Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC

Bundesamt für Kommunikation OFCOM
Abteilung Konzessionen und Frequenzmanagement (KF)
Sektion Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

8 décembre 2022

Rapport OFCOM

Intensité de champ électrique dans la zone de rayonnement des antennes de téléphonie mobile adaptatives et conventionnelles

Mesures d'intensité de champ avec une station de mesure RNI

Résumé

Depuis avril 2019, les installations de téléphonie mobile existantes sont équipées d'antennes adaptatives. Par rapport aux antennes conventionnelles, celles-ci disposent d'une caractéristique de rayonnement dynamique, la transmission de données utiles se faisant en direction de l'utilisateur.

Etant donné qu'il s'agit d'une nouvelle technologie d'antennes, l'OFCOM a mené une campagne de mesure de l'automne 2021 au printemps 2022, dans le but de mesurer ponctuellement les signaux radio et de les représenter dans le temps. Cette campagne donne des informations sur les caractéristiques de transmission des antennes adaptatives et conventionnelles et montre l'intensité totale du champ combiné dans la zone de rayonnement des antennes.

Les mesures ont été réalisées sur trois installations de téléphonie mobile de Swisscom, Sunrise et Salt disposant d'une autorisation pour exploiter les deux technologies d'antennes. Dans le cadre de cette étude, des mesures d'intensité de champ ont été effectuées sur différents sites durant environ une semaine, chaque fois au moins sur un site extérieur et un site intérieur.

Les mesures confirment que l'intensité de champ des antennes conventionnelles augmente dans toute la zone de rayonnement durant la transmission de données utiles, indépendamment où se situe l'utilisateur.
En revanche, les signaux radio des antennes adaptatives ne sont mesurables que si les utilisateurs qui demandent des données se trouvent à proximité du site de mesure. Les valeurs moyennes d'intensité de champ sont donc plus faibles pour les antennes adaptatives que pour les antennes conventionnelles.

Impressum

Direction et réalisation du projet :
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral de la communication (OFCOM)
Division Concessions et gestion des fréquences KF
Section compatibilité électromagnétique CEM

Auteurs :
André Trabold, OFCOM
Samuel Gsteiger, OFCOM

Accès aux sites de mesure avec l'aimable autorisation de :
Conciergerie du Campus de l'OFSP, Liebefeld
Conciergerie de l'école de Neuenhof, Neuenhof
Conciergerie de l'école professionnelle de Winterthour, Winterthour
Conciergerie de la société Hasler, Winterthour

Table des matières

1 Contexte 3
2 Données techniques 3
2.1 Stations de téléphonie mobile 3
2.1.1 KONI/BE173-1 3
2.1.2 AG008-1 4
2.1.3 ZH_2440A 4
2.2 Station de mesure mobile 5
3 Mesure de l'intensité de champ 6
3.1 Sélection des sites de mesure 6
3.1.1 Installation KONI/BE173-1 6
3.1.2 Installation AG008-1 8
3.1.3 Installation ZH_2440A 9
3.2 Résultats des mesures 10
3.2.1 Définitions 10
3.2.2 KONI/BE173-1 13
3.2.3 AG008-1 31
3.2.4 ZH_2440A 37
3.3 Analyse 44
4 Conclusions 45
Abréviations 46
Références 46
Annexe 1 : Données brutes des diagrammes de mesure 46

1 Contexte

Avec l'introduction de la 5G, des antennes adaptatives sont désormais montées sur les installations de téléphonie mobile. Les antennes conventionnelles utilisées jusqu'à présent transmettent les données de téléphonie mobile avec une caractéristique de rayonnement fixe (diagramme d'antenne fixe) dans toute la zone de couverture, et donc vers les utilisateurs. Les antennes adaptatives, en revanche, envoient les signaux spécifiquement en direction de l'utilisateur correspondant. Aucune donnée n'est générée et transmise pour les zones non concernées de la zone de couverture.

Cette campagne de mesure vise à documenter les différentes caractéristiques de rayonnement des antennes conventionnelles et adaptatives, et à montrer l'évolution dans le temps de l'intensité de champ électrique sur des sites concrets. Elle a pour but d'étudier les valeurs maximales obtenues avec les deux types d'antennes et de déterminer l'intensité moyenne de leur champ. Il convient également d'examiner le rapport entre la valeur maximale et la valeur moyenne (max/moyenne) et de relever si des différences apparaissent entre les antennes conventionnelles et adaptatives.

L'intensité de champ électrique est mesurée à différents endroits de la zone de réception des antennes, également appelée cellule radio. Les différentes bandes de fréquence (downlink) de téléphonie mobile, notamment les nouvelles bandes des 3.5 à 3.8 GHz (3500 - 3800 MHz), sont présentées séparément. Les mesures ont été effectuées entre l'automne 2021 et le printemps 2022.
Afin d'obtenir les résultats les plus représentatifs possibles, une installation de chacun des trois opérateurs a été sélectionnée, et des sites de mesure répartis dans la cellule radio, se situant à l'intérieur et à l'extérieur de bâtiments, ont été choisis.
Les stations de téléphonie mobile sélectionnées disposent à la fois d'antennes conventionnelles et d'antennes adaptatives.

Les opérateurs n'ont pas été informés des mesures avant cette campagne. Les mesures offrent ainsi un relevé ponctuel de la situation avec les réglages actuels du réseau. Il n'est en revanche plus possible de tirer rétroactivement des conclusions concrètes sur le nombre d'utilisateurs actifs ou le volume de données transmises.

Les mesures ne doivent pas être assimilées aux mesures de réception RNI effectuées à la mise en service d'une installation de téléphonie mobile, lors desquelles les maximas locaux d'intensité de champ sont déterminés à l'intérieur des lieux à utilisation sensible (LUS). En outre, ces mesures ne constituent pas un monitoring RNI, puisqu'il s'agit ici d'observer la caractéristique du rayonnement et non de déterminer l'exposition.

2 Données techniques

2.1 Stations de téléphonie mobile

Durant toutes les mesures, les installations de téléphonie mobile fonctionnent avec le facteur de correction activé et la limitation automatique de puissance, comme l'autorise l'actuelle ORNI.

2.1.1 KONI/BE173-1

Cette station de téléphonie mobile est une installation partagée ("site sharing") par Swisscom et Sunrise, respectivement société responsable et co-utilisatrice.

KONI (Swisscom)

Des antennes conventionnelles et adaptatives sont en service, et toutes les bandes possibles, basses (700 - 900 MHz) et hautes (1800 – 3600 MHz), sont disponibles. Les puissances émettrices ERP durant la campagne de mesure, le cas échéant après application du facteur de correction, sont arrondies à 50 W. Les puissances émettrices par secteur et par bande de fréquences sont énumérées ci-dessous. Le secteur choisi est toujours celui qui couvre les sites de mesure. Le but de cette information est de pouvoir estimer approximativement la couverture des sites de mesure.

Technologie	Fréquence	Secteur 1	Secteur 3	Type d'antenne
• LTE (4G)	700 MHz :	250 Werp	200 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	800 MHz :	450 Werp	450 Werp	Antenne conventionnelle
• UMTS (3G)	900 MHz :	150 Werp	150 Werp	Antenne conventionnelle

• LTE (4G)	1800 MHz :	250 Werp	250 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G) / NR (5G)*	2100 MHz :	250 Werp	150 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2600 MHz :	50 Werp	50 Werp	Antenne conventionnelle
• NR (5G)	3600 MHz :	350 Werp	750 Werp	Antenne adaptative

* Répartition dynamique de la bande de fréquences pour l'utilisation des technologies 4G et 5G

BE173-1 (Sunrise)

Seules des antennes conventionnelles avec des bandes basses et hautes fréquences sont utilisées. Les puissances émettrices ERP réglées durant la campagne de mesure sont arrondies à 50 W. Le secteur choisi est toujours celui qui couvre les sites de mesure. Le but de cette information est de pouvoir estimer approximativement la couverture des sites de mesure.

