



Rapport de mesures Drive-test dans Bruxelles octobre 2021

20 septembre 2022

Luca PETRILLO

Bruxelles Environnement

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
1. Méthodologie.....	3
2. Traitement des données – Services Cellulaires.....	5
3. Modélisation statistique – Services Cellulaires	6
4. Conclusions.....	12



1. METHODOLOGIE

Le Drive Test est un relevé de mesures du champ électromagnétique effectué chaque année sur un parcours fixe à Bruxelles. Réalisé à l'initiative de Bruxelles Environnement. En 2021 il a pour objectif :

- de monitorer l'évolution de l'exposition électromagnétique sur un parcours fixe ;
- d'évaluer la correspondance entre les simulations et les mesures ;
- de constater l'effet de l'implantation du réseau 4G sur les niveaux de champ et donc estimer le champ global avant la mise en place du réseau 5G ;

Les mesures ont été conduites à l'aide d'un analyseur de spectre NARDA SRM 3006 de la Division Inspectorat et Sols Pollués, une antenne isotrope calibrée triaxiale avec câble de 1.5 m (3501/03 NARDA) et un récepteur GNSS (GM-3, Transystem Inc.).

L'antenne a été fixée à l'extérieur de la voiture en position verticale à environ 1.5 m au-dessus du sol. L'analyseur de spectre a été programmé pour balayer le spectre avec une RBW = 5 MHz tous les 600 ms environ, ce qui permet, à 40 km/h, de réaliser une mesure spectrale tous les 6.6 m environ. Chaque mesure représente le champ mesuré par l'antenne dans trois axes orthogonaux, afin d'avoir le champ électrique total.

La précision de la mesure du champ électrique par l'analyseur de spectre avec l'antenne isotrope triaxiale est caractérisée par l'Expanded Measurement Uncertainty (EMU), soit le double de l'erreur type de l'instrument de mesure, en tenant compte de l'antenne et du câble. Pour rappel, la conversion d'EMU en dB et pourcentage, se fait de la manière suivante :

$$EMU\% = 100 \cdot (10^{(EMU/20)} - 1)$$

MEASUREMENT UNCERTAINTY			
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement
	27 – 85 MHz	+2.4 / -3.3 dB	+3.2 / -4.7 dB
	> 85–900 MHz	+2.4 / -3.4 dB	+2.5 / -3.6 dB
	> 900-1400 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.5 / -3.4 dB
	> 1400-1600 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.6 / -3.8 dB
	> 1600-1800 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.2 / -3.0 dB
	> 1800-2200 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.4 / -3.3 dB
	> 2200-2700 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+2.7 / -3.8 dB
	> 2700-3000 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+3.3 / -5.3 dB

Fig. 1. Expanded measurement uncertainty pour le setup de mesure

L'EMU de l'instrument de mesure R&S utilisé par l'ULB donné par le constructeur était +/- 2.3 dB @ 0.9 GHz et +/- 2.8 dB @ 1.8 GHz, ce qui représente moins d'1 dB de différence avec l'instrument NARDA.

Un deuxième paramètre qui affecte les mesures est l'intervalle d'amplitude, qui est plus limité (10 dB) pour le NARDA. Concrètement, un compromis a dû être trouvé entre les valeurs extrêmes mesurables. La valeur maximale mesurable a été fixée à 2.8 V/m afin de ne pas saturer l'amplificateur en entrée de l'instrument lors des mesures. Avec cette valeur, nous obtenons une meilleure dynamique pour les valeurs faibles par rapport aux mesures de l'année précédente.

Le parcours du drive-test dans la région bruxelloise est présenté en Fig. 1. Le spectre entre 750 MHz et 2700 MHz a été mesuré le long du parcours en deux jours ouvrables entre 9h et 16h, dans des conditions normales de trafic routier. Durant le trajet, aucun tunnel n'a été emprunté.



