

Mesure de l'exposition au rayonnement radiofréquence de la téléphonie 5G-NR en Corée du sud

N° : CET0174794_PV_FINAL_01_a
Final

Date : 19 décembre 2019

Rapport d'Expertise

Destinataire (s) : Monsieur René de Sèze
INERIS
Parc Technologique Alata
B.P. 2
60550 VERNEUIL EN HALATTE - FRANCE

Réf. de la demande :

Votre commande n° CBCP 0190645 du 10 mai 2019

Commentaires - Eléments remis :

Co-auteur
Réfèrent technique
Paul MAZET

Co-auteur
Ingénieur d'essai
Pierre baptiste PETIT

Toute reproduction partielle susceptible de dénaturer le contenu du présent document, qu'il s'agisse d'une omission, d'une modification ou d'une adaptation engage la responsabilité du client vis-à-vis du CETIM ainsi que des tiers concernés.

[Cliquez sur ce lien pour exécuter la procédure de vérification des signatures électroniques du Cetim.](#)

Indice	Page(s) modifiée(s)	Nature des modifications
a	-	Création du document

Toute révision annule et remplace toute version antérieure.
De ce fait, toute version antérieure doit être détruite.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DES EXPERTISES	4
2. DEROULEMENT DES EXPERTISES	4
3. DONNEES DISPONIBLES SUR LA TECHNOLOGIE 5G-NR DEPLOYEE EN COREE DU SUD	5
3.1 Informations sur la technologie 5G-NR	5
3.2 Caractéristiques du réseau 5G-NR	6
3.3 Données générales du réseau 5G-NR en Corée du sud	8
3.4 Couverture du réseau 5G-NR à mi-novembre 2019 en Corée du sud	9
4. RELEVES EXPOSIMETRIQUES POUR DIFFERENTS SERVICES Y COMPRIS LA 5G-NR	17
4.1 Variabilité géographique de l'exposition en fonction des typologies d'environnement	19
4.2 Variabilité géographique de l'exposition à proximité immédiate d'une station 5G	34
4.3 Variabilité géographique de l'exposition sur les réseaux de transport	39
4.4 Variabilité temporelle de l'exposition à point fixe	54
5. CARACTERISATION D'UNE STATION DE BASE 5G-NR	60
5.1 DESCRIPTION	60
5.2 Sur le toit	62
5.3 Dans l'axe du faisceau principale	67
6. SYNTHESE DES MESURES	71
7. CONCLUSION	73

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DES EXPERTISES

Les réseaux hertziens sont aujourd'hui promis à une évolution majeure avec l'introduction des technologies mobiles 5G-NR (Nouvelle Radio) qui permettra de répondre aux attentes, toujours plus importantes, des utilisateurs grand public et professionnels désireux d'accéder à des services mobiles à très haut débit et à faible latence, performants et fiables.

La Commission européenne a lancé en 2016 un plan d'action visant à la définition d'un calendrier européen commun pour le lancement des premiers réseaux 5G. L'objectif est de libérer et d'attribuer les fréquences dites « pionnières » pour la 5G (700 MHz, 3,5 GHz et 26 GHz) afin de pouvoir lancer les services commerciaux 5G dans chaque pays de l'Union européenne avant fin 2020.

Le Gouvernement et l'Arcep ont publié le 16 juillet 2018 une feuille de route 5G qui s'inscrit dans le calendrier européen et dessine une ambition nationale afin de dynamiser la compétitivité et l'innovation dans de nombreux secteurs économiques grâce à l'introduction de la 5G. Cette feuille de route a notamment pour objectif le déploiement commercial de la 5G dans au moins une grande ville d'ici 2020 et la couverture en 5G des axes de transports principaux d'ici 2025.

Aussi avant que ces réseaux soient phase de déploiement commercial, hormis les sites pilotes, le Ministère de la transition écologique et solidaire a commandé à l'INERIS une étude visant à caractériser l'exposition des personnes aux rayonnements non ionisants de ces nouveaux réseaux dans un contexte où son exploitation commerciale est déjà effective. A mi 2019, seuls 2 pays sont entrés en phase d'exploitation commerciale de ces nouveaux réseaux : l'Australie (depuis juillet 2019) et la Corée du sud (depuis avril 2019). A noter qu'en Europe, la Suisse possède déjà l'infrastructure qui permettrait d'initier le déploiement commercial de cette technologie mais sans pour autant la mettre en service. Sur la base de ces éléments il a été acté de caractériser l'exposition des personnes à la 5G-NR en Corée du sud puisqu'il dispose de la plus grande maturité en termes : d'utilisateurs, de couverture, etc. Il a été décidé de faire cette évaluation en novembre 2019.

2. DEROULEMENT DES EXPERTISES

Les différentes actions d'instrumentation et de mesure ont été réalisées par :

- Pierre-Baptiste PETIT (CETIM),
- Paul MAZET (CETIM).

Pour mener à bien cette étude, les interlocuteurs suivants nous ont épaulé pour réaliser les mesures in situ :

- Kim Nam (Chungbuk National University – Corée du sud),
- Kim KIHWEA (National Radio Research Agency – Corée du sud),
- Donggeun CHOI (National Radio Research Agency – Corée du sud),
- Kim HYUNJUN (Korea Communications Agency – Corée du sud).

Les différentes actions ont été réalisées avec la chronologie suivante :

- Le 19 novembre : relevés exposimétriques sur Séoul,
- Le 20 novembre matin : relevés exposimétriques sur trajet Séoul – Naju,
- Les 20 après-midi, 21 et 22 novembre : relevés exposimétriques sur Naju,
- Le 22 novembre matin : caractérisation d'une station de base sur Naju,
- Le 23 novembre matin : relevés exposimétriques sur trajet Naju – Séoul,
- Le 23 après-midi, 24, 25 et 26 novembre matin : relevés exposimétriques sur Séoul.

3. DONNEES DISPONIBLES SUR LA TECHNOLOGIE 5G-NR DEPLOYEE EN COREE DU SUD

3.1 Informations sur la technologie 5G-NR

La 5G est la nouvelle génération des réseaux mobiles introduite par l'industrie des communications électroniques et les organismes de normalisation. Elle répond à l'initiative de l'Union internationale des télécommunications (UIT) dite « IMT-2020 » qui définit les grandes catégories de performance que ces nouvelles technologies permettront d'atteindre.

Si l'introduction d'une nouvelle technologie sur de nouvelles fréquences permet d'apporter plus de capacité aux réseaux, la 5G présente avant tout plusieurs ruptures technologiques importantes dans le domaine des communications électroniques sans fil en mobilité :

- ultra haut débit mobile (eMBB : enhanced Mobile BroadBand) :
 - o il s'agit ici d'introduire l'ultra haut débit mobile avec des débits théoriques au moins 10 fois supérieurs à ceux des technologies existantes ;
- internet des objets (IoT) massif (mMTC : massive Machine Type Communication) :
 - o la 5G devrait permettre une densité d'objets connectés par surface très largement augmentée, la connexion massive et simultanée d'un très grand nombre d'objets, avec, entre autres, une consommation d'énergie largement réduite pour augmenter substantiellement la durée de vie des batteries des objets ainsi connectés ;
- réseau ultra-fiable et à très faible latence (uRLLC : ultra Reliable Low Latency Communication) :
 - o ce segment rassemble les cas d'usage nécessitant un accès au réseau garanti et une très grande réactivité, donc une latence très faible pour les communications qui sont portées par la connexion 5G ;
- le « réseau sur mesure » :
 - o cette dernière notion concerne la technologie dite du « network slicing » qui permet à la fois de gérer de bout en bout une qualité de service et d'organiser les réseaux pour que des services qui nécessitent des performances différentes coexistent sur le même réseau.

Sur la base de ces performances améliorées, il est attendu le développement de nouveaux services innovants qui n'auraient pu être fournis avec les technologies existantes, ou en tout état de cause pas avec la même facilité ou la même flexibilité.

Ci-dessous une liste non exhaustive de nouveaux usages qui deviendraient possibles ou trouveraient une ampleur inédite avec la 5G :

- vidéos à très haute résolution 4K-UHD et 8K à la fois en streaming descendant pour améliorer la qualité de visionnage, mais aussi dans le sens montant pour les usages plus professionnels, comme l'analyse d'images en temps réel des caméras à haute résolution pour la détection d'anomalies dans des contextes industriels ou de sécurité publique ;
- réalité virtuelle 360° en connectivité sans fil, en mobilité ou dans des environnements non propices à la connexion fixe, qui s'applique à de nombreux usages tels que les jeux, l'éducation, les formations professionnelles et le tourisme ;
- connectivité à haut débit et faible latence entre les véhicules et les infrastructures de transports et de véhicules à véhicules, ou pour les usages de divertissement à l'intérieur des véhicules ;
- suivi, pilotage et reconfiguration à distance de machines industrielles et de chaînes de production robotisées qui peuvent être reconfigurées rapidement et facilement sans besoin d'installer des câbles ;
- suivi logistique de bout en bout d'un très grand nombre de colis ou d'articles, notamment dans les grands noeuds de triage tels que les ports, les zones aéroportuaires, les gares ferroviaires ou les bases logistiques du transport routier ;
- récupération des données de la multitude de capteurs de la « ville intelligente » pour, par exemple, contrôler les flux routiers et les divers niveaux de pollutions ;
- télé-opérations de toutes sortes, grâce à la faible latence et aux échanges d'images vidéo très précises, par exemple dans le domaine de la santé ou des exploitations minières ;
- suivi précis des troupeaux dans les exploitations agricoles grâce à des capteurs sur le bétail.

3.2 Caractéristiques du réseau 5G-NR

Certaines bandes de fréquences ont été harmonisées ou sont en cours d'harmonisation au niveau européen comme bandes pionnières pour l'introduction de la 5G :

- la bande de fréquences 703 - 733 MHz et 758 - 788 MHz en mode FDD (frequency division duplexing) ;
- la bande de fréquences 3,4 - 3,8 GHz en mode TDD (time division duplexing) ;
- la bande de fréquences 24,25 - 27,5 GHz en mode TDD.

La 5G promet de nombreuses améliorations techniques des réseaux radioélectriques. Les sections qui suivent ont pour but d'éclairer les performances des réseaux 5G et visent à interroger les parties prenantes sur la manière dont pourrait être caractérisée la fourniture d'un service 5G générique.

Le service 5G pourrait être défini par tout ou partie des critères de performances définis ci-dessous.

3.2.1 Débit

L'introduction de la 5G va fortement augmenter l'efficacité spectrale par rapport aux technologies existantes. Ce gain de performance est rendu possible par l'introduction de nouvelles techniques telles que :

- le MIMO (Multiple Input Multiple Output) et le beamforming qui permettent, grâce à des stations de base composées d'un grand nombre d'émetteurs/récepteurs, de créer des faisceaux d'onde directs limitant ainsi la puissance du signal là où il n'est pas utile. La gestion des faisceaux permet de séparer spatialement les communications qui occupent les mêmes fréquences et limite d'autant les brouillages potentiels entre communications et entre cellules ;

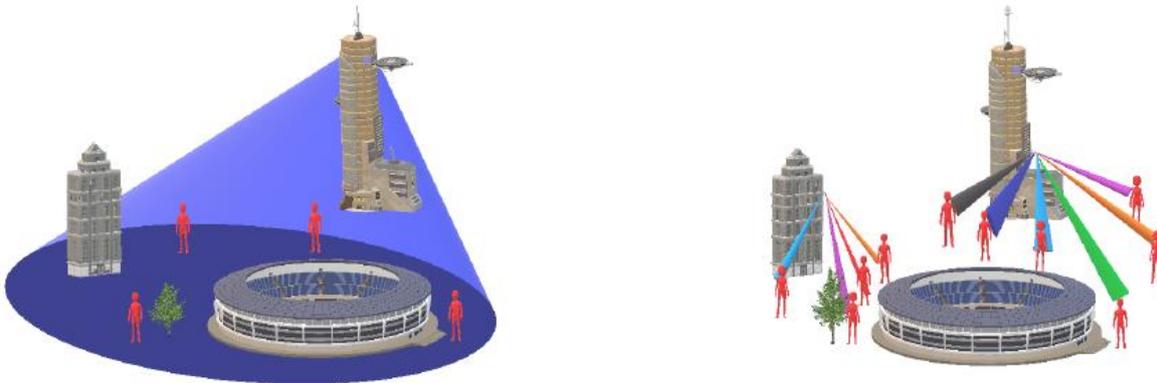


Figure 1 : Comparaison d'un réseau 2G/3G/4G par rapport à un réseau 5G (Source : NI)

- des réductions du poids de la signalisation dans les trames radio qui permettent l'optimisation de la bande passante dédiée au trafic utile ;
- une meilleure utilisation du spectre utile par porteuse, et notamment des canalisations radio larges, pour optimiser le débit par MHz ;
- la coordination des cellules entre elles pour limiter les occurrences de brouillages aux limites des cellules ;
- la gestion dynamique de la structure des trames radio en mode TDD, avec notamment une adaptation rapide des ratios descendant et montant en fonction du trafic pour réduire les brouillages et adapter les bandes passantes à l'asymétrie du trafic en temps réel.

Cette meilleure efficacité spectrale doit se traduire pour les utilisateurs par une amélioration substantielle du débit à même de fournir les services ultra haut débit (eMBB).

La fourniture d'un accès mobile à ultra haut débit en 5G à l'extérieur des bâtiments, devrait par exemple, atteindre un débit descendant théorique d'au moins 100 Mbit/s dans 10 MHz, ce qui correspond à un débit théorique descendant de 1 Gbit/s dans une porteuse de 100 MHz simplex.

3.2.2 Latence

Une autre amélioration attendue par la 5G est la réduction de la latence de bout en bout des communications, ouvrant la possibilité de fournir des services connectés qui nécessitent une très forte réactivité et qui ne pouvaient être rendus jusque-là que dans un environnement fixe.

Cette amélioration vient, entre autres, des techniques suivantes :

- boucle temporelle d'acquittement des paquets radio fortement réduite ;
- gestion dynamique de la structure des trames radio dans le cas du mode TDD.

La fourniture d'un accès mobile à faible latence en 5G à l'extérieur des bâtiments devrait par exemple permettre d'atteindre un délai de bout en bout de moins de 5 millisecondes (ms).

3.2.3 Densité de connectivité

La technologie 5G doit permettre d'augmenter substantiellement le nombre d'objets connectés par unité de surface en comparaison avec les technologies existantes, y compris la 4G. Cette croissance est notamment rendue possible par des protocoles de connexion très allégés qui utilisent une très faible proportion de la bande passante.

La fourniture d'un accès massif pour les objets connectés en 5G, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des bâtiments, devrait par exemple permettre une densité de connexion de plusieurs centaines de milliers d'objets au km².

3.2.4 Fiabilité

Certains des nouveaux usages envisagés avec les réseaux 5G nécessitent une fiabilité renforcée de la connexion avec un taux d'indisponibilité réduit au minimum.

Les techniques de dual connectivity et de retransmission rapide des paquets de données (Hybrid Automatic Repeat Request HARQ) qui sont prévus pour la 5G devraient permettre de limiter les pertes de paquets et de rendre les connexions plus fiables.

La virtualisation de certaines parties des réseaux 5G devrait aussi permettre une meilleure résilience de ceux-ci, et donc une amélioration de la fiabilité des connexions au réseau.

La fourniture d'une connexion ultra fiable en 5G à l'extérieur des bâtiments pourrait, par exemple, être disponible 99% du temps.

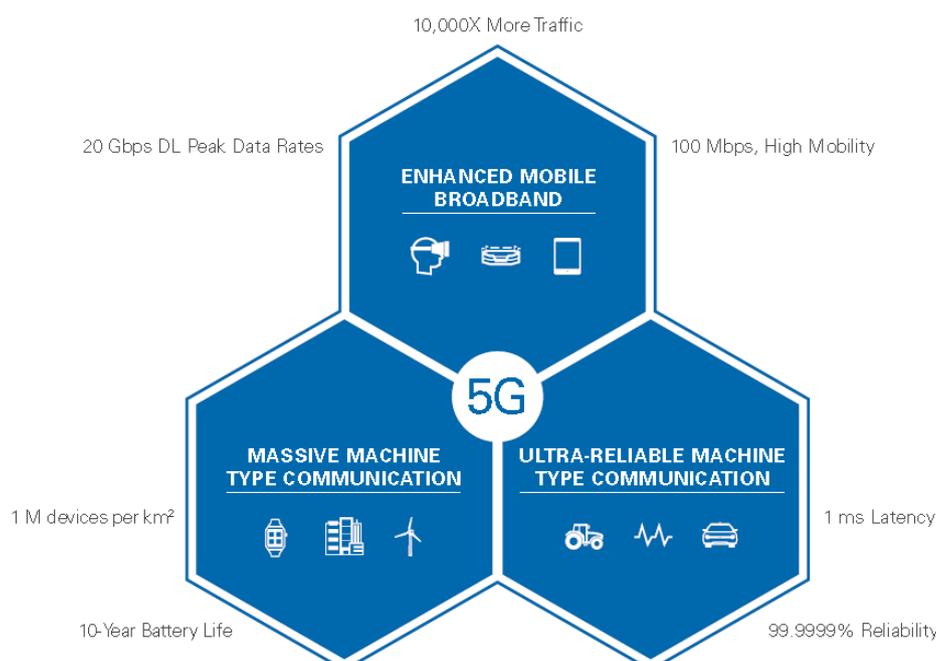


Figure 2 : Synthèse des performances attendues de la technologie 5G (Source : NI)

3.3 Données générales du réseau 5G-NR en Corée du sud

Le 3 avril 2019 à 23h, les trois opérateurs historiques ont activé leur réseau 5G. Ces trois opérateurs sont KT, SKT (SK Telecom) et (LGU+ (LG UPlus). Les bandes fréquences utilisées sont les suivantes :

Opérateur	Bande passante utilisée
LGU+	3420 MHz-3500 MHz (630666)
KT	3500 MHz-3600 MHz (636666)
SKT	3600 MHz-3700 MHz (643334)

Figure 3 : Bande passante des 3 opérateurs (Source : KCA)

Parallèlement à cette attribution des bandes passantes, ces différents opérateurs ont fait des choix différents pour les fabricants des stations de base qui constitue leur réseau 5G. Le tableau ci-dessous présentent ces éléments

Fabricant	LGU+ (Bande passante 80 MHz) Fréquence centrale (3459,99 MHz (630666))	KT (Bande passante 100 MHz) Fréquence centrale (3549,99 MHz (636666))	SKT (Bande passante 100 MHz) Fréquence centrale (3650,01 MHz (643334))
HUAWEI	-180 kHz (3459,81 MHz)		
SAMSUNG	-31,15 MHz (3428,84 MHz)	-41.22 MHz (3508,77 MHz)	-41.22 MHz (3608,79 MHz)
NOKIA	-630 kHz (3459,36)	90 kHz (3550,08 MHz)	-570 kHz (3649,44 MHz)
ERICSSON LG		-41.22 MHz (3508,77 MHz)	-41.22 MHz (3649,92 MHz)

Figure 4 : Fournisseurs des stations de base des 3 opérateurs (Source : KCA)

Au 24 novembre 2019, les informations disponibles sur les moyens de l'opérateur KT sont :

Région	Nombre de stations KT 5G
Sur tout le territoire	38999
Séoul	9878
Agglomération de Séoul (Incheon)	11716
Gangwon-do	1107
Chungcheong-do	3529
Jeolla	3124
Gyeongsang-do	9241
Ile de Jeju	404

Figure 5 : Nombre de stations 5G pour l'opérateur KT (Source : KT)

Fabricant	Nombre de station KT 5G
SAMSUNG	31464
ERICSSON LG	4317
NOKIA	3218

Figure 6 : Répartition des stations 5G pour l'opérateur KT en fonction des fabricants (Source : KT)

3.4 Couverture du réseau 5G-NR à mi-novembre 2019 en Corée du sud

Au 24 novembre 2019, la couverture annoncée pour les trois opérateurs est représentée dans les figures suivantes. Ces données sont issues des sites respectifs des trois opérateurs :

- LGU+ : <http://www.uplus.co.kr/css/iner/RetrieveCoverMapNoneSSL.hpi>
- SKT : <http://www.sktcoverage.com/html/sub01.html>
- KT : <https://coverage.kt.com/coverage>

A noter qu'instar du site cartoradio.fr mis en ligne par l'ANFR en France, il existe un site équivalent qui regroupe tous les émetteurs sur le territoire Sud-Coréen :

- www.spectrummap.kr

3.4.1 Pour le réseau LGU+

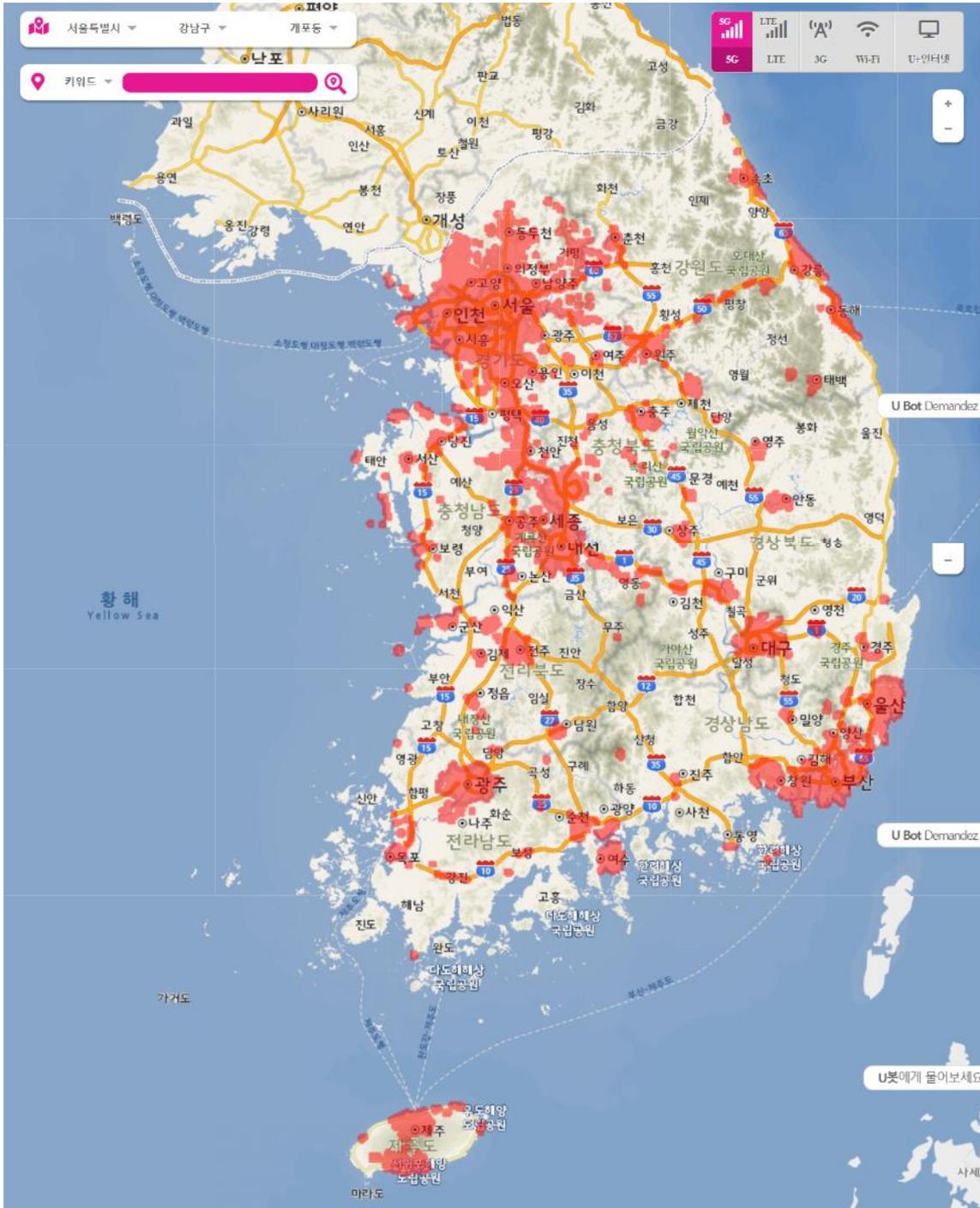


Figure 7 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ensemble de la Corée du sud (Source : LGU+)

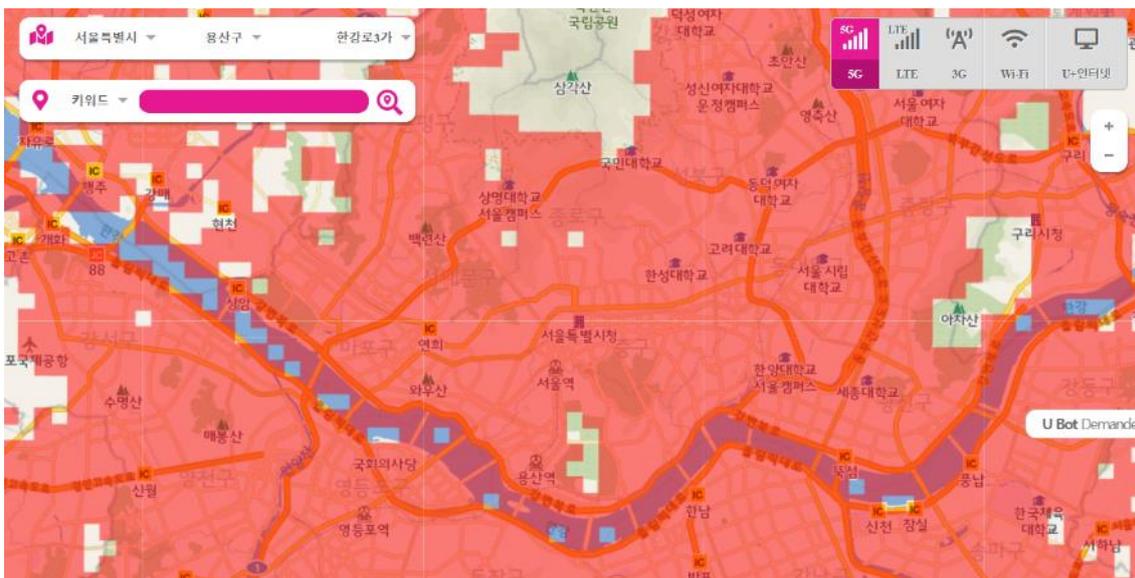


Figure 8 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour le centre de l'agglomération de Séoul (Source : LGU+)

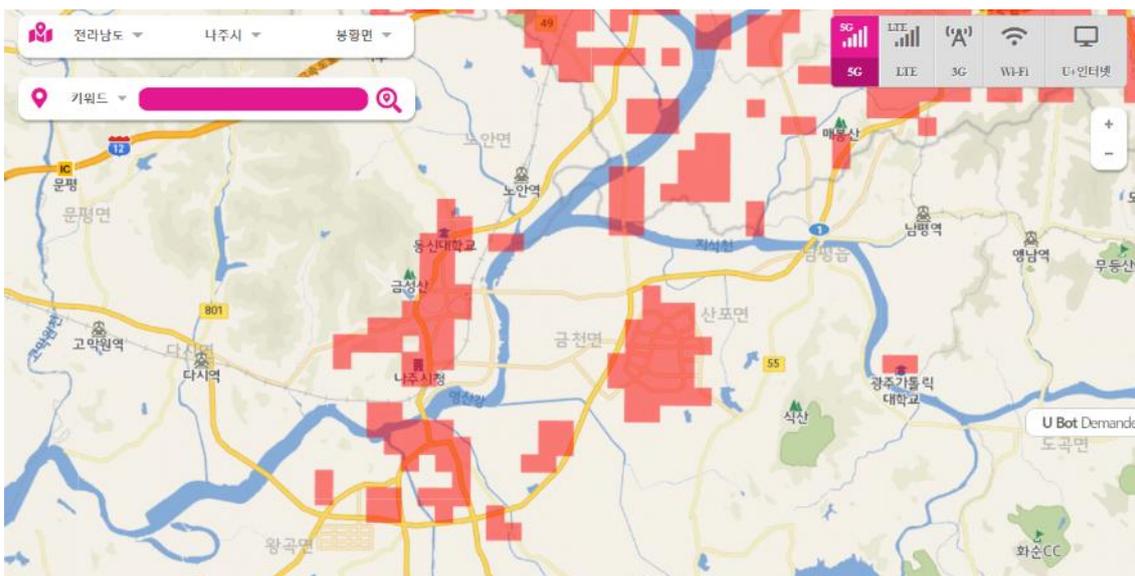


Figure 9 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ancienne ville Naju et la nouvelle ville de Naju (Source : LGU+)

3.4.2 Pour le réseau SKT

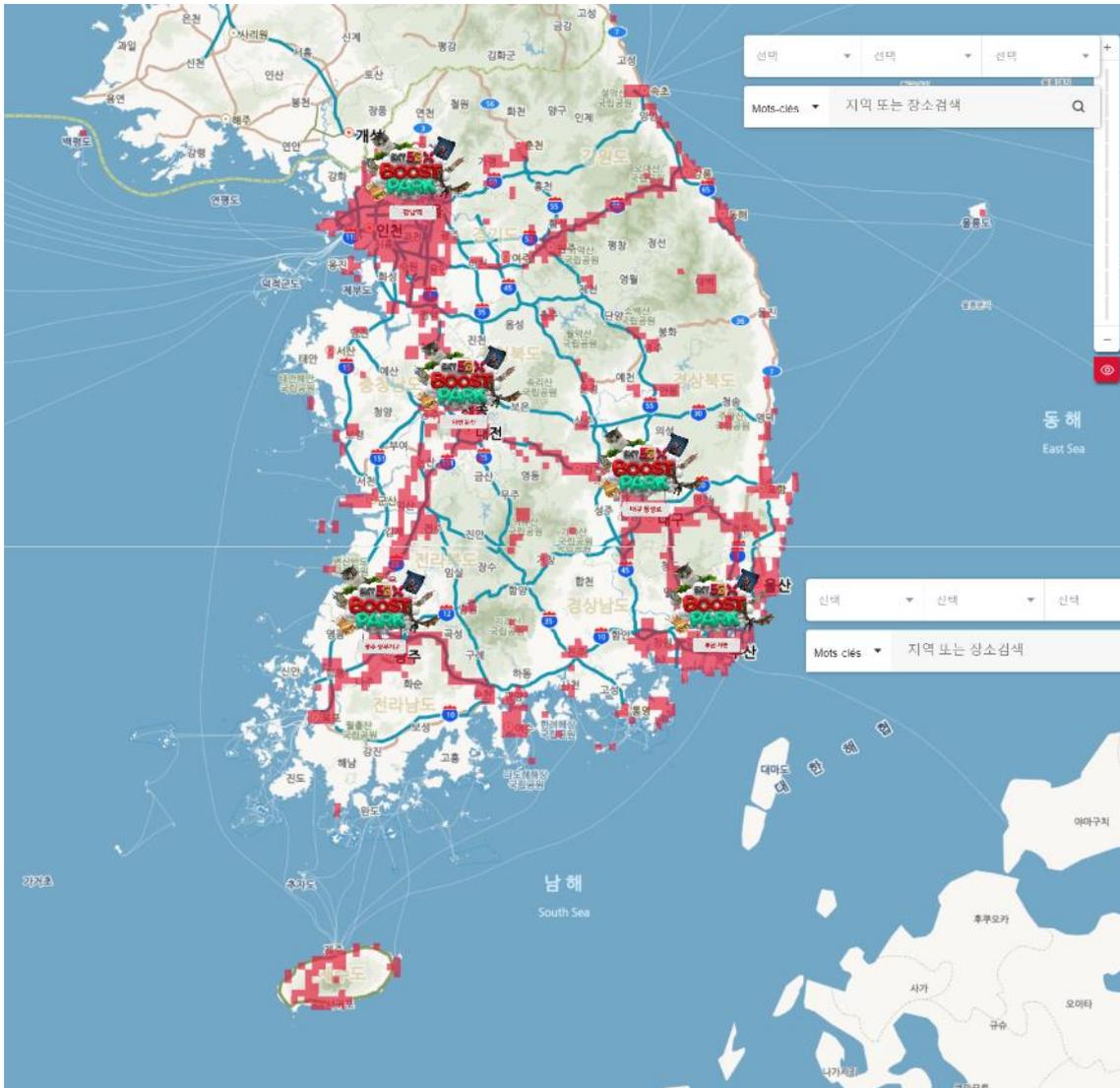


Figure 10 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ensemble de la Corée du sud
(Source : SKT)