Technologie	Fréquence	Secteur B	Secteur C	Type d'antenne
• LTE (4G)	800 MHz :	300 Werp	250 Werp	Antenne conventionnelle
• UMTS (3G)	900 MHz :	200 Werp	250 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	1800 MHz :	550 Werp	500 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2100 MHz :	200 Werp	200 Werp	Antenne conventionnelle

2.1.2 AG008-1

Cette station de téléphonie mobile est une installation de Sunrise (pas de "site sharing").

Des antennes conventionnelles et adaptatives sont en service, et toutes les bandes possibles, basses (800 - 900 MHz) et hautes (1800 – 3600 MHz), à l'exception de la bande des 700 MHz, sont disponibles. Les puissances émettrices ERP réglées durant la campagne de mesure, le cas échéant après application du facteur de correction, sont arrondies à 50 W. Les puissances émettrices par secteur et par bande de fréquences sont énumérées ci-dessous. Le secteur choisi est toujours celui qui couvre les sites de mesure. Le but de cette information est de pouvoir estimer approximativement la couverture des sites de mesure.

Technologie	Fréquence	Secteur B	Type d'antenne
• LTE (4G)	800 MHz :	150 Werp	Antenne conventionnelle
• UMTS (3G)	900 MHz :	200 Werp	Antenne conventionnelle
• NR (5G)	900 MHz :	50 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	1800 MHz :	450 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2100 MHz :	50 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2600 MHz :	300 Werp	Antenne conventionnelle
• NR (5G)	3700 MHz :	800 Werp	Antenne adaptative

Remarque :
Sur cette installation, la bande des 900 MHz est répartie entre les deux technologies 3G et 5G.

2.1.3 ZH_2440A

Cette station de téléphonie mobile est une installation de Salt (pas de "site sharing").

Des antennes conventionnelles et adaptatives sont en service, et toutes les bandes possibles, basses (700 - 900 MHz) et hautes (1800 – 3600 MHz), sont disponibles. Les puissances émettrices ERP réglées durant la campagne de mesure, le cas échéant après application du facteur de correction, sont arrondies à 50 W. Les puissances émettrices par secteur et par bande de fréquences sont énumérées ci-dessous. Le secteur choisi est toujours celui qui couvre les sites de mesure. Le but de cette information est de pouvoir estimer approximativement la couverture des sites de mesure.

Technologie	Fréquence	Secteur 1	Secteur 3	Type d'antenne
• NR (5G)	700 MHz :	300 Werp	100 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	800 MHz :	300 Werp	200 Werp	Antenne conventionnelle
• UMTS (3G)	900 MHz :	400 Werp	300 Werp	Antenne conventionnelle

• LTE (4G)	1800 MHz :	600 Werp	500 Werp	Antenne conventionnelle
• UMTS (3G)	2100 MHz :	350 Werp	400 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2100 MHz :	500 Werp	450 Werp	Antenne conventionnelle
• LTE (4G)	2600 MHz :	600 Werp	500 Werp	Antenne conventionnelle
• NR (5G)	3500 MHz :	400 Werp	300 Werp	Antenne adaptative

2.2 Station de mesure mobile

La station de mesure suivante a été utilisée pour toutes les mesures :

Fabricant de la station de mesure :	Narda
Type de station de mesure :	AMS-8061
Numéro d'inventaire :	2015-07
Numéro de série de la station de mesure :	000WX60301
Type de sonde de mesure :	EHA-2B-01
Numéro de série de la sonde de mesure :	000WX50708
Bande de fréquences de la sonde de mesure :	100 kHz à 6 GHz
Linéarité de la sonde de mesure :	≤ ± 2 dB
Réponse en fréquence de la sonde de mesure :	≤ ± 3 dB
Anisotropie totale de la sonde de mesure :	< 3.5 dB à 6 GHz
Dernier calibrage :	12.05.2021

Paramétrage des mesures :

Bandes de fréquences :	743 – 788 MHz; 791 – 821 MHz; 925 – 960 MHz; 1442 – 1517 MHz; 1805 – 1880 MHz; 2110 – 2170 MHz; 2570 – 2685 MHz; 3500 – 3580 MHz; 3580 – 3700 MHz; 3700 – 3800 MHz.
Intervalle d'enregistrement :	6 minutes
Plage de mesure :	0.01 - 160 V/m
Sensibilité :	0.01 V/m
Résolution :	0.01 V/m
Procédé de mesure :	Mesure à large bande séquentielle de chaque bande de fréquences
Temps d'observation/bande :	1 seconde
Temps de revisite/bande :	10 secondes
Largeur de bande de la mesure :	En fonction de la bande de fréquences mesurée
Détecteur :	RMS et Peak en V/m
Valeur de mesure enregistrée :	RMS et Peak (Max Hold) en V/m, toujours supérieure à 6 minutes
Valeur de mesure utilisée :	Peak (Max Hold) en V/m, supérieure à 6 minutes

Remarque :
La station de mesure dispose d'une antenne isotrope et mesure les champs électriques, indépendamment de la direction dans laquelle ils sont émis. Elle mesure principalement les émissions de la station de téléphonie mobile correspondante, étant donné qu'elle est placée à proximité de celle-ci. Les stations de téléphonie mobile voisines n'ont tout au plus qu'une faible influence.

3 Mesure de l'intensité de champ

L'intensité de champ électrique est mesurée sur différents sites dans la zone de rayonnement de la cellule radio. Les différentes bandes de fréquence (downlink) des antennes conventionnelles et adaptatives sont enregistrées séparément, ce qui permet de vérifier les différentes caractéristiques de rayonnement des antennes.

3.1 Sélection des sites de mesure

Les sites de mesure sont choisis de façon à être répartis dans la zone de rayonnement de l'installation de téléphonie mobile. Ils se trouvent à l'intérieur des bâtiments ainsi qu'à l'extérieur : près de postes de travail, dans les salles de classe, sur les trottoirs, devant les façades et sur les toits.

3.1.1 Installation KONI/BE173-1

Six sites de mesure ont été sélectionnés sur le Campus de l'OFSP à Liebefeld, à l'extérieur et à l'intérieur. Ces sites se trouvent dans la zone de couverture de la station de téléphonie mobile KONI de Swisscom, qui dispose d'antennes conventionnelles et adaptatives. La station BE173-1 de Sunrise est installée sur le même site, mais ne dispose que d'antennes conventionnelles.
Cinq sites de mesure se situent à l'extérieur. Le dernier a été choisi à l'intérieur afin d'être comparé avec "l'intensité de champ électrique de l'installation" selon le calcul de la fiche de données spécifique au site [2] du LUS. Les mesures sur les sites extérieurs ont été réalisées non seulement à proximité du sol, mais également sur les toits d'un bâtiment et d'un abri à vélos.