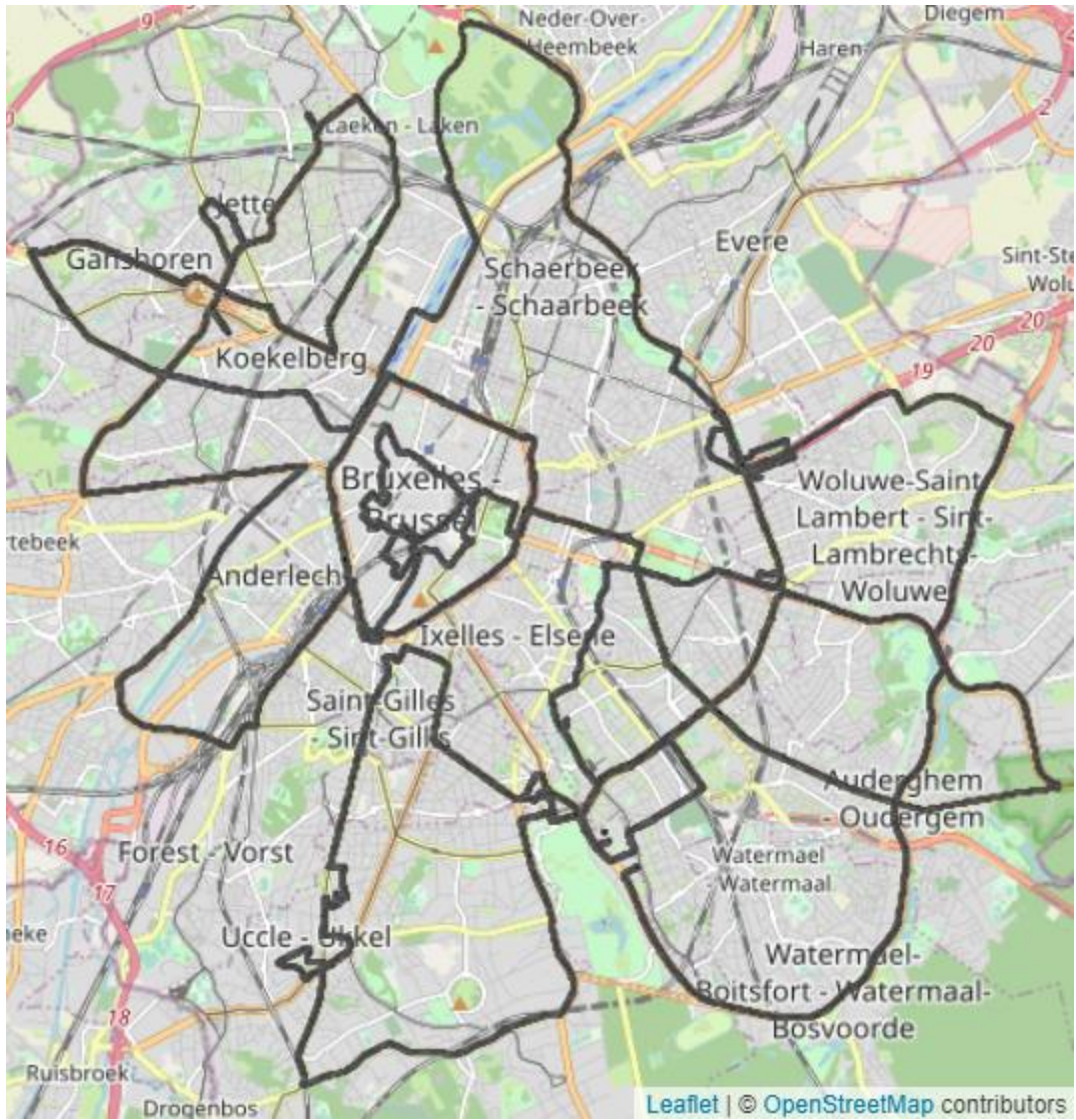


Fig. 1. Parcours réalisé pour le drive-test

2. TRAITEMENT DES DONNEES – SERVICES CELLULAIRES

Le set de données utilisé pour conduire cette étude consiste en 41534 réalisations du spectre du champ électrique mesuré entre 750 MHz et 2700 MHz, distribuées le long du parcours de la Fig. 1.