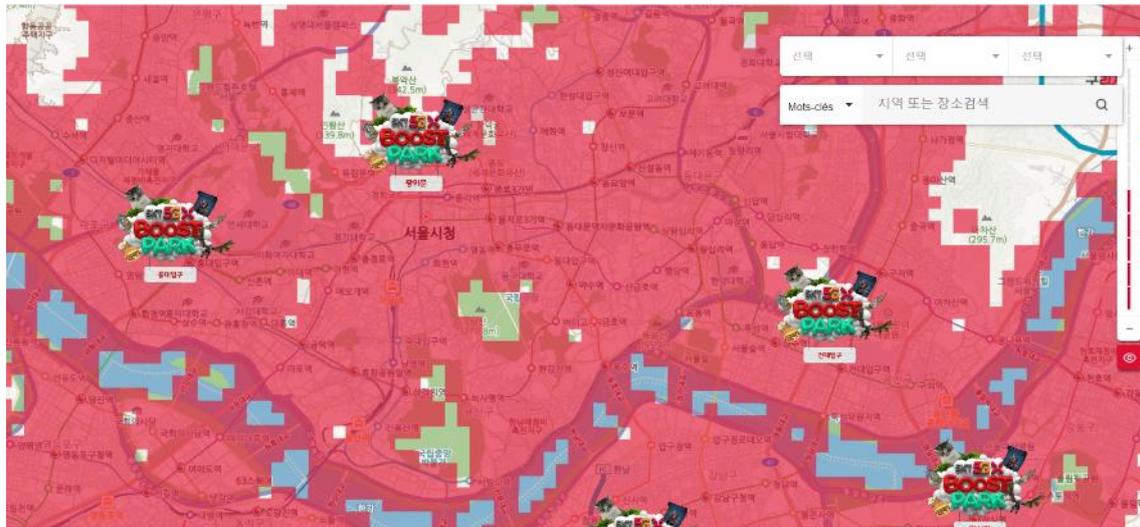


Figure 11 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour le centre de l'agglomération de Séoul (Source : SKT)

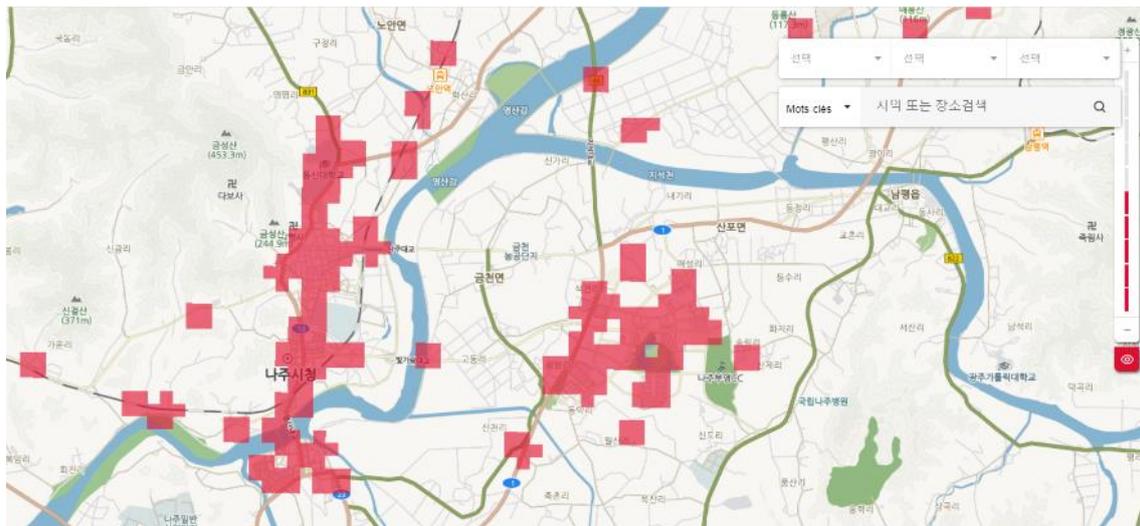


Figure 12 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ancienne ville Naju et la nouvelle ville de Naju (Source : SKT)

3.4.3 Pour le réseau KT

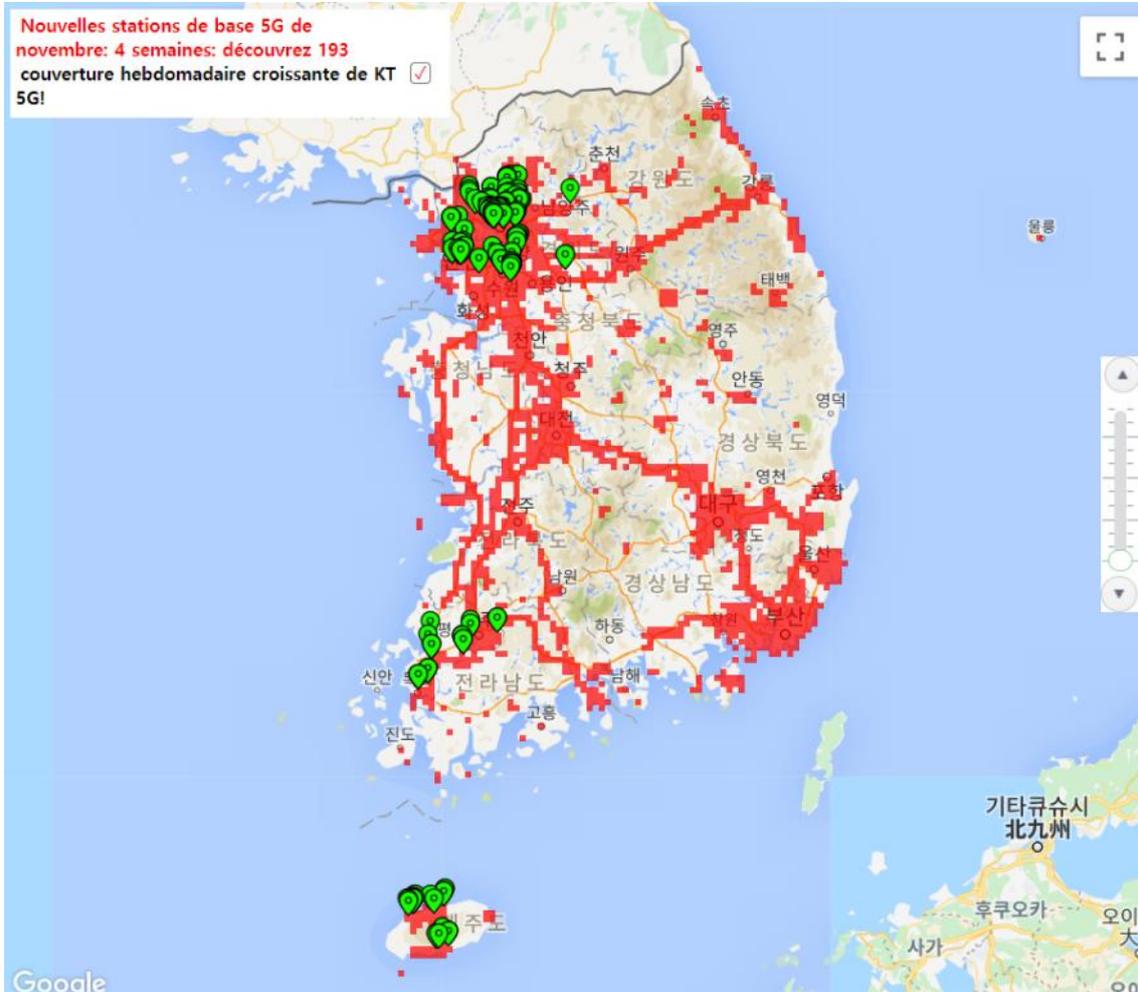


Figure 13 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ensemble de la Corée du sud
(Source : KT)

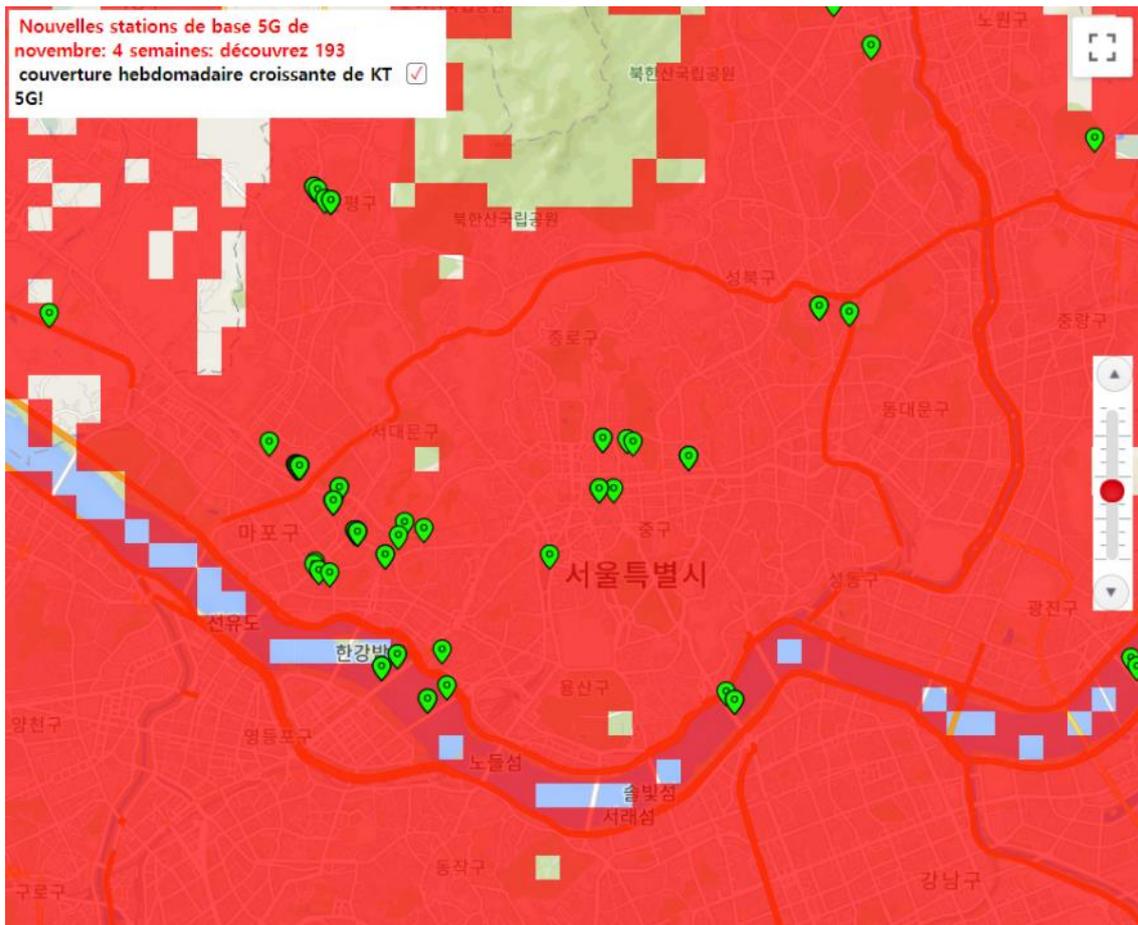


Figure 14 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour le centre de l'agglomération de Séoul (Source : KT)

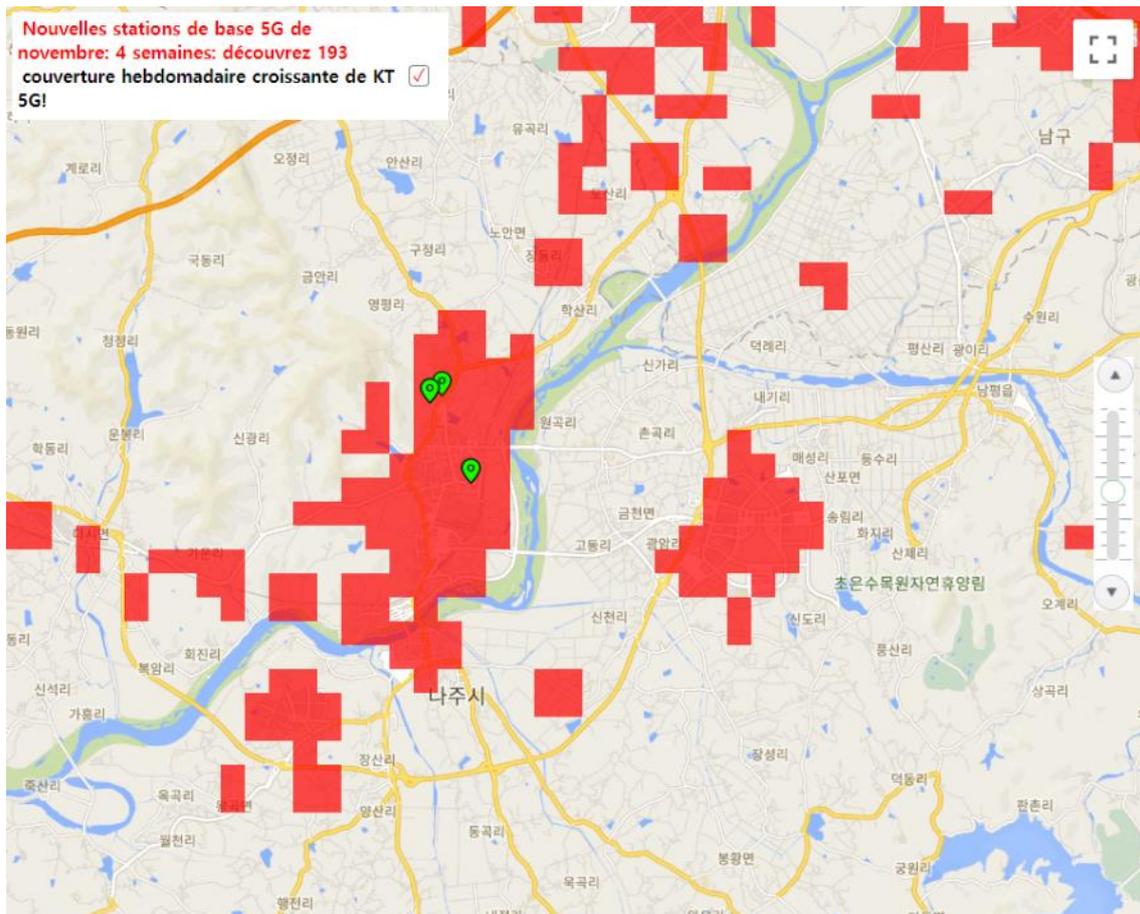


Figure 15 : Données de couverture du réseau 5G au 18 novembre pour l'ancienne ville Naju et la nouvelle ville de Naju (Source : KT)

4. RELEVÉS EXPOSIMETRIQUES POUR DIFFERENTS SERVICES Y COMPRIS LA 5G-NR

Pour être représentatif de la diversité des environnements rencontrés sur l'ensemble du territoire Sud-Coréen, différents types d'environnement ont été identifiés pour effectuer des relevés d'expositions :

- Zone résidentielle Rurale – Vieille ville de Naju,
- Zone administrative Rurale – Vieille ville de Naju,
- Zone commerciale Rurale – Vieille ville de Naju,
- Zone résidentielle Urbaine – Nouvelle ville de Naju,
- Zone d'affaire Urbaine – Nouvelle ville de Naju,
- Zone commerciale Urbaine – Nouvelle ville de Naju,
- Zone résidentielle Urbaine dense – Séoul,
- Zone d'affaire Urbaine dense – Séoul,
- Zone commerciale Urbaine dense – Séoul.

En parallèle à ces zones représentant différents environnements, il a été décidé d'effectuer des relevés dans un trajet Voiture/Bus et Train, puisque la technologie 5G-NR a entre autres vocations à offrir une grande disponibilité de son réseau sur les voies de transport.

Des relevés à points fixes sur 12 h ou 24 h, ont été réalisés pour tenir compte de la variabilité du trafic en fonction de la journée.

Pour effectuer les relevés dosimétriques, deux appareils ont été utilisés :

Désignation	Fabricant / Modèle	N° de série
Exposimètre 88 - 5875 MHz	Fields at Work / ExpoM-RF	43
Exposimètre 88 – 6000MHz	MVG / EME SPY 200	EP_001_4019

Ces dosimètres sont programmés pour acquérir le champ électrique de plusieurs services dont la 5G-NR (**5G TDD (Low Band)** (B42TDD) 3400 – 3600 MHz & **5G TDD (High Band)** B43TDD 3600 – 3800 MHz)

Pour l'ExpoM-RF :

- FM : 87.5 – 108 MHz,
- DVB-T : 470 – 790 MHz,
- LTE 800 UL : 791 – 821 MHz,
- LTE 800 DL : 832 – 862 MHz,
- GSM-R 900 UL : 880 – 915 MHz,
- GSM-R 900 DL : 925 – 960 MHz,
- GSM / LTE 1800 UL : 1710 – 1785 MHz,
- GSM / LTE 1800 DL : 1805 – 1880 MHz,
- DECT : 1880 – 1900 MHz,
- UMTS / LTE 2100 UL : 1920 – 1980MHz,
- UMTS / LTE 2100 DL : 2110 – 2170 MHz,
- W2G 2400 – 2483 MHz,
- LTE 2600 UL : 2500 – 2570 MHz,
- LTE 2600 DL : 2620 – 2690 MHz,
- **5G TDD (Low Band) 3400 – 3600 MHz,**
- W5G 5150-5850 MHz.

Pour l'EME SPY 200 :

- FM US : 88 – 108 MHz,
- TV VHF : 174 – 223 MHz,
- TETRA1 : 380 – 400MHz,
- TV45 : 470 – 615 MHz,
- LTE UL : 703-748 MHz,
- LTE DL : 758 – 803 MHz,
- GSM-R 900 UL : 880 – 915 MHz,
- GSM-R 900 DL : 925 – 960 MHz
- GSM / LTE 1800 UL : 1710 – 1785 MHz,
- GSM / LTE 1800 DL : 1805 – 1880 MHz,
- DECT : 1880 – 1900 MHz,
- UMTS / LTE 2100 UL :1920 – 1980MHz,
- UMTS / LTE 2100 DL : 2110 – 2170 MHz,
- 4G TDD 2300 – 2400 MHz (*uniquement sur la première série de mesure*),
- W2G : 2400 – 2483 MHz,
- LTE 2600 UL : 2500 – 2570 MHz,
- LTE 2600 DL : 2620 – 2690 MHz,
- 5G TDD (Low Band) 3400 – 3600 MHz,
- 5G TDD (High Band) 3600 – 3800 MHz (*uniquement à partir de la seconde série de mesure*),
- W5G 5150-5850 MHz.

4.1 Variabilité géographique de l'exposition en fonction des typologies d'environnement

4.1.1 En zone urbaine dense

a) Zones cartographiées

3 quartiers en zone urbaine dense ont été cartographiés :

- Zone commerciale urbaine dense,
- Zone commerciale urbaine dense (sous-terrainée),
- Zone d'affaire urbaine dense.

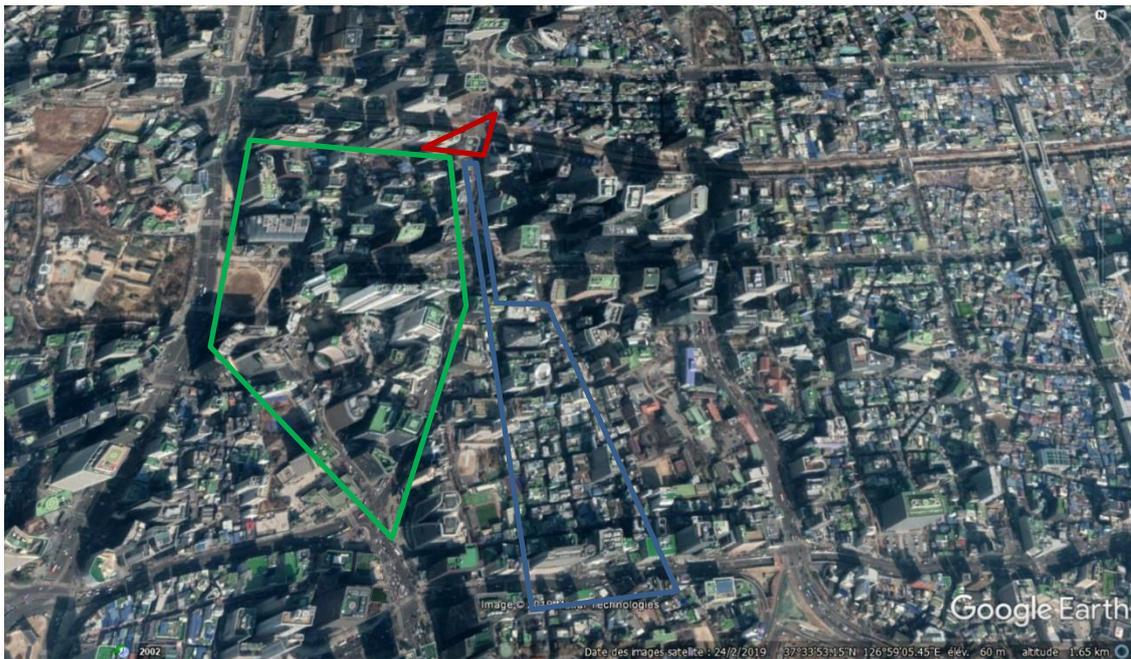


Figure 16 : Zones cartographiées (Séoul quartiers : MEYONGDONG, SEORIN-DONG, DA-DONG & SOGONG-DONG)

b) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 19/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 12h05
- La fin de l'enregistrement : 13h55
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/3s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 139,8mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 1846,6mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 2135,6mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 157,8mV/m.

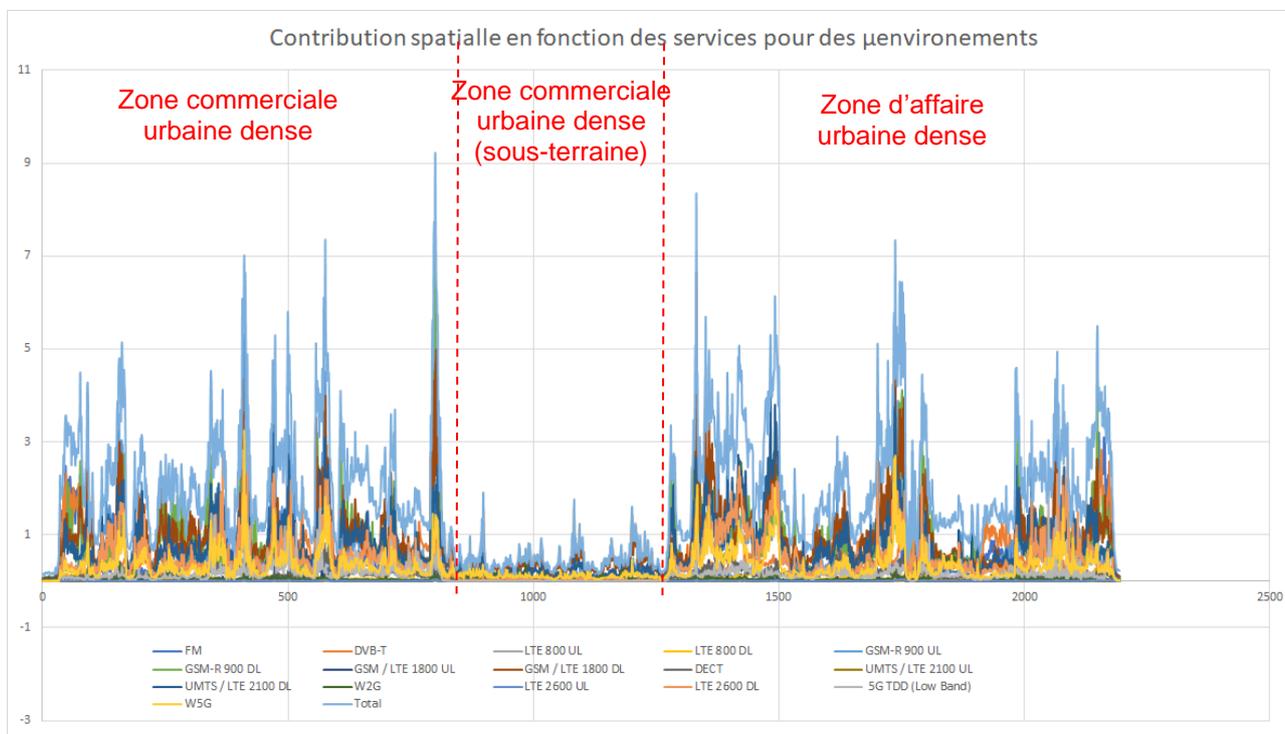


Figure 17 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

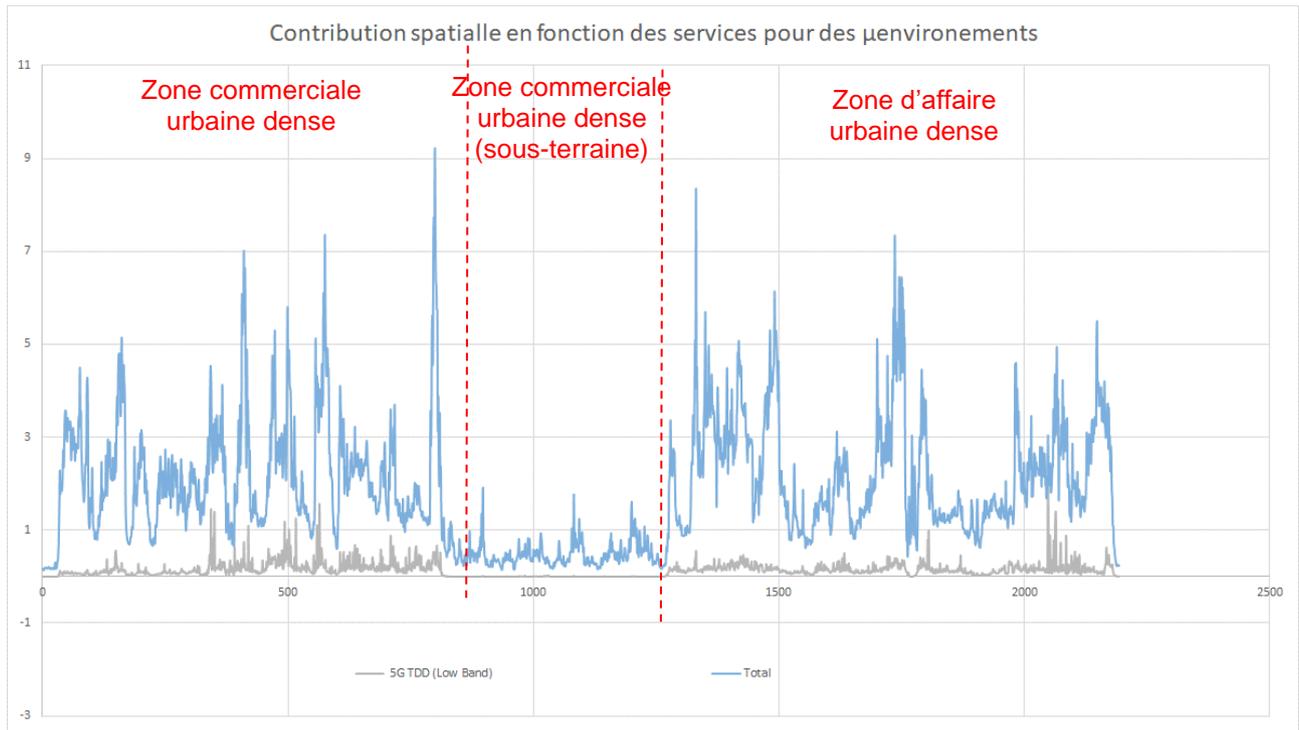


Figure 18 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

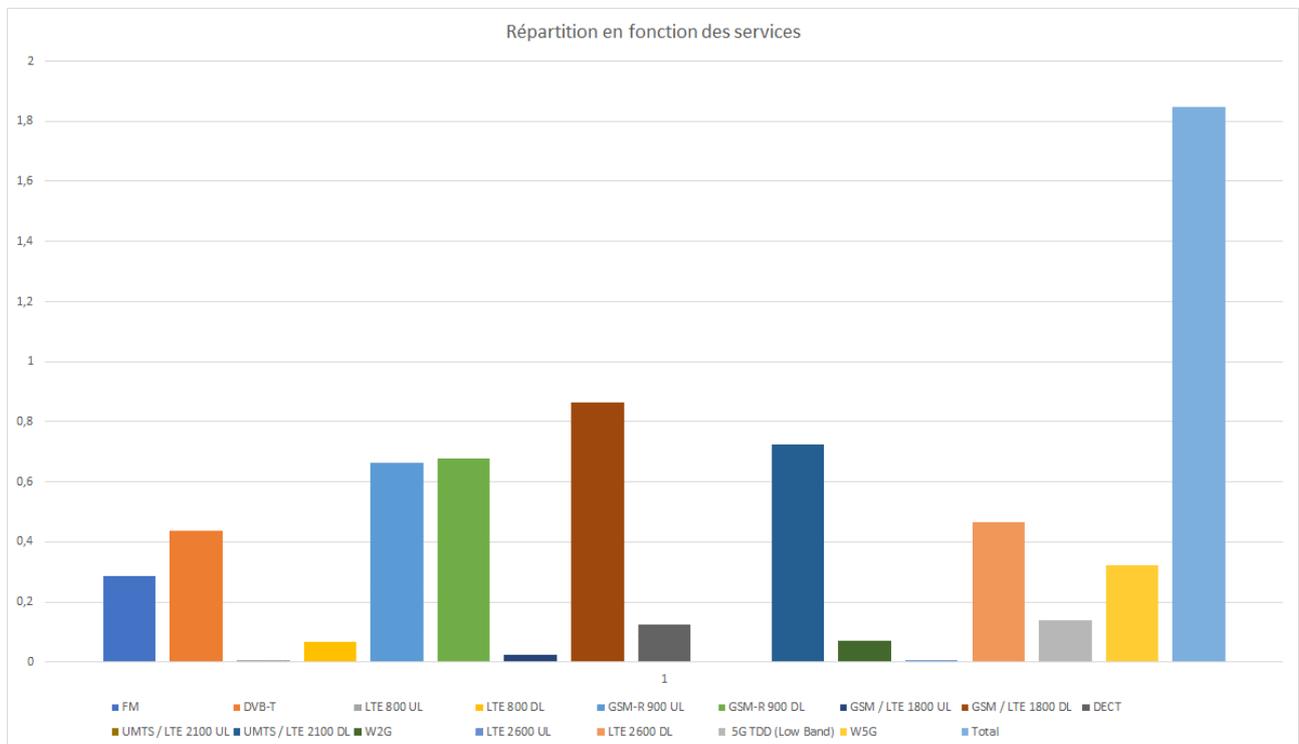


Figure 19 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

c) Pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 19/11/2019,
- Le début de l'enregistrement : 12h05,
- La fin de l'enregistrement : 13h55,
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/6s.

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 69,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 1737,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 2060,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 126,0mV/m.