Figure 1: Site de mesure #1 Proximité parking

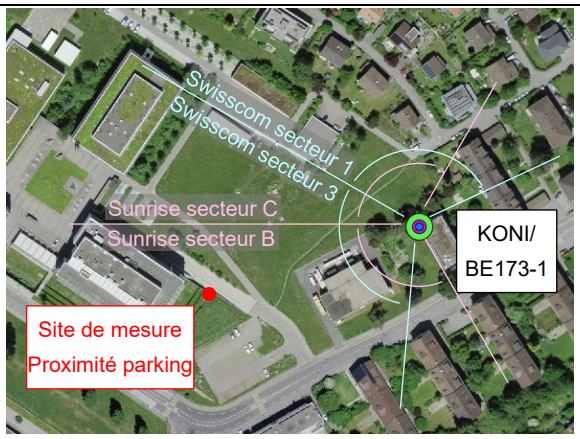

Figure 2: Site de mesure #1, image satellite

Figure 3: Site de mesure #2 Toit Agroscope

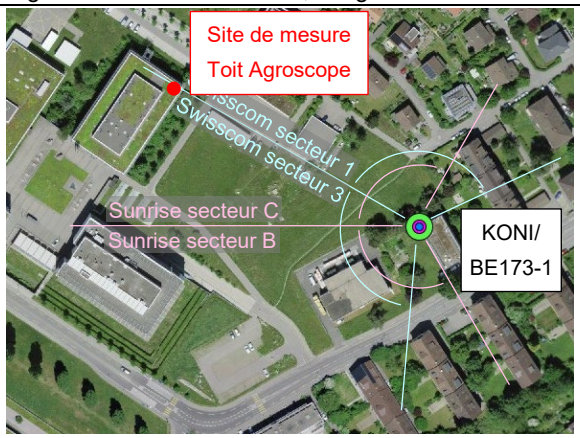

Figure 4: Site de mesure #2, image satellite

Figure 5: Site de mesure #3 Toit abri à vélos

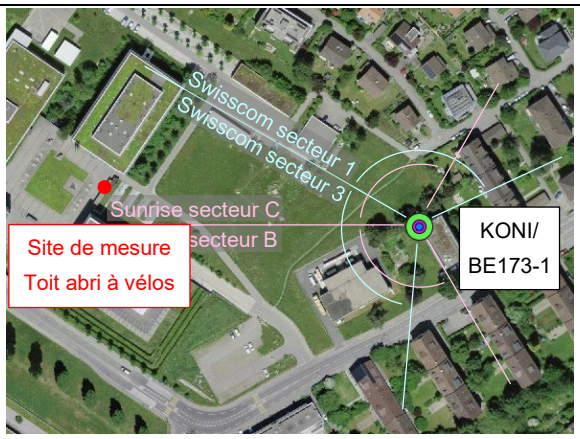

Figure 6: Site de mesure #3, image satellite

Figure 7: Site de mesure #4 Proximité arrêt de bus

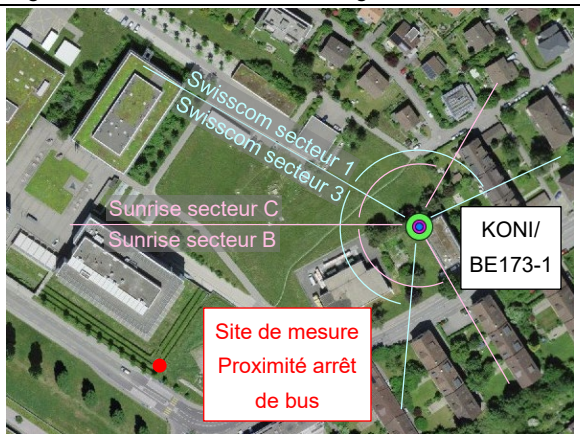

Figure 8: Site de mesure #4, image satellite

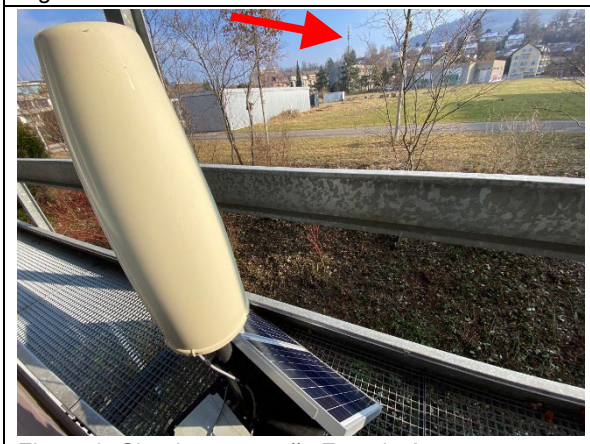

Figure 9: Site de mesure #5 Façade Agroscope

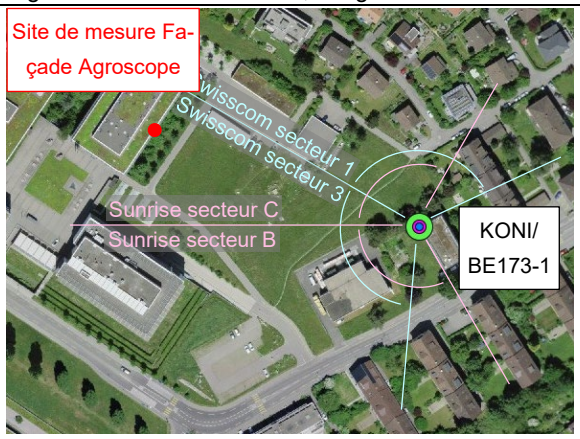

Figure 10: Site de mesure #5, image satellite

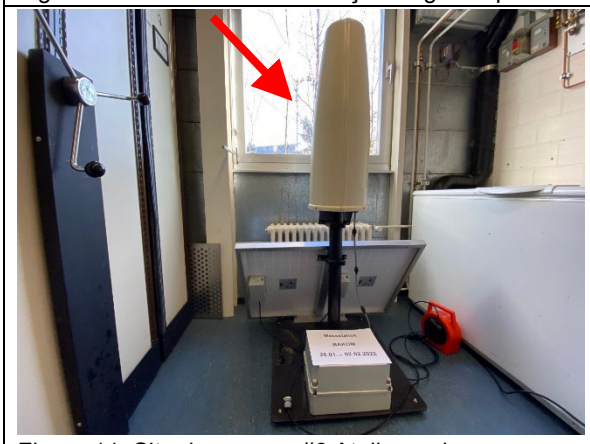

Figure 11: Site de mesure #6 Atelier ruche

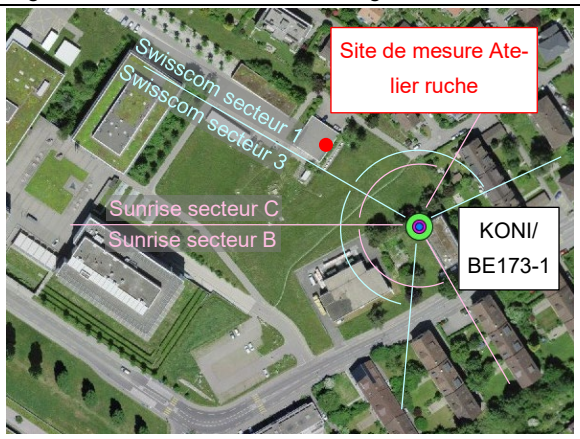

Figure 12: Site de mesure #6, image satellite

Coordonnées des sites de mesure : #1 Proximité parking - 2'598'850.7 / 1'197'565.9
#2 Toit Agroscope - 2'598'833.7 / 1'197'674.3
#3 Toit abri à vélos - 2'598'797.6 / 1'197'622.7
#4 Proximité arrêt de bus - 2'598'825.9 / 1'197'526.1
#5 Façade Agroscope - 2'598'823.0 / 1'197'652.2
#6 Atelier ruche (LUS 5) - 2'598'913.1 / 1'197'644.4

3.1.2 Installation AG008-1

Deux sites de mesure, un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur, ont été choisis dans le complexe scolaire de Neuenhof. Ces sites se trouvent dans la zone de couverture de la station de téléphonie mobile AG008-1 de Sunrise, qui dispose tant d'antennes conventionnelles que d'antennes adaptatives.
Le site à l'intérieur de l'ancienne école a été choisi afin d'être comparé avec "l'intensité de champ électrique de l'installation" selon le calcul de la fiche de données spécifique au site [2] du LUS. Le site extérieur sur le toit de l'aula a été choisi de manière à être exposé dans la zone de rayonnement de l'installation de téléphonie mobile. En outre, une partie du bâtiment scolaire et, plus loin, l'administration communale de Neuenhof se situent dans l'alignement vers l'arrière.