La mesure du champ électrique permet le calcul du champ électrique équivalent 900 MHz défini par AGRBC du 8 octobre 2009 fixant la méthode et les conditions de mesure du champ électromagnétique émis par certaines antennes :

$$E_{equivalent\ 900} = \sqrt{\sum_{100\ kHz}^{400\ MHz} \left(\frac{6}{4,03} E_f\right)^2 + \sum_{400\ MHz}^{2000\ MHz} \left(6 \frac{E_f}{E_{ref,f}}\right)^2 + \sum_{2000\ MHz}^{300\ GHz} \left(\frac{6}{9,1} E_f\right)^2} \text{ [V/m]}$$

où

$$E_{ref,f} = 0,2\sqrt{f} \text{ [V/m]}, \text{ avec } f \text{ exprimée en MHz}$$

Le champ électrique équivalent 900 MHz a été calculé en chaque point pour chaque bande utilisée par les services cellulaire (800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz et 2600 MHz) en downlink. Le récapitulatif des bandes de fréquence se trouve dans le Tableau 2. Le calcul a également été répété pour le seul centre de Bruxelles à l'intérieur de « la petite ceinture ».

Bande 800 MHz	791 – 821 MHz
Bande 900 MHz	925,1 – 959.9 MHz
Bande 1800 MHz	1805 – 1880 MHz
Bande 2100 MHz	2110,3 – 2140,1 MHz et 2154,9 – 2169,7 MHz
Bande 2600 MHz	2620 – 2640 MHz et 2655 – 2690 MHz

Tableau 2. Services et bandes occupées



3. MODELISATION STATISTIQUE – SERVICES CELLULAIRES

La démarche de modélisation statistique est identique à celle utilisée pour les quatre drive-test précédents. L'analyse a été menée pour le set complet de donnée d'une part, et en ne considérant que les mesures au centre de Bruxelles (intérieur de la petite ceinture) d'autre part.

Pour chaque service, les grandeurs suivantes ont été calculées pour représenter la dispersion des données :

- médiane, premier et troisième quartiles, maximum (les premier et troisième quartiles sont les données qui séparent les 25 % inférieurs et le 75 % supérieurs des données respectivement)
- moyenne et écart type
- les probabilités de dépassement de seuils 1 V/m, 3.45 V/m et 6 V/m.

Le Tableau 3 résume les grandeurs statistiques extraites des données pour le centre de Bruxelles et pour le drive-test dans sa globalité. Une valeur max de 17.25 a été mesuré proche du parc de Laeken à un endroit où déjà l'année précédente une valeur aberrante avait été identifiée (voir explication à page 10).

Tableau 3. Récapitulatif des grandeurs statistiques pour les services cellulaires.