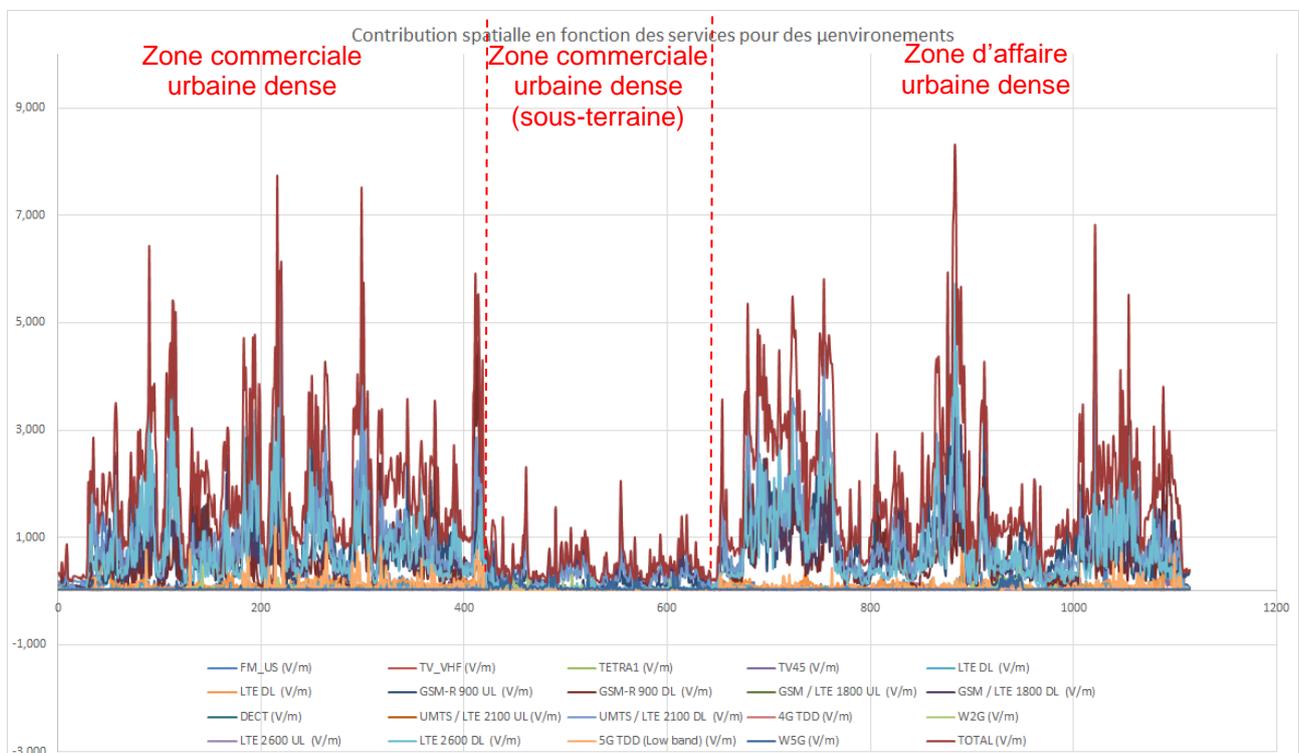


Figure 20 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

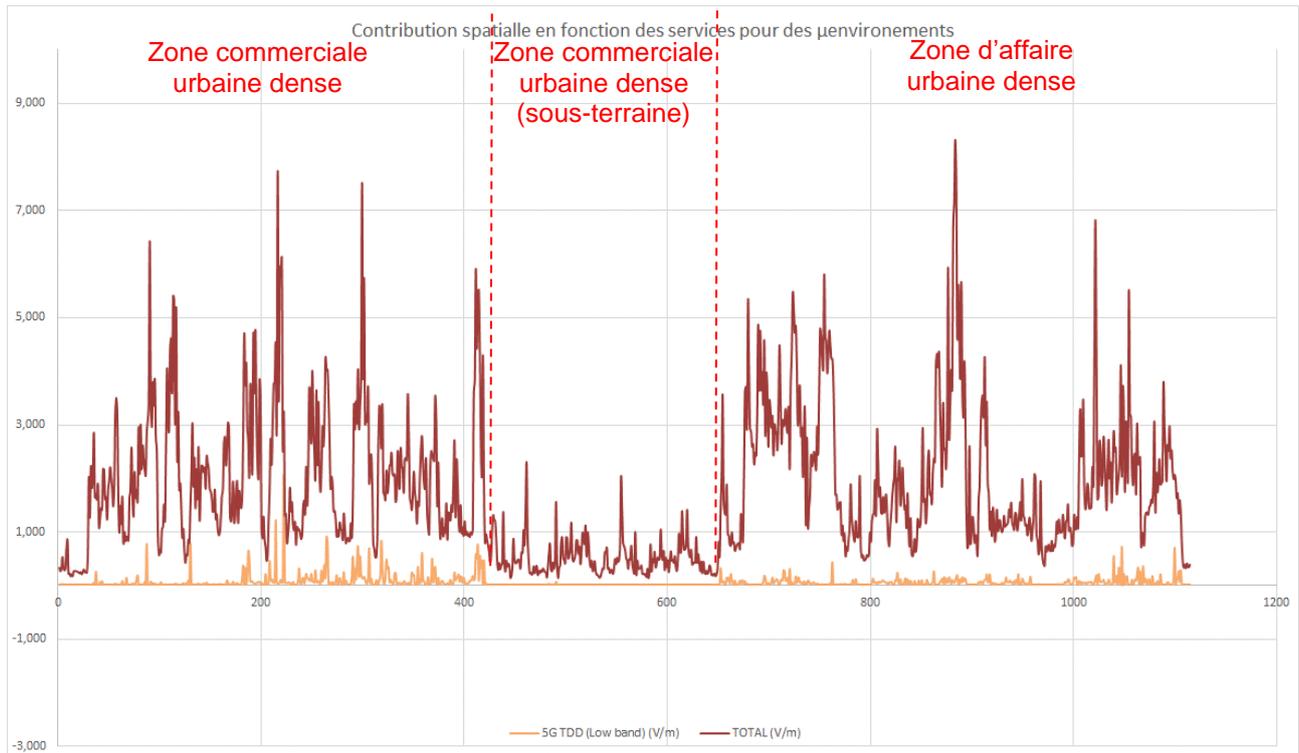


Figure 21 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

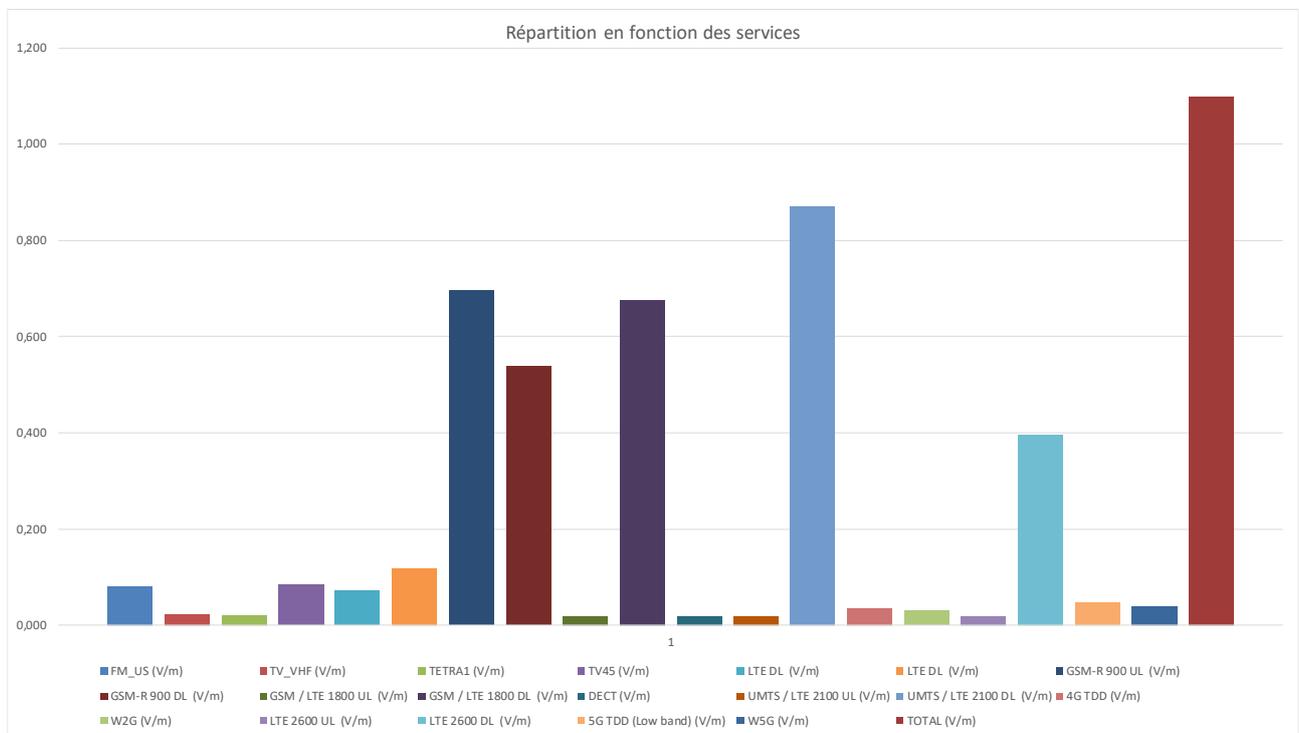


Figure 22 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.1.2 En zone rurale

a) Zones cartographiées

3 quartiers en zone rurale ont été cartographiés :

- **Zone commerciale rurale,**
- **Zone administrative (mairie, poste, crèche, centre culturel, pompier, université, etc.),**
- **Zone résidentielle rurale.**

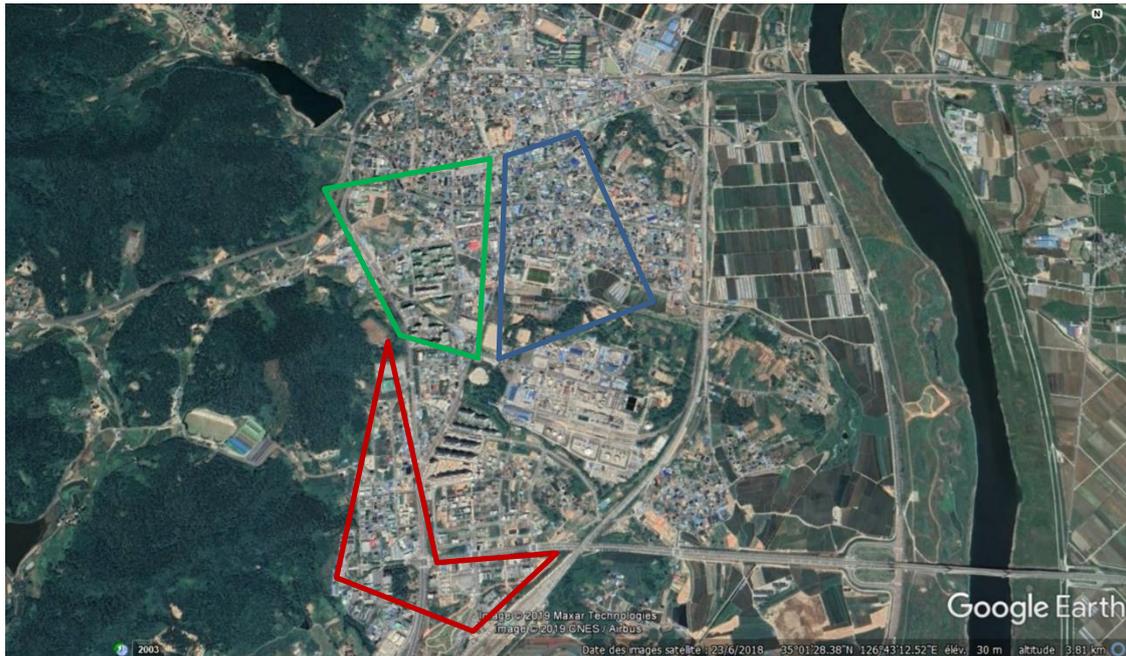


Figure 23 : Zones cartographiées

b) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 20/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 14h40
- La fin de l'enregistrement : 18h05
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 17,4mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 335,8mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 804,8mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 50,9mV/m.

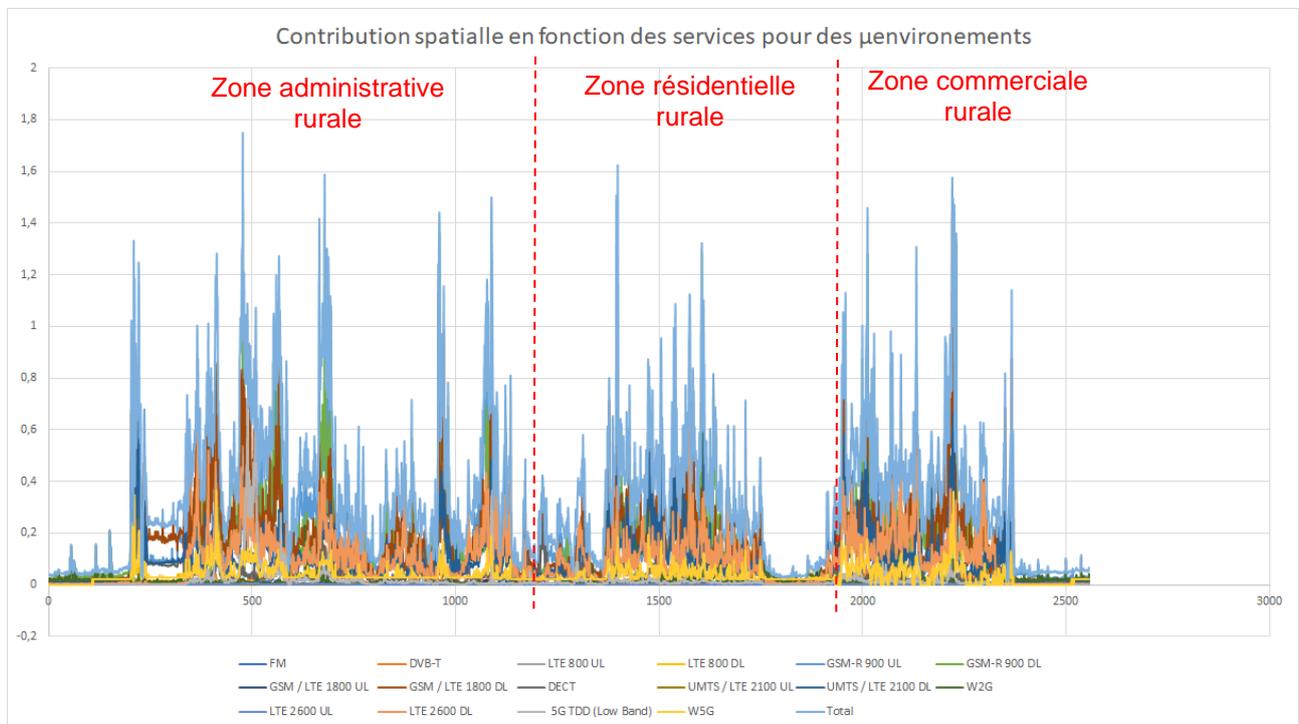


Figure 24 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

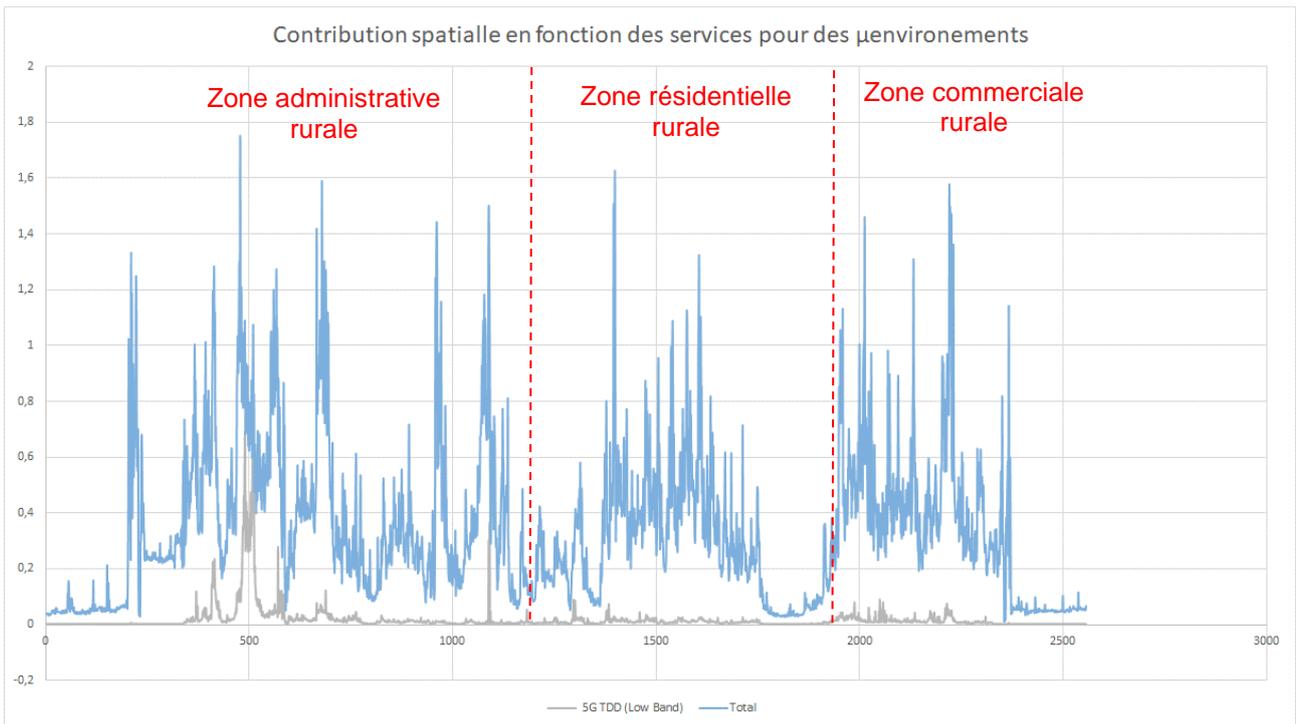


Figure 25 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

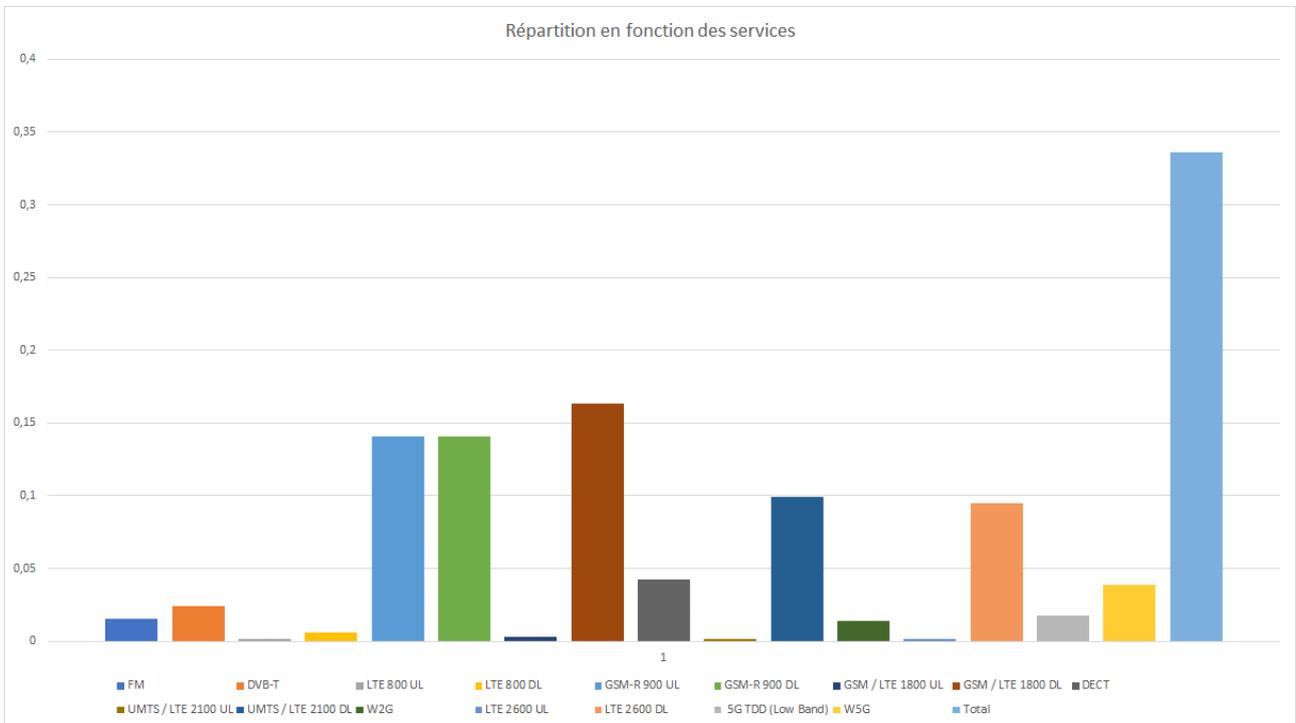


Figure 26 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



c) Pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 20/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 14h40
- La fin de l'enregistrement : 18h05
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 28,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 118,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 89,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 152,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 2,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 18,0mV/m.

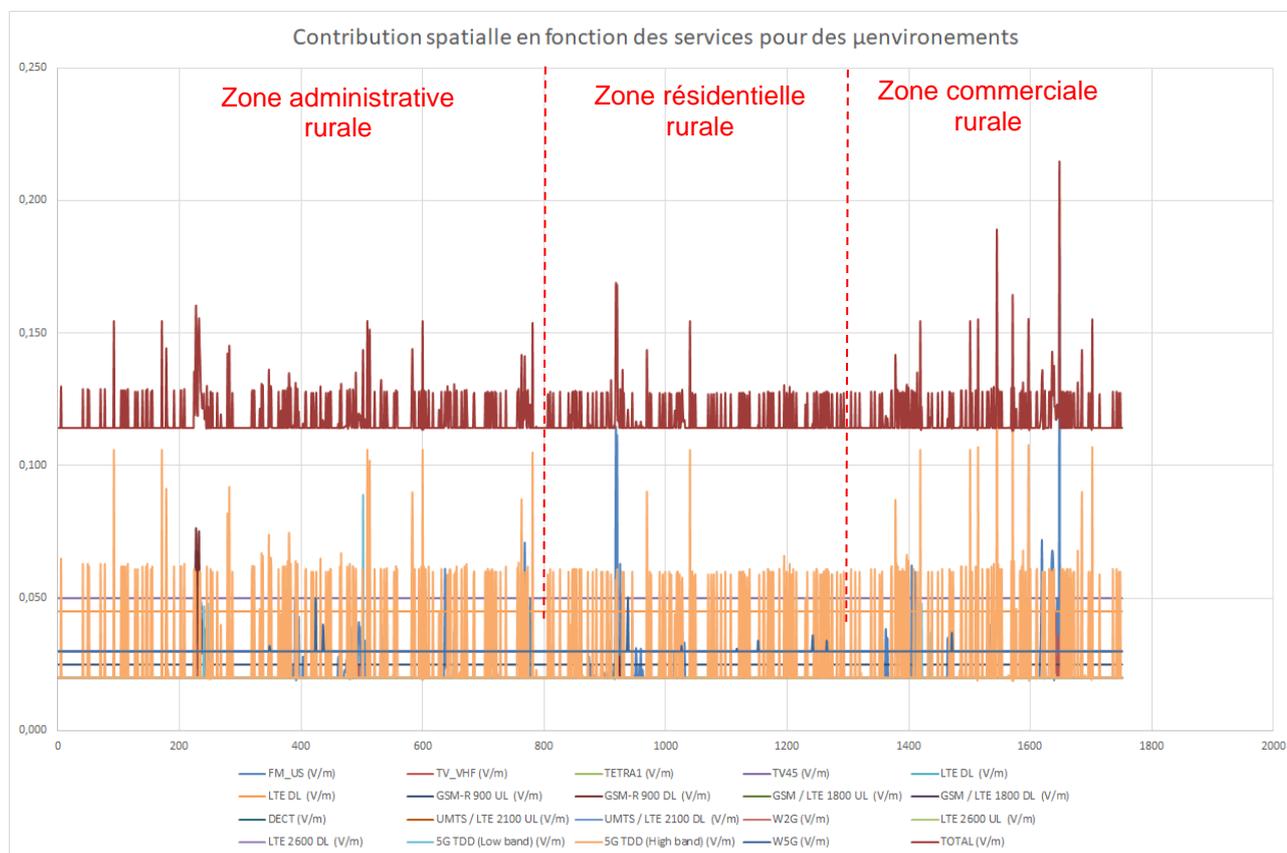


Figure 27 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

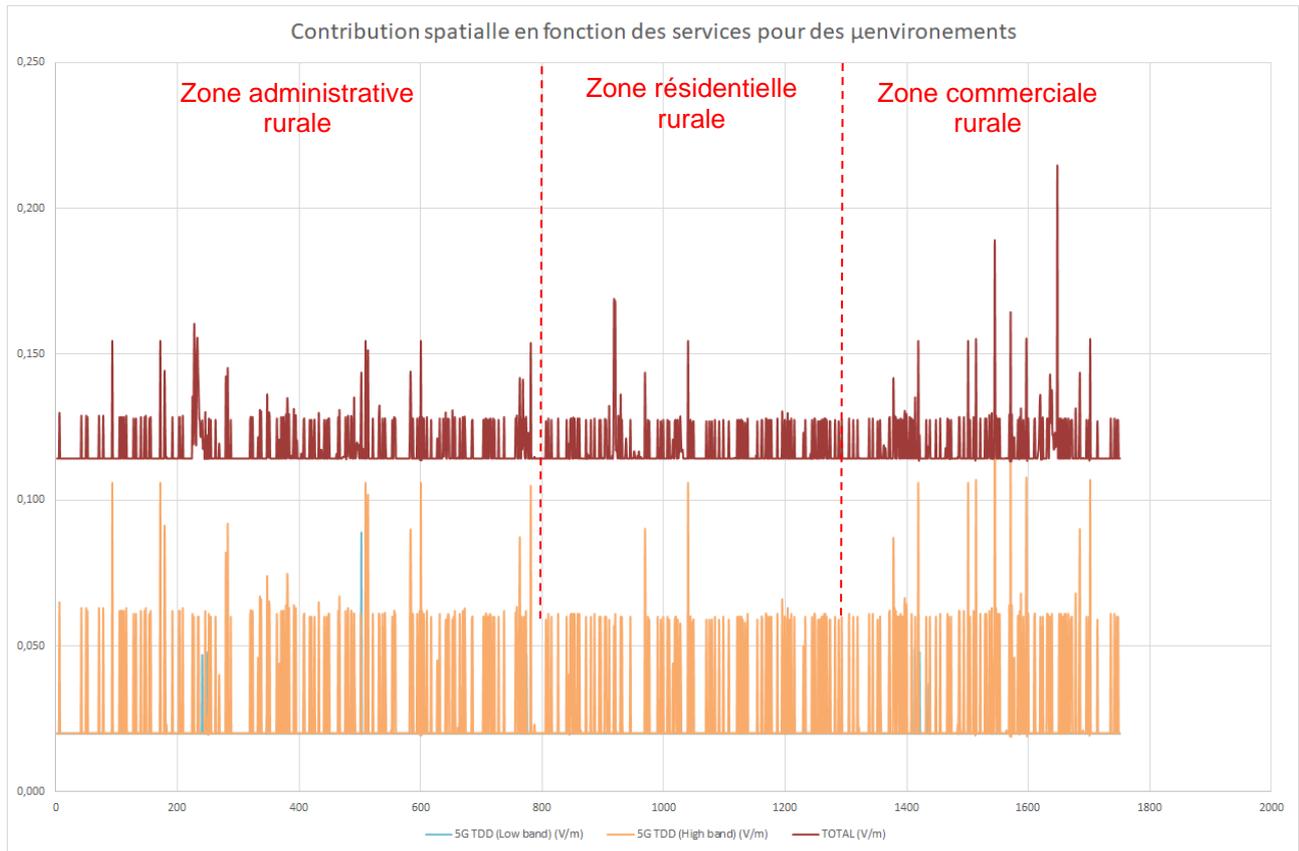


Figure 28 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

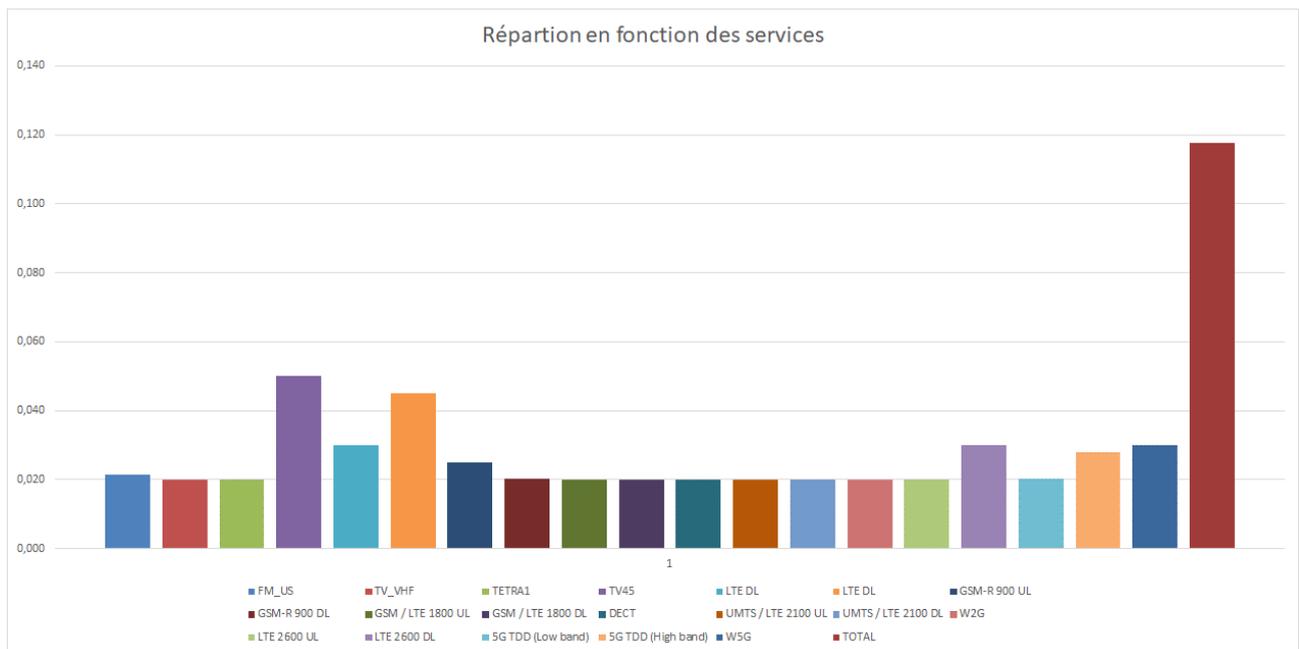


Figure 29 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.1.3 En zone urbaine

a) Zones cartographiées

3 quartiers en zone urbaine ont été cartographiés :

- Zone commerciale urbaine,
- Zone de divertissement (parc),
- Zone résidentielle urbaine.

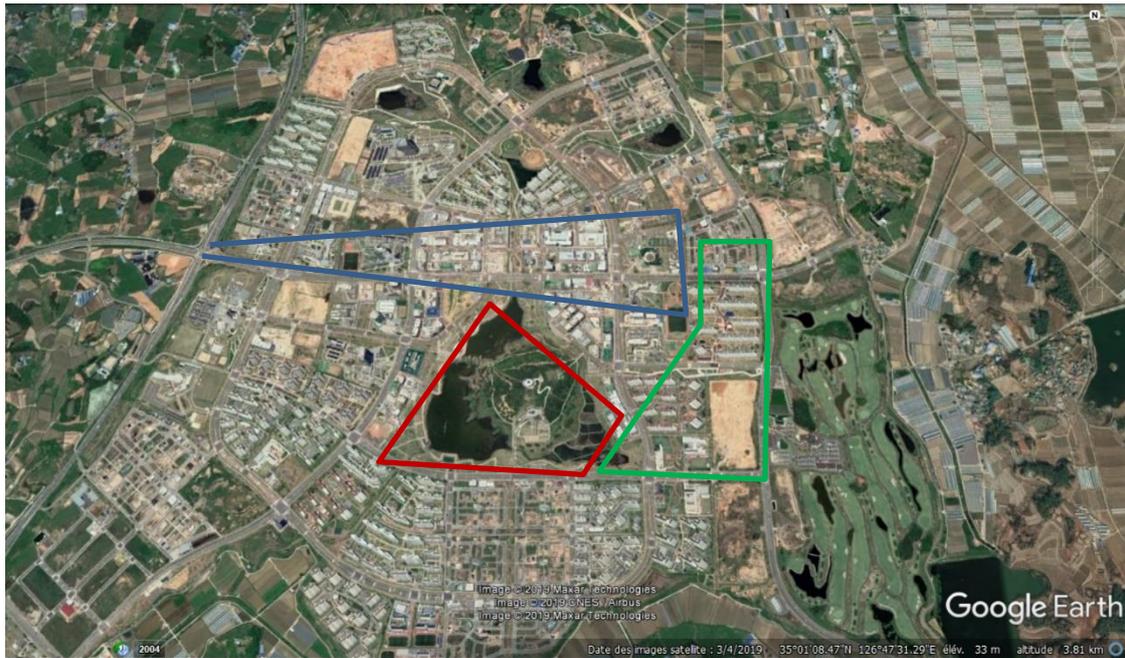


Figure 30 : Zones cartographiées

b) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 21/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 11h10
- La fin de l'enregistrement : 12h50
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,3mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 469,1mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 258,4mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 25,2mV/m.