Figure 13: Site de mesure #1 Ancienne école

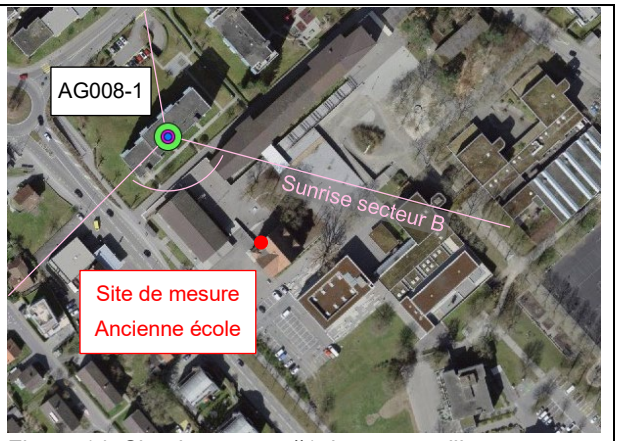

Figure 14: Site de mesure #1, image satellite

Figure 15: Site de mesure #2 Toit aula

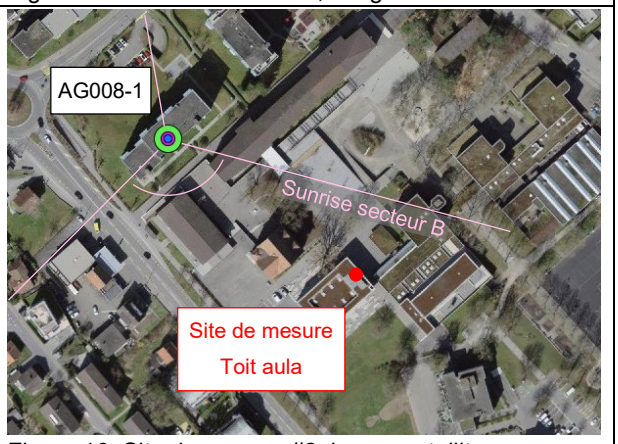

Figure 16: Site de mesure #2, image satellite

Coordonnées des sites de mesure : #1 Ancienne école - 2'666'885.8 / 1'256'027.8
#2 Toit aula - 2'666'931.1 / 1'256'012.6

3.1.3 Installation ZH_2440A

Trois sites de mesure ont été choisis dans l'école professionnelle de Winterthour et sur le toit de la société Hasler, à l'extérieur (toit de Hasler) et à l'intérieur (salle de cours/salle des imprimantes de l'école). Ces sites se trouvent dans la zone de couverture de la station de téléphonie mobile ZH_2440A de Salt, qui dispose tant d'antennes conventionnelles que d'antennes adaptatives.

La salle de classe de l'école professionnelle de Winterthour a été choisie afin d'être comparée avec "l'intensité de champ électrique de l'installation" selon le calcul de la fiche de données spécifique au site [2] du LUS. Les résultats des mesures affichent une très faible amplitude à cet endroit. L'atténuation des ondes électromagnétiques par l'effet de blindage des fenêtres pourraient expliquer ce résultat. C'est pourquoi un second site de mesure a été choisi dans la salle des imprimantes afin d'évaluer l'influence des fenêtres.
Le site de mesure extérieur, sur le toit de la société Hasler, a été choisi de manière à être exposé dans la zone de rayonnement de l'installation de téléphonie mobile, car un bâtiment scolaire (préparation professionnelle de Winterthour) et l'Office fédéral des routes OFROU se trouvent dans l'alignement à l'arrière.

Figure 17: Site de mesure #1 Ecole professionnelle salle de cours G401

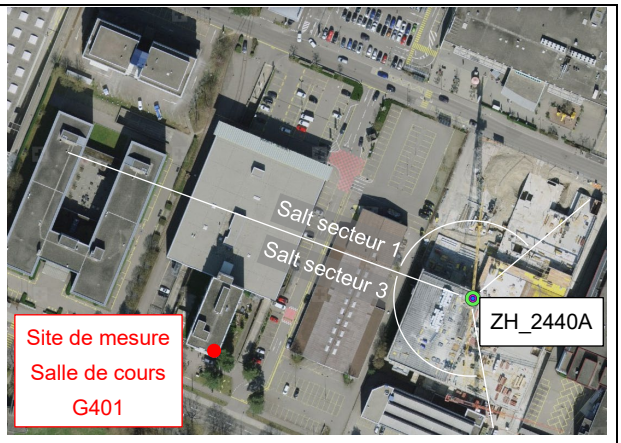

Figure 18: Site de mesure #1, image satellite

Figure 19: Site de mesure #2 Ecole professionnelle salle des imprimantes (fenêtre ouverte)

Figure 20: Site de mesure #2 Ecole professionnelle salle d'impression (fenêtre fermée)

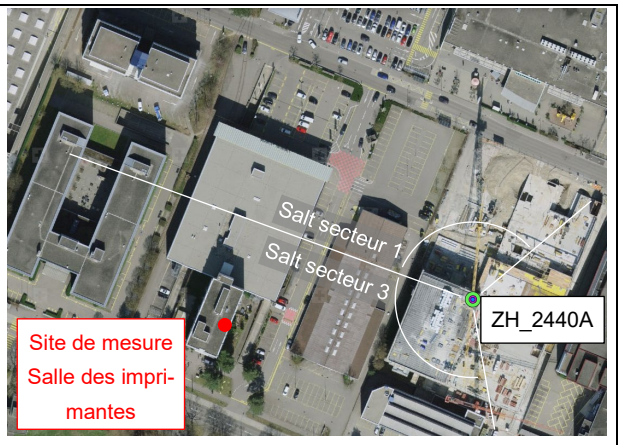

Figure 21: Site de mesure #2, image satellite

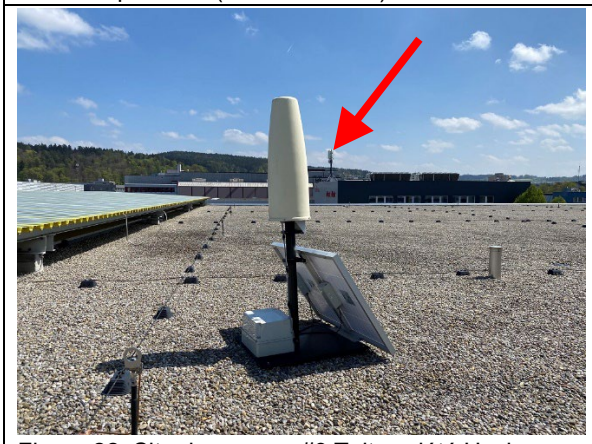

Figure 22: Site de mesure #3 Toit société Hasler

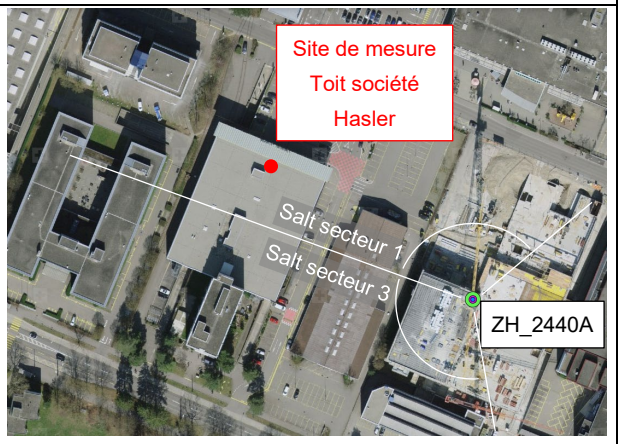

Figure 23: Site de mesure #3, image satellite

Coordonnées des sites de mesure : #1 Ecole professionnelle salle de cours G401 - 2'699'280.9 / 1'261'110.4
#2 Ecole professionnelle salle des imprimantes - 2'699'283.2 / 1'261'116.3
#3 Toit société Hasler - 2'699'305.9 / 1'261'195.3

3.2 Résultats des mesures

3.2.1 Définitions

Pour tous les diagrammes de mesure :

- L'axe y indique l'intensité de champ mesurée en V/m de manière linéaire.
- L'axe x est l'axe de temps. La date est indiquée comme ligne principale, et chaque jour est divisé en grille horaire de 6 heures. Sur chaque site, les mesures ont duré de 6 à 7 jours.

Les diagrammes de mesure montrent les bandes de fréquences inférieures à 3 GHz, qui comprennent toutes les bandes de fréquence (downlink) des trois opérateurs. Les bandes de fréquences des 3.5 à 3.8 GHz ont été représentées séparément pour chaque opérateur, afin de pouvoir les examiner plus en détail. Les couleurs ont été attribuées comme suit :

- Vertes : 3x bande basse (bande des 700, 800 et 900 MHz)
- Jaunes : 2x bande haute inférieure (bande des 1400 et 1800 MHz)
- Bleues : 2x bande haute moyenne (bande des 2100 et 2600 MHz)

- Rouges : 3x bande haute supérieure (bande des 3500, 3600 et 3700 MHz)

- Brunes : Intensité de champ totale résultante de toutes les bandes de fréquences me surées.
  La ligne pointillée indique l'intensité de champ totale résultante sur les 10 bandes de fréquences.

$$\text{Intensité de champ résultante sur 10 bandes:} \quad E_{Res10} = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} {E_i}^2} \qquad \text{Formule 1}$$

  où E_i est la valeur 6 min. Max Hold enregistrée de la *i*-ème bande de fréquences.