		B800		B900		B1800		B2100		B2600		Full downlink	
		Bxl Centre	Global	Bxl Centre	Global	Bxl Centre	Global	Bxl Centre	Global	Bxl Centre	Global	Bxl Centre	Global
Moyenne	2021	0.49	0.39	0.53	0.43	0.36	0.25	0.25	0.18	0.3	0.16	0.95	0.72
	2020	0.5	0.34	0.54	0.39	0.33	0.22	0.22	0.16	0.21	0.13	0.91	0.63
Ecart type	2021	0.34	0.31	0.39	0.37	0.29	0.24	0.22	0.17	0.29	0.19	0.62	0.54
	2020	0.43	0.31	0.45	0.36	0.31	0.22	0.17	0.15	0.19	0.13	0.69	0.52
1er quartile	2021	0.21	0.17	0.21	0.17	0.14	0.1	0.09	0.07	0.1	0.05	0.44	0.33
	2020	0.2	0.12	0.22	0.15	0.13	0.08	0.09	0.06	0.09	0.06	0.4	0.25
Médiane	2021	0.44	0.3	0.42	0.32	0.29	0.18	0.18	0.12	0.22	0.08	0.86	0.56
	2020	0.37	0.24	0.39	0.28	0.23	0.15	0.16	0.11	0.15	0.07	0.74	0.48
3ème quartile	2021	0.69	0.52	0.75	0.56	0.49	0.33	0.32	0.23	0.41	0.19	1.33	0.98
	2020	0.69	0.44	0.73	0.51	0.43	0.27	0.29	0.21	0.27	0.14	1.24	0.85
Maximum	2021	3.64	3.64	3.21	17.24	2.92	3.6	1.8	2.61	2.63	2.9	4.64	17.25
	2020	5.88	5.88	4.14	5.67	3.02	3.02	1.26	2.06	3.64	3.64	5.91	5.91
Probabilité Dépassement 1 V/m [%]	2021	7.92	4.81	13.68	7.75	3.18	1.59	0.87	0.39	2.96	0.77	42.12	24
	2020	11.11	4.17	12.16	6.17	4.85	1.57	0.12	0.25	0.78	0.21	36.82	18.87
Probabilité Dépassement 3.45 V/m [%]	2021	0.01	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1
	2020	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0.74	0.17
Probabilité Dépassement 6 V/m [%]	2021	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01
	2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le graphique à barre en Fig. 3 permet de comparer les médianes entre les drive-tests de 2017-2020.

On observe une augmentation de l'exposition dans toutes les bandes. Globalement, l'exposition totale en Région de Bruxelles Capitale et dans le centre est contenue. Globalement, c'est LTE en bande 800 MHz qui subi la plus grande augmentation. Dans le centre, on observe également une augmentation du LTE en bande 2600 MHz et 1800 MHz.



Médianes [V/m]

