFR DR 15 v3 pour déclencher un cas B, c'est-à-dire une mesure détaillée de l'exposition, par bande de fréquence, avec un analyseur de spectre. Cette valeur de 6 V/m, correspondant en champ lointain à environ 100 mW/m<sup>2</sup>, est mentionnée également dans la norme NF EN 50492 ;
- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) indique également sur son site web que l'exposition maximale typique induite par les antennes de la téléphonie mobile ou la radiodiffusion est de 100 mW/m<sup>2</sup> (soit environ 6 V/m en champ lointain) ;
- ce niveau dépasse substantiellement celui généralement mesuré à l'échelle nationale.

L'ANFR a par ailleurs retenu, concernant les environnements considérés pour les points atypiques, les lieux éligibles au financement par le fonds de mesure prévu par le décret n°2013-1162 du 14 décembre 2013 relatif au dispositif de surveillance et de mesure des ondes électromagnétiques. Il s'agit des locaux d'habitation, des lieux ouverts au public et des lieux accessibles au public se trouvant dans des établissements recevant du public au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation.

#### Annexe 4. Redressement de l'échantillon

L'échantillon des EHPA (n = 227) a été redressé selon deux variables de stratification : la zone géographique définie par la zone climatique et la densité urbaine. Pour ce faire, un poids de redressement a été attribué à chaque EHPA de l'échantillon (Tableau 10).

Tableau 10. Comparaison de la répartition par strate des EHPA en France et dans l'échantillon pour le calcul des poids de redressement

Strate		En France (N = 10 008)		Dans l'échantillon (n = 227)		Poids d'un EHPA de l'échantillon
Zone climatique	Densité urbaine	Nombre d'EHPA	Pourcentage d'EHPA	Nombre d'EHPA	Pourcentage d'EHPA	
H1a	Rurale	276	3%	5	2%	55
	Urbaine	2 294	23%	68	30%	34
H1b	Rurale	261	3%	6	3%	44
	Urbaine	850	8%	19	8%	45
H1c	Rurale	459	5%	7	3%	66
	Urbaine	1 165	12%	23	10%	51
H2a	Rurale	227	2%	4	2%	57
	Urbaine	498	5%	10	4%	50
H2b	Rurale	532	5%	12	5%	44
	Urbaine	932	9%	19	8%	49
H2c	Rurale	367	4%	7	3%	52
	Urbaine	805	8%	18	8%	45
H2d	Rurale	100	1%	2	1%	50
	Urbaine	224	2%	5	2%	45
H3	Rurale	119	1%	4	2%	30
	Urbaine	899	9%	18	8%	50

## Annexe 5. Méthodes d'analyse statistique pour la recherche des déterminants

Le niveau global de radiofréquences est modélisé par régression linéaire multivariée en fonction des caractéristiques de l'environnement et des caractéristiques des émetteurs de radiofréquences à proximité du point de mesure.

Le modèle est construit en plusieurs étapes :

- **Pré-sélection *a priori*** des variables explicatives. Les variables avec plus de 15% de valeurs manquantes et les variables avec une mauvaise répartition des effectifs (modalité avec un effectif < 5%) ne sont pas prises en compte dans la recherche des déterminants.
- **Pré-sélection statistique** des variables explicatives. Cette étape consiste à tester individuellement la corrélation entre chaque variable explicative et le niveau global de radiofréquences. Pour les variables explicatives quantitatives, un test de corrélation de Pearson a été réalisé. Pour les variables explicatives qualitatives, une analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée. Si le test de corrélation est significatif relativement au seuil d'erreur de 0,05 alors la variable est introduite dans le modèle sous réserve qu'elle ne génère pas de problème de multicolinéarité.
- **Sélection de variables « pas-à-pas » (STEPWISE)**, selon le critère du  $R^2$  ajusté (mesure de l'adéquation du modèle avec les données qui ont permis de l'établir, comprise entre 0 et 1). L'objectif de cette recherche est de déterminer par régression linéaire multivariée le modèle explicatif le plus optimal, en tenant compte de la corrélation entre les variables explicatives.

## Annexe 6. Sélection des variables explicatives du niveau de radiofréquences

### 1. Pré-sélection a priori

Les distributions des variables explicatives du niveau de radiofréquences sont présentées dans les Tableau 11 et Tableau 12. Les variables avec une mauvaise répartition des effectifs (modalité avec un effectif < 5%) n'ont pas été prises en compte dans la recherche des déterminants. Ainsi, les variables suivantes ont été ôtées de l'étude :

- la zone climatique ;
- la technologie de l'émetteur le plus proche ;
- le type de l'installation visible la plus proche ;
- le type de l'installation visible la plus éloignée.

Tableau 11. Distribution des variables explicatives quantitatives (N = 10 008)

Variable	Moyenne +/- écart-type	P5	P25	Médiane	P75	P95
Distance à l'émetteur le plus proche (m)	541 +/- 35	27	114	325	785	1 703
Hauteur de l'émetteur le plus proche (m)	29 +/- 1	8	19	28	36	50
Angle entre l'établissement et l'orientation horizontale de l'émetteur (azimut en degrés)	42 +/- 4	2	9	24	46	132
Nb émetteurs à moins de 100 m	0 +/- 0	0	0	0	0	1
Nb émetteurs à moins de 200 m	1 +/- 0	0	0	0	1	4
Nb émetteurs à moins de 500 m	5 +/- 0	0	0	1	5	20
Nb émetteurs à moins de 1 km	20 +/- 1	0	0	3	20	85
Nb émetteurs à moins de 2 km	76 +/- 3	0	2	9	57	330
Nb émetteurs à moins de 3 km	159 +/- 6	1	3	13	90	723
Nb émetteurs à moins de 5 km	372 +/- 12	3	7	25	235	1 676

*Note :* P5 = 5<sup>ème</sup> percentile ; P25 = 25<sup>ème</sup> percentile ; P75 = 75<sup>ème</sup> percentile ; P95 = 95<sup>ème</sup> percentile. Nb = nombre. L'émetteur est un support radioélectrique.