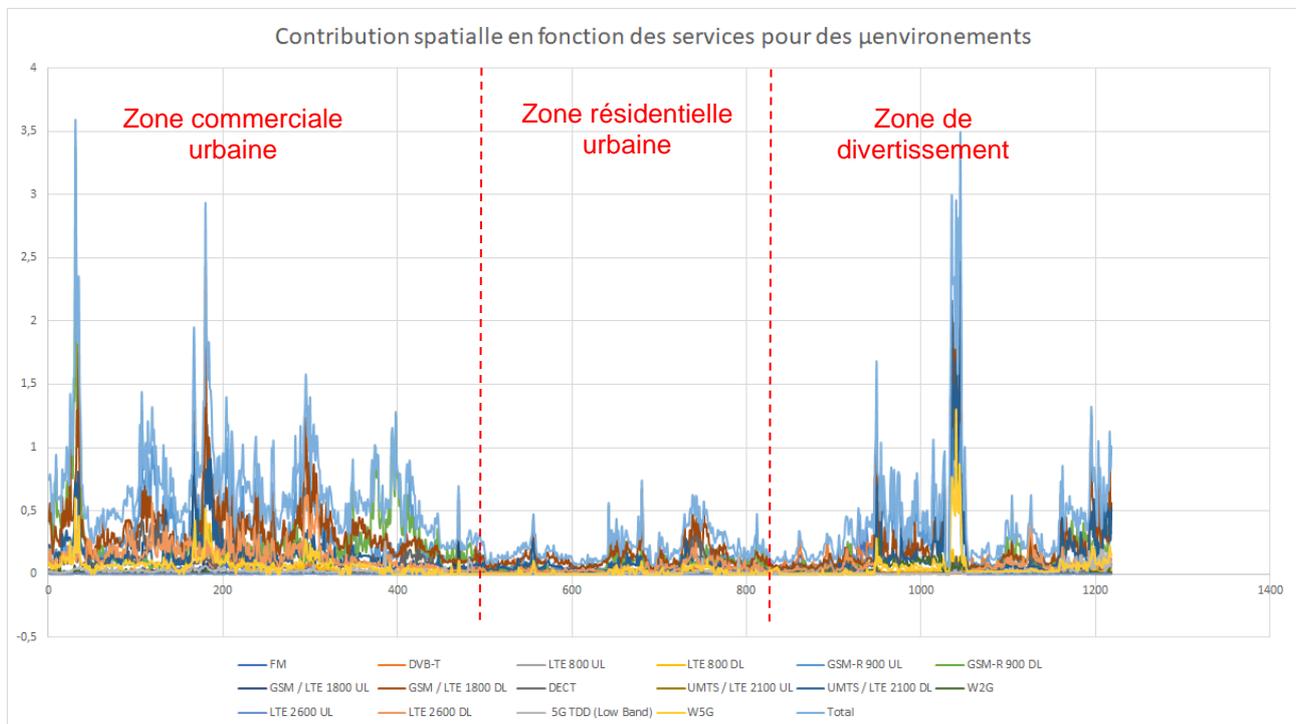


Figure 31 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

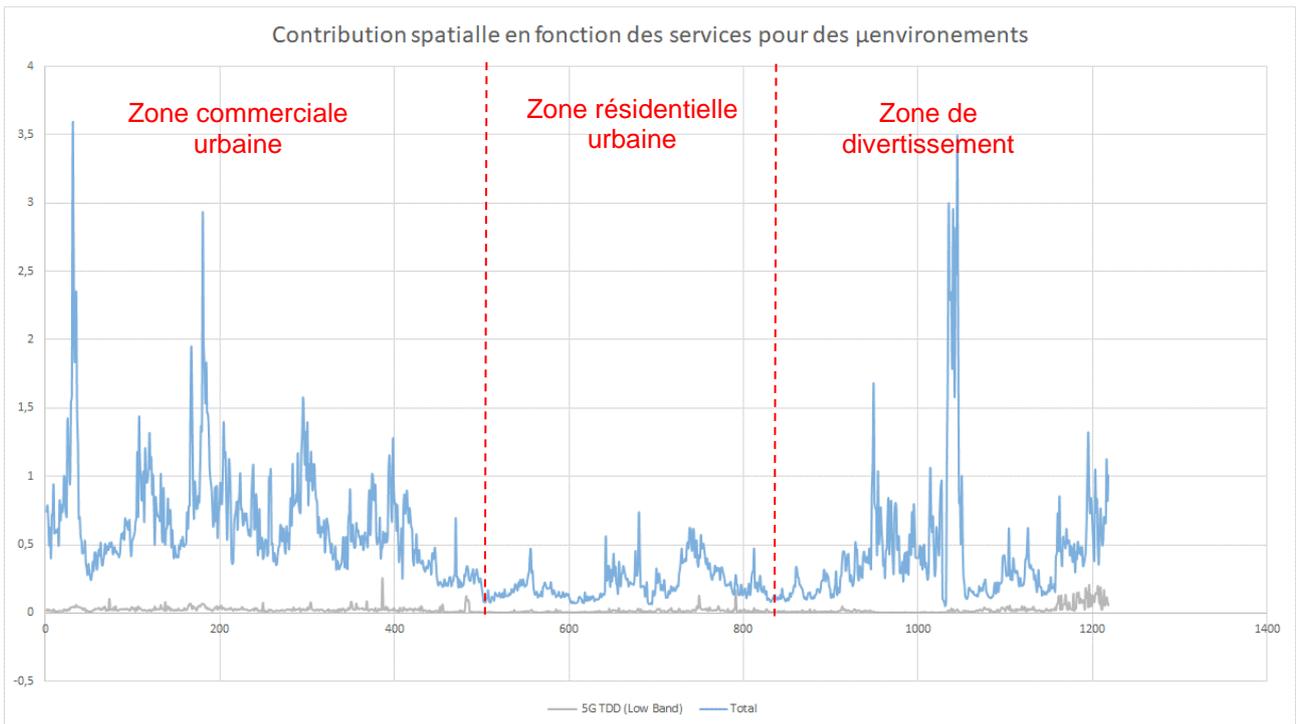


Figure 32 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

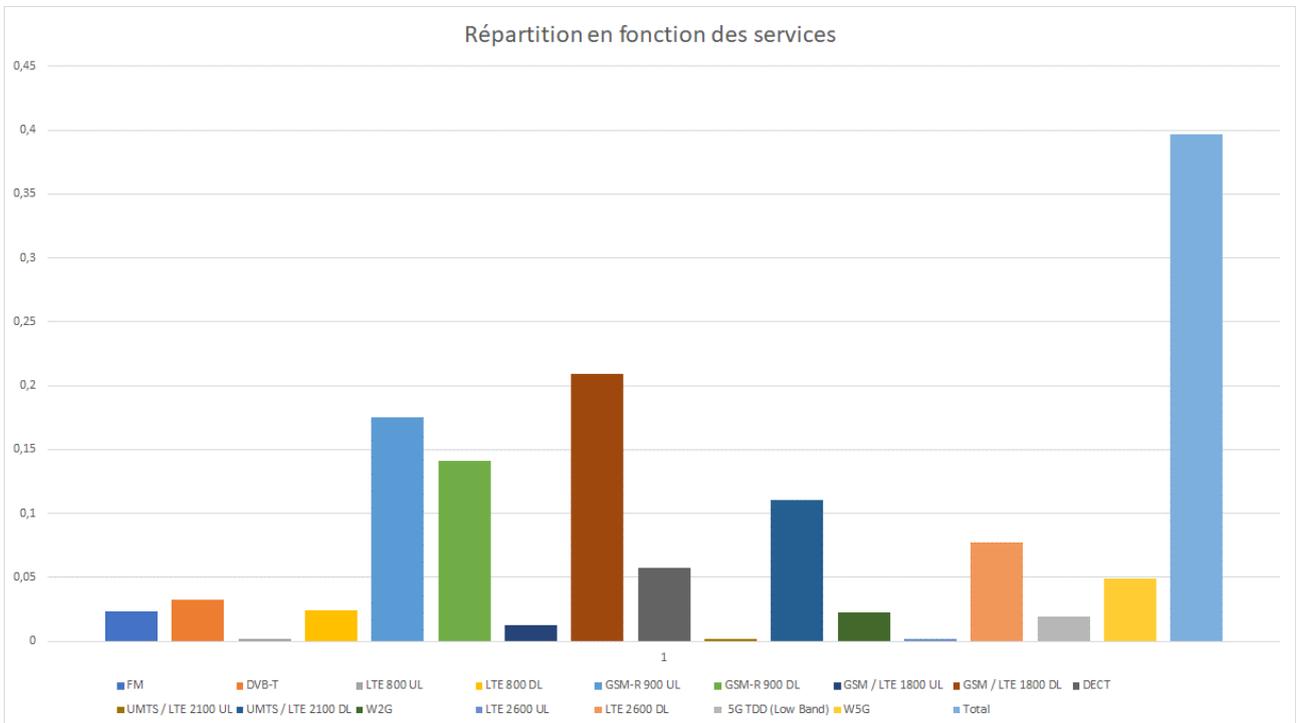


Figure 33 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

c) Pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 21/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 10h30
- La fin de l'enregistrement : 12h50
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 21,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 30,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 119,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 100,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 517,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 7,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 24,0mV/m.

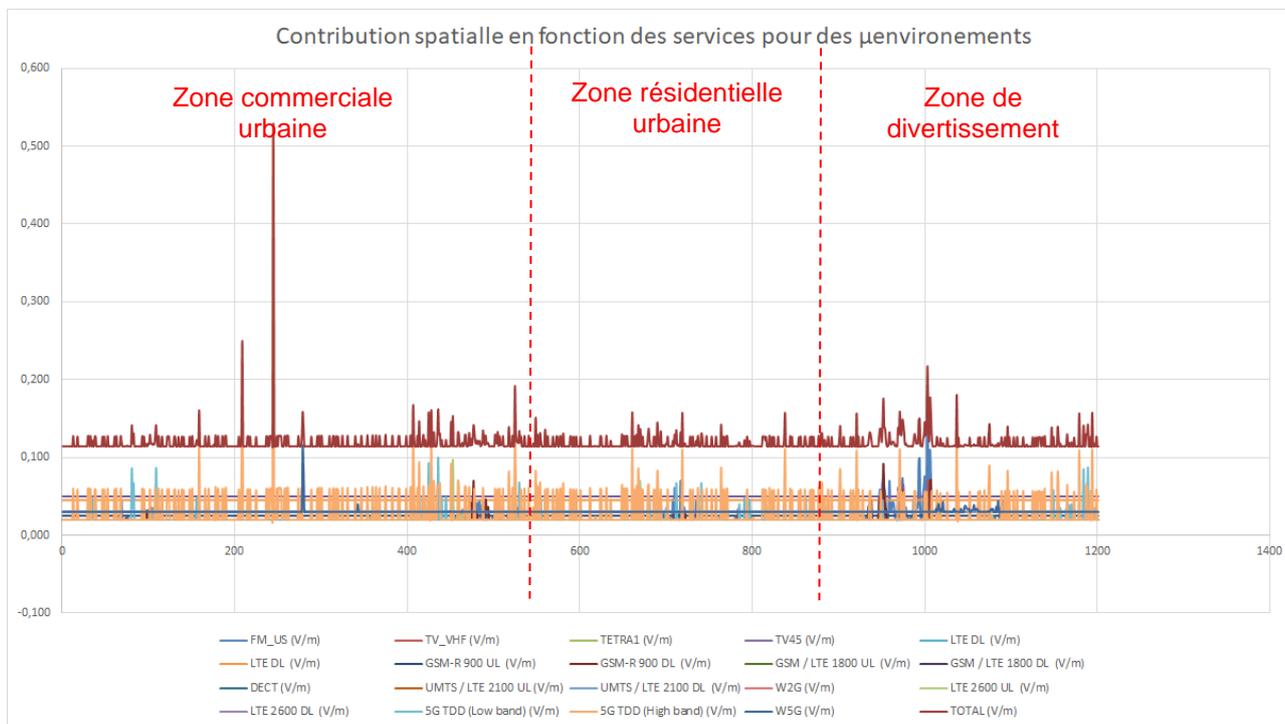


Figure 34 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

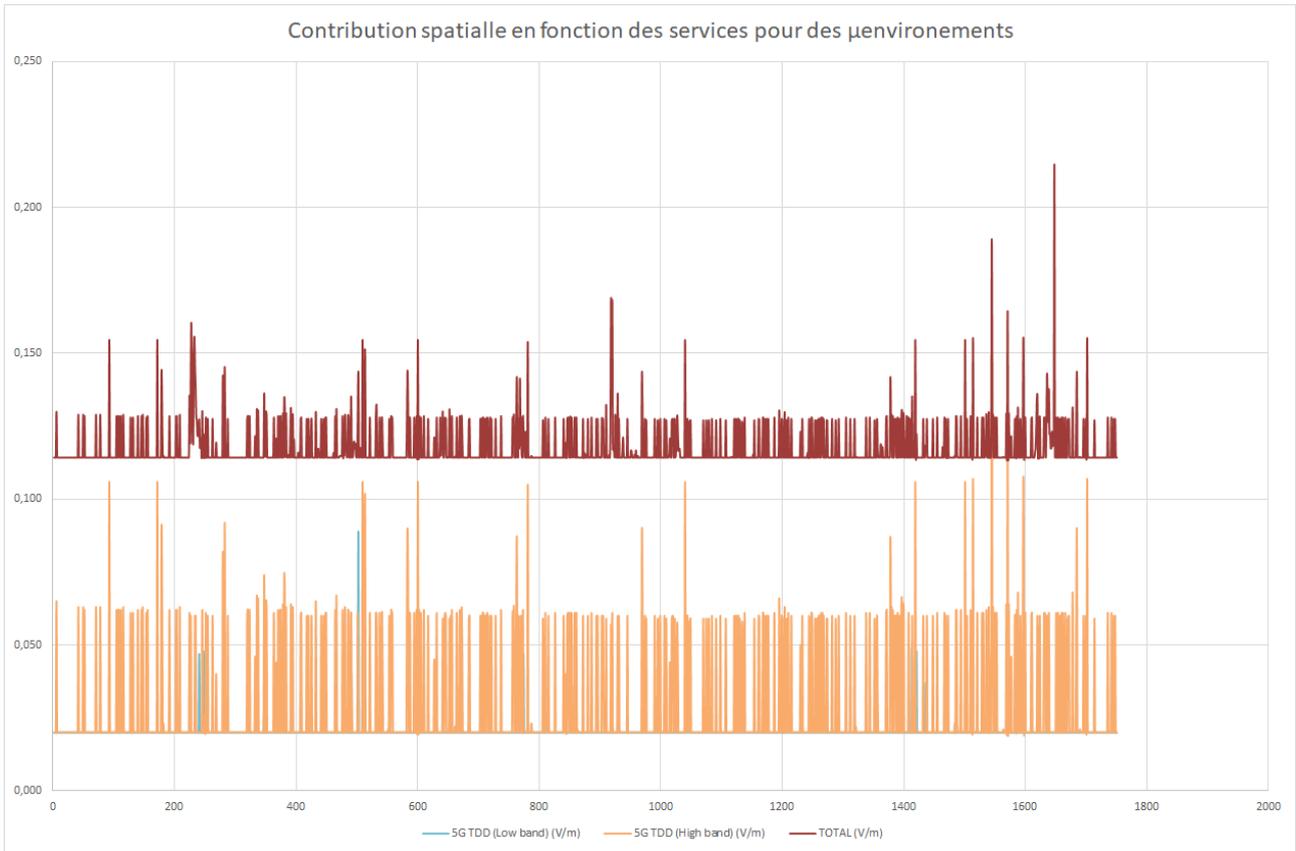


Figure 35 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

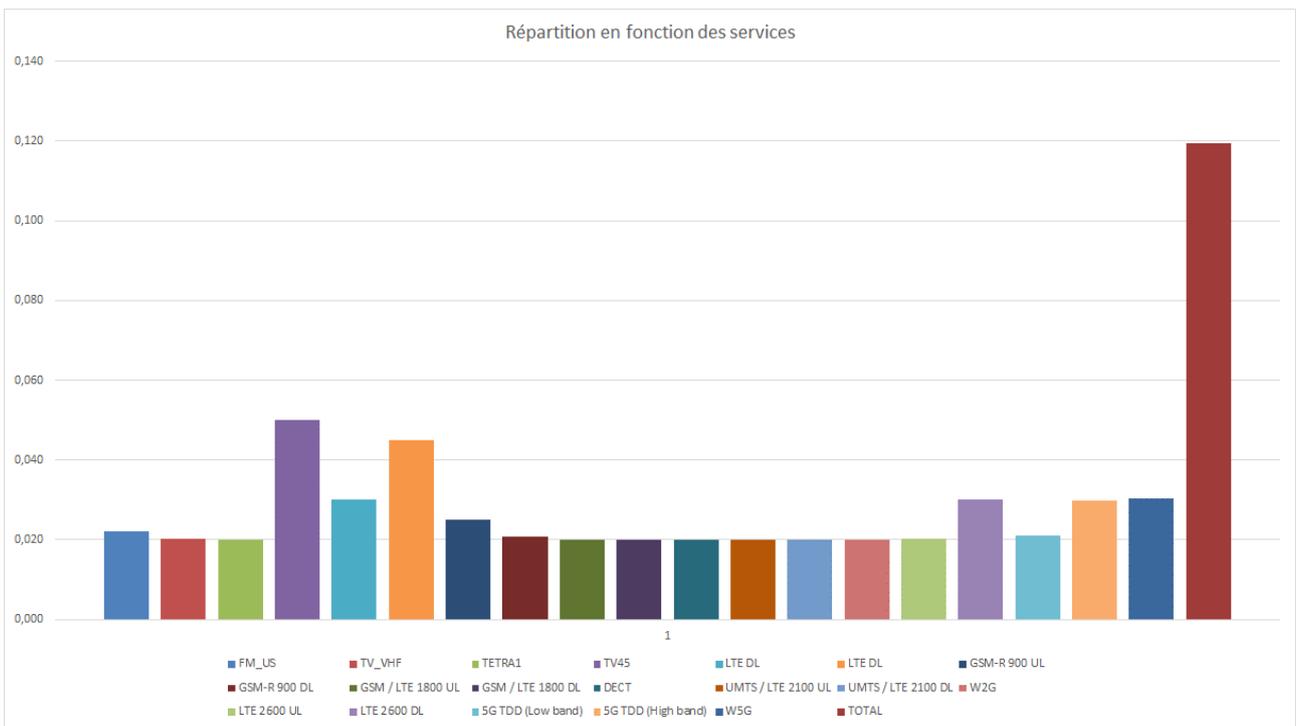


Figure 36 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.2 Variabilité géographique de l'exposition à proximité immédiate d'une station 5G

a) Zones cartographiées

3 zones urbaines ont été cartographiées :

- Sur le toit équipé de stations 5G,
- Dans le lobe principal de l'antenne 5G,
- Dans un bâtiment à proximité (NRRA).

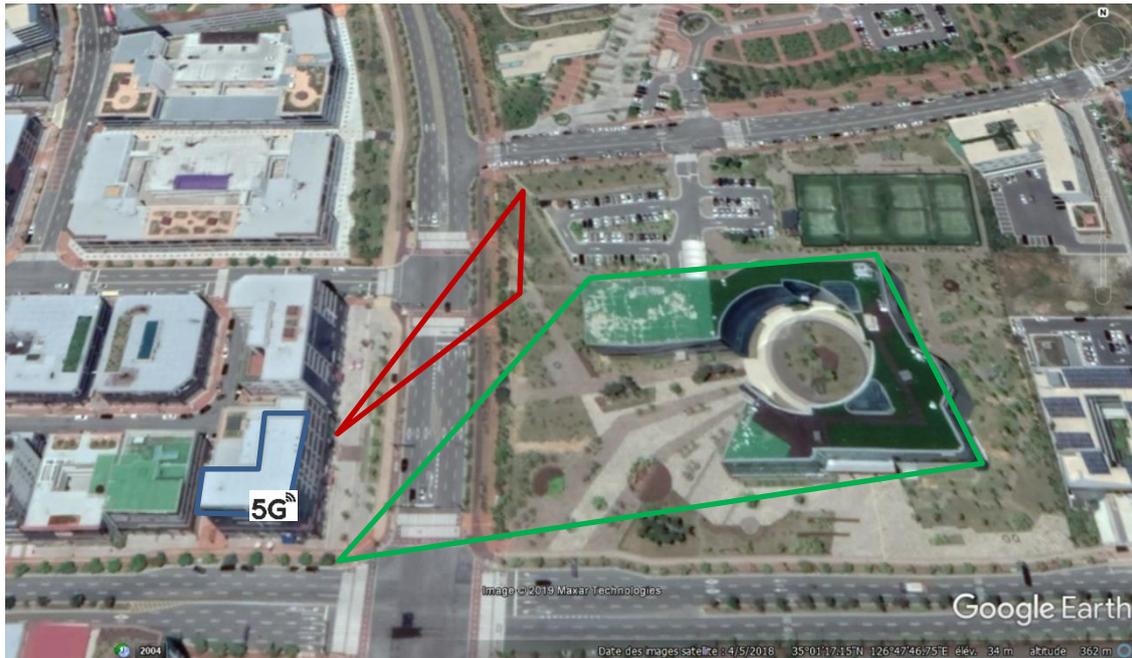


Figure 37 : Zones cartographiées

b) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 22/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 09h00
- La fin de l'enregistrement : 11h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 561,4mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 1037,4mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 2576,2mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 669,7mV/m.

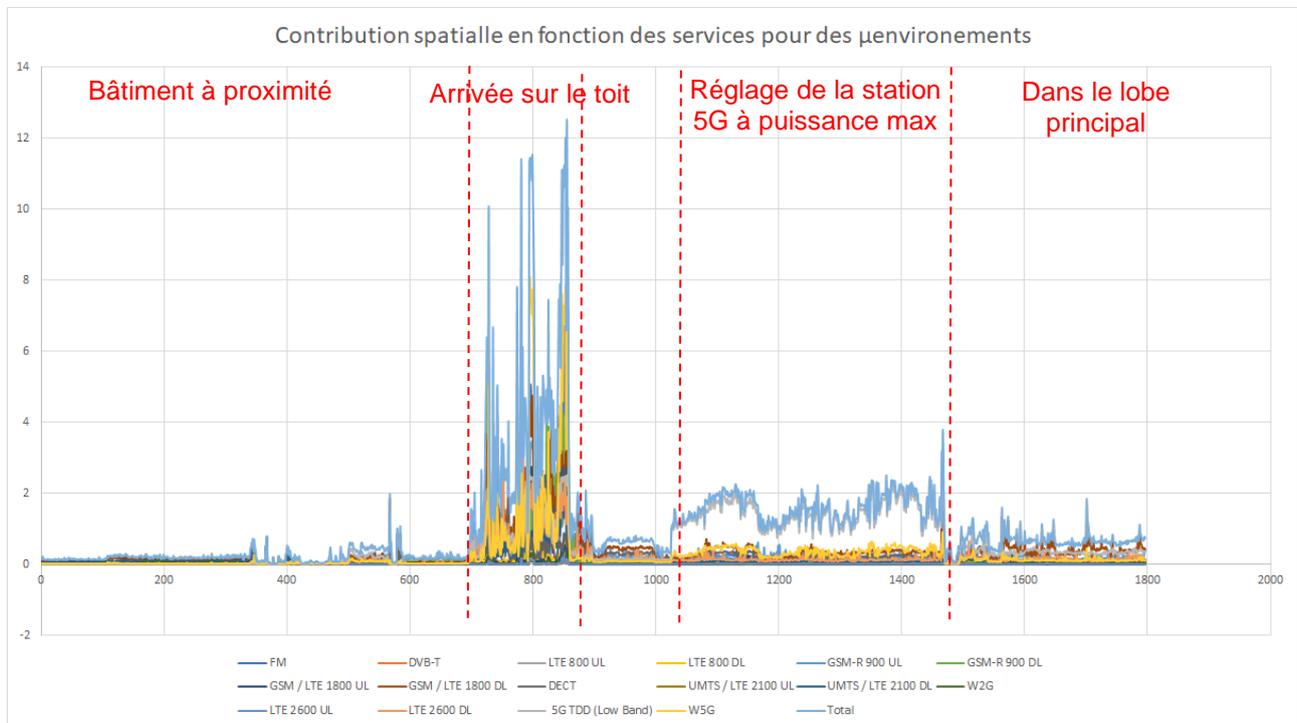


Figure 38 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

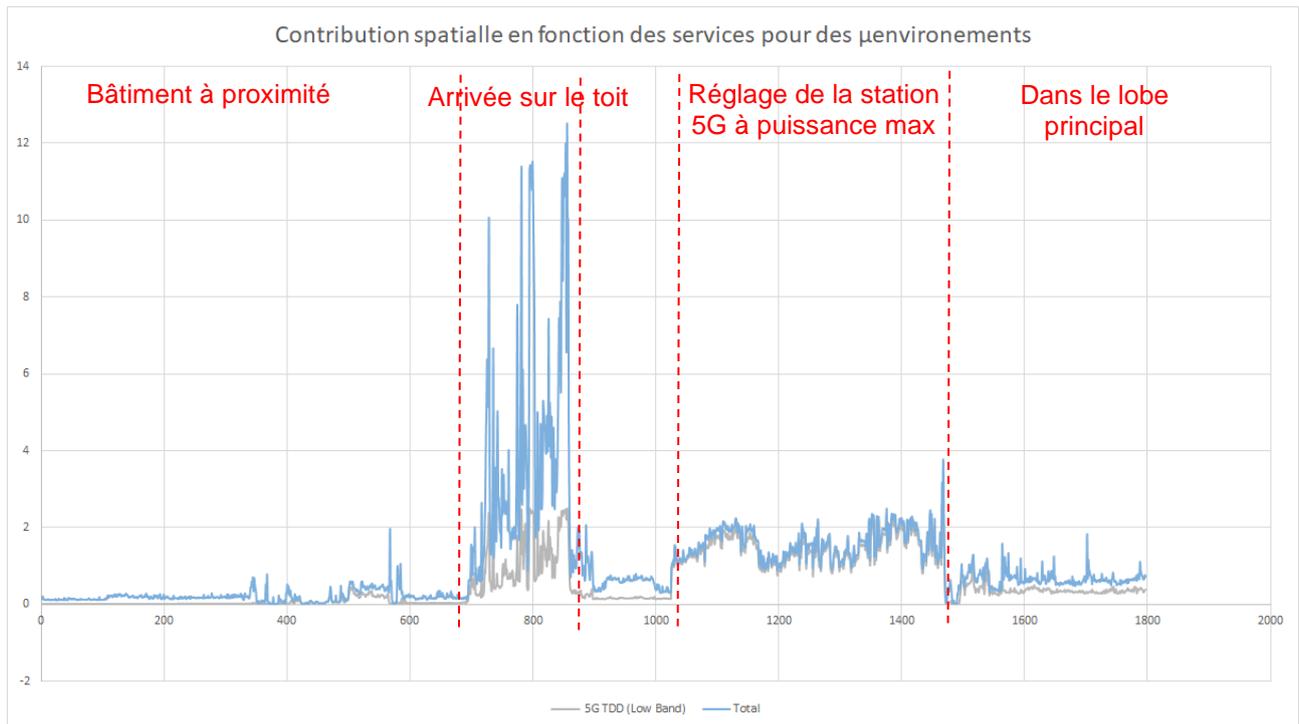


Figure 39 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

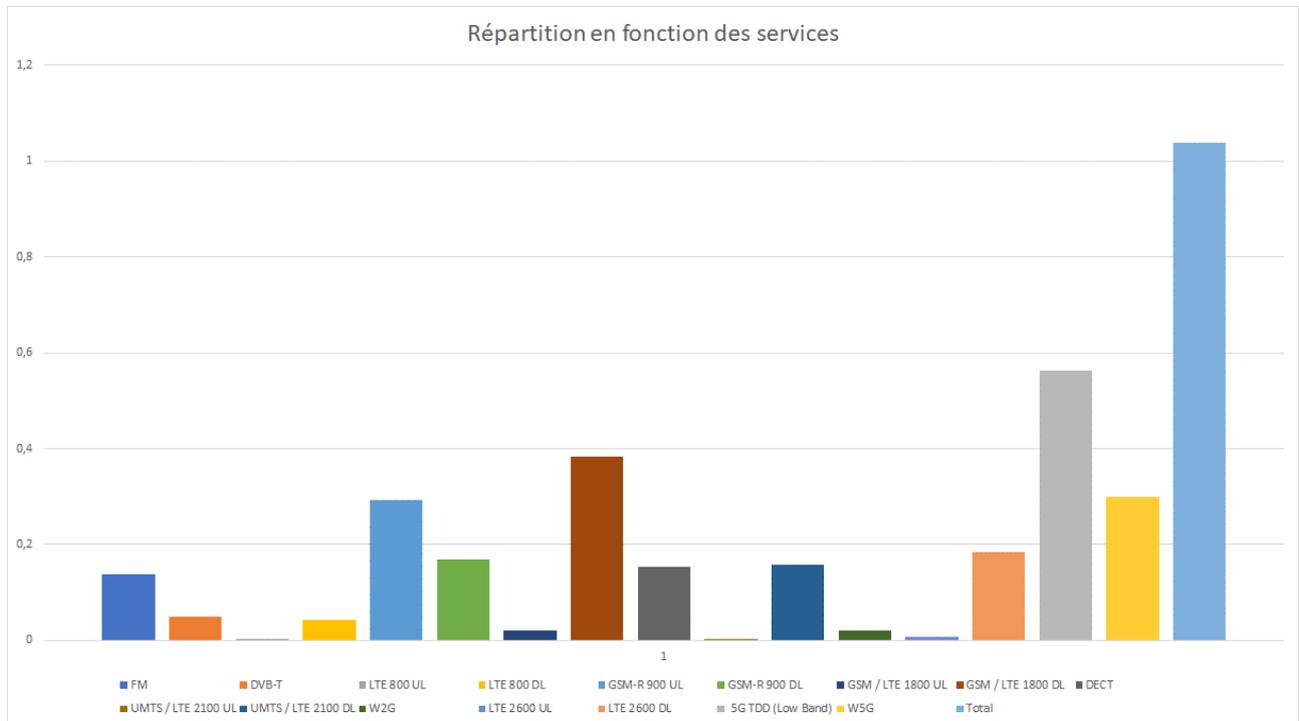


Figure 40 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



c) Pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 22/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 09h00
- La fin de l'enregistrement : 11h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 50,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 171,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 301,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 2545,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 4093,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 172,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 549,0mV/m.