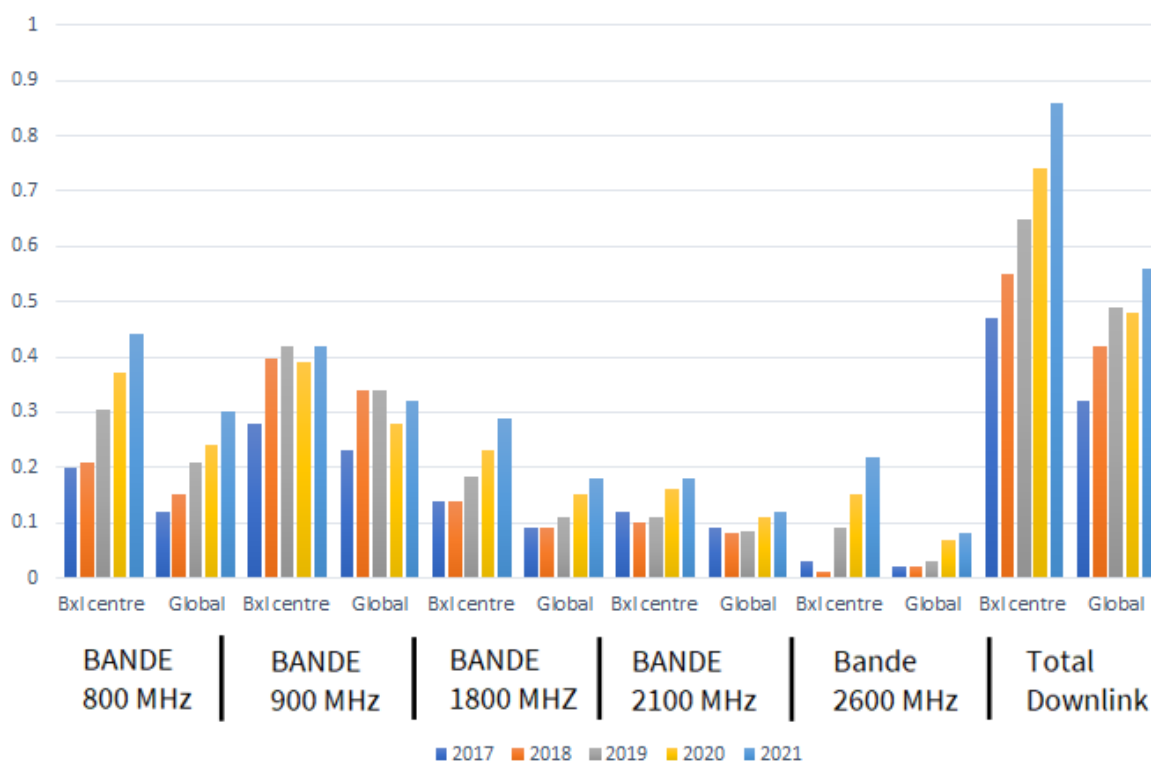


Fig. 3. Histogramme des médianes des données pour la période 2017-2020

Les distribution des données peuvent être visualisées par des boîtes à moustache en Fig. 4. Pour mieux observer les graphiques, une tranformation logarithmique est appliquée à l'échelle. Les données suivent les mêmes distributions log-normale (normales en echelle logarithmique) que les années précédentes. On peut rémarquer que avec la dynamique choisie pour ce drive-test, les resultats en bande 2600 MHz suivent mieux la distribution attendue.



