



Rapport de mesures Drive-test dans Bruxelles octobre 2023

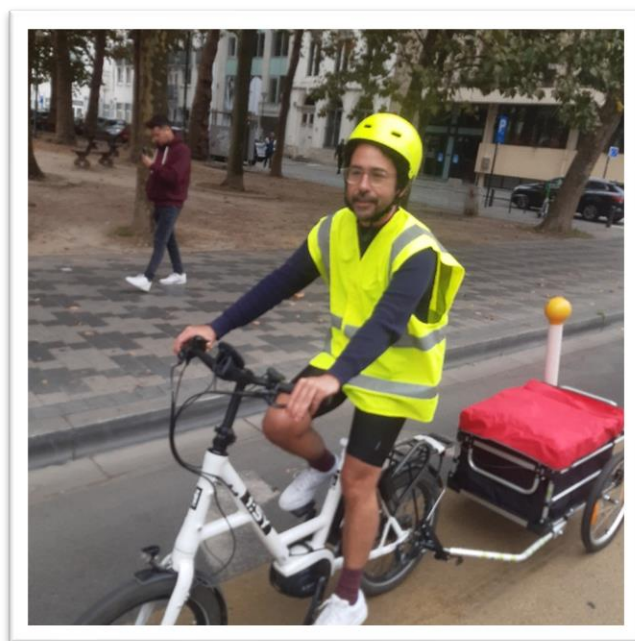
18 décembre 2023

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.....	11



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 2023 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 mesurer trois nouvelles bandes de fréquences allouées aux services de téléphonie mobile (700 MHz, 1400 MHz et 3600 MHz)

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.).

Le banc de mesure a été actualisé afin de réaliser le drive-test à vélo. Cette solution, en plus d'un avantage environnemental par rapport à l'utilisation d'une voiture, permet également de se passer de l'influence de la carrosserie d'une voiture sur la mesure des champs électromagnétiques. En effet, dépendant de la position de l'antenne émettrice et de l'antenne de mesure, la voiture peut se comporter comme un obstacle ou comme un réflecteur en modifiant de façon imprévisible la mesure. Le drive-test 2023 doit aussi permettre de comparer les mesures en voiture (2021) avec celles à vélo.

Pour ce drive-test, l'antenne a été fixée à une remorque de vélo en position verticale à environ 1.2 m au-dessus du sol. L'analyseur de spectre a été programmé pour balayer le spectre avec une Largeur de Bande de Résolution RBW = 1 MHz toutes les 300 ms environ, ce qui permet, à 30 km/h, de réaliser une mesure spectrale tous les 2.5 m environ. Chaque mesure représente le champ mesuré par l'antenne dans trois axes orthogonaux, afin de mesurer 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

Tableau 1. Expanded measurement uncertainty pour le setup de mesure

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.



Le parcours du drive-test dans la région bruxelloise est présenté en Fig. 1. Le spectre entre 750 MHz et 3800 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.