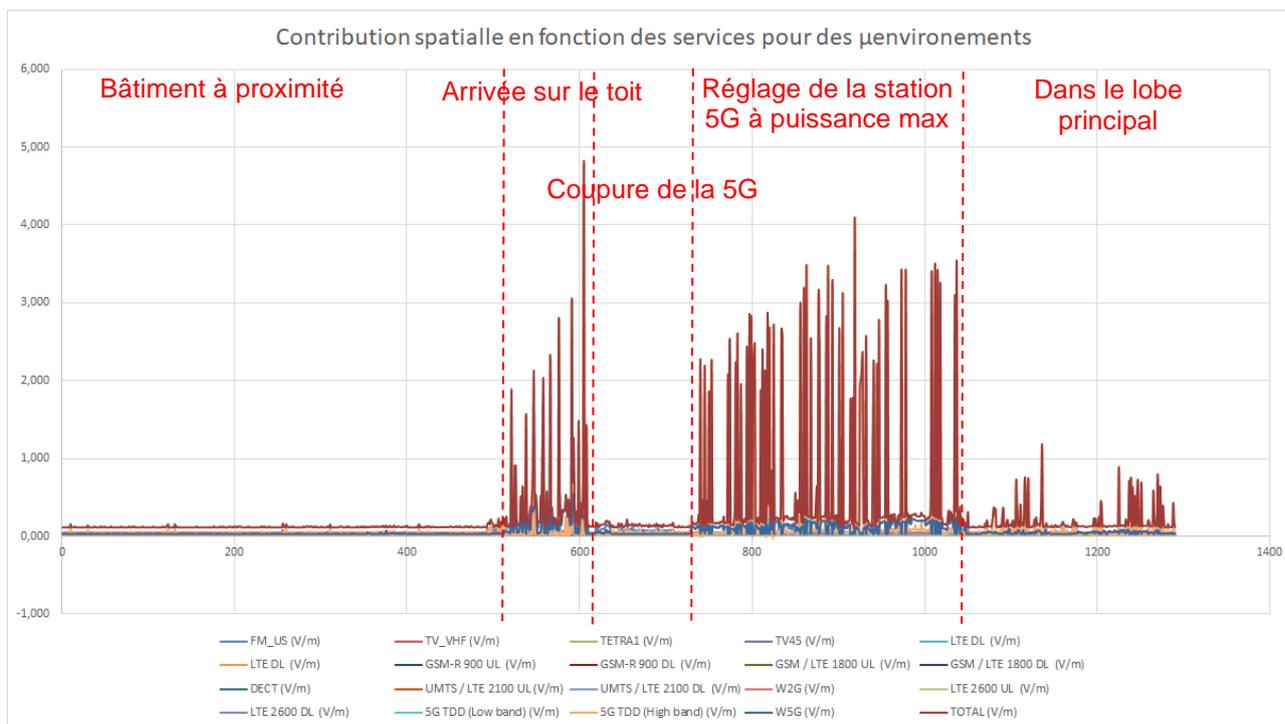


Figure 41 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

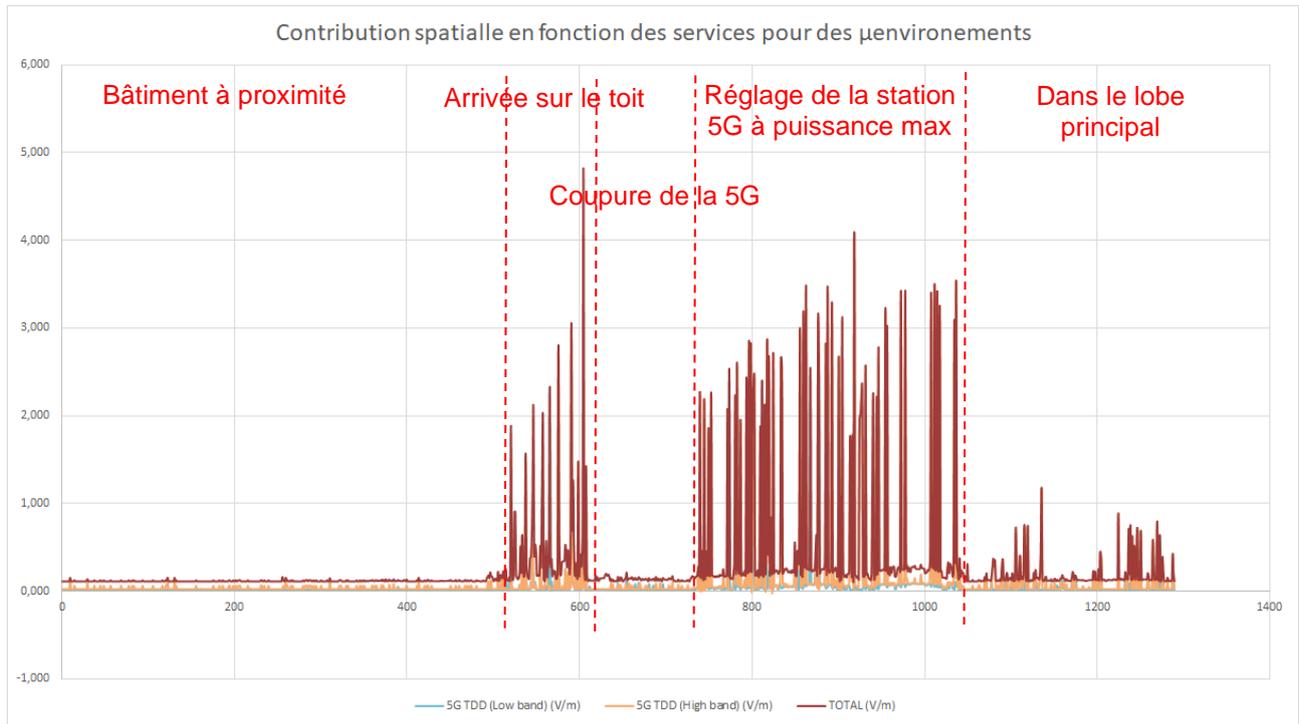


Figure 42 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

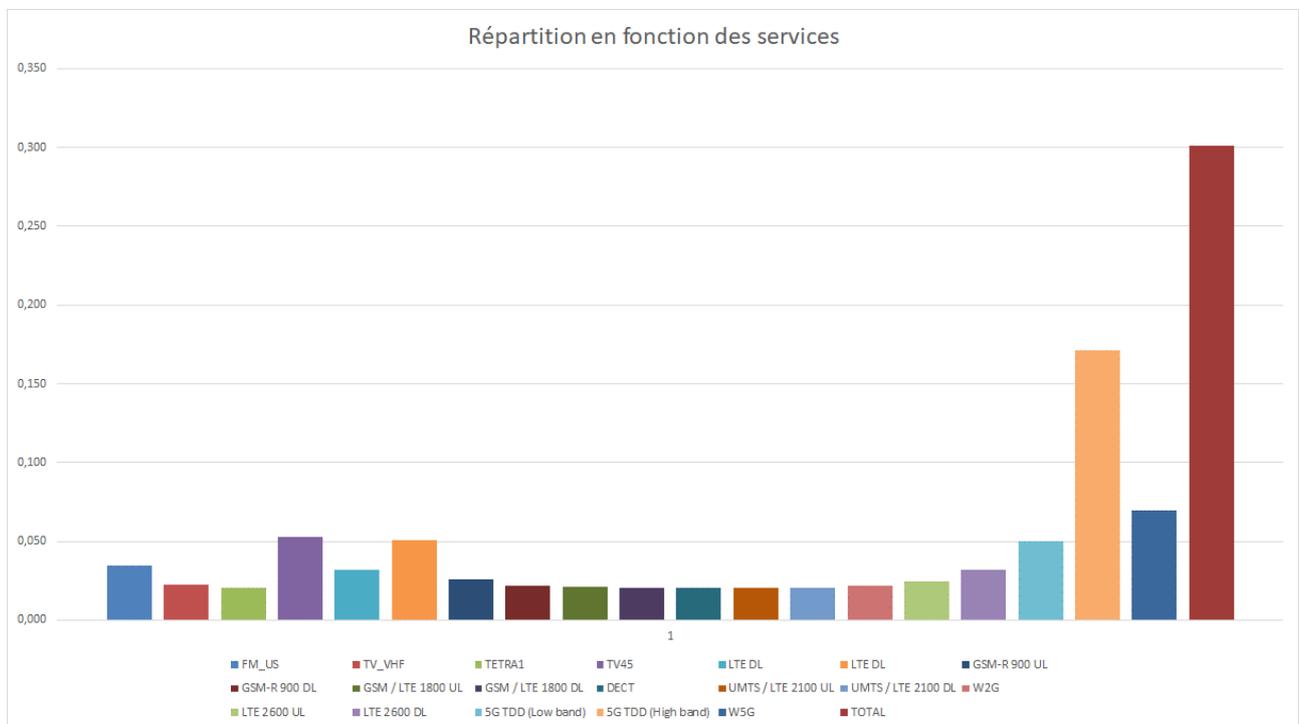


Figure 43 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.3 Variabilité géographique de l'exposition sur les réseaux de transport

4.3.1 En zone rurale/urbaine/urbaine dense – Trajet en train à grande vitesse

Une évaluation de la variabilité de l'exposition 5G a été réalisée sur une liaison ferroviaire Naju - Séoul. Le trajet ciblé comprend des portions classiques et des portions à grande vitesse.

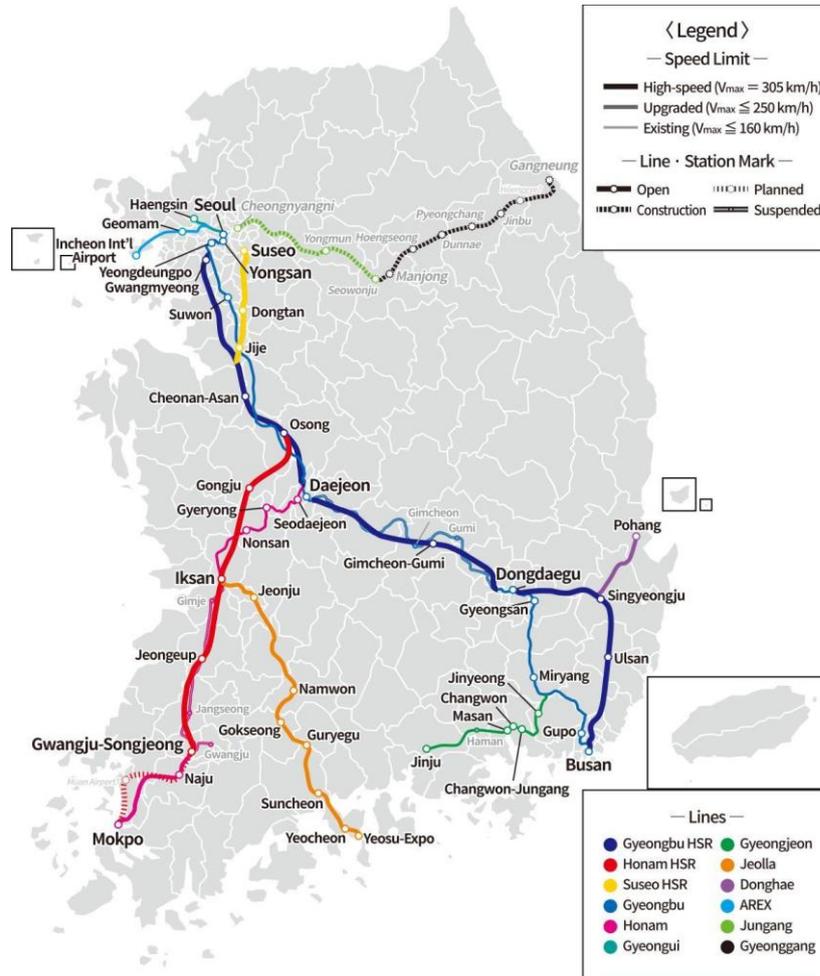


Figure 44 : Liaison ferroviaire empruntée Naju – Seoul (Source : KTX)

a) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 23/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 05h35
- La fin de l'enregistrement : 09h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 16.1mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 373,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 732.3mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 33,5mV/m.

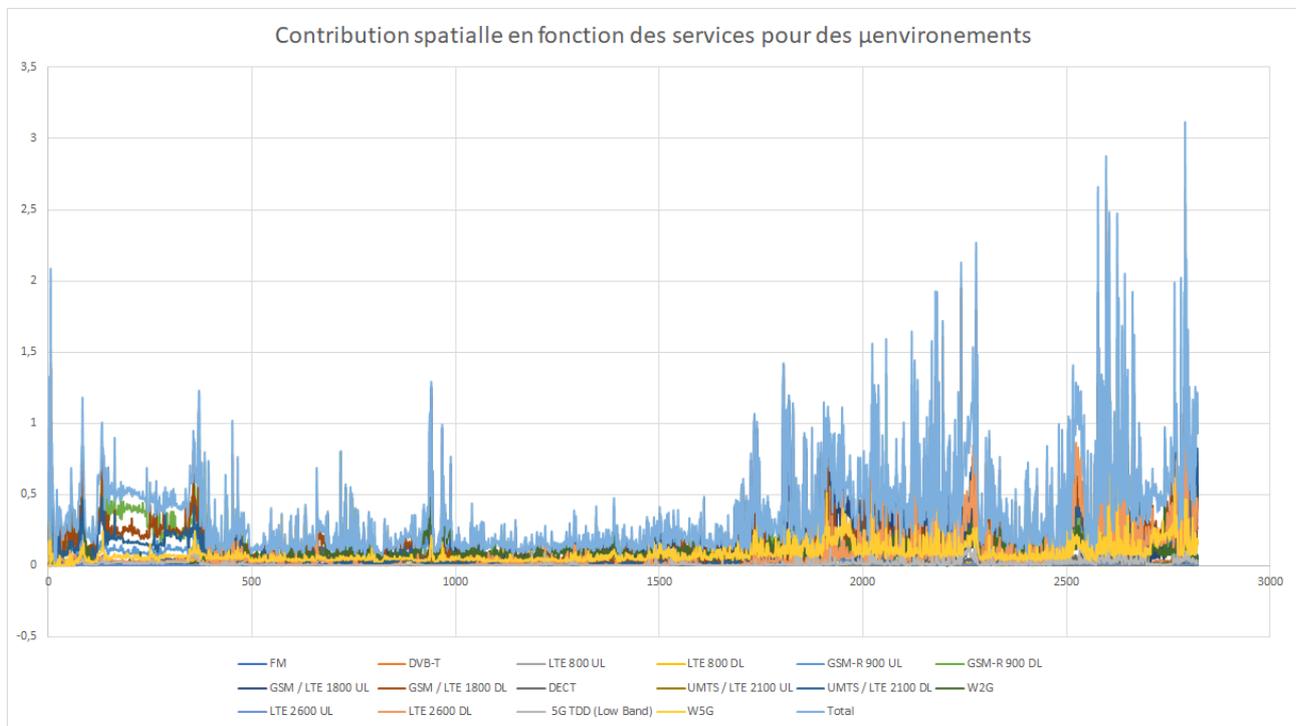


Figure 45 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

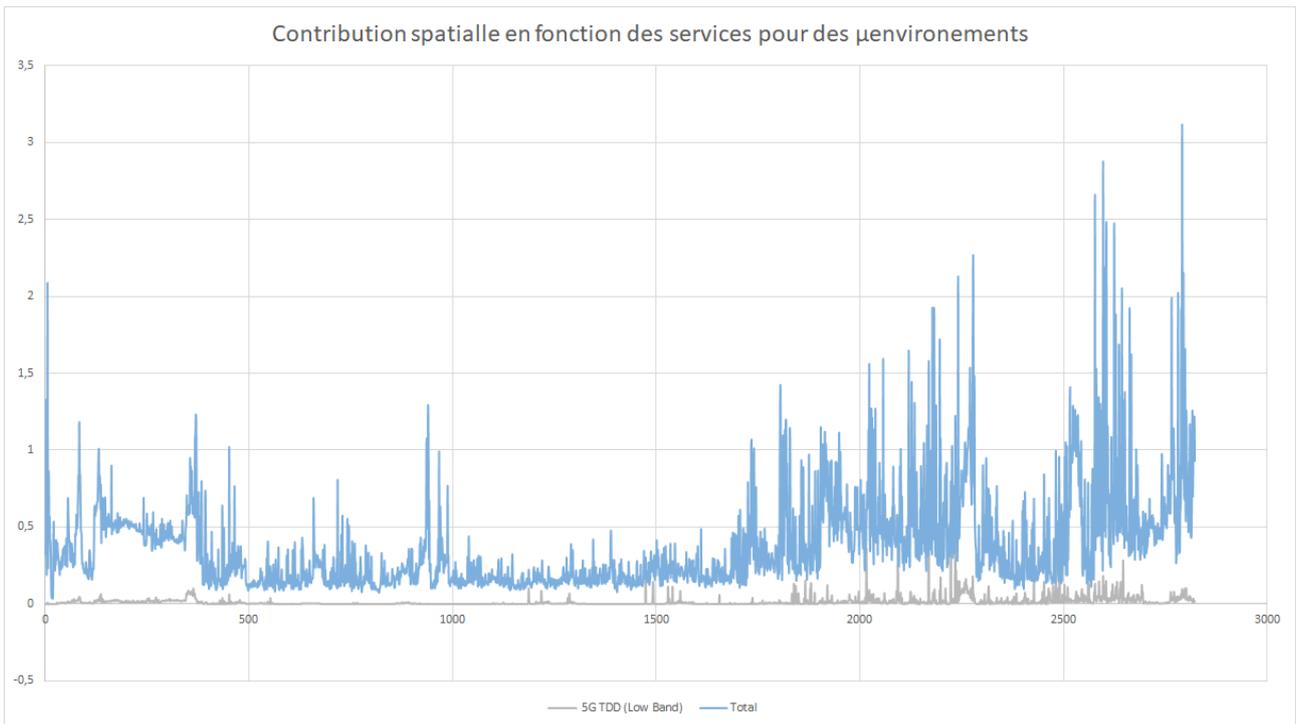


Figure 46 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

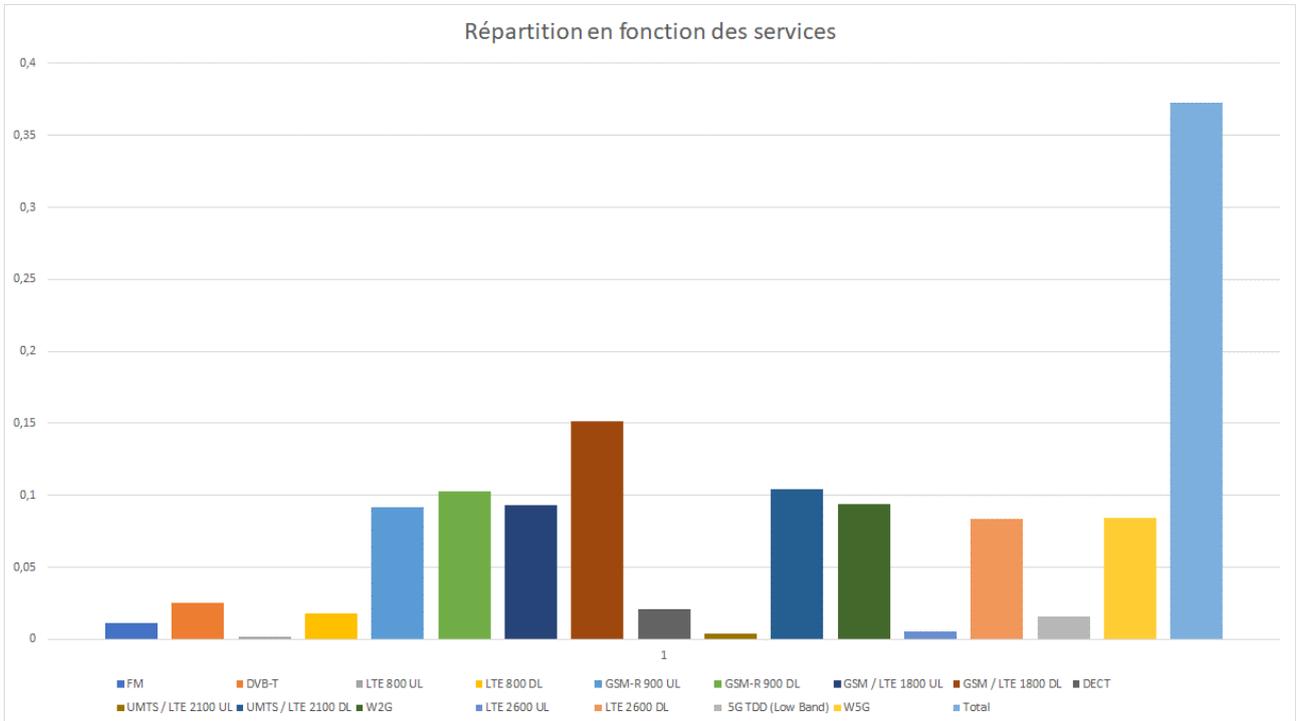


Figure 47 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



b) Relevés pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 23/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 07h55
- La fin de l'enregistrement : 09h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 21,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 497,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 93,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 155,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 3,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 8,0mV/m.

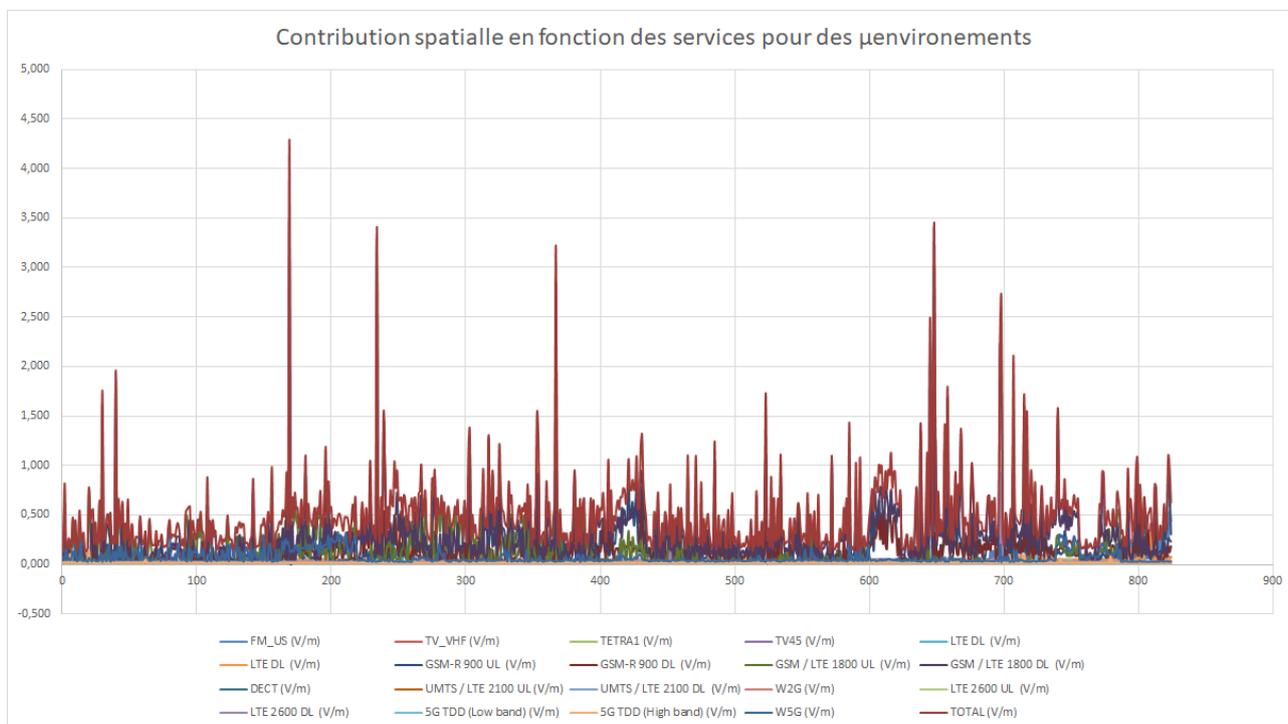


Figure 48 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

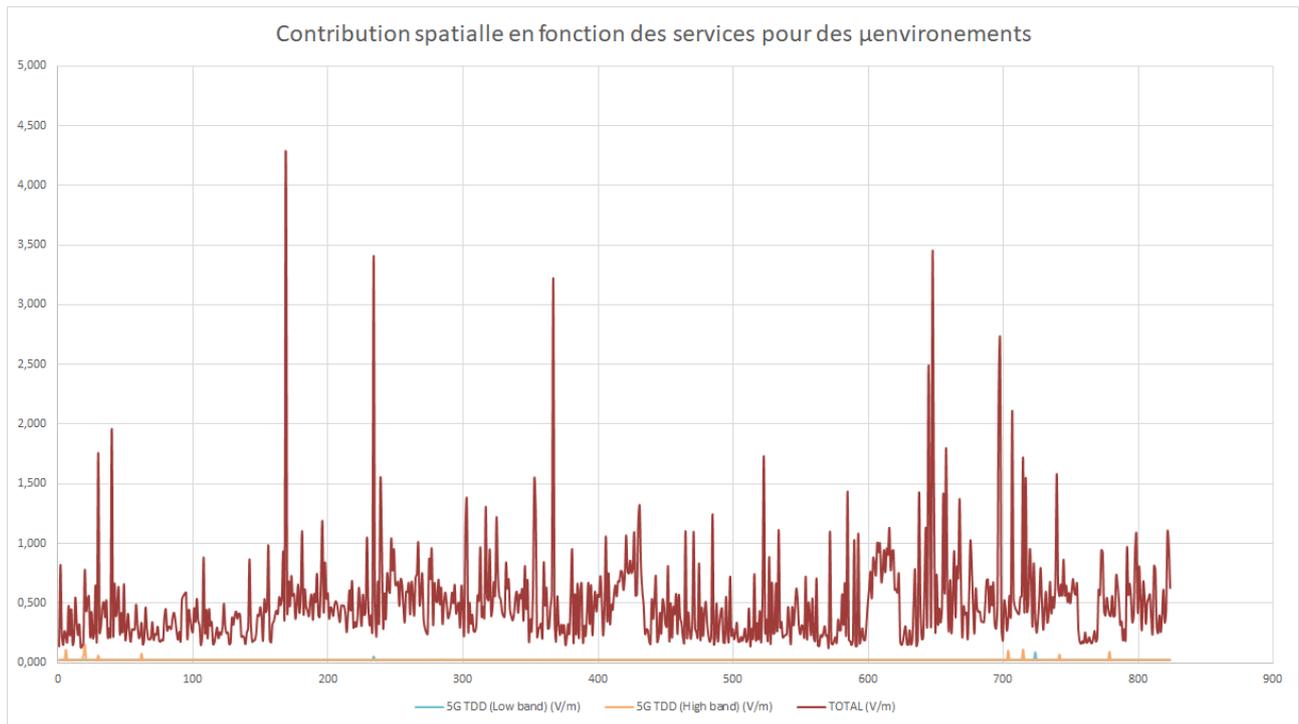


Figure 49 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High band) / au cumul des différents services

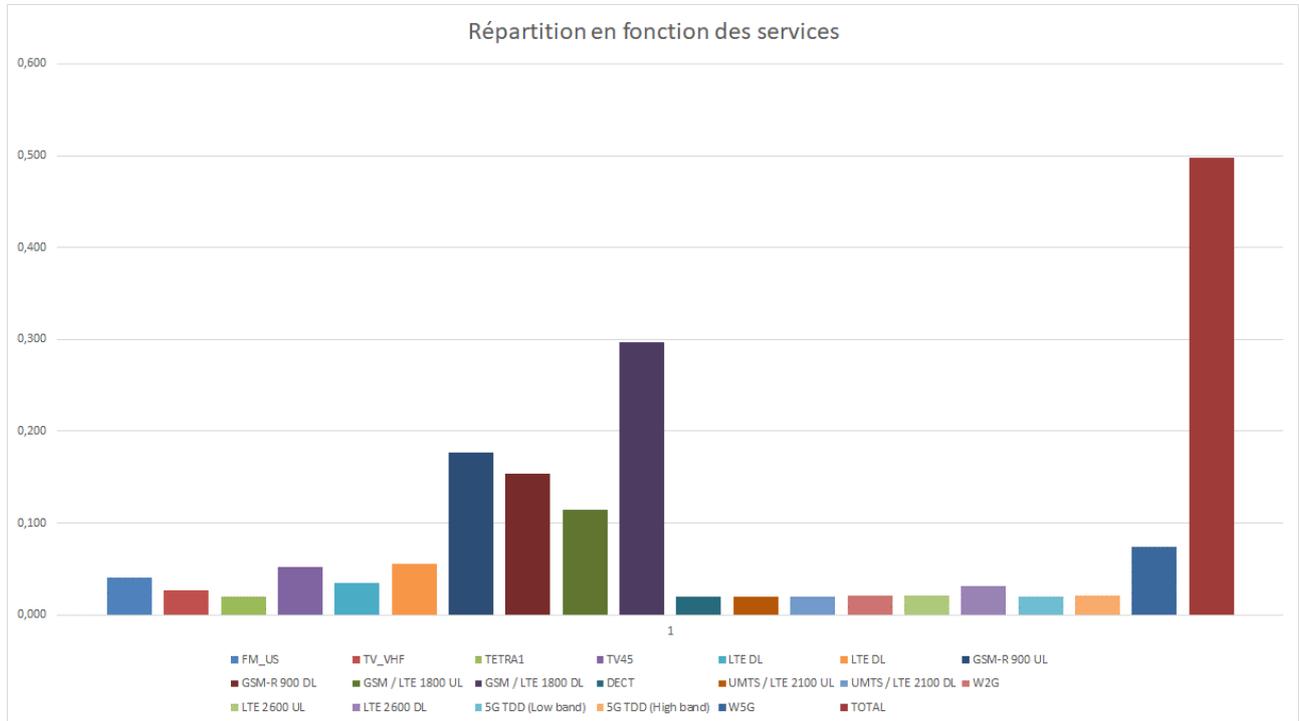


Figure 50 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.3.2 En zone urbaine dense – Trajet urbain

Une évaluation de la variabilité de l'exposition 5G a été réalisée sur des voies urbaines de Séoul. Le trajet ciblé couvre l'ensemble du centre l'agglomération de Séoul :



Figure 51 : Trajet emprunté dans l'agglomération de Séoul

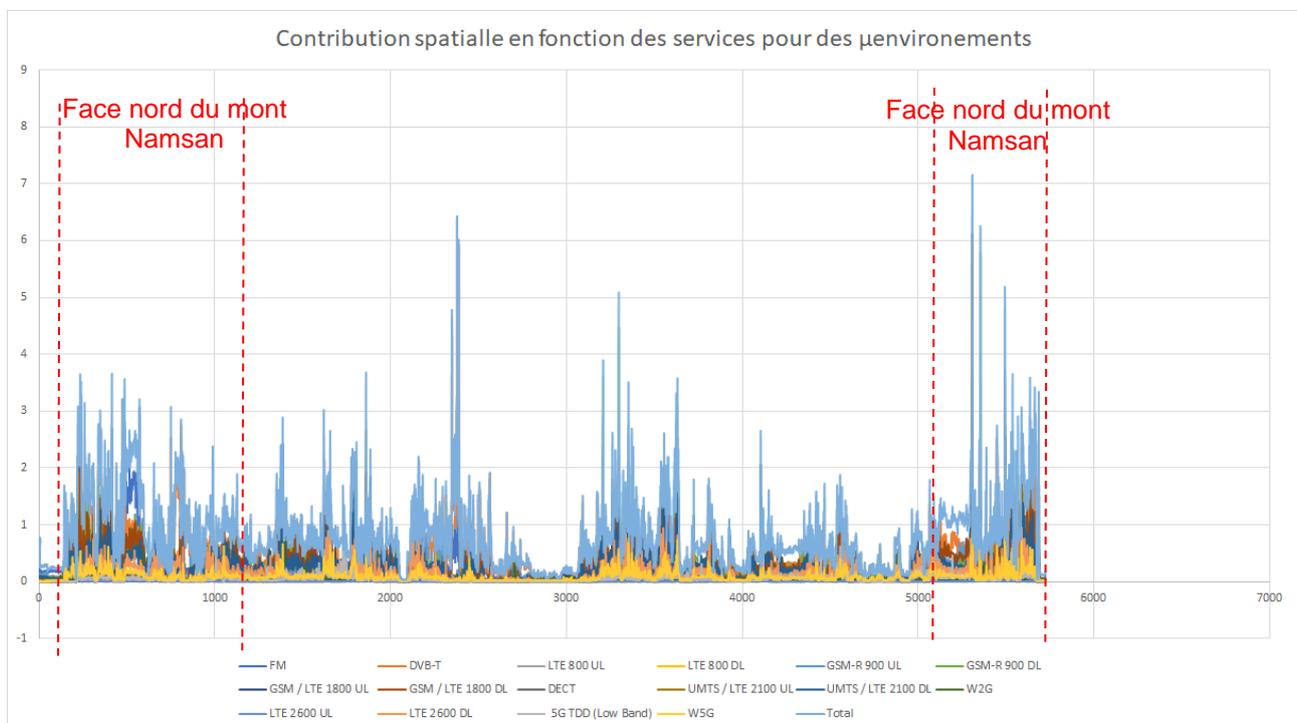
a) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 24/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 07h10
- La fin de l'enregistrement : 17h25
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 47.6mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 805,4mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 1547,5mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 62,1V/m.