Exposition - set de données complet

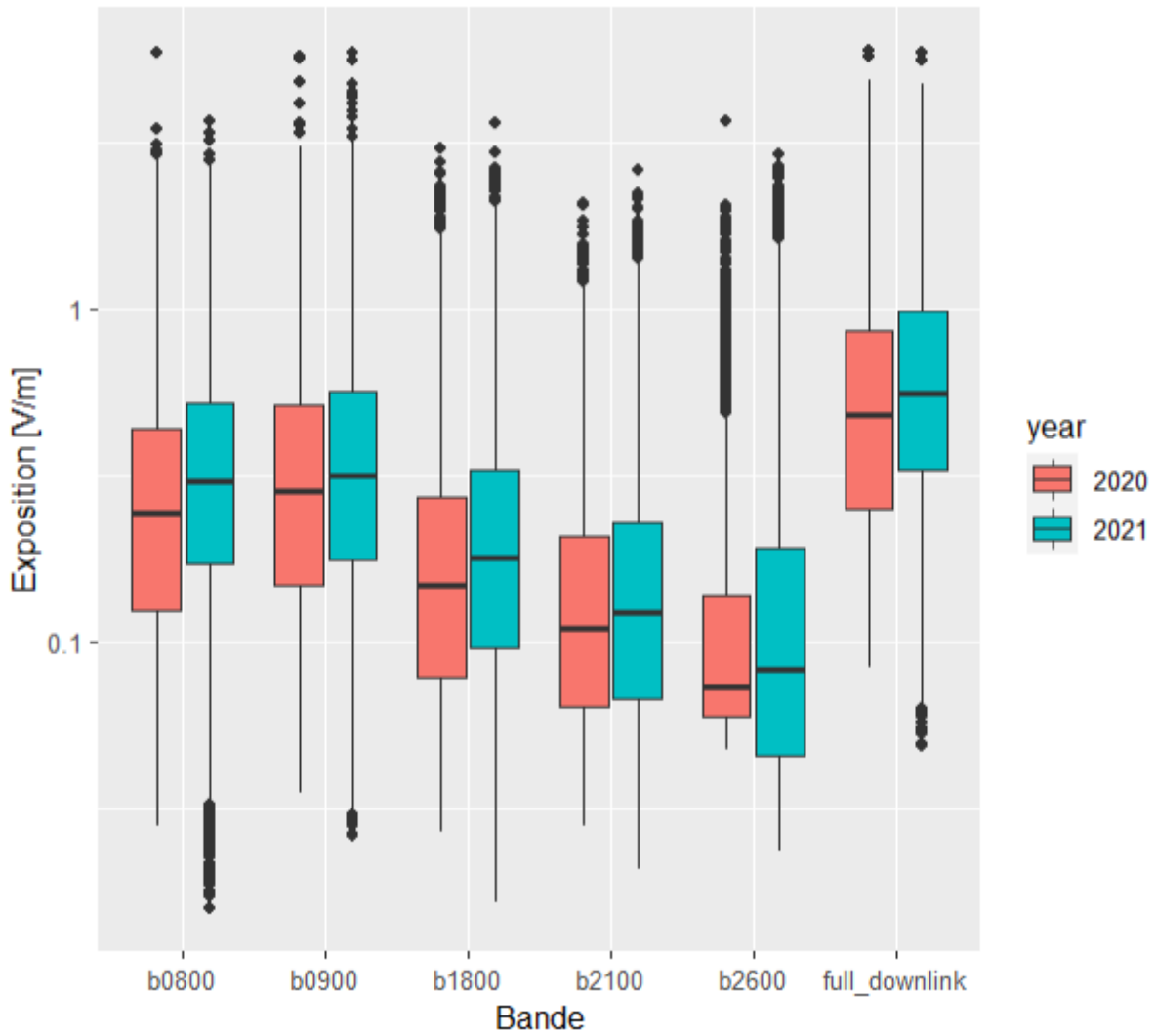


Fig. 4 (a). Graphique de type boîte à moustache pour les services cellulaire (set de données complet)