  La ligne continue représente, à titre de comparaison, l'intensité de champ résultante sans les bandes de fréquences des 3.5 à 3.8 GHz.

$$\text{Intensité de champ résultante sur 7 bandes:} \quad E_{Res7} = \sqrt{\sum_{i=1}^{7} {E_i}^2} \qquad \text{Formule 2}$$

  où E_i est la valeur 6 min. Max Hold enregistrée de la *i*-ème bande de fréquences.

- Violet : La ligne continue représente la valeur limite de l'installation (VLInst).
  La ligne pointillée correspond à "l'intensité de champ électrique de l'installation" selon le calcul de la fiche données spécifique au site [2].

En plus des diagrammes de mesure, trois tableaux sont disponibles pour chaque site.
Les valeurs suivantes, par bandes de fréquence, sont considérées dans le premier tableau :

- Valeur min. : Valeur minimale de toutes les valeurs de mesure enregistrées (valeur 6 min. Max Hold) sur la durée totale de mesure au site.

- Valeur max. : Valeur maximale de toutes les valeurs de mesure enregistrées (valeur 6 min. Max Hold) sur la durée totale de mesure au site.

- Valeur moyenne : Valeur moyenne arithmétique de toutes les valeurs de mesure en registrées (valeur 6 min. Max Hold) sur la durée totale de mesure au site. L'intensité de champ moyenne en résulte.

$$\text{Valeur moyenne} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} E \qquad \text{Formule 3}$$

  où *n* est le nombre des valeurs 6 min. Max Hold enregistrées.

- Rapport max/moyenne : Ce rapport peut donner une indication de la variabilité de la direction de transmission des antennes adaptatives. Si l'on compare une antenne adaptative à une antenne conventionnelle, on s'attend à un rapport plus faible, car la valeur moyenne est plus petite en raison de la direction de transmission variable.

- Puissance émettrice installée : La puissance émettrice installée dans le secteur où se trouve le site de mesure.

- Largeur de bande installée : La largeur de bande installée dans le secteur où se trouve le site de mesure.

Dans le deuxième tableau, la valeur minimale et la valeur maximale sont indiquées par les intensités de champ totales résultantes (courbes brunes E_{Res7} et E_{Res10}, voir ci-dessus). En outre, la valeur moyenne arithmétique est calculée.

- Valeur moyenne arithmétique de toutes les valeurs E_{Res10} (toutes les bandes des 700 MHz à 3.8 GHz) :

$$\text{Valeur moyenne:}\quad E_{Total} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} E_{Res10} \qquad \text{Formule 4}$$

où n est le nombre de valeurs E_{Res10}.

- Valeur moyenne arithmétique de toutes les valeurs E_{Res7} (toutes les bandes des 700 MHz à 2.6 GHz, sans les bandes des 3.6 à 3.8 GHz):

$$\text{Valeur moyenne:}\quad E_{<3GHz} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} E_{Res7} \qquad \text{Formule 5}$$

où n est le nombre de valeurs E_{Res7}.

Le troisième tableau montre le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande installée de la bande de fréquences >3 GHz sur l'installation de téléphonie mobile :

$$\text{Partie } > 3\text{GHz de la puissance émettrice installée } = \frac{P_{Inst>3GHz}}{P_{InstTotal}} \qquad \text{Formule 6}$$

où $P_{Inst>3GHz}$ est la puissance émettrice installée [Werp] dans la bande >3GHz,
et $P_{InstTotal}$ est la somme des puissances émettrices installées [Werp] de toutes les bandes de fréquences.

$$\text{Partie } > 3\text{GHz de la largeur de bande totale } = \frac{BW_{>3GHz}}{BW_{Total}} \qquad \text{Formule 7}$$

où $BW_{>3GHz}$ est la largeur de bande installée dans la bande >3GHz,
et BW_{Total} est la somme des largeurs de bande de toutes les bandes de fréquences installées sur l'installation.

3.2.2 KONI/BE173-1

Premier site de mesure : Proximité du parking

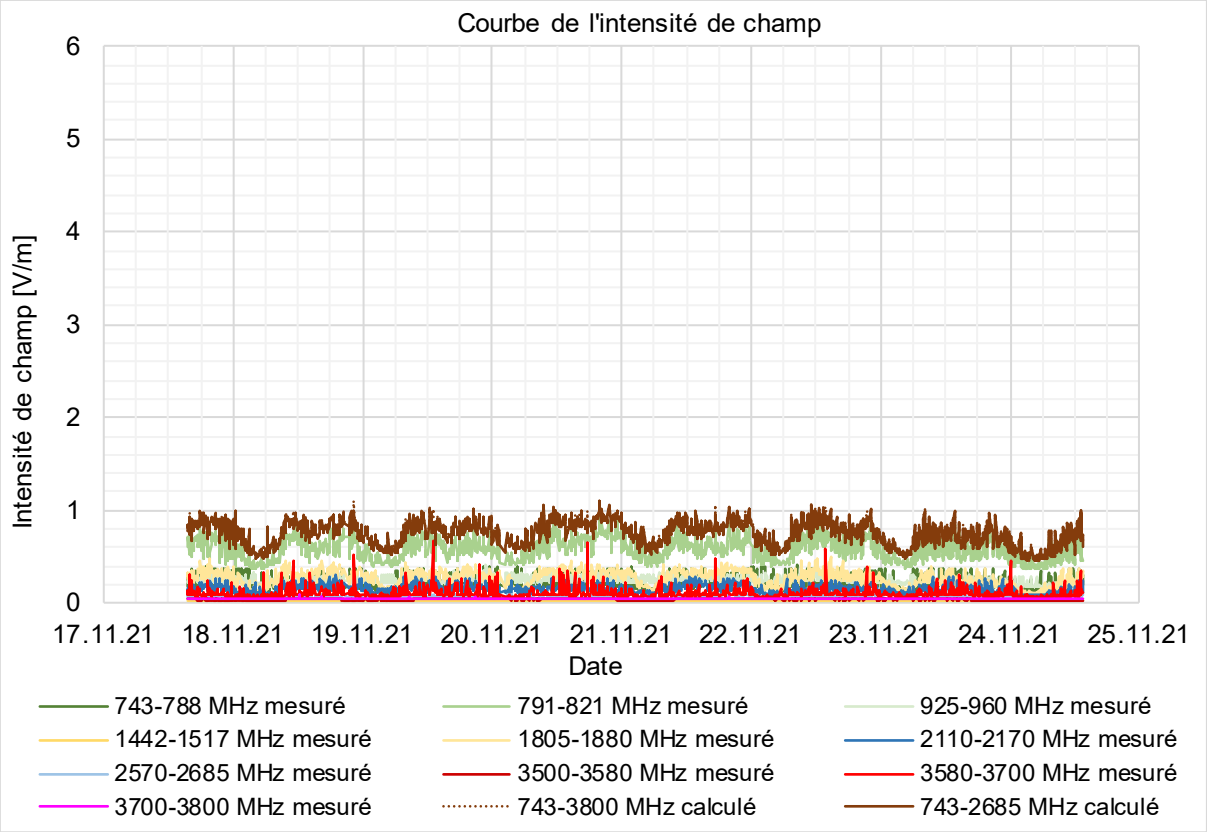

Figure 24: diagramme du site de mesure #1 Proximité du parking (échelle uniforme)