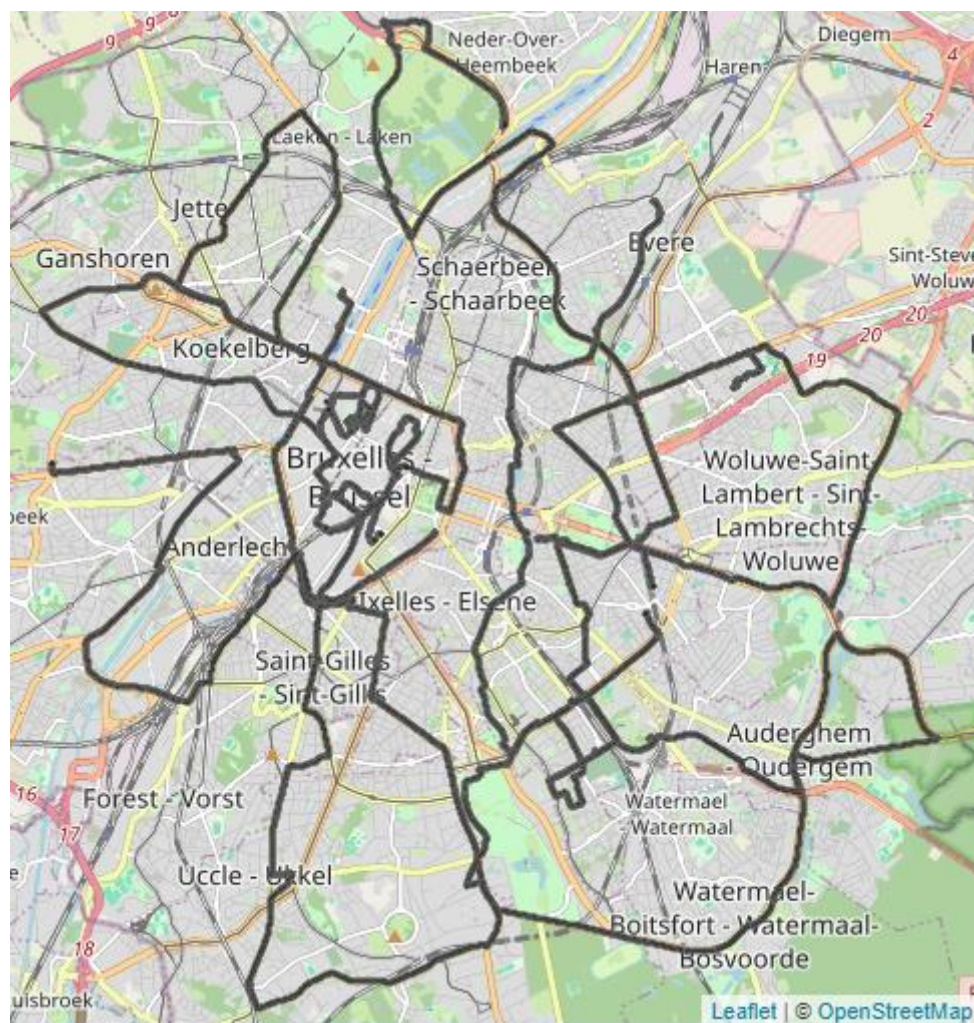


Fig. 1. Parcours réalisé pour le drive-test

2. TRAITEMENT DES DONNEES – SERVICES CELLULAIRES

Le set de données utilisé pour conduire cette étude consiste en 47765 réalisations du spectre du champ électrique mesuré entre 750 MHz et 3800 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 :

$$E_{eq900}^{ext} = \sqrt{\sum_{100\text{ kHz}}^{400\text{ MHz}} \left(\frac{14.57}{9.7} \times E_f \right)^2 + \sum_{400\text{ MHz}}^{2\text{GHz}} \left(\frac{14.57}{E_{ref,f}^{ext}} \times E_f \right)^2 + \sum_{2\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{14.57}{21.73} \times E_f \right)^2} \quad [\text{V/m}]$$

avec

$$E_{ref,f}^{ext} = 0.4857 \times \sqrt{f}, \text{ où } f \text{ est exprimée en MHz ;}$$

Le champ électrique « équivalent 900 MHz » a été calculé en chaque point pour chaque bande utilisée par les services cellulaires (700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz et 3600 MHz) en downlink. Trois nouvelles bandes ont été ajoutées car elles ont été octroyées aux opérateurs de téléphonie mobile en 2022 suite aux enchères de l'IBPT. Le récapitulatif des bandes de fréquences se trouve dans le Tableau 2.

Bande 700 MHz	758 MHz – 788 MHz
Bande 800 MHz	791 MHz – 821 MHz
Bande 900 MHz	925,1 MHz – 959.9 MHz
Bande 1400 MHz	1427 MHz – 1517 MHz
Bande 1800 MHz	1805 MHz – 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
Bande 3600 MHz	3400 MHz – 3800 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.

Les seuils pour le calcul des probabilités de dépassements ont été gardées inchangées par rapport aux années précédentes, afin de mieux comparer les résultats. En outre, les résultats de mesure 2023 ne présentent pas de valeurs plus élevées que 6 V/m, ce qui justifie également le choix des seuils.

Le Tableau 3 résume les grandeurs statistiques extraites des données, ainsi que pour le seul centre de Bruxelles à l'intérieur de « la petite ceinture ».