Exposition - set de données pour le centre de Bruxelles

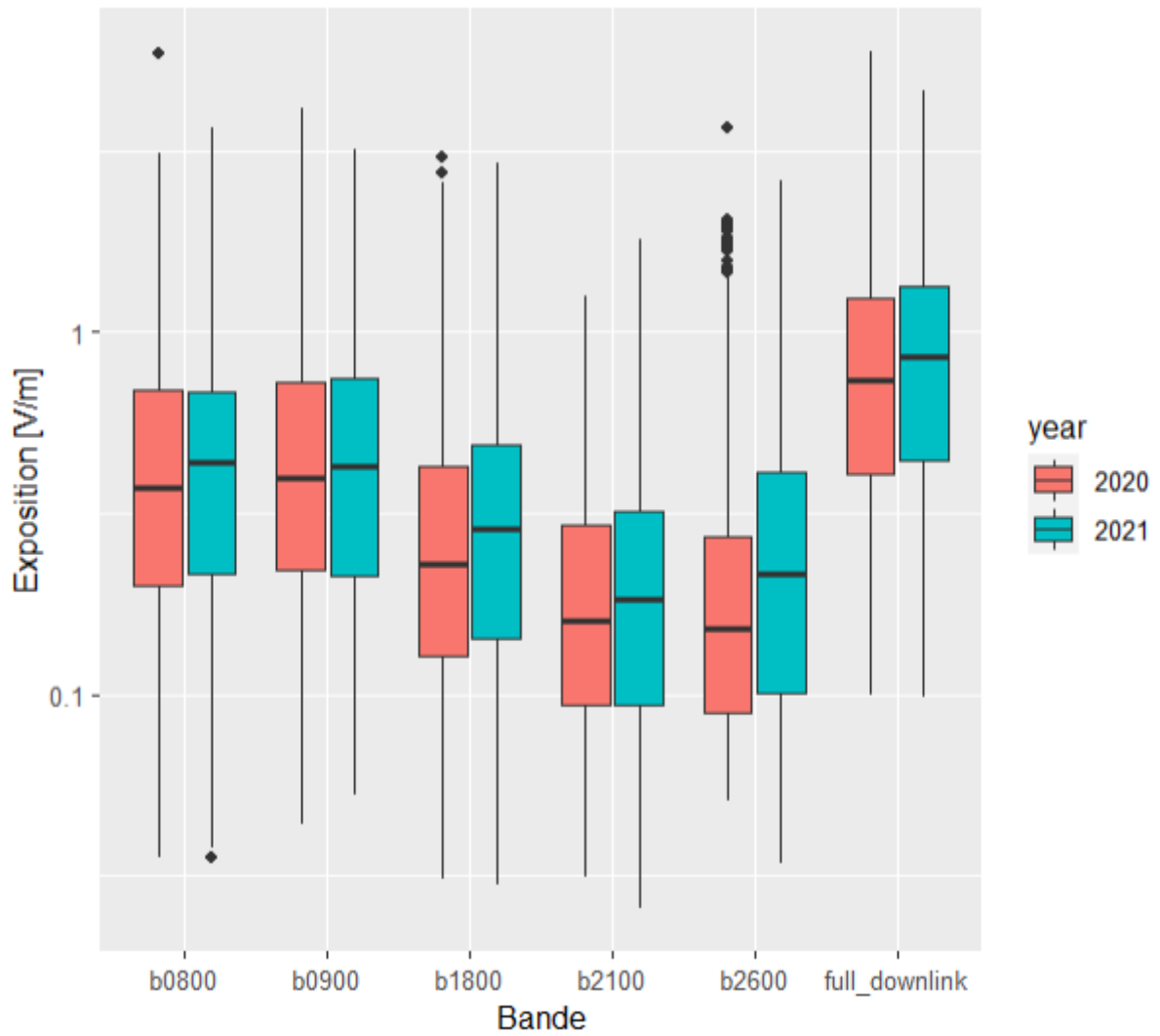


Fig. 4 (b). Graphique de type boîte à moustache pour les services cellulaires (set de données pour le centre de Bruxelles)

Il est aussi intéressant de représenter sur la carte les points où le champ électrique équivalent 900 MHz dépasse certains seuils. Le résultat est présenté en Fig. 5.

Trois valeurs supérieures à 6 V/m ont été mesurées Av. du Parc Royal, au même endroit où des valeurs aberrantes avaient été identifiées en 2020. Une analyse des permis d'environnement suggère un mauvais positionnement d'une antenne de la station 02LAM, qui pourrait avoir été simulée plus loin de la chaussée que ce qui est en réalité (voir Fig. 6). L'inspecteur de Bruxelles Environnement a été averti de la mesure.