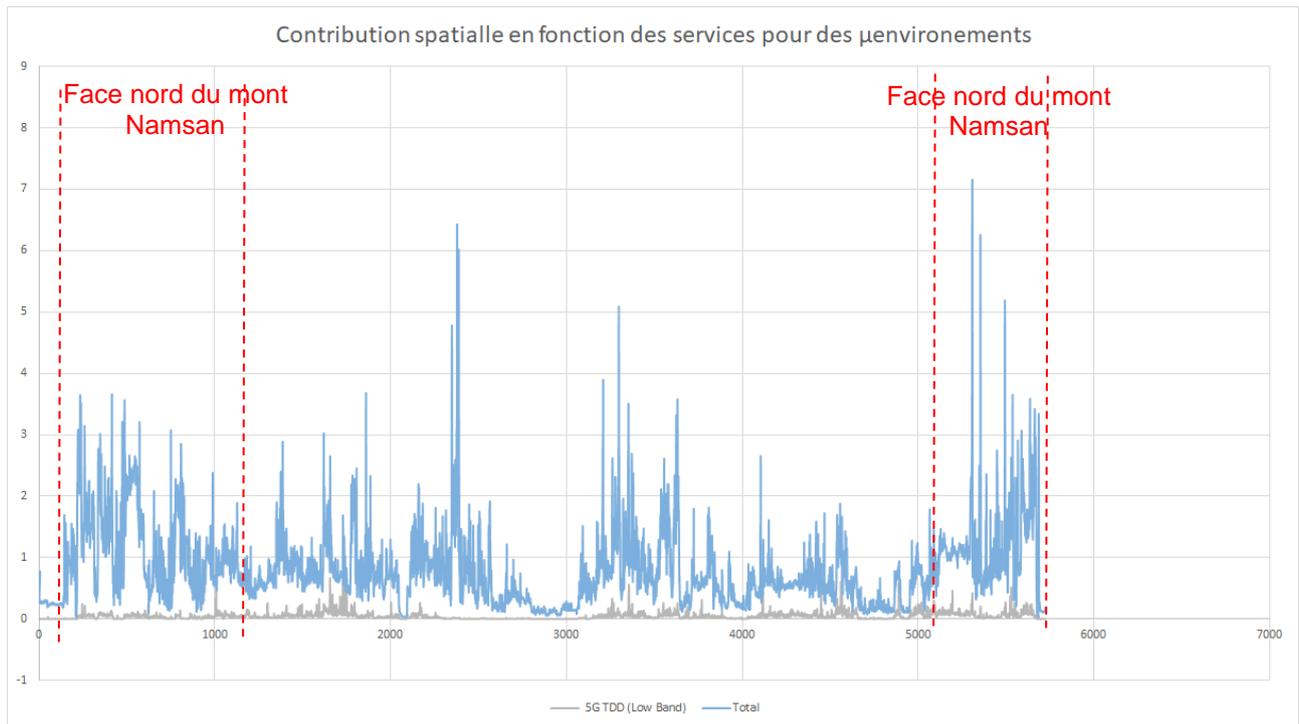


Figure 53 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

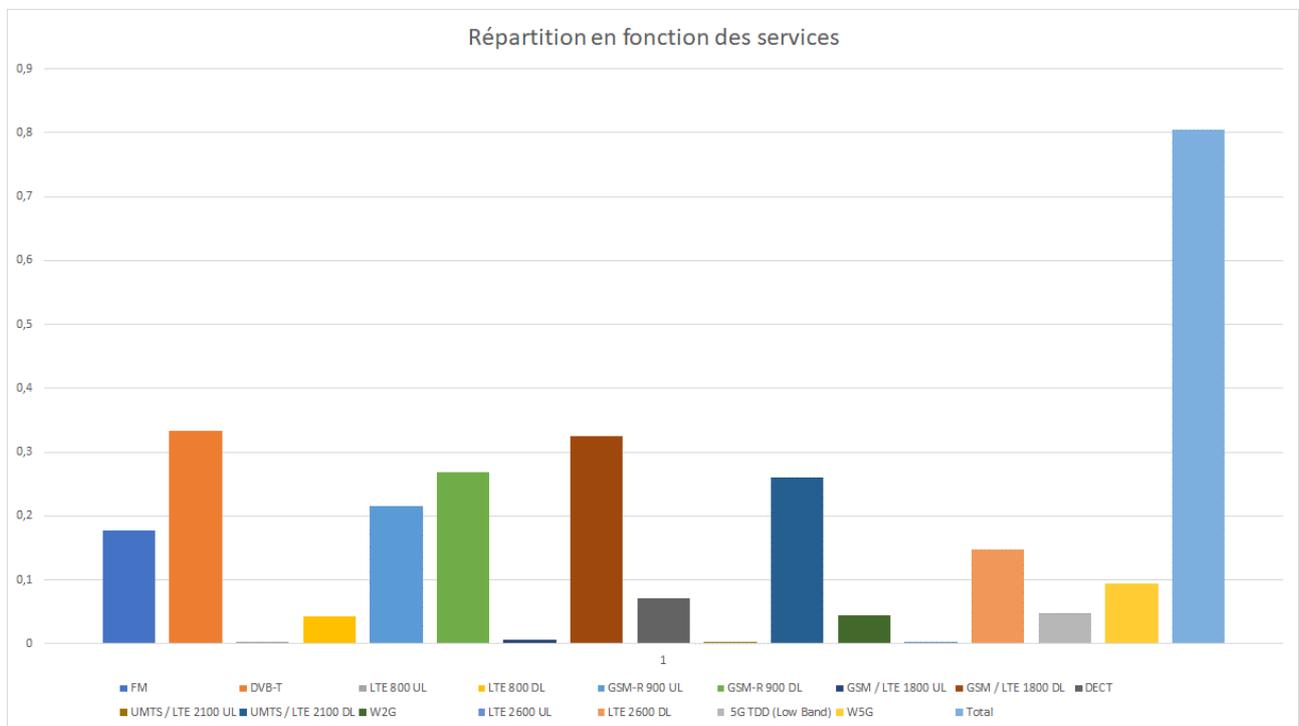


Figure 54 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



b) Relevés pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 24/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 07h25
- La fin de l'enregistrement : 17h25
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 22,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 31,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 192,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 301,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 3442,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 10,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 59,0mV/m.

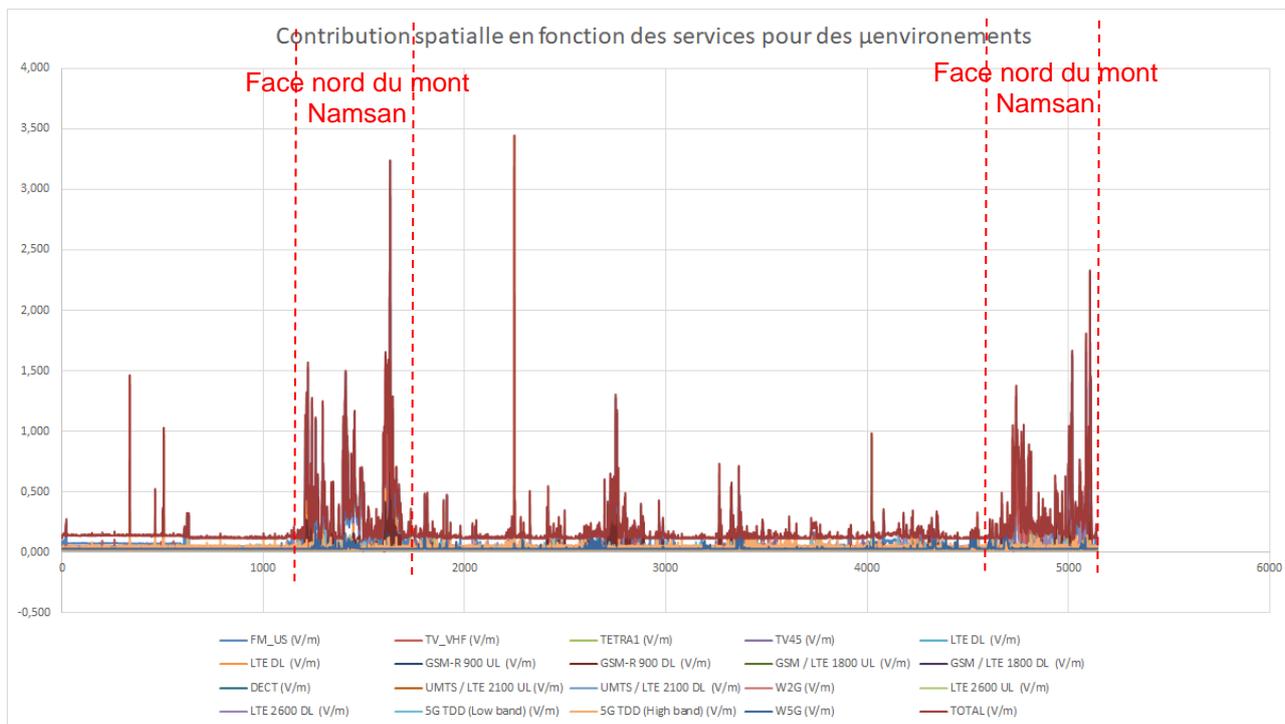


Figure 55 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

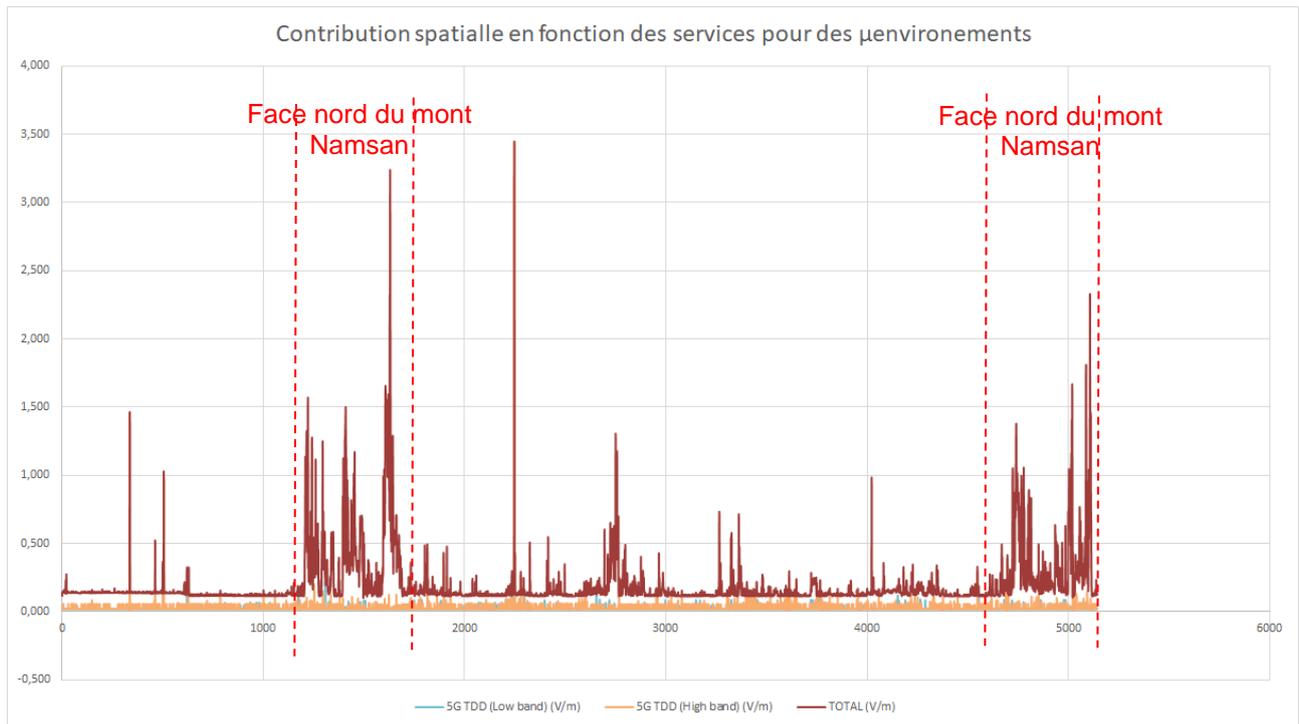


Figure 56 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High band) / au cumul des différents services

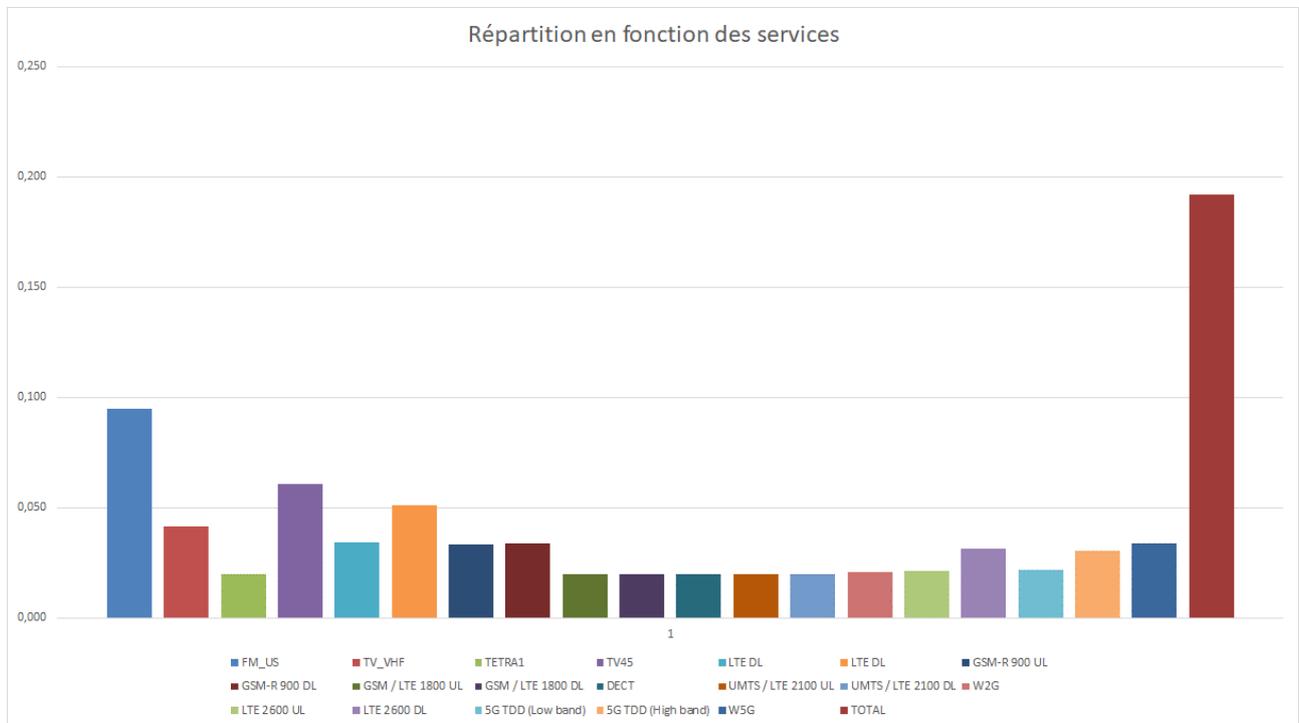


Figure 57 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.3.3 En zone urbaine dense – Trajet extra urbain

Une évaluation de la variabilité de l'exposition 5G a été réalisée sur des voies extra urbaines de Séoul. Le trajet ciblé couvre le trajet entre le centre de l'agglomération de Séoul et l'aéroport d'Incheon :



Figure 58 : Trajet emprunté de l'agglomération de Séoul à l'aéroport d'Incheon

a) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 26/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 08h15
- La fin de l'enregistrement : 09h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 282,4mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 497,8mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 36,7mV/m.

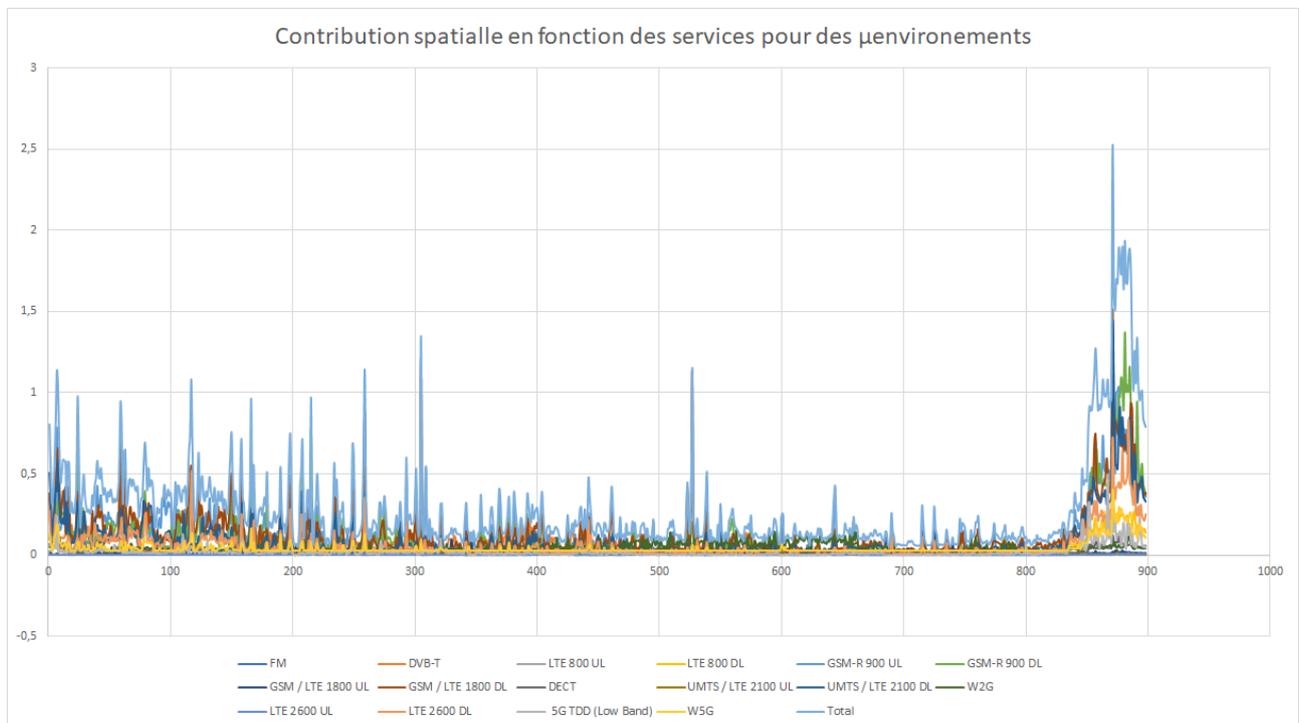


Figure 59 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

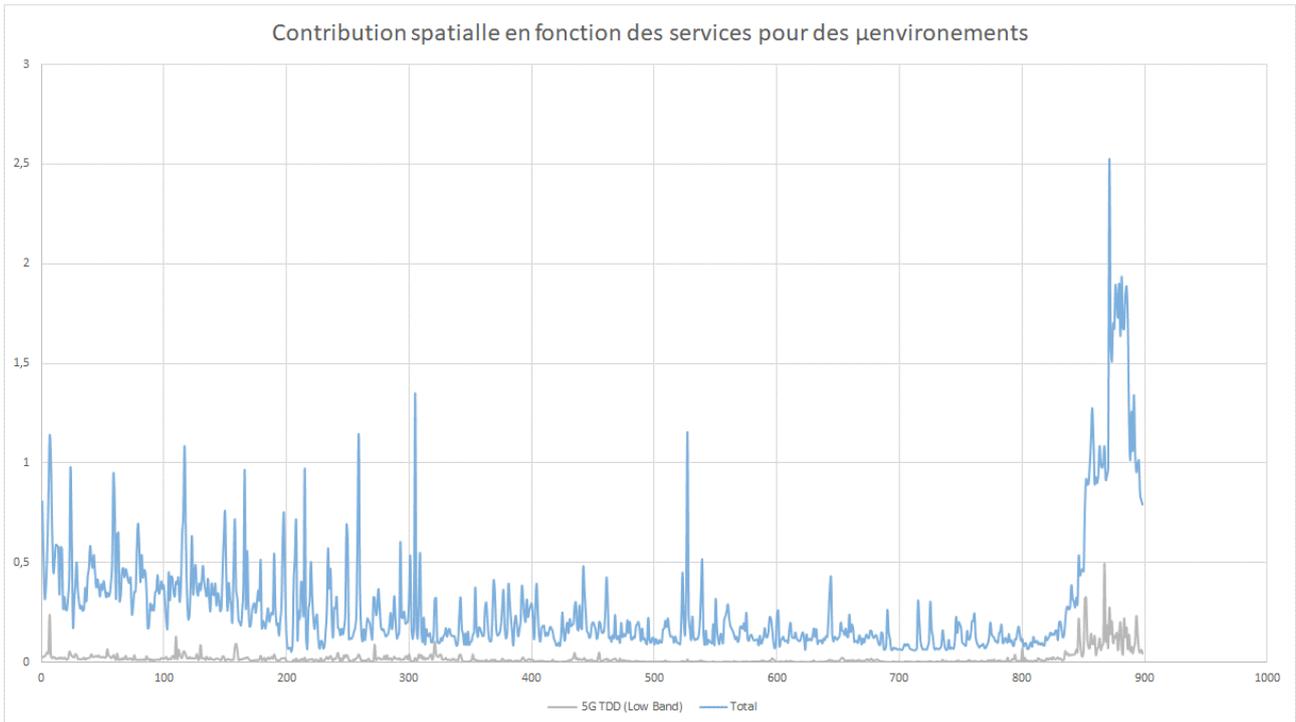


Figure 60 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

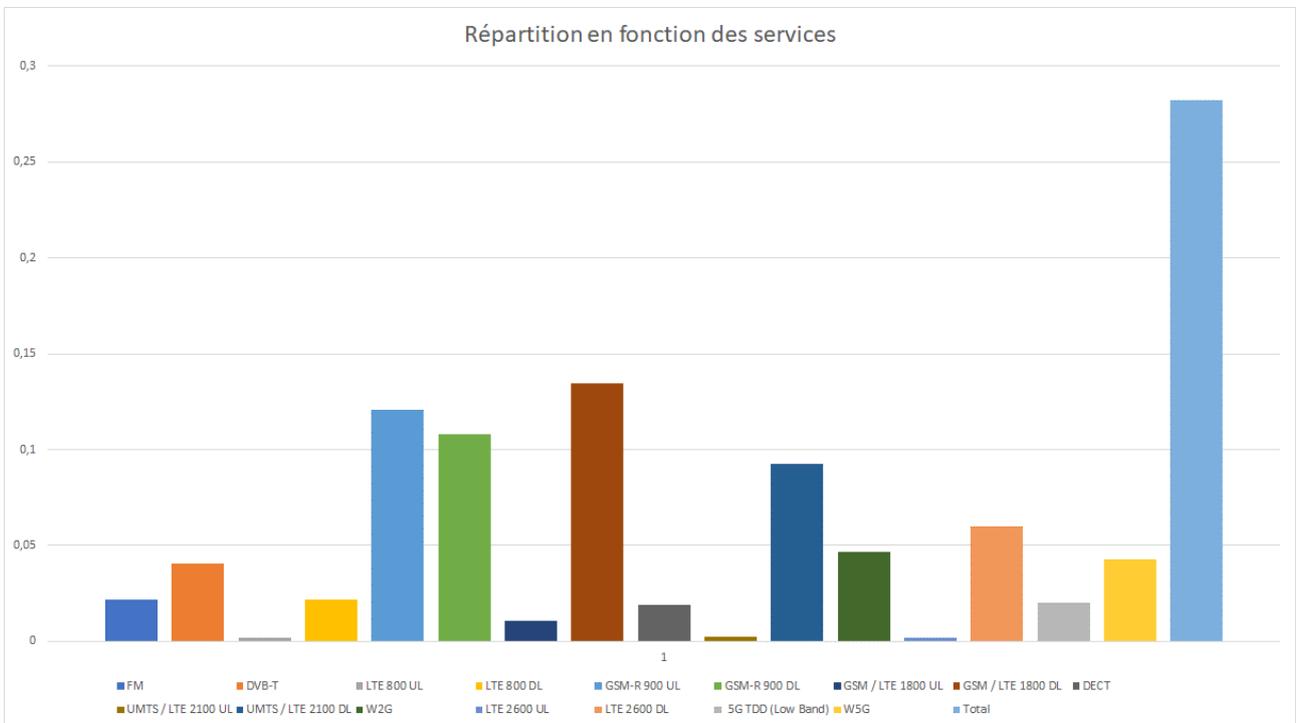


Figure 61 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



b) Relevés pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date de l'enregistrement : 26/11/2019
- Le début de l'enregistrement : 08h15
- La fin de l'enregistrement : 09h30
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période d'observation est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 27,0mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 119,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 87,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 349,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 4,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 21,0mV/m.

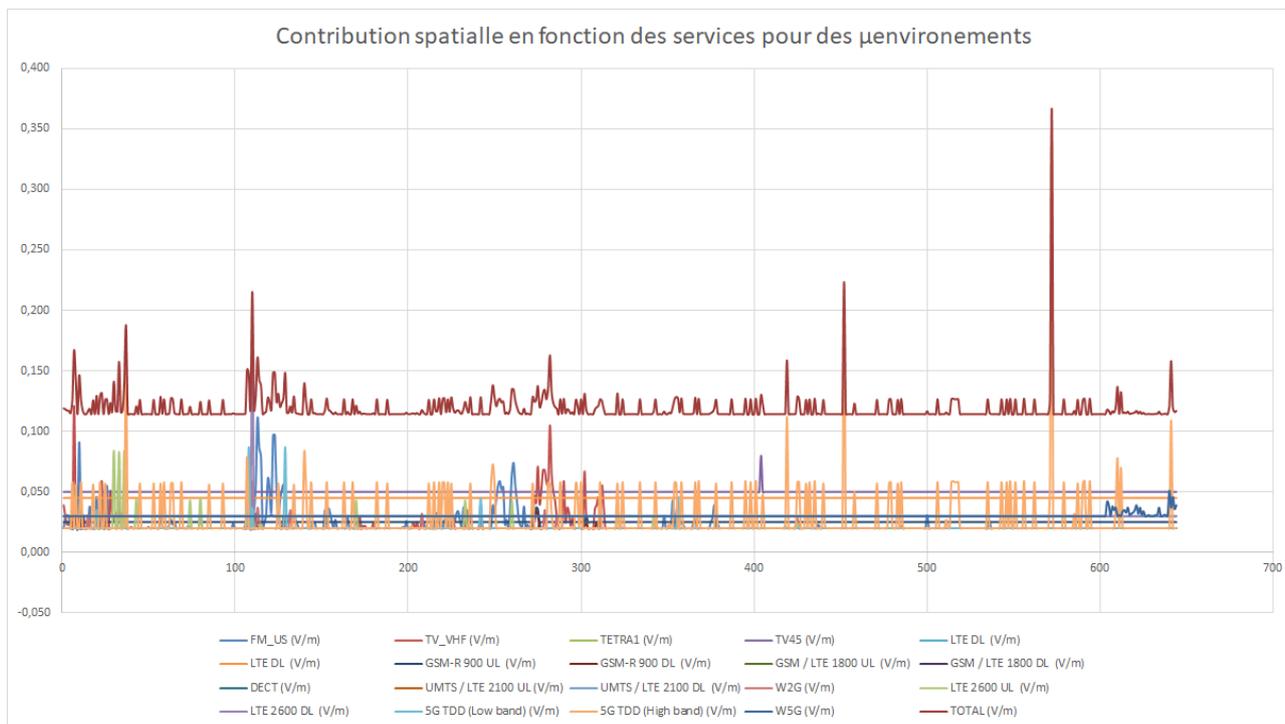


Figure 62 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High Band) / au cumul des différents services

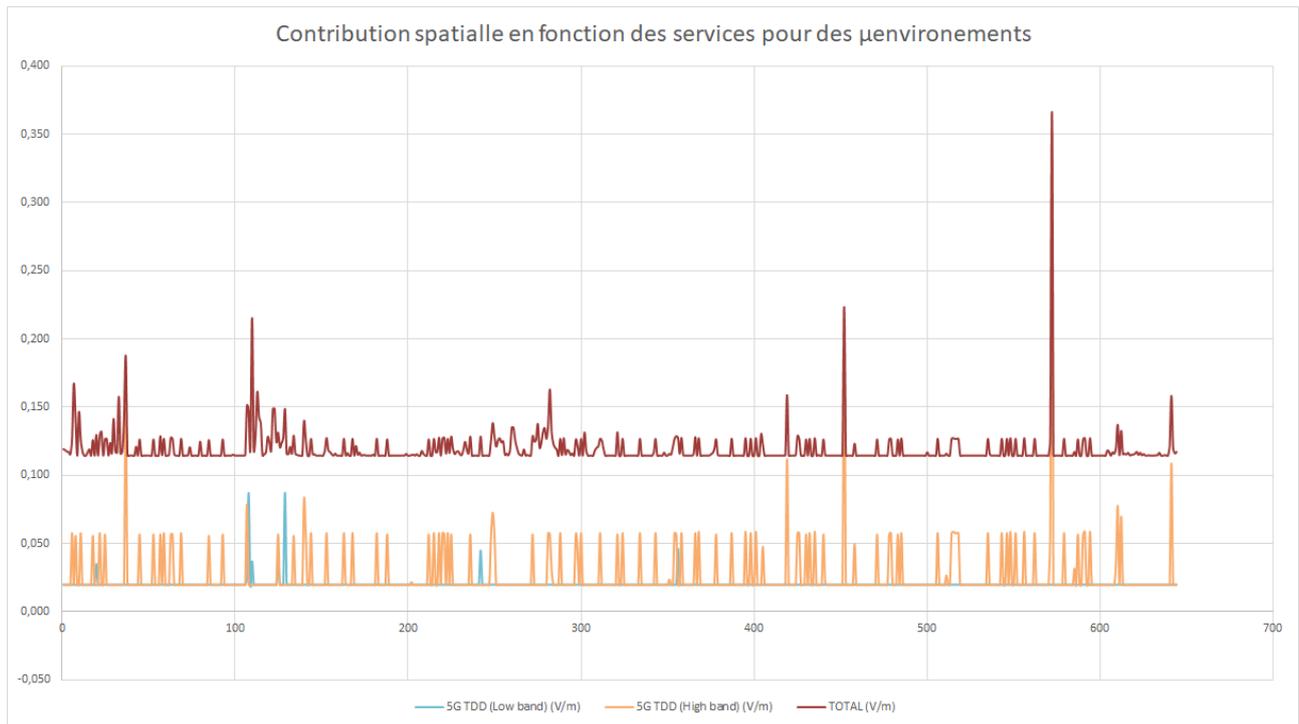


Figure 63 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High band) / au cumul des différents services