		B700		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	Bxl Centre	Global
Moyenne	2023	0.04	0.03	0.52	0.41	0.48	0.36	0.28	0.2	0.19	0.11	0.26	0.14	0.88	0.64
	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
	2023	0.04	0.02	0.43	0.4	0.37	0.33	0.25	0.21	0.18	0.13	0.26	0.19	0.64	0.56
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
	2023	0.03	0.03	0.23	0.15	0.2	0.13	0.13	0.07	0.08	0.03	0.11	0.03	0.42	0.25
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
	2023	0.03	0.03	0.39	0.27	0.37	0.25	0.21	0.13	0.13	0.07	0.19	0.08	0.7	0.46
Mediane	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
	2023	0.03	0.03	0.69	0.51	0.66	0.47	0.34	0.26	0.24	0.15	0.32	0.19	1.18	0.86
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
	2023	0.64	0.64	4.56	4.56	3.93	4.21	3.35	3.35	3.9	3.9	3.33	3.33	5.93	5.93
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
Probabilité															
Dépassement 1 V/m [%]	2023	0	0	12.07	7.93	7.75	5.42	2.8	1.06	0.57	0.16	2.67	0.84	33.53	19.43
	2021	0	0	7.92	4.81	13.68	7.75	3.18	1.59	0.87	0.39	2.96	0.77	42.12	24
Probabilité															
Dépassement 3.45 V/m [%]	2023	0	0	0.05	0.03	0.01	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.55	0.21
	2021	0	0	0.01	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1
Probabilité															
Dépassement 6 V/m [%]	2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01

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

Le graphique à barre en Fig. 3 permet de comparer les médianes entre les drive-tests de 2017-2023. Nous n'avons pas inséré les données relatives aux bandes 1400 et 3600 MHz car nous n'avons pas détecté de signal dans ces bandes (voir Fig. 4 (a) et (b)).

Les résultats du drive-test 2023 suggèrent que le banc de mesure installé sur le vélo réduit de façon significative le niveau de champ e.m. mesuré pour toutes les bandes de fréquences. Au vu des résultats, la carrosserie de la voiture semble avoir un effet d'amplification du signal mesuré à cause des réflexions (effet miroir). Cela se traduit par une réduction de 18% sur la



Médianes [V/m]

Location	Bande	2017	2018	2019	2020	2021	2023
Bxlcentre	800 MHz	0.20	0.21	0.30	0.37	0.44	0.39
	Global	0.12	0.15	0.21	0.24	0.30	0.27
Bxlcentre	900 MHz	0.28	0.39	0.41	0.39	0.42	0.37
	Global	0.23	0.34	0.34	0.28	0.32	0.25
Bxlcentre	1800 MHz	0.14	0.14	0.18	0.23	0.29	0.21
	Global	0.09	0.09	0.11	0.15	0.18	0.13
Bxlcentre	2100 MHz	0.12	0.10	0.11	0.16	0.18	0.13
	Global	0.09	0.08	0.08	0.11	0.12	0.07
Bxlcentre	2600 MHz	0.03	0.01	0.09	0.15	0.22	0.19
	Global	0.02	0.01	0.03	0.07	0.08	0.08
Full Downlink	800 MHz	0.47	0.55	0.65	0.74	0.86	0.70
	Global	0.32	0.42	0.49	0.48	0.56	0.46

La distribution des données peut être visualisée par des boîtes à moustache en Fig. 4. Pour mieux observer les graphiques, une transformation logarithmique est appliquée à l'échelle. Une petite barre horizontale a été ajoutée au graphique pour représenter l'absence de données dans les bandes 700, 1400 et 3600 MHz pour le drive-test 2021.