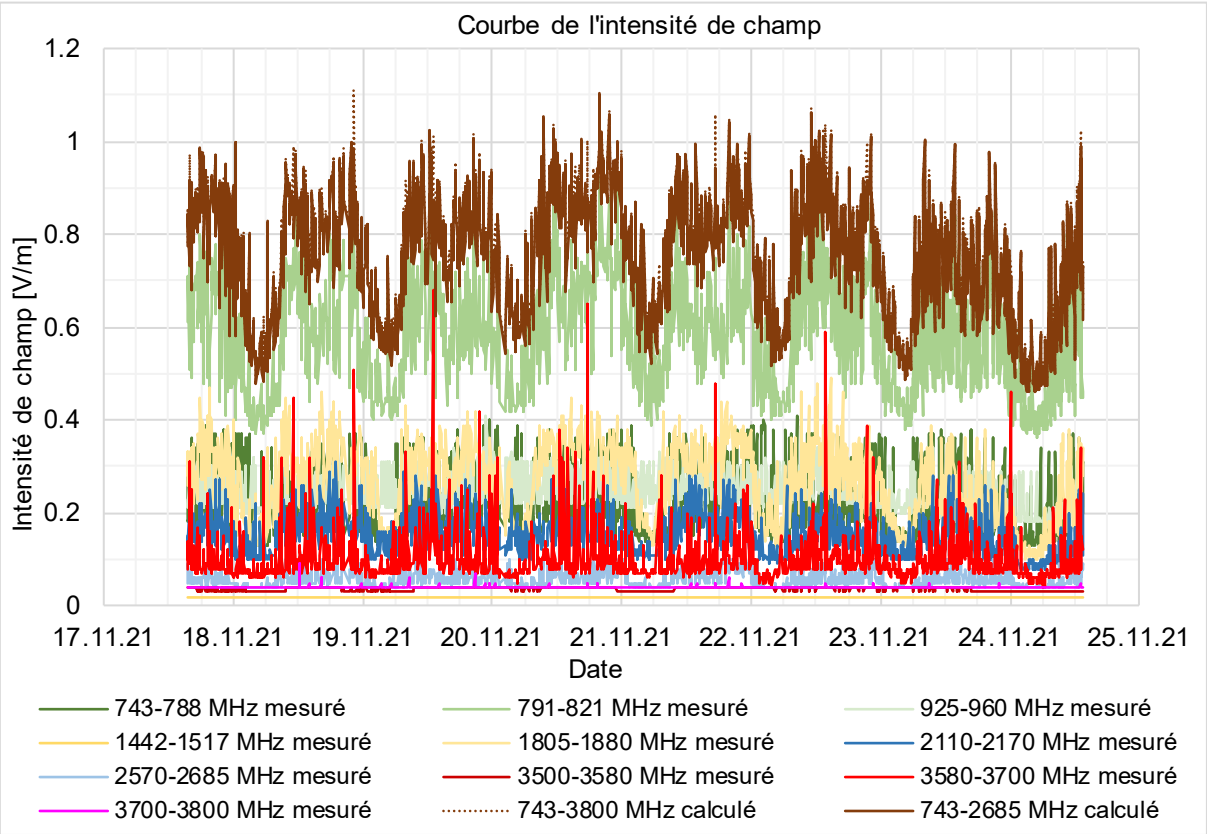

Figure 25: Diagramme du site de mesure #1 Proximité du parking (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.13	0.41	0.23	1.8	200	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.36	0.92	0.58	1.6	750	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.17	0.41	0.24	1.7	350	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.10	0.49	0.26	1.9	800	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.08	0.31	0.15	2.0	350	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.04	0.11	0.06	1.9	50	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.03	0.04	0.04				
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.68	0.10	6.6	750	120	*
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.09	0.04				

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

Tableau 1: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #1 Proximité du parking

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.47	1.11	0.76
743 - 2685 MHz	0.46	1.10	0.75

Tableau 2: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #1 Proximité du parking

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
23%	25%

Tableau 3: Pourcentage du site de mesure #1 Proximité du parking

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- La bande de fréquences dominante est la bande des 800 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante est en grande partie influencée par la bande dominante des 800 MHz.
- Le trafic de données dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz n'existe dans cette direction que de manière sporadique et est visible grâce aux pics de signaux isolés.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 6.6. Il n'est jamais supérieur à 2 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 2. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent guère (1.11 V/m et 1.10 V/m), et leurs valeurs moyennes sont presque identiques (0.76 V/m et 0.75 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.
- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 18.11.2021 entre 20h30 et 21h30 ainsi que le 20.11.2021 entre 01h30 et 02h30. Pendant ces laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Deuxième site de mesure : Toit Agroscope

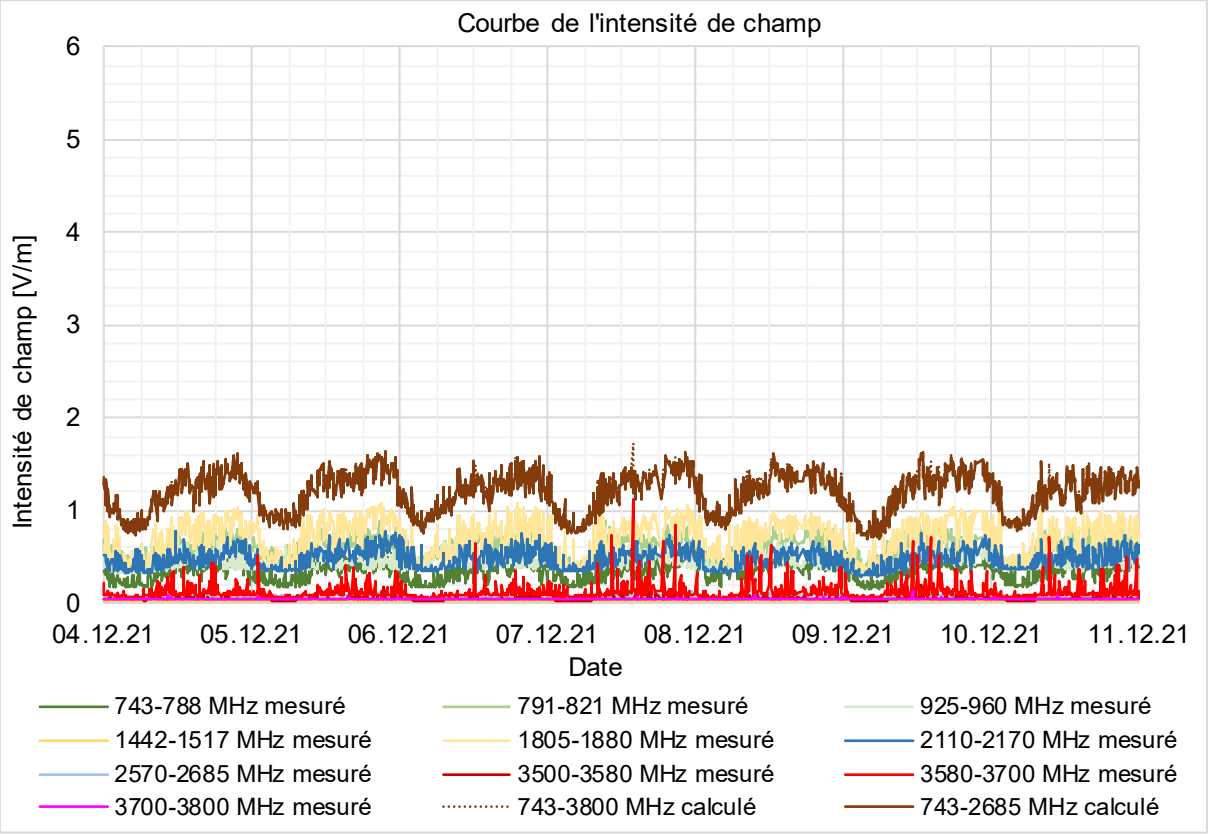

Figure 26: Diagramme du site de mesure #2 Toit Agroscope (échelle uniforme)