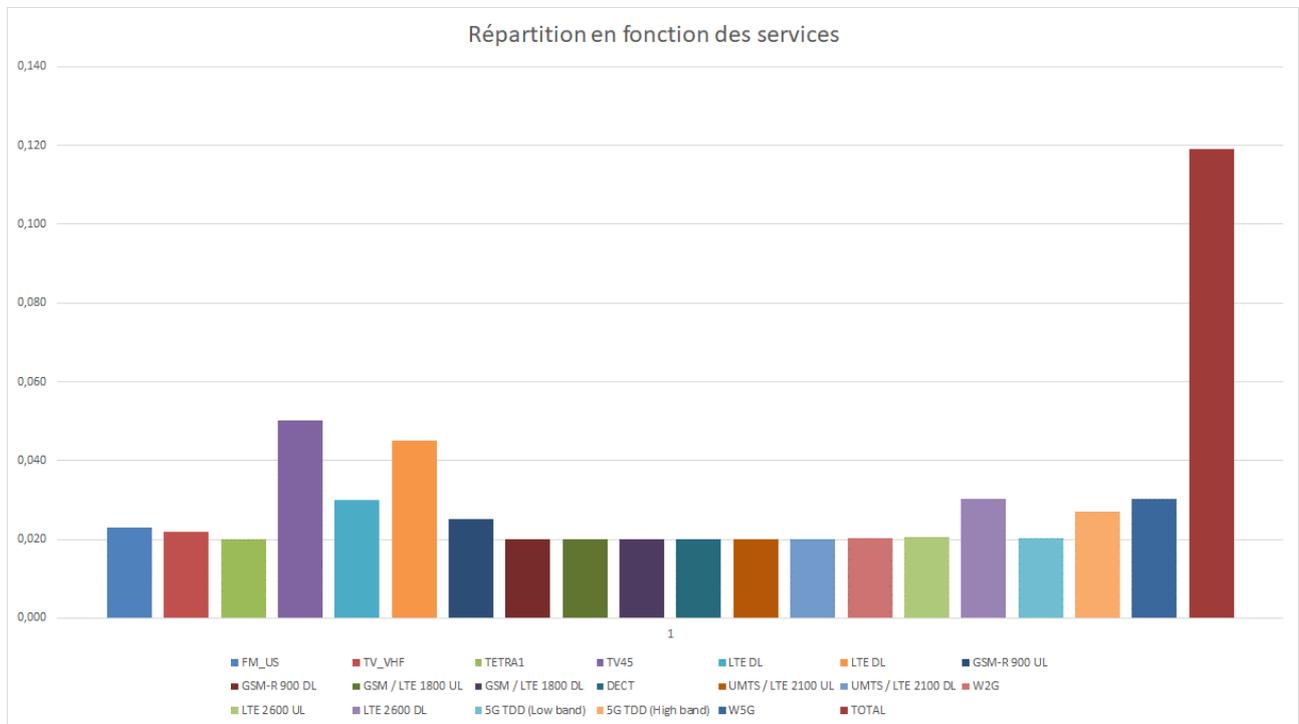


Figure 64 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

4.4 Variabilité temporelle de l'exposition à point fixe

4.4.1 En zone urbaine dense – Jour Nuit 24h

Une évaluation de la variabilité temporelle de l'exposition 5G a été réalisée. Le point fixe de la mesure est situé au :

Coordonnées GPS : 37°33'41.92"N / 126°59'21.77" E
ibis Styles Ambassador Seoul Myeongdong
302 Samil-daero, Chungmuro 2(i)-ga, Jung-gu,
SEOUL – COREE DU SUD

A partir de ce point et ce dans un rayon une cartographie des émetteurs dans un rayon de 500m a été réalisé :



Figure 65 : Cartographie des stations de base autour du point fixe de mesure (vue plan) (Source : www.spectrummap.kr)

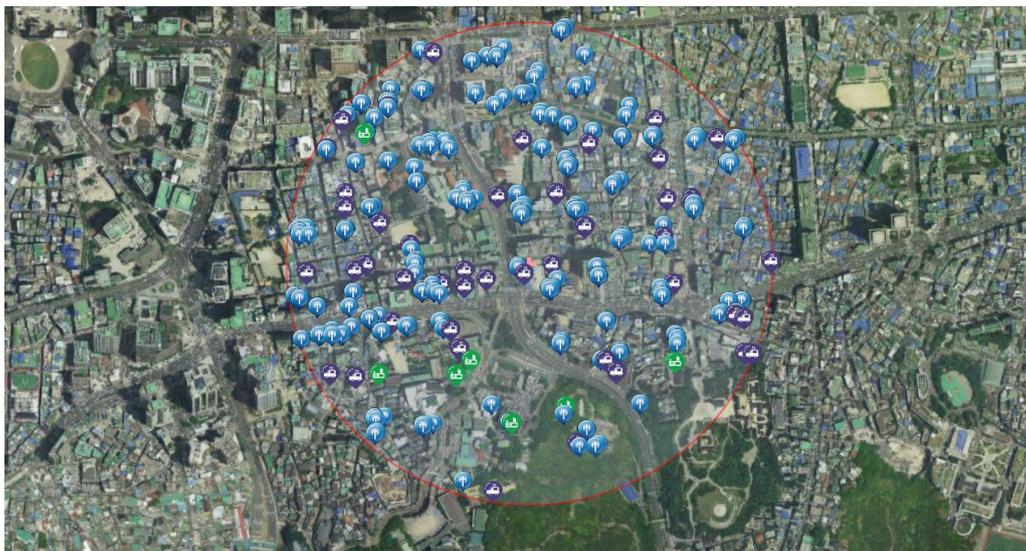


Figure 66 : Cartographie des stations de base autour du point fixe de mesure (vue plan) (Source : www.spectrummap.kr)

108 stations 5G sont présentes dans un rayon de 500m autour du point fixe, pour un nombre total de 1805 stations référencées sur le site www.spectrummap.kr. Les 2 stations les plus proches sont représentées dans les figures suivantes :

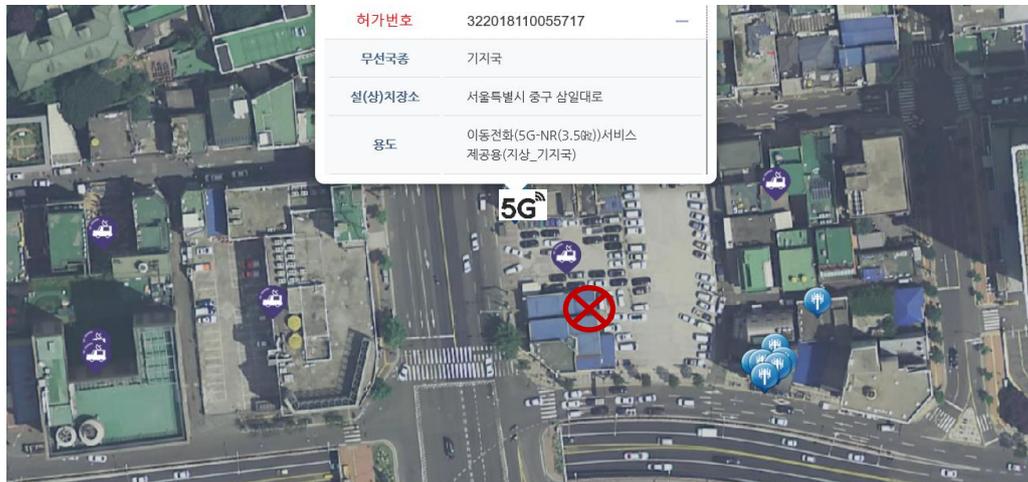


Figure 67 : Position des points de mesure par rapport aux 2 antennes 5G les plus proches



Figure 68 : Position des points de mesure par rapport aux 2 antennes 5G les plus proches

a) Relevés pour l'ExpoM-RF

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date et l'heure de début de l'enregistrement : 24/11/2019, à 22h20,
- La date et l'heure de fin de l'enregistrement : 25/11/2019, à 20h30,
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/5s.

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 5.2mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 586,1mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 129.3mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) est de 4,1mV/m.

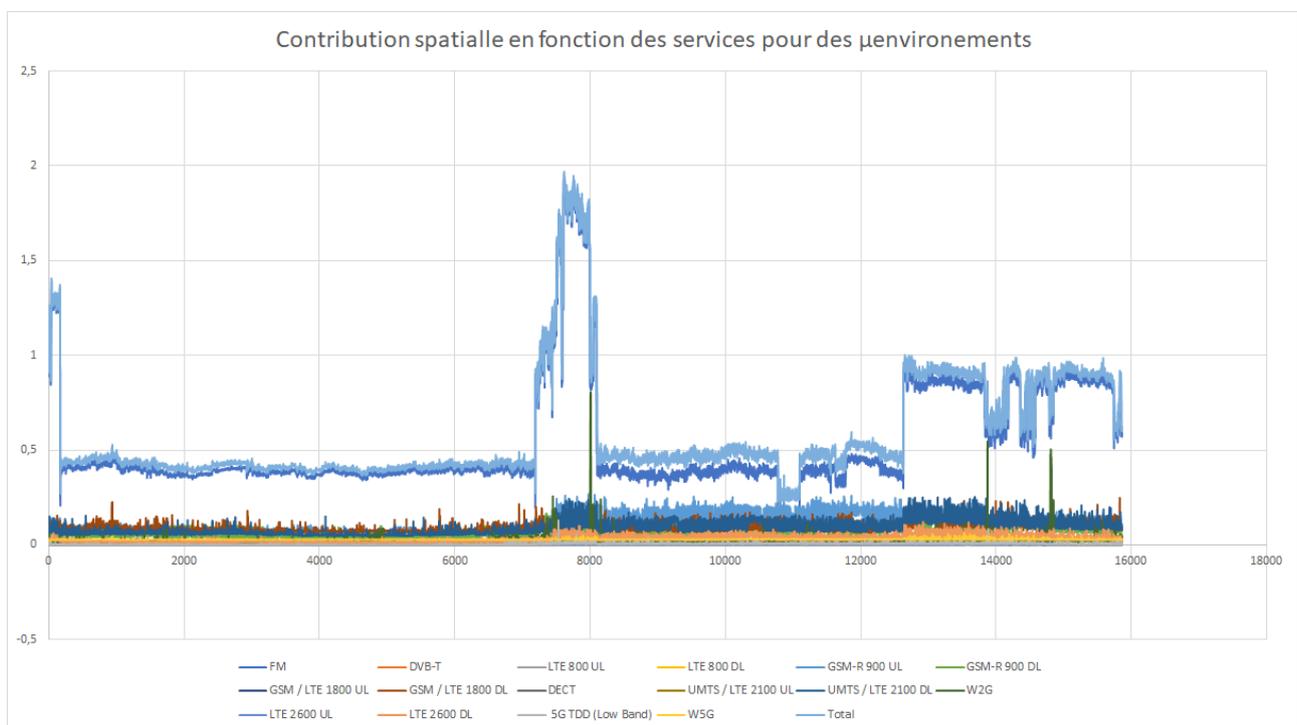


Figure 69 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

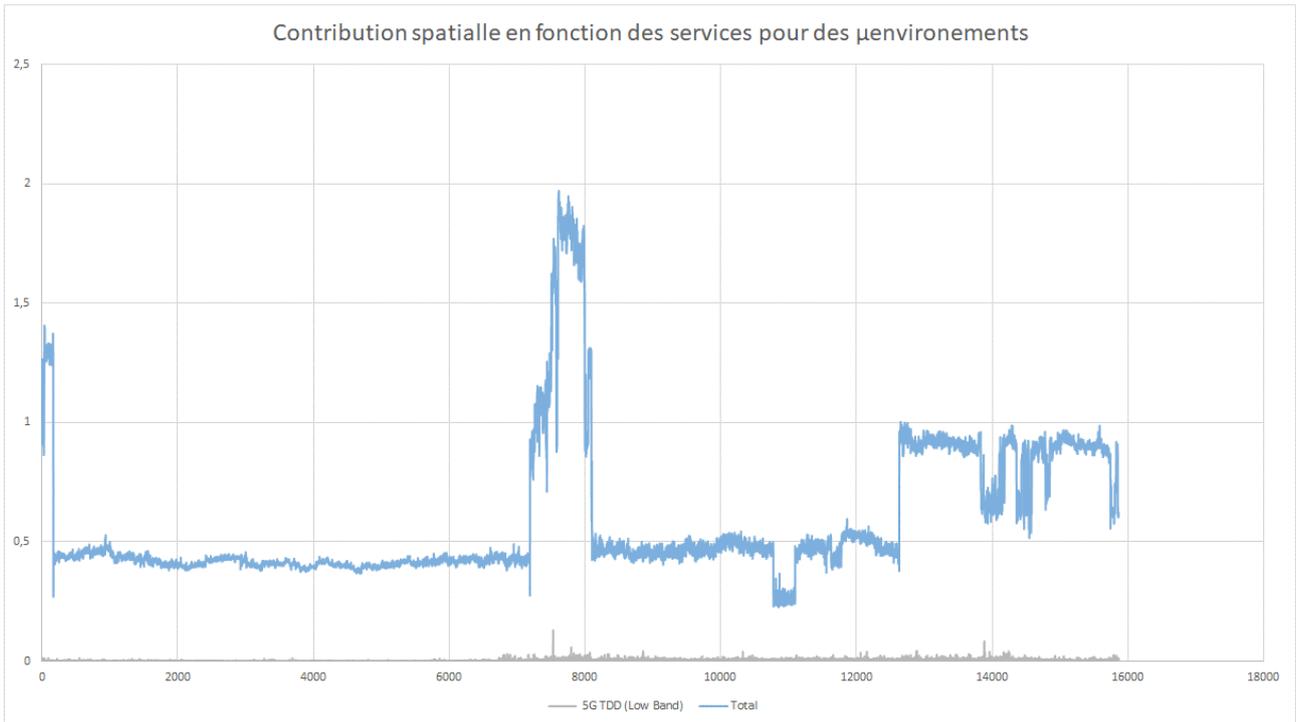


Figure 70 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band) / au cumul des différents services

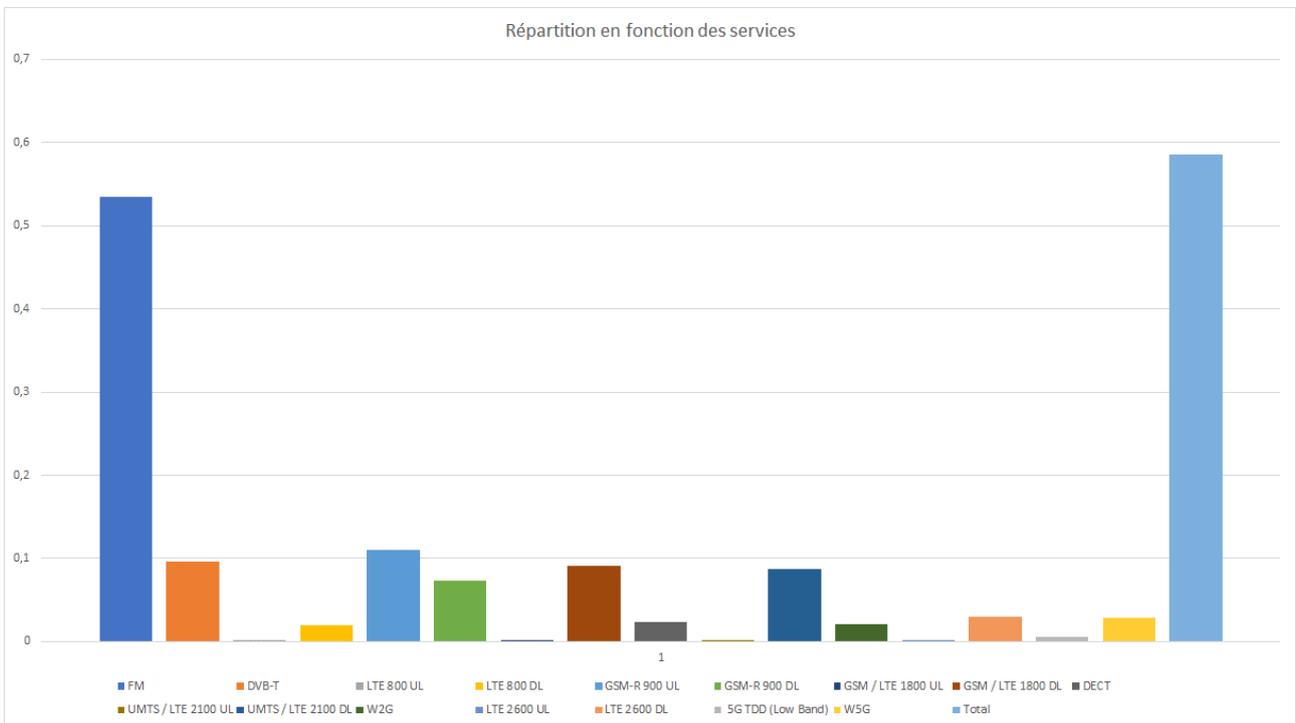


Figure 71 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services



b) Relevés pour l'EME SPY 200

La configuration de l'exposimètre est la suivante :

- La date et l'heure de début de l'enregistrement : 25/11/2019, à 07h25,
- La date et l'heure de fin de l'enregistrement : 25/16/2019, à 07h10,
- La fréquence d'échantillonnage est de 1pt/7s.

Les principales données de l'exposition 5G-NR sur cette période est :

- Le niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 20mV/m, pour un niveau moyen global de tous les services mesurés à 339,0mV/m,
- Le niveau maximum de la 5G TDD (Low Band) est de 20,0mV/m et de la 5G TDD (High Band) est de 20,0mV/m,
- L'écart type du niveau relevé 5G TDD (Low Band) et de la 5G TDD (High Band) est de 0mV/m (exposition réelle inférieure au bruit de fond de mesure de l'exposimètre).

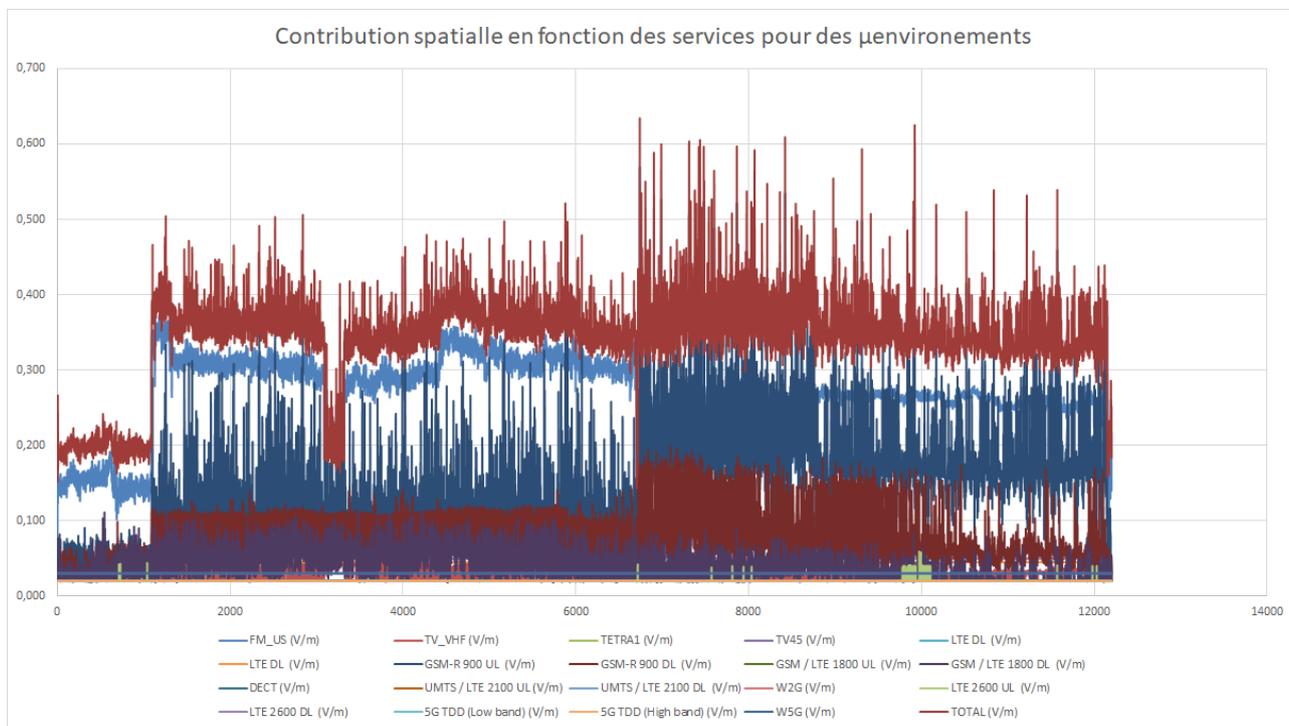


Figure 72 : Cartographie du champ électrique [V/m] en fonction des services

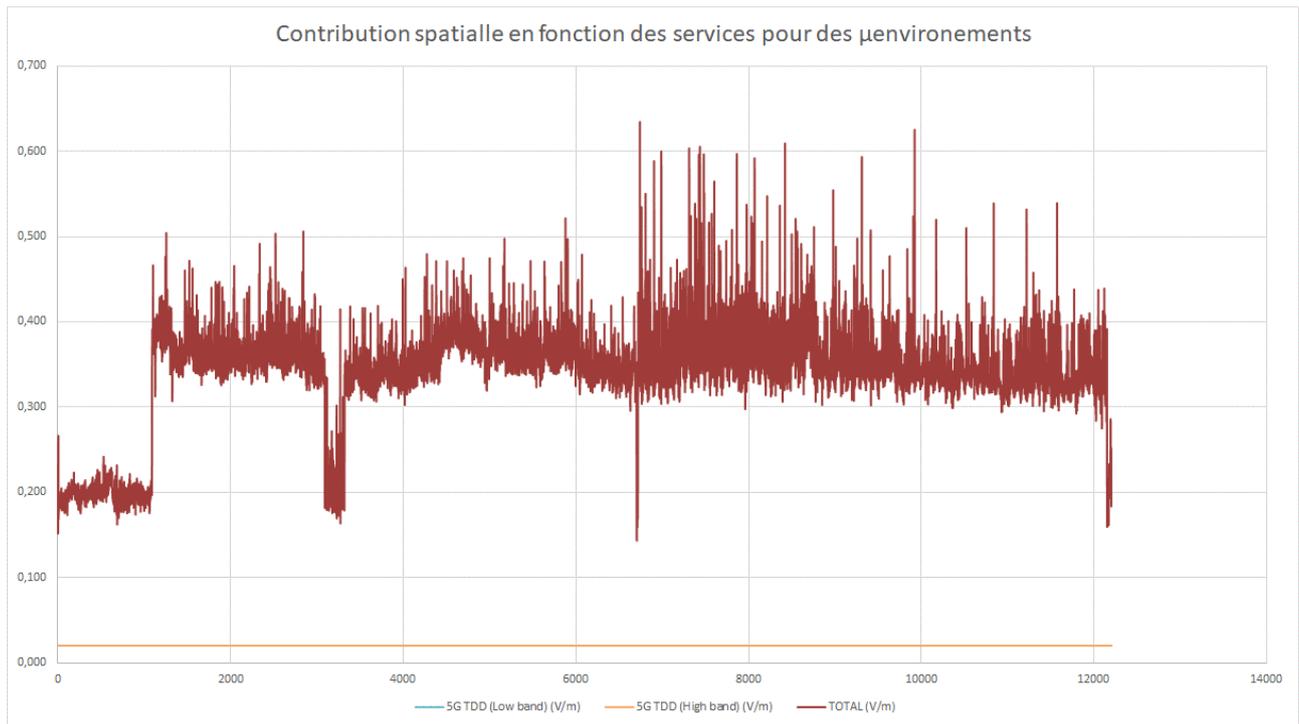


Figure 73 : Comparaison du champ électrique [V/m] de la 5G TDD (Low band & High band) / au cumul des différents services

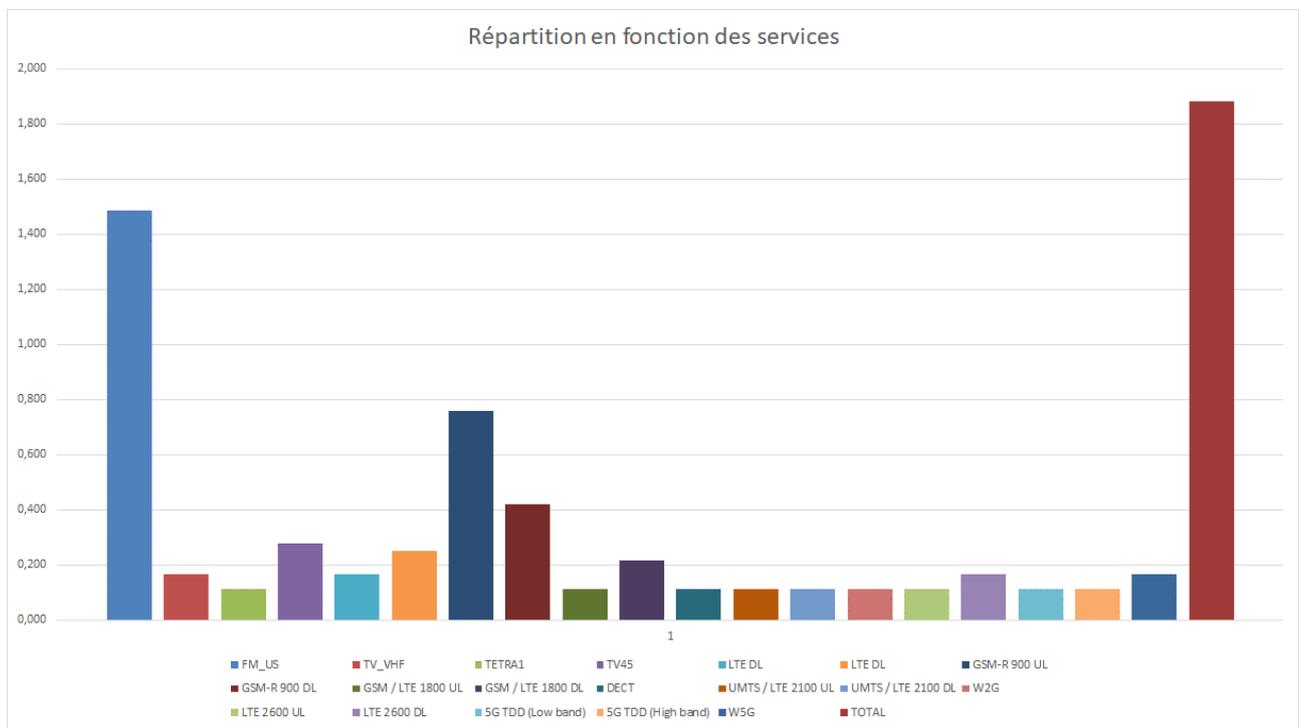


Figure 74 : Répartition du niveau moyen d'exposition [V/m] sur la période d'observation en fonction des services

5. CARACTERISATION D'UNE STATION DE BASE 5G-NR

5.1 DESCRIPTION

Les stations concernées sont celle qui ont été l'objet de la mesure l'exposition décrit au chapitre 4.2, Ces stations sont celle des opérateurs SKT, et en particulier située au :

Coordonnées GPS : 35°01'17.45"N / 126°47'37.50" E

A l'angle de hanbit road et Bitgaram road

Niveau R+6

NAJU – COREE DU SUD

Les antennes choisies se trouvent sur le toit d'un bâtiment, en face du site NRRA, comme on peut le voir sur la photo ci-dessous.



Figure 75 : Bâtiment, face au site NRRA, supportant les antennes étudiées (cf. Figure suivante), identifié sur la Figure 37

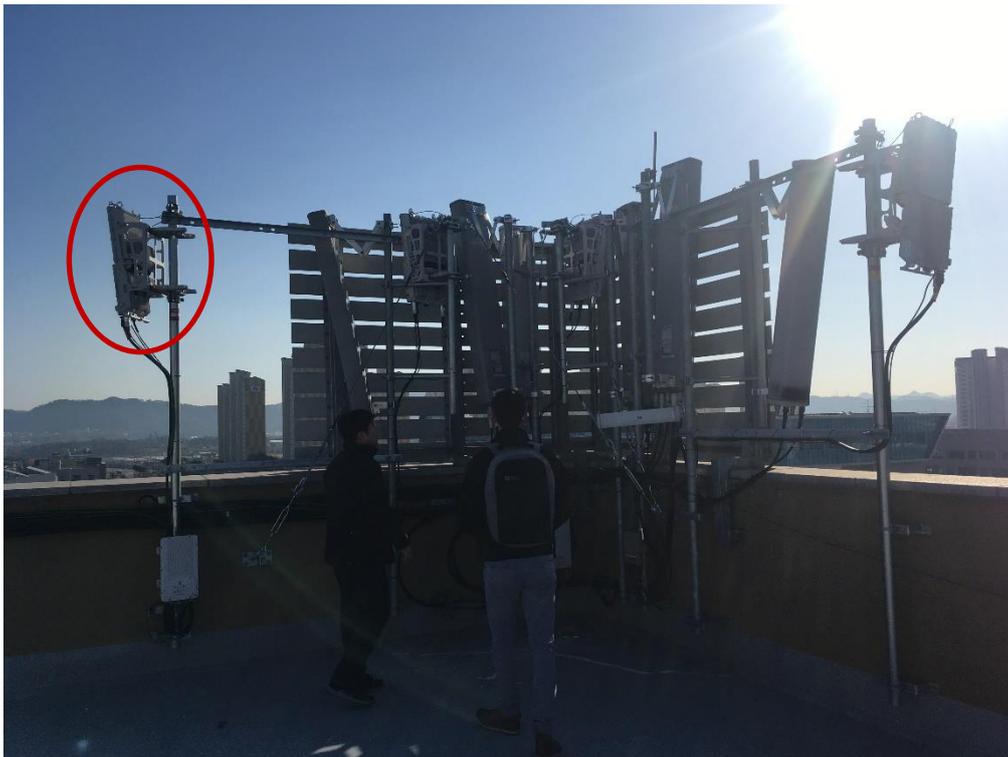


Figure 76 : Antenne étudiée en rouge et antennes présentes sur le toit du bâtiment

L'antenne identifiée en rouge sur la figure ci-dessus est une antenne NOKIA et est utilisée par l'opérateur KT. Nos interlocuteurs NRRA ont pu communiquer avec l'opérateur KT afin de modifier le mode de fonctionnement de l'antenne : à puissance maximale sur tous les canaux ou en fonctionnement standard, tel que cela est perçu par les usagers.

Pour effectuer les mesures de champ électrique, les appareils utilisés sont :

Désignation	Fabricant / Modèle	N° de fiche de vie
Mesure de champ électrique	Narda / NBM550	435 147
Sonde de champ électrique	Narda / EF0691	435 147
Analyseur de spectre	R&S / FSH8	435 152
Sonde de champ isotropique	Satimo / TS_EMF_B2	435 131
Antenne cornet	Schwarzbeck / BBHA 9120 D	435 138
Câble hyperfréquence ferrité	Seiberdorf / 10m ferrite	435 161

5.2 Sur le toit

5.2.1 Evaluation globale de l'exposition



Figure 77 : Détail du site de mesure sur le toit avec direction du faisceau de l'antenne étudiée

Les résultats de la mesure moyennée sur 6 min de temps de mesure sont :

Position de mesure	Niveau [V/m] dans la bande passante 100 kHz – 6GHz	Commentaires
1 (à 15 m de l'antenne)	12,13	Station KT en configuration initiale
	20,97	Station KT configurée à puissance maximale
2	8,84	Station KT configurée à puissance maximale
3	3,84	Station KT configurée à puissance maximale
4	4,69	Station KT configurée à puissance maximale

La moyenne spatiale au point 1 avec a station KT configurée à puissance maximale est de 20,95 V/m avec :

- à 1,70 m, E = 20,87 V/m,
- à 1,50 m, E = 20,97 V/m,
- à 1,10 m, E = 21,02 V/m.

Sur la période d'observation, lorsque l'antenne KT est configurée à puissance maximale seuls 3 services ont un niveau d'exposition moyen significatif supérieur à 300 mV/m pour l'ensemble du toit :

- Mobile 1,8 GHz DL, E = 332,7 mV/m,
- Mobile 5GHz TDD, E = 1473,0 mV/m,
- WiFi 5G, E = 364,2 mV/m.

5.2.2 Mesure du service 5G-NR

De ces mesures globales et des services considérés comme significatifs, seul le service 5G pour la sous-bande de l'opérateur KT a été étudié avec les setups d'essais ci-dessous (cf. Figure 78 et Figure 79).

Pour ces mesures, l'analyseur de spectre était paramétré avec un détecteur RMS et un SPAN 100MHz centré sur la fréquence de l'opérateur 3.55GHz (KT) / ou 3.65GHz (SKT)

Les données d'extrapolation n'étant pas disponibles, il a été demandé à l'opérateur KT, de configurer cette antenne à puissance maximale sur demande de NRRRA et KCA.