PAGE 7 SUR 11 - 10/02/2025
RAPPORT DRIVE-TEST 2020

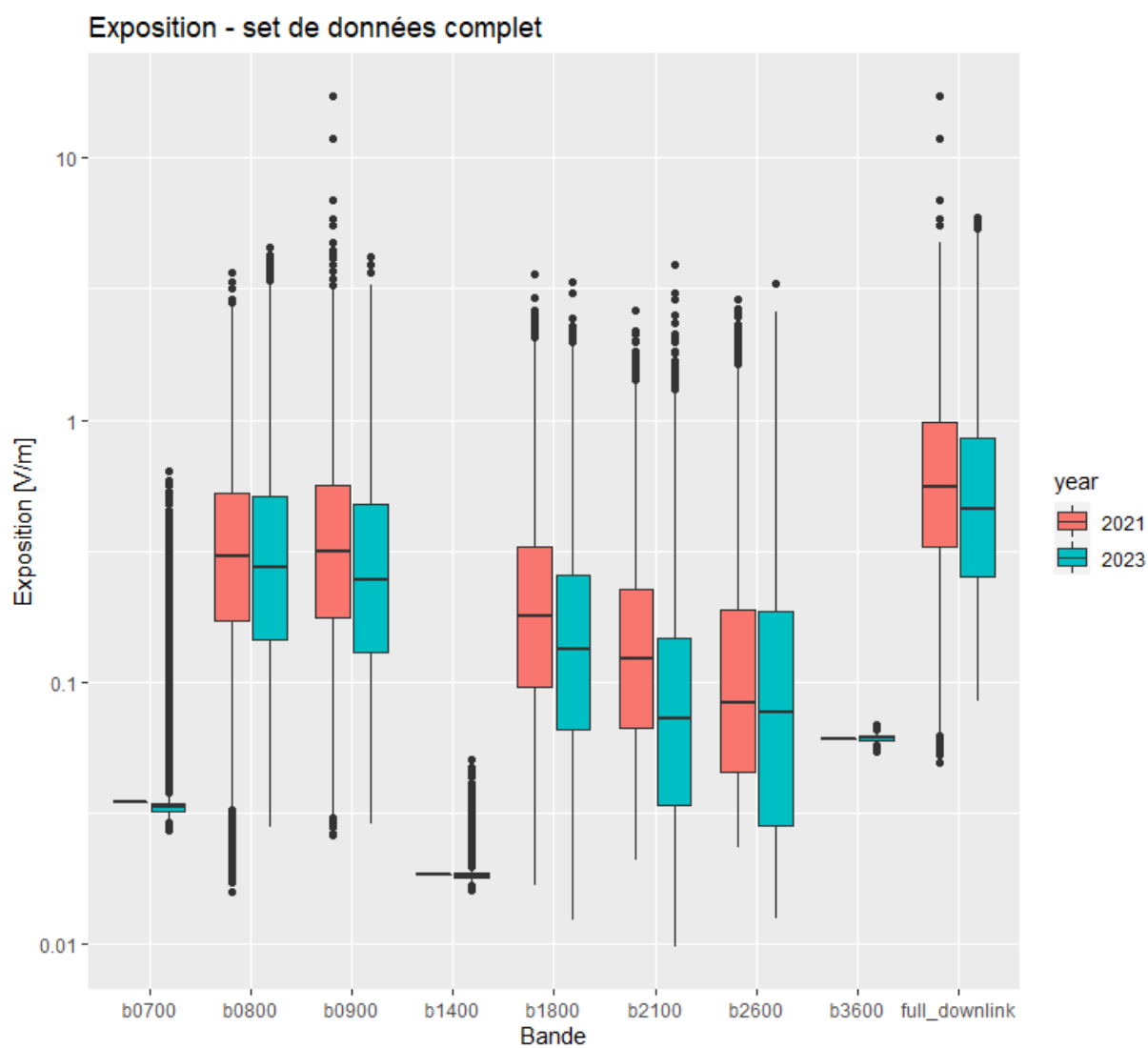


Fig. 4 (a). Graphique de type boîte à moustache pour les services cellulaire (set de données complet)