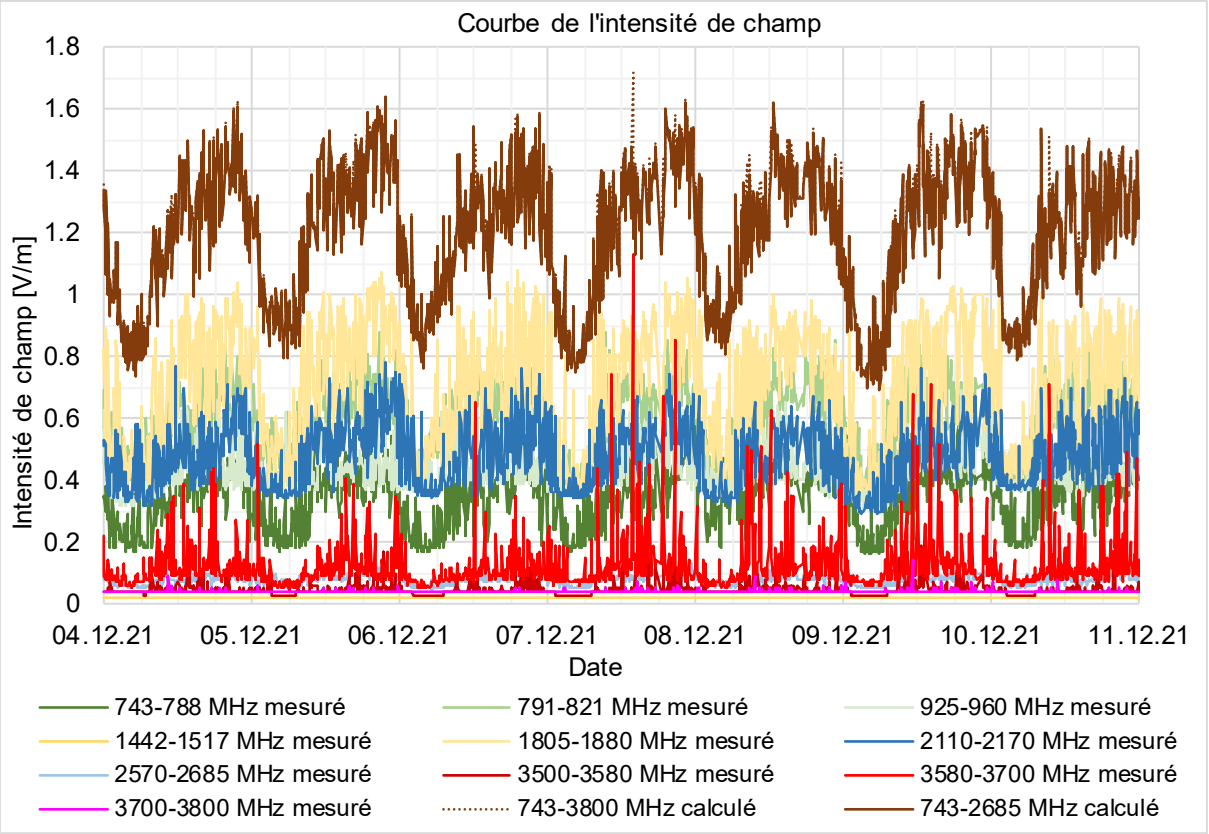

Figure 27: Diagramme du site de mesure #2 Toit Agroscope (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.16	0.64	0.35	1.8	200	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.35	0.88	0.60	1.5	700	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.29	0.74	0.44	1.7	400	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.31	1.08	0.70	1.6	750	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.29	0.78	0.48	1.6	350	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.04	0.13	0.08	1.6	50	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.03	0.29	0.05	6.4			
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	1.13	0.12	9.2	750	120	*
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.14	0.04	3.4			

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m]: 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

Tableau 4: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #2 Toit Agroscope

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.69	1.72	1.20
743 - 2685 MHz	0.69	1.64	1.19

Tableau 5: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #2 Toit Agroscope

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
23%	25%

Tableau 6: Pourcentages du site de mesure #2 Toit Agroscope

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- La bande de fréquences dominante est la bande des 1800 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante de ce site est influencée par plusieurs bandes.
- Dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz, un important trafic de données a été mesuré dans cette direction, ce qui peut être dû à l'emplacement des terminaux.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 9.2. Il n'est jamais supérieur à 1.8 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 5. Bien que les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz diffèrent (resp. 1.72 V/m et 1.64 V/m), leurs valeurs moyennes sont presque identiques (resp. 1.20 V/m et 1.19 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.
- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 07.12.2021 entre 17h30 et 18h30, le 08.12.2021 entre 16h30 et 17h30 ainsi que le 09.12.2021 entre 21h30 et 22h30. Pendant ces trois laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Troisième site de mesure : Toit abri à vélos

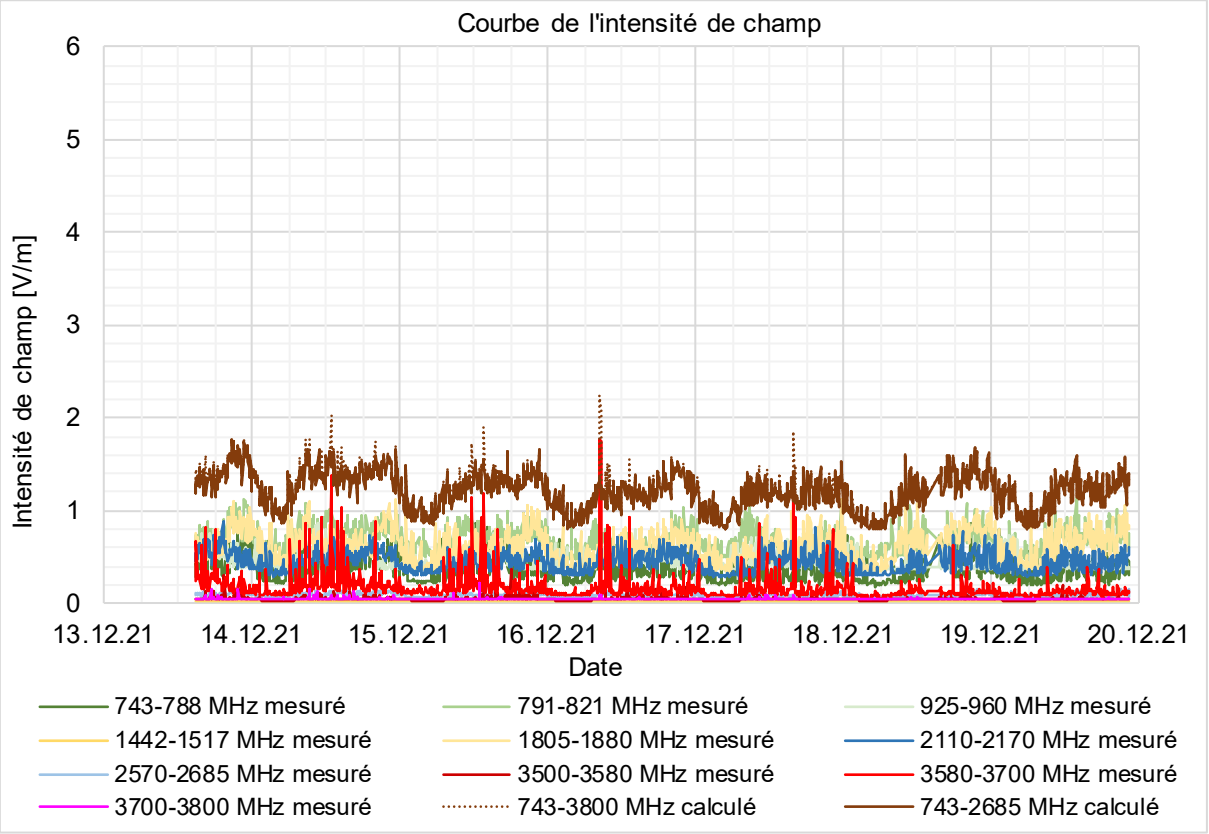

Figure 28: Diagramme du site de mesure #3 Toit abri à vélos (échelle uniforme)