Figure 78 : Mesure avec l'antenne cornet Schwarzbeck / BBHA 9120 D



Figure 79 : Mesure avec l'antenne isotropique Satimo / TS_EMF_B2

a) Mesure spectrale non extrapolée

Les résultats sont les suivants :

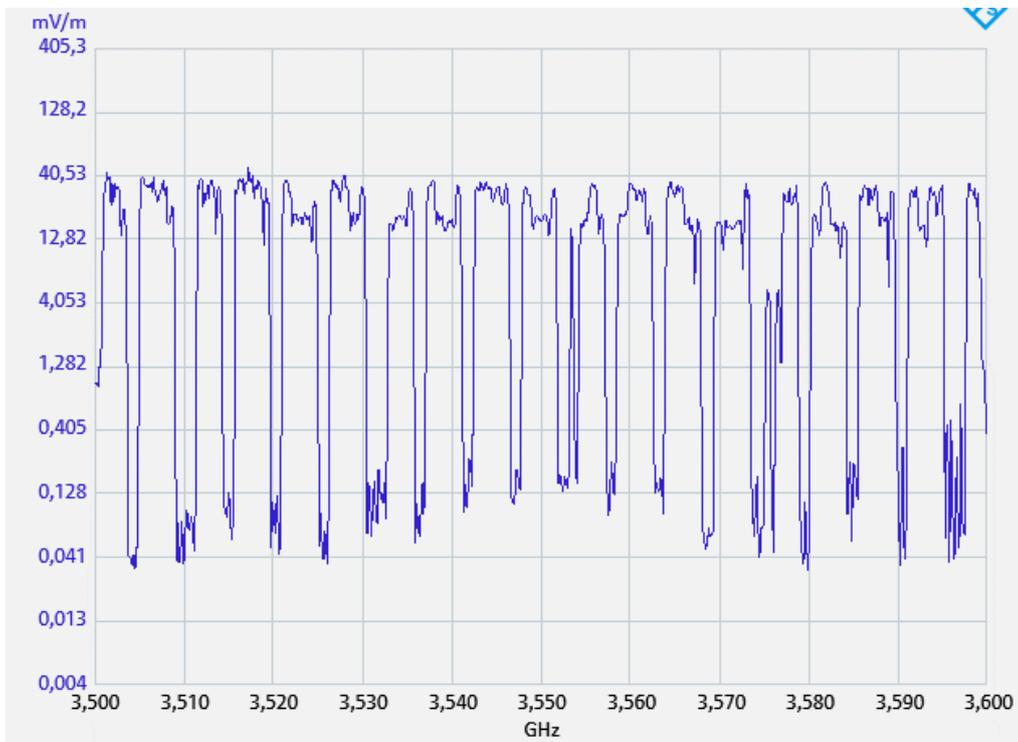


Figure 80 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT – avec l'antenne cornet

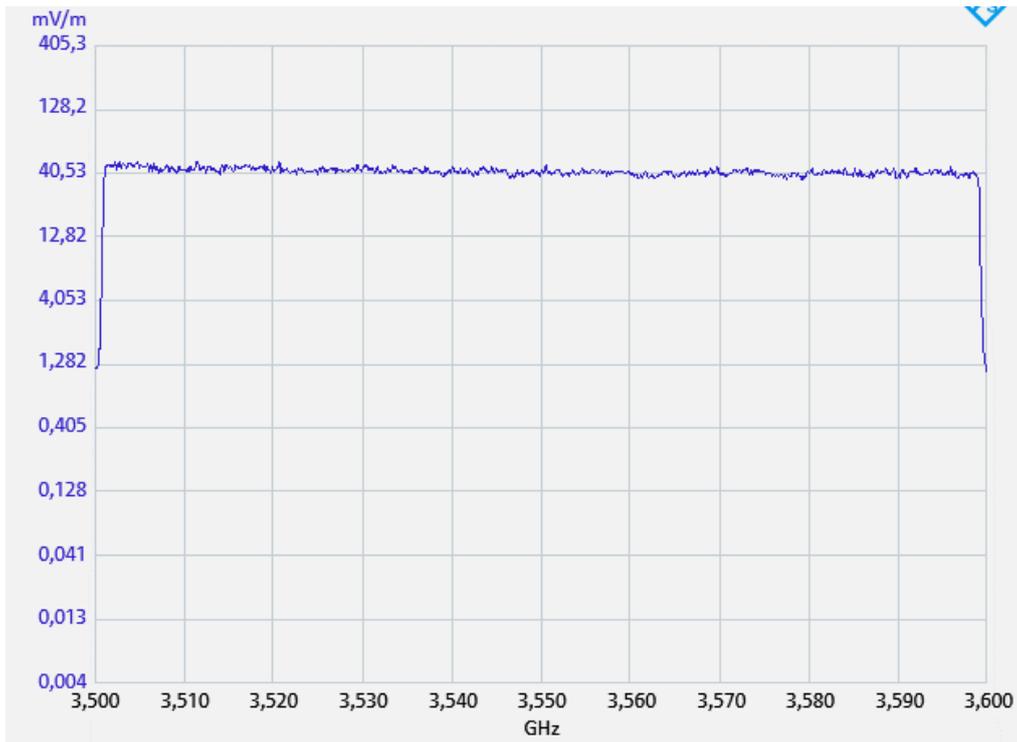


Figure 81 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (mode Max Hold) – avec l'antenne cornet

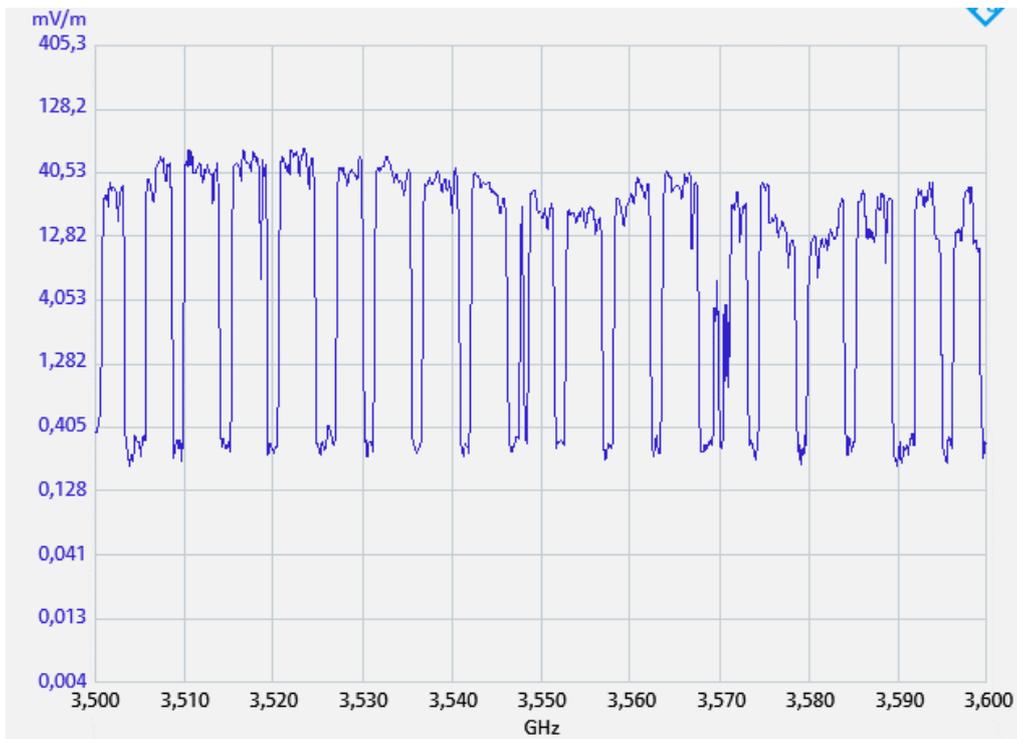


Figure 82 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT – avec l'antenne isotropique

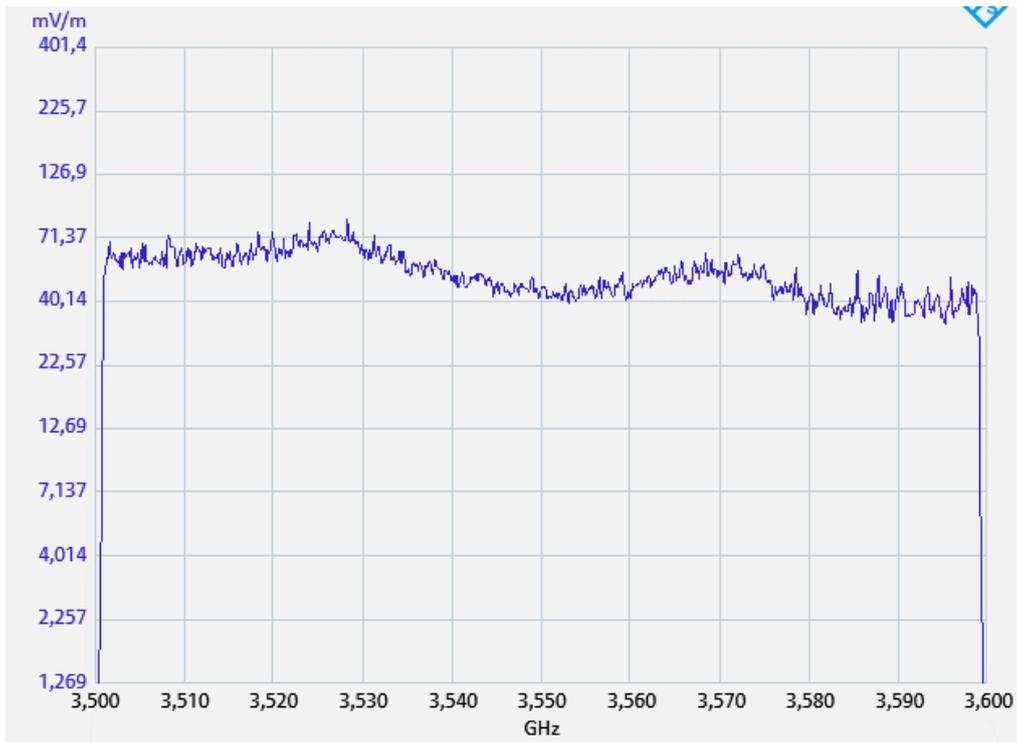


Figure 83 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (mode Max Hold) – avec l'antenne isotropique

b) Mesure « Power Channel », à titre d'information

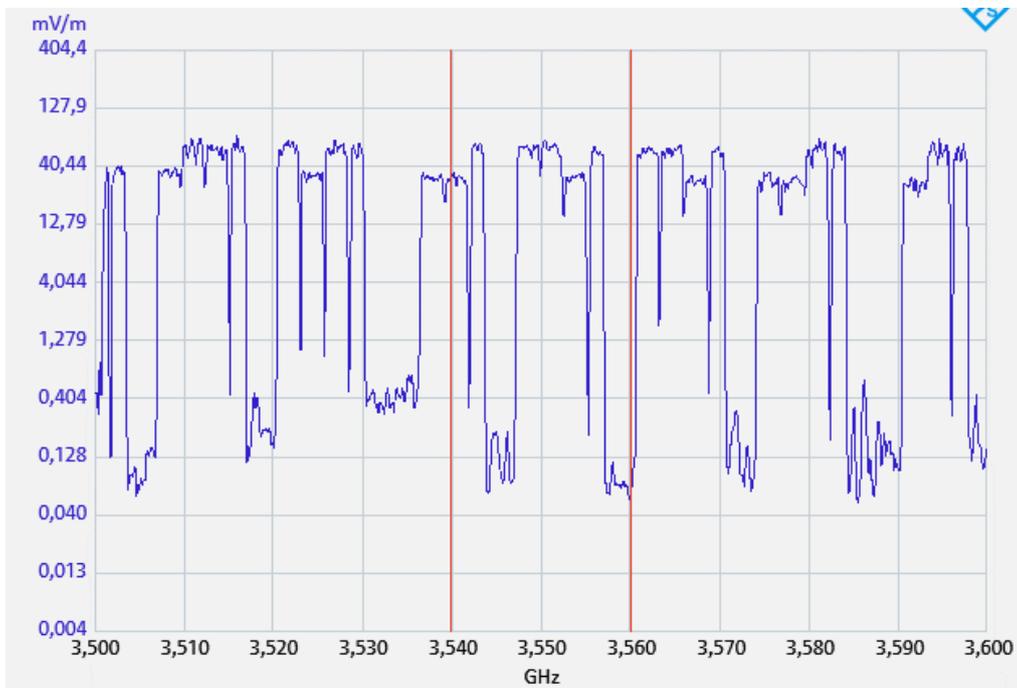


Figure 84 : Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance maximale

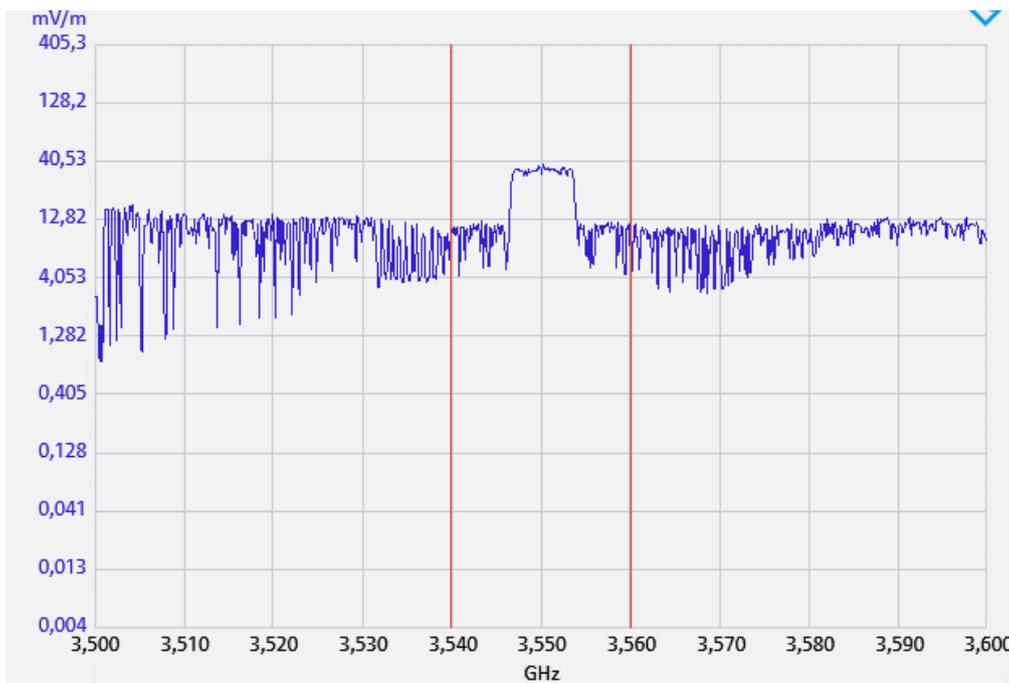


Figure 85 : Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance initiale

5.3 Dans l'axe du faisceau principale



Figure 86 : Mesure avec l'antenne cornet Schwarzbeck / BBHA 9120 D

5.3.1 Mesure du service 5G-NR

a) Mesure spectrale non extrapolée

Les résultats sont les suivants :

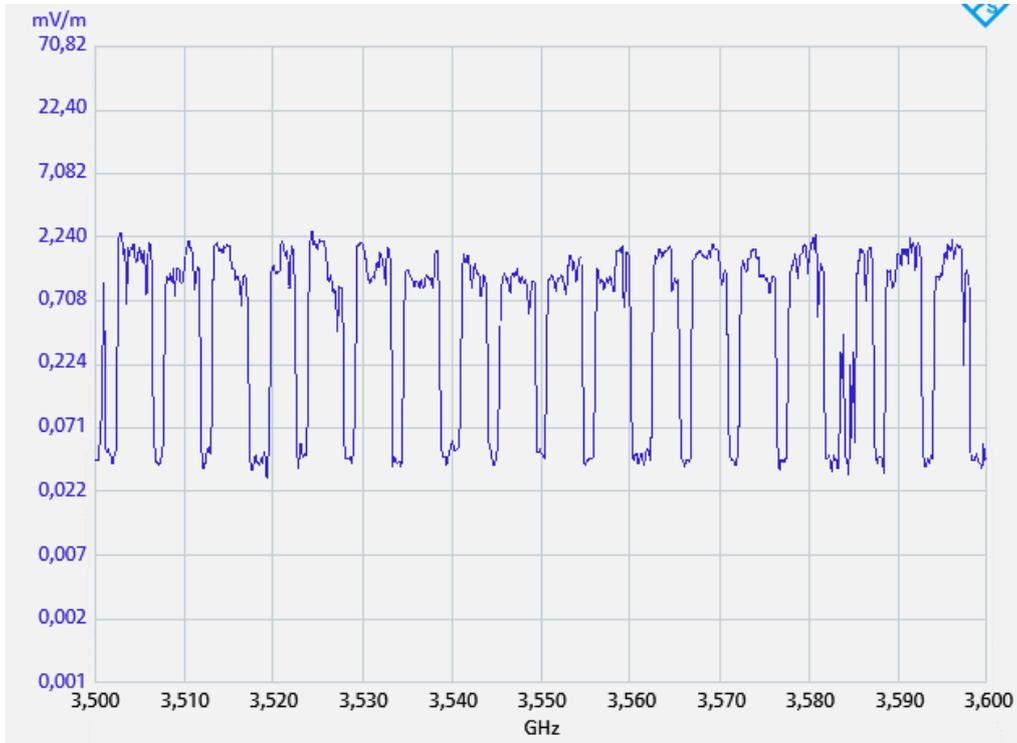


Figure 87 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT

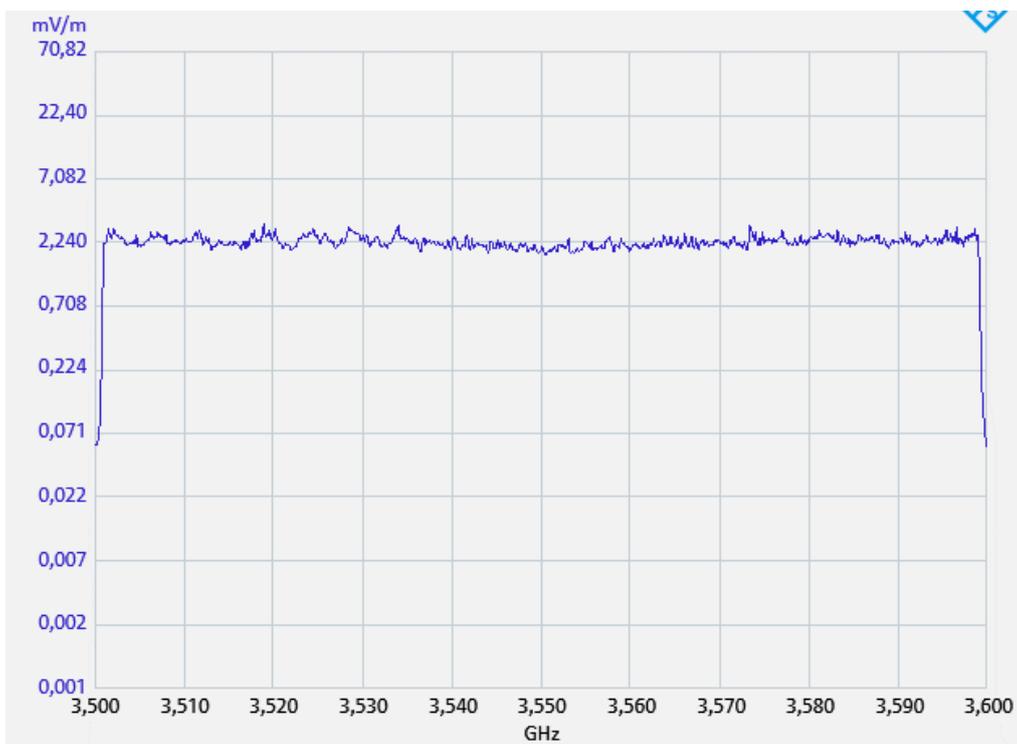


Figure 88 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (mode maxHold)

A titre d'information, veuillez trouver le relevé spectral autour de la fréquence centrale de l'opérateur SKT :

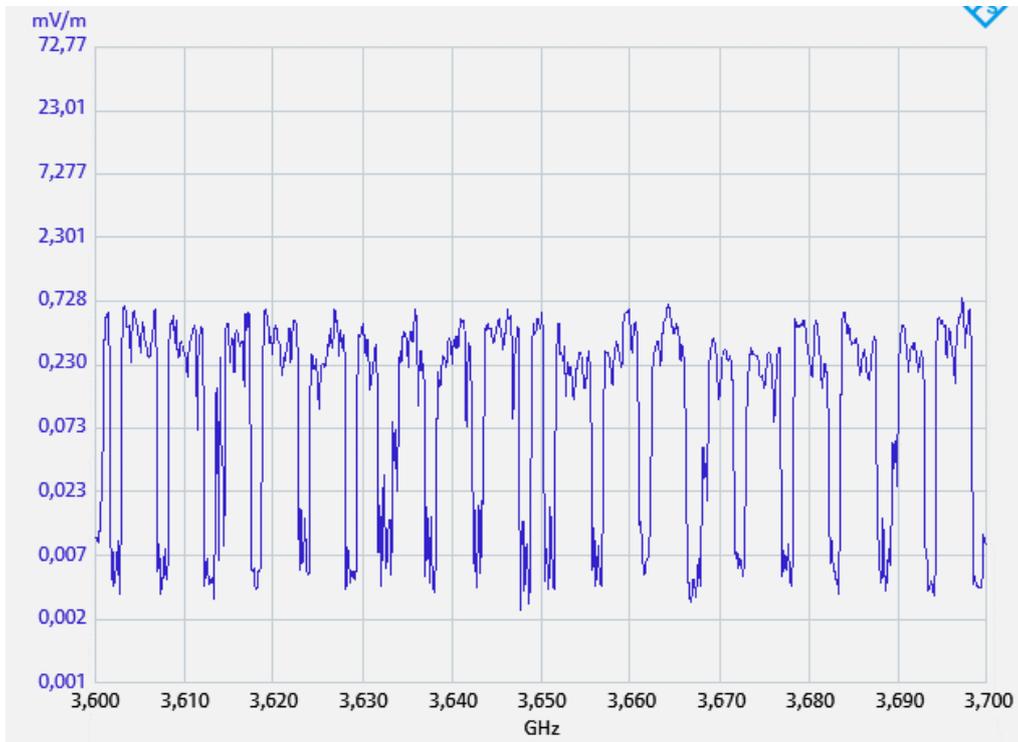


Figure 89 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale SKT

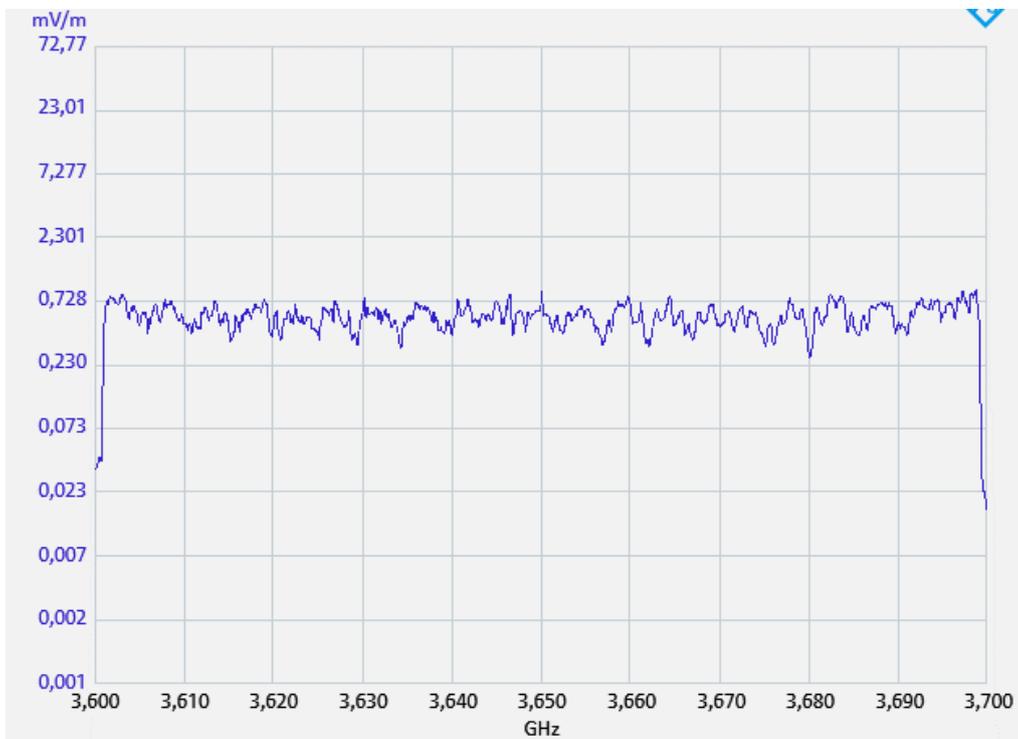


Figure 90 : Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale SKT

b) Mesure « Power Channel », à titre d'information

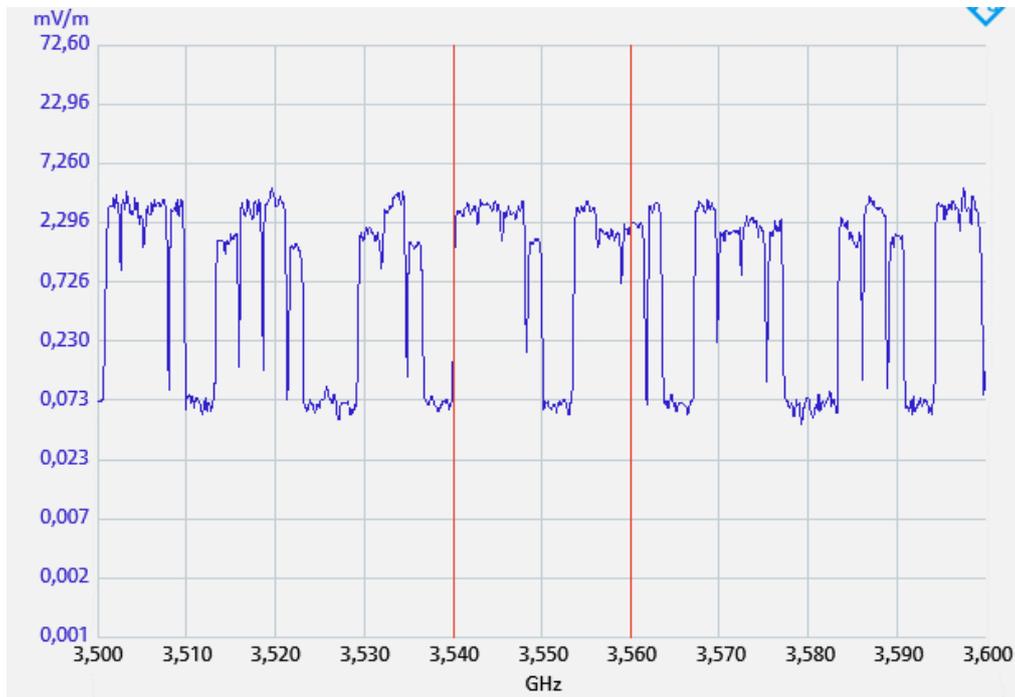


Figure 91 : Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance maximale



6. SYNTHÈSE DES MESURES

La synthèse des mesures d'exposition sur l'ensemble de la campagne de mesure du 19 novembre au 26 novembre 2019 est décrite dans les tableaux ci-dessous. Pour de faibles niveaux, il faut noter une divergence des résultats entre les deux exposimètres, dû au seuil de sensibilité des appareils. A des niveaux significatifs, les valeurs mesurées convergent.

Type d'évaluation	Niveau global mesuré de tous les services [mV/m]	Niveau moyen de la 5G TDD (Low Band) [mV/m]	Niveau Maximum de la 5G TDD (Low Band) [mV/m]	Ecart Type de la 5G TDD (Low Band) [mV/m]
En zone urbaine dense	1846,6	139,6	2135,6	157,8
	1737,0	69,0	2060,0	126,0
En zone rurale	335,8	17,4	804,8	50,9
	118,0	20,0	89,0	2,0
En zone urbaine	469,1	20,3	258,4	25,2
	119,0	21,0	100,0	7,0
A proximité d'une station de base 5G	1037,4	561,4	2576,2	669,7
	301,0	50,0	2545,0	172,0
Sur ligne ferroviaire	373,0	16,1	732,3	33,5
	497,0	20,0	93,0	3,0
Sur trajet urbain	805,4	47,6	1547,5	62,1
	192,0	22,0	301,0	10,0
Sur trajet extra urbain	282,4	20,0	497,8	36,7
	119,0	20,0	87,0	4,0
A point fixe urbain dense	586,1	5,2	129,3	4,1
	339,0	≤20,0	≤20,0	0,0

En bleu, avec l'ExpoM-RF,

En rouge, avec l'EME SPY 200.

Type d'évaluation	Niveau global mesuré de tous les services [mV/m]	Niveau moyen de la 5G TDD (High Band) [mV/m]	Niveau Maximum de la 5G TDD (High Band) [mV/m]	Ecart Type de la 5G TDD (High Band) [mV/m]
En zone urbaine dense				
En zone rurale	118,0	28,0	152,0	18,0
En zone urbaine	119,0	30,0	517,0	24,0
A proximité d'une station de base 5G	301,0	171,0	4093,0	549,0
Sur ligne ferroviaire	497,0	21,0	155,0	8,0
Sur trajet urbain	192,0	31,0	3442,0	59,0
Sur trajet extra urbain	119,0	27,0	349,0	21,0
A point fixe urbain dense	339,0	≤20,0	≤20,0	0,0

En rouge, avec l'EME SPY 200.

*ExpoM-RF ne peut pas mesurer cette bande

Les valeurs maximales de champ électrique mesurées sur le toit et dans l'axe du faisceau de l'antenne appartenant à KT (ou SKT) sont les suivantes. Les valeurs sont extraites des graphes présentés au paragraphe précédent.

Mesure réalisée	Valeur maximale mesurée (mV/m)	Power Channel (mV/m) BW centrée à 3,55GHz	
		BW 20MHz	BW 100MHz
Sur le toit – à proximité des antennes			
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT – avec l'antenne cornet (Figure 80)	46,9	298,8	678,9
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (mode Max Hold) – avec l'antenne cornet (Figure 81)	51,1	585,8	1310,1
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT – avec l'antenne isotropique (Figure 82)	63,2	289,9	847,5
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (mode Max Hold) – avec l'antenne isotropique (Figure 83)	84,8	649,5	1163,5
Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance maximale (Figure 84)		288,4	
Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance initiale (Figure 85)		171,9	
Dans l'axe du faisceau principal			
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT (Figure 87)	2,2	14,4	37,3
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale KT – mode maxHold (Figure 88)	3,2	17,5	73,4
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale SKT (Figure 89)	0,8	4,6	9,8
Mesure spectrale RMS autour de la fréquence centrale SKT – mode maxHold (Figure 90)	0,9	8,3	18,2
Mesure « Power Channel » autour de la fréquence centrale KT – à puissance maximale (Figure 91)		15,1	

7. CONCLUSION

Cette campagne de mesure entre dans le cadre de l'étude pilotée par l'INERIS dans le but de caractériser de l'exposition humaines aux rayonnements liés à l'utilisation des nouveaux réseaux de télécommunication 5G-NR. Cette technologie offre plus de capacité aux réseaux et permettra le développement d'usage nécessitant une connectivité haut débit et des performances élevées. Le CETIM a conduit les mesures en Corée du Sud, où le service 5G-NR est actif et représentatif des systèmes prévus pour être déployé en France prochainement. Des premières informations ont été récupérées grâce à des échanges importants avec nos interlocuteurs chez NRRA en Corée du Sud. Cette collaboration a permis d'avoir une première vision de l'organisation du service 5G, de distinguer les antennes des différents opérateurs coréens ainsi que d'avoir les informations concernant la répartition des antennes dans le pays. Les mesures réalisées concernent des mesures exposimétriques, des mesures globales d'exposition et des mesures spectrales, dans différentes zones d'activités différentes.

Les données obtenues permettent de quantifier le champ électromagnétique auquel la population peut être exposée dans ces différentes zones. Les mesures exposimétriques donnent des valeurs de champ en fonction des services visibles. Cela offre également la possibilité de déterminer quelle serait l'influence du service 5G par rapport aux autres technologies. Les mesures de l'exposition globale donnent un niveau de champ électromagnétique prenant en compte le service 5G. Cela a été mesuré à proximité d'une antenne dont le fonctionnement était connu. D'autres mesures montrent l'évolution temporelle du niveau de champ pour un point géographique donné.

Ces résultats pourront être utilisés dans le cadre d'analyses ultérieures afin de déterminer les effets liés à la présence de ce service 5G-NR vis-à-vis de la population. D'autres études pourraient être proposées, par le CETIM ou INERIS pour poursuivre en ce sens, sur divers sujets en lien avec ces technologies, ou plus largement, concernant les moyens de télécommunication.