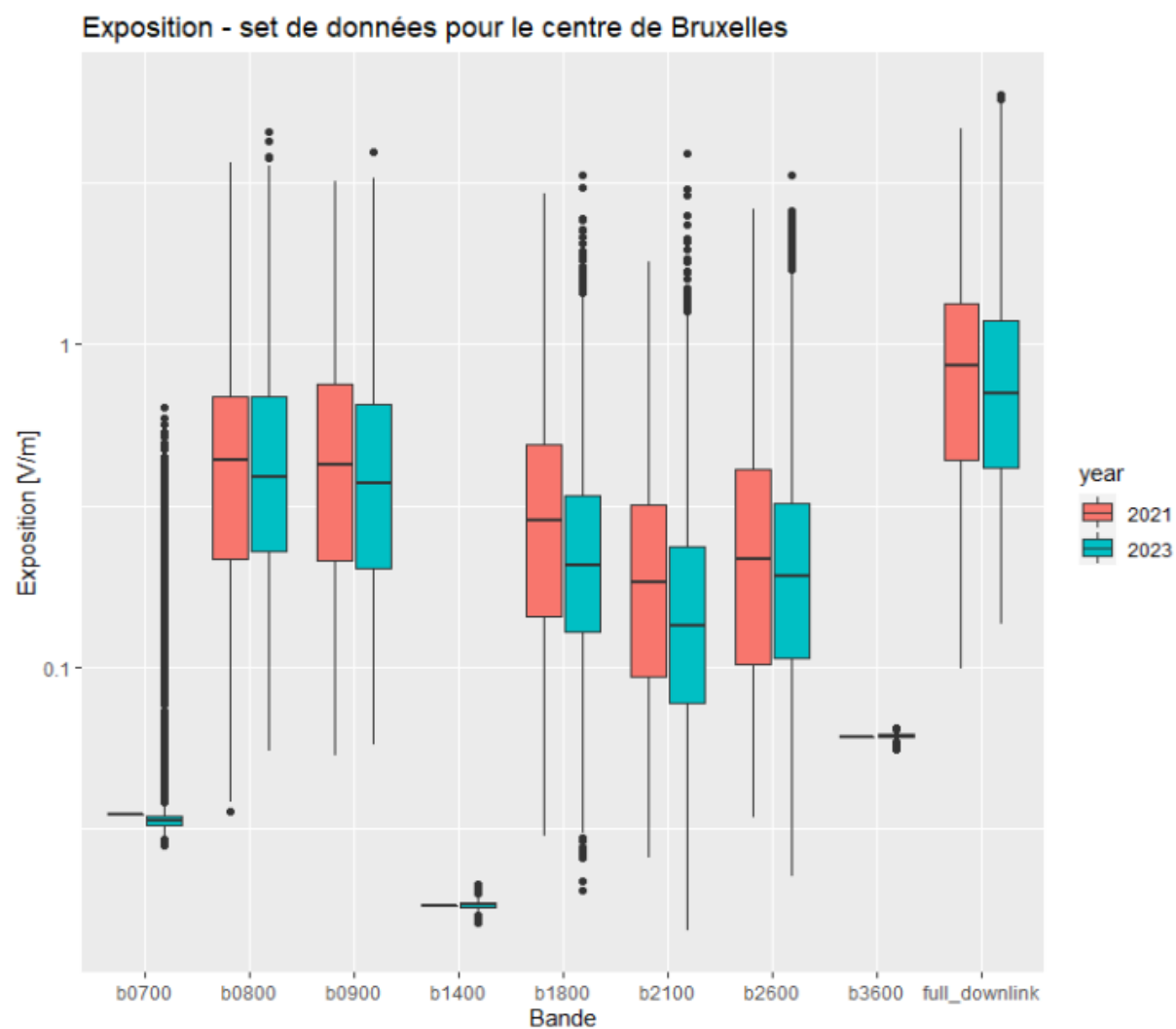


Fig. 4 (b). Graphique de type boîte à moustache pour les services cellulaires (set de données pour le centre de Bruxelles)

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.