Tableau 12. Distribution des variables explicatives qualitatives (N = 10 008)

Variable explicative	Modalité	Nombre d'établissements	Pourcentage d'établissements
Zone climatique (Annexe 2)	H1a	2 570	26%
	H1b	1 111	11%
	H1c	1 624	16%
	H2a	725	7%
	H2b	1 464	15%
	H2c	1 172	12%
	H2d	324	3%
	H3	1 018	10%
Densité urbaine	Rurale	2 341	23%
	Urbaine	7 667	77%
Technologie	2-3G	280	3%
	4G	7 680	77%
	Non renseignée	2 048	20%
Détection de radiofréquences provenant de la téléphonie mobile	Oui	3 850	38%
	Non	5 563	56%
	Cas A	594	6%
Détection de radiofréquences provenant de la radio ou la TV	Oui	2 318	23%
	Non	7 096	71%
	Cas A	594	6%
Détection de radiofréquences provenant d'un autre service	Oui	5 660	57%
	Non	3 753	38%
	Cas A	594	6%
Présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure	Oui	4 676	47%
	Non	5 332	53%
Type de l'émetteur visible le plus proche	Téléphonie mobile	2 154	22%
	Radio ou TV	123	1%
	Autre	2 399	24%
	Installation non visible	5 332	53%
Type de l'émetteur visible le plus éloigné	Téléphonie mobile	2 104	21%
	Radio ou TV	78	1%
	Autre	2 494	25%
	Installation non visible	5 332	53%
Présence d'au moins un émetteur à moins de 100 m	Oui	2 190	22%
	Non	7 818	78%
Présence d'au moins un émetteur à moins de 200 m	Oui	4 006	40%
	Non	6 002	60%
Présence d'au moins un émetteur à moins de 500 m	Oui	6 510	65%
	Non	3 498	35%
Présence d'au moins un émetteur à moins de 1 km	Oui	8 145	81%
	Non	1 863	19%

*Note : L'émetteur est un support radioélectrique.*

## 2. Pré-sélection statistique

Un test de corrélation est réalisé entre chaque variable explicative et le niveau global de radiofréquences. Si la p-value du test est inférieure à 0,05, la corrélation entre les variables est significative et la variable explicative est pré-sélectionnée, sous réserve qu'elle ne génère pas de problème de multicolinéarité. Le Tableau 13 et le Tableau 14 présentent cette deuxième étape de construction du modèle.

Tableau 13. Corrélations entre le niveau global de radiofréquences et les variables explicatives quantitatives (test de Pearson) (N = 10 008)

Variable	Coefficient de corrélation de Pearson	p-value
Distance à l'émetteur le plus proche (m)	-0,18	0,0080
Hauteur de l'émetteur le plus proche (m)	0,02	0,7871
Angle entre l'établissement et l'orientation horizontale de l'émetteur (azimut en degrés)	-0,05	0,4492
Nb émetteurs à moins de 100 m	0,24	0,0002
Nb émetteurs à moins de 200 m	0,17	0,0118
Nb émetteurs à moins de 500 m	0,09	0,1828
Nb émetteurs à moins de 1 km	0,05	0,4358
Nb émetteurs à moins de 2 km	0,03	0,6833
Nb émetteurs à moins de 3 km	0,01	0,8456
Nb émetteurs à moins de 5 km	0,00	0,9912

*Note :* Nb = nombre. L'émetteur est un support radioélectrique.

Les variables significativement corrélées au niveau global de radiofréquences, relativement au seuil d'erreur de 5 %, sont grisées dans le tableau.

Tableau 14. Corrélations entre le niveau global de radiofréquences et les variables explicatives qualitatives (ANOVA) (N = 10 008)

Variable	Statistique de test de Fisher	DDL	p-value
Densité urbaine	4,99	1	0,0265
Détection de radiofréquences provenant de la téléphonie mobile	13,09	2	< 0,0001
Détection de radiofréquences provenant de la radio ou la TV	15,11	2	< 0,0001
Détection de radiofréquences provenant d'un autre service	1,98	2	0,1402
Présence d'émetteurs visibles depuis le point de mesure	31,76	1	< 0,0001
Présence d'au moins un émetteur à moins de 100 m	16,15	1	0,0001
Présence d'au moins un émetteur à moins de 200 m	18,18	1	< 0,0001
Présence d'au moins un émetteur à moins de 500 m	8,57	1	0,0038
Présence d'au moins un émetteur à moins de 1 km	3,39	1	0,0671

*Note :* DDL = degrés de liberté. L'émetteur est un support radioélectrique.

Les variables significativement corrélées au niveau global de radiofréquences, relativement au seuil d'erreur de 5 %, sont grisées dans le tableau.