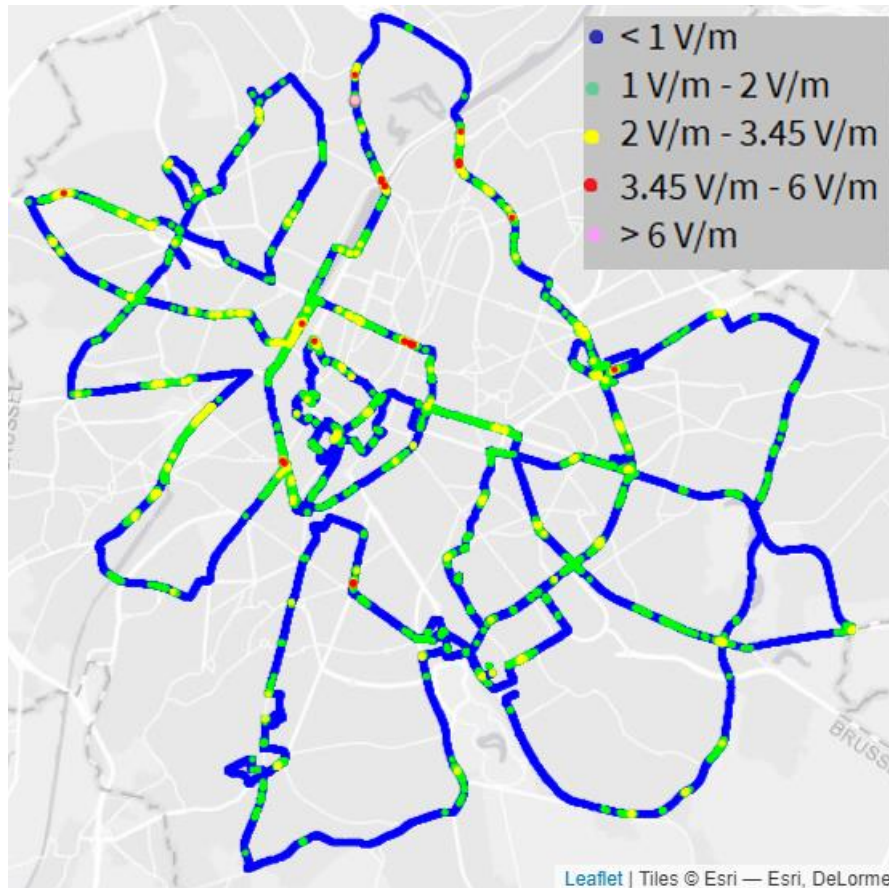


Fig. 5. Représentation du champ électrique équivalent 900 MHz

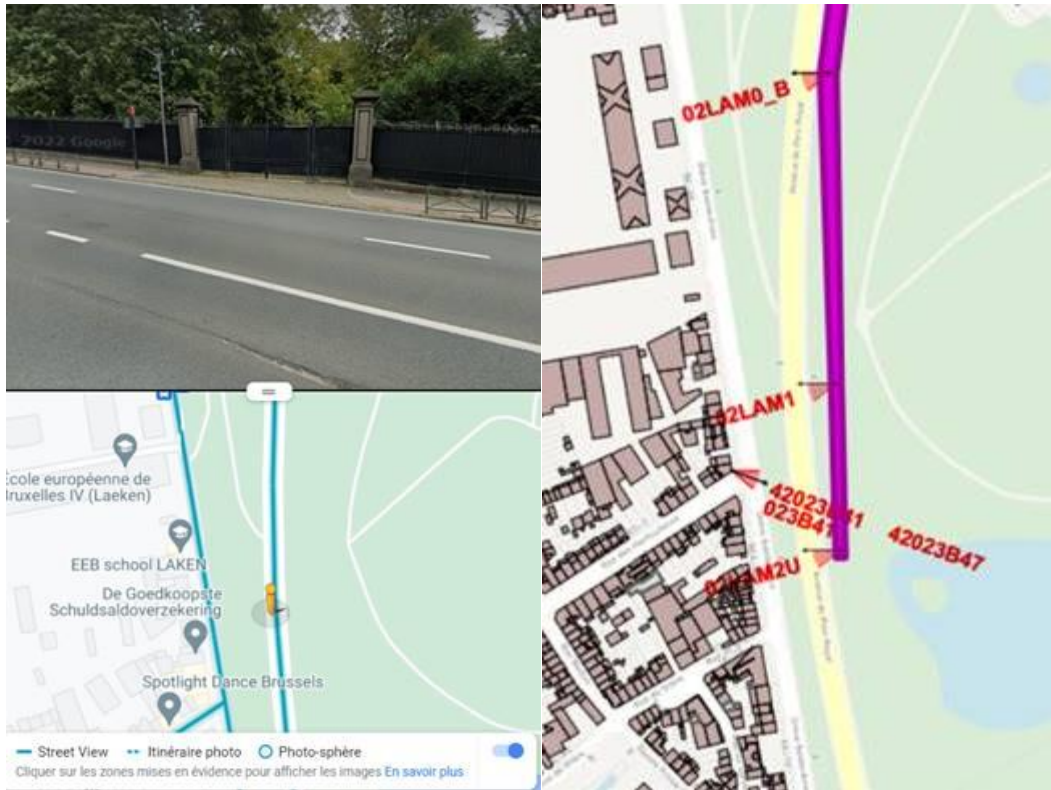


Fig. 6 Analyse du dépassement

4. CONCLUSIONS

Un drive-test a été conduit dans la région bruxelloise afin de mesurer le champ électrique dû aux services cellulaires downlink.

Une bonne concordance avec les résultats du drive-test conduit en 2017, 2018, 2019 et 2020 a été trouvée. Une augmentation de la médiane du champ pour les services à 800 MHz et 2600 MHz a été observée, ce qui suggère que les opérateurs ont continué à déployer la 4G dans la région de Bruxelles Capitale et/ou que cette technologie est davantage exploitée par les utilisateurs. D'ailleurs, cela correspond au fait que le nombre d'émetteurs 4G a plus que doublé depuis 2017.