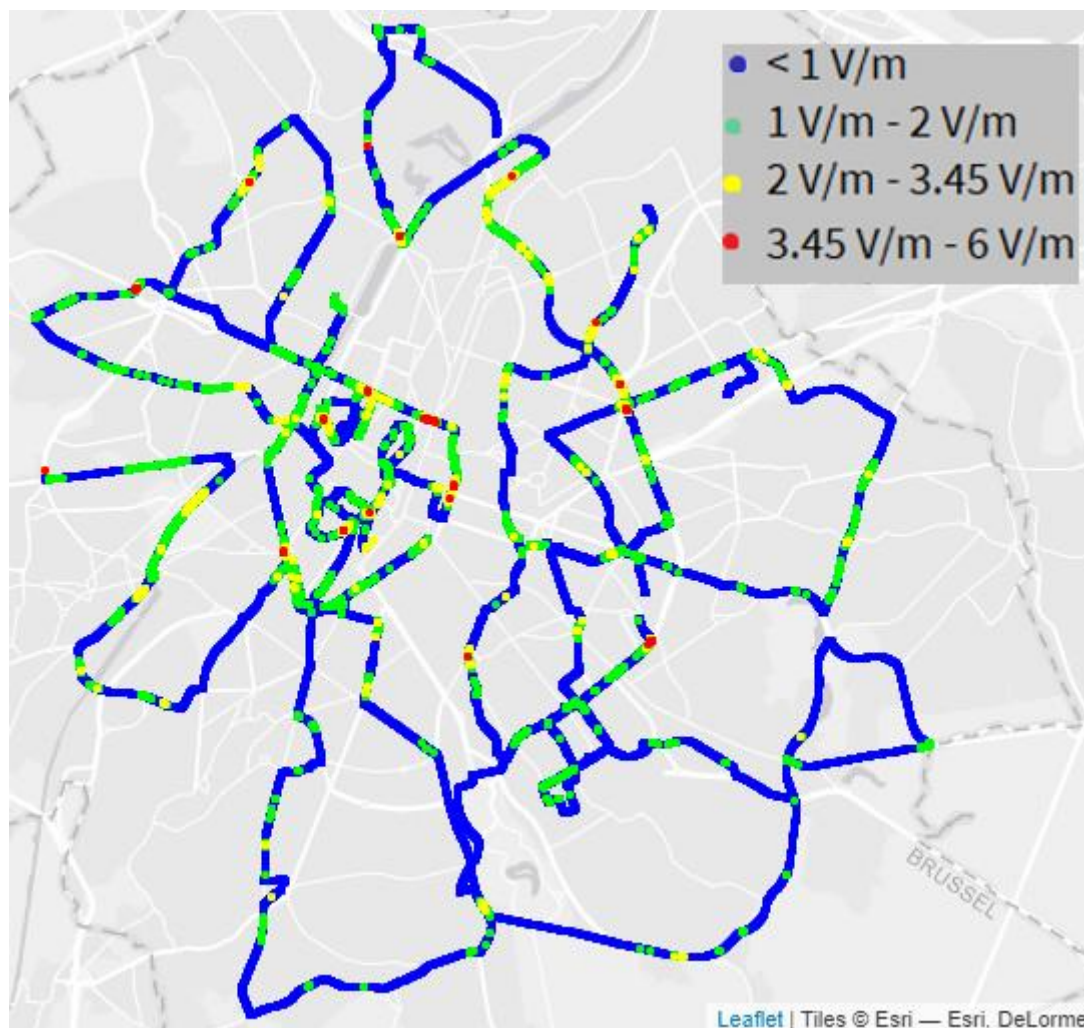
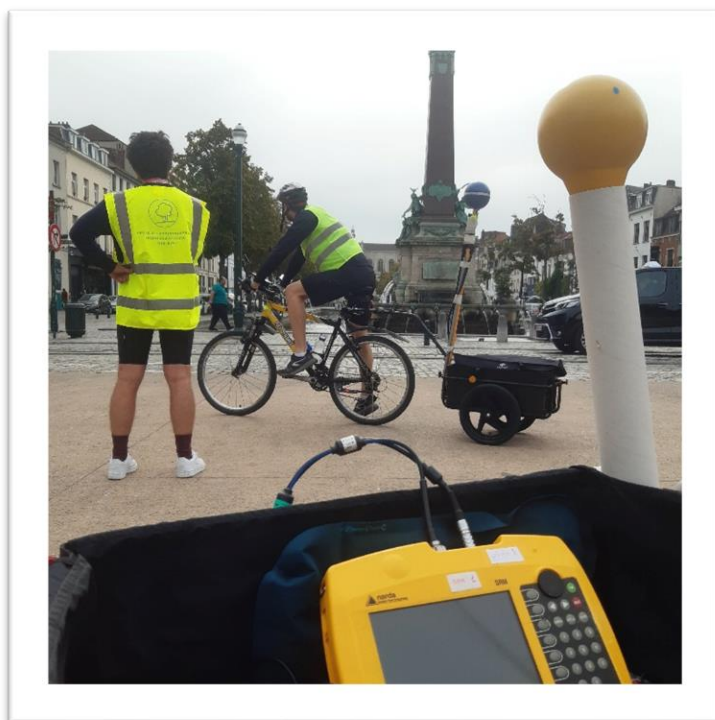


Fig. 5. Représentation du champ électrique équivalent 900 MHz

4. CONCLUSIONS

Un drive-test a été conduit dans la région bruxelloise afin de mesurer le champ électrique dû aux services cellulaires downlink. Pour la première fois, un vélo a été utilisé à la place d'une voiture.

- Trois nouvelles bandes dédiées aux services de téléphonie mobile ont été mesurées. Compte tenu du caractère récent de ces bandes, aucun signal n'a été mesuré dans les bandes 1400 et 3600 MHz. De faibles niveaux de puissance ont été mesurés en bande 700 MHz, mais leur influence sur l'exposition reste pour l'instant négligeable. Cela peut s'expliquer par un déploiement encore limité de l'infrastructure de communication dans cette bande.
- Les résultats de mesure à vélo présentent des valeurs plus faibles que les mesures conduites en voiture en 2021, ce qui se traduit par une régression de 18% du valeur de la médiane de l'exposition. Cela peut être la conséquence d'un effet d'amplification du signal dû aux réflexions sur la carrosserie de la voiture.
- L'exposition aux champs électromagnétiques reste inférieure à 6 V/m sur tout le parcours de mesure.



02 775 75 75
WWW.ENVIRONNEMENT.BRUSSELS

Rédaction : Luca Petrillo

Ed. Resp. : B. Dewulf – B. Willocx – Av du Port 86C/3000- 1000 Bruxelles