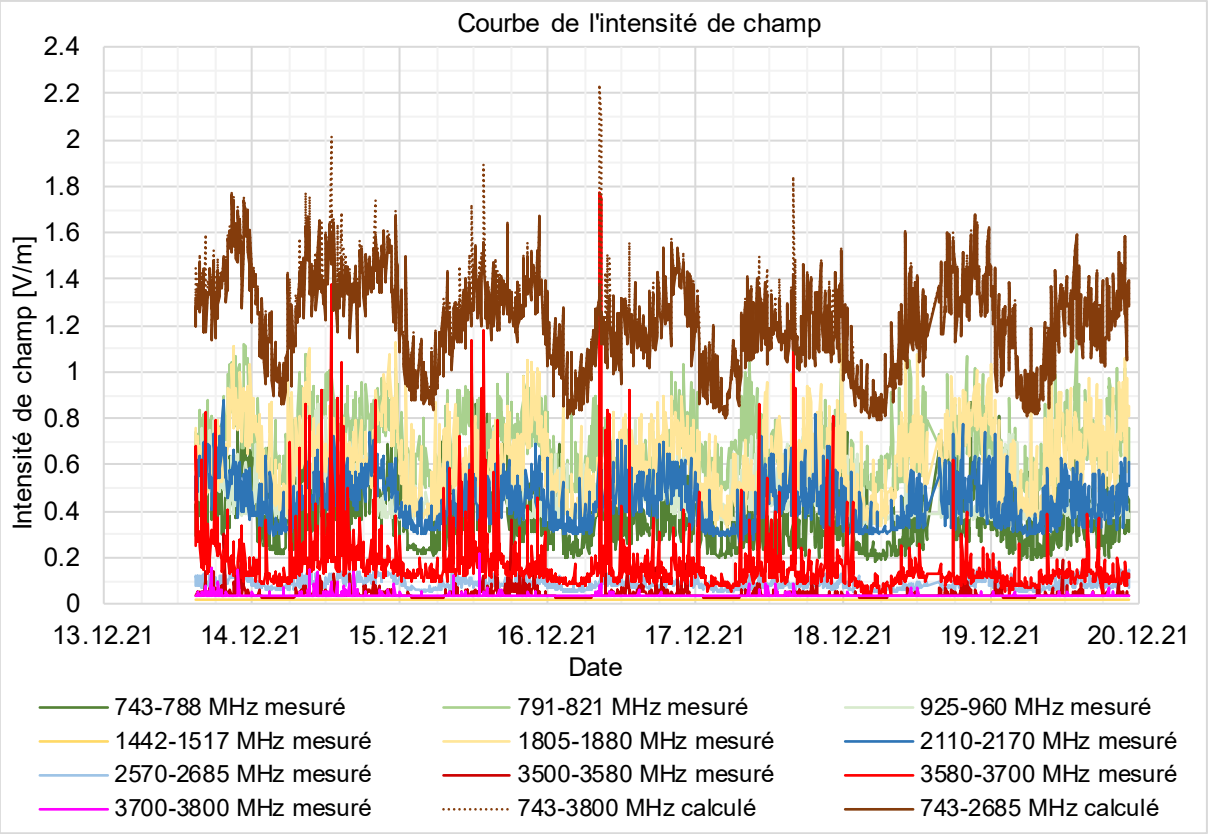

Figure 29: Diagramme du site de mesure #3 Toit abri à vélos (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.18	0.93	0.38	2.4	200	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.39	1.14	0.69	1.7	700	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.33	0.86	0.45	1.9	400	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.33	1.25	0.62	2.0	750	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.27	0.88	0.44	2.0	350	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.05	0.16	0.09	1.8	50	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.03	0.36	0.04	8.0			
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	1.77	0.17	10.5	750	120	*
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.22	0.04	5.3			

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m]: 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

Tableau 7: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #3 Toit abri à vélos

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande:

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.79	2.24	1.23
743 - 2685 MHz	0.79	1.76	1.21

Tableau 8: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #3 Toit abri à vélos

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
23%	25%

Tableau 9: Pourcentages du site de mesure #3 Toit abri à vélos

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Aucune bande de fréquence n'est dominante sur ce site de mesure.
- L'intensité de champ totale résultante de ce site est influencée par plusieurs bandes.
- Pendant le week-end (18.12 et 19.12.2021), il n'y a pratiquement pas eu de pics de signaux dans cette direction dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz, alors que durant la semaine, le trafic de données était beaucoup plus important.
- Sur ce site de mesure, les pics de signaux sont clairement visibles dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 10.5. Il n'est jamais supérieur à 2.4 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 8. Bien que les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz diffèrent (resp. 2.24 V/m et 1.76 V/m), leurs valeurs moyennes sont presque identiques (resp. 1.23 V/m et 1.21 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure pour le 18.12.2021 entre 13h30 et 15h30. Pendant ce laps de temps, un fichier corrompu a été créé, qui n'a pas pu être exploité. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Quatrième site de mesure : Proximité arrêt de bus

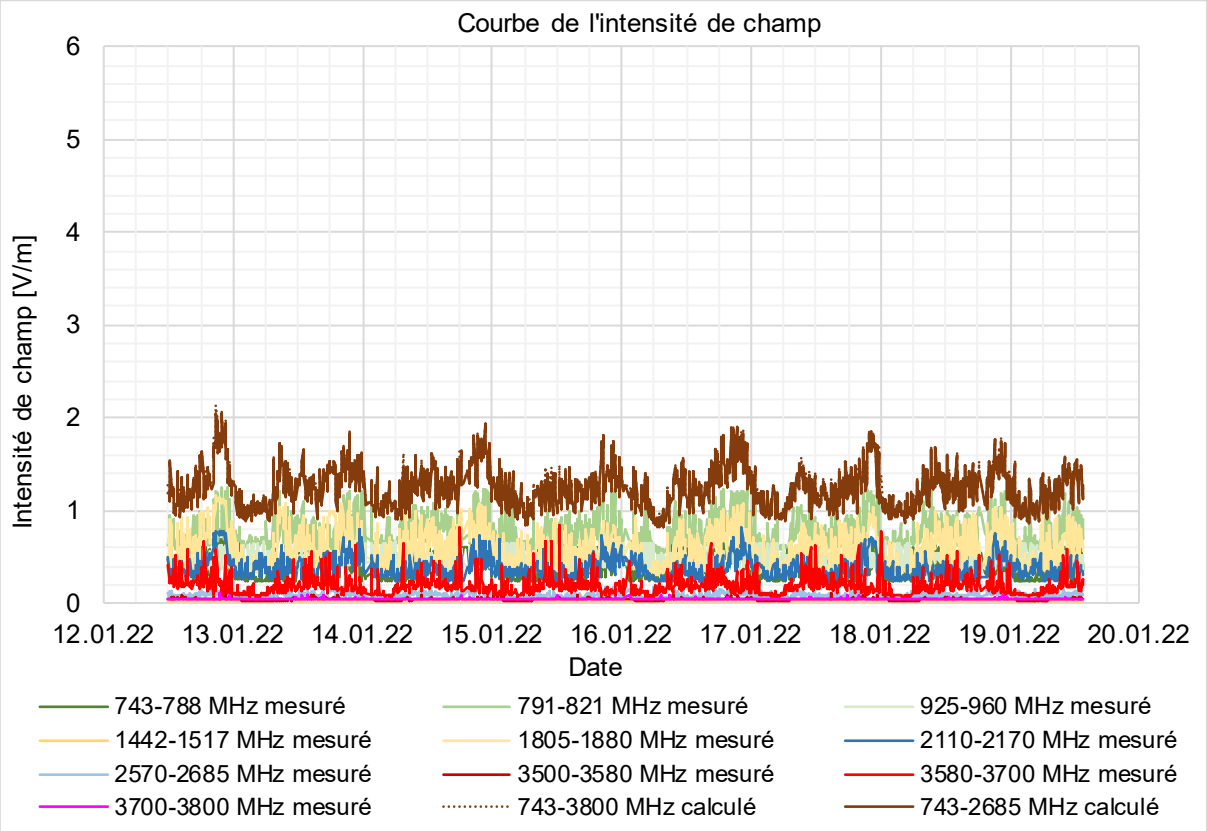

Figure 30: Diagramme du site de mesure #4 Proximité arrêt de bus (échelle uniforme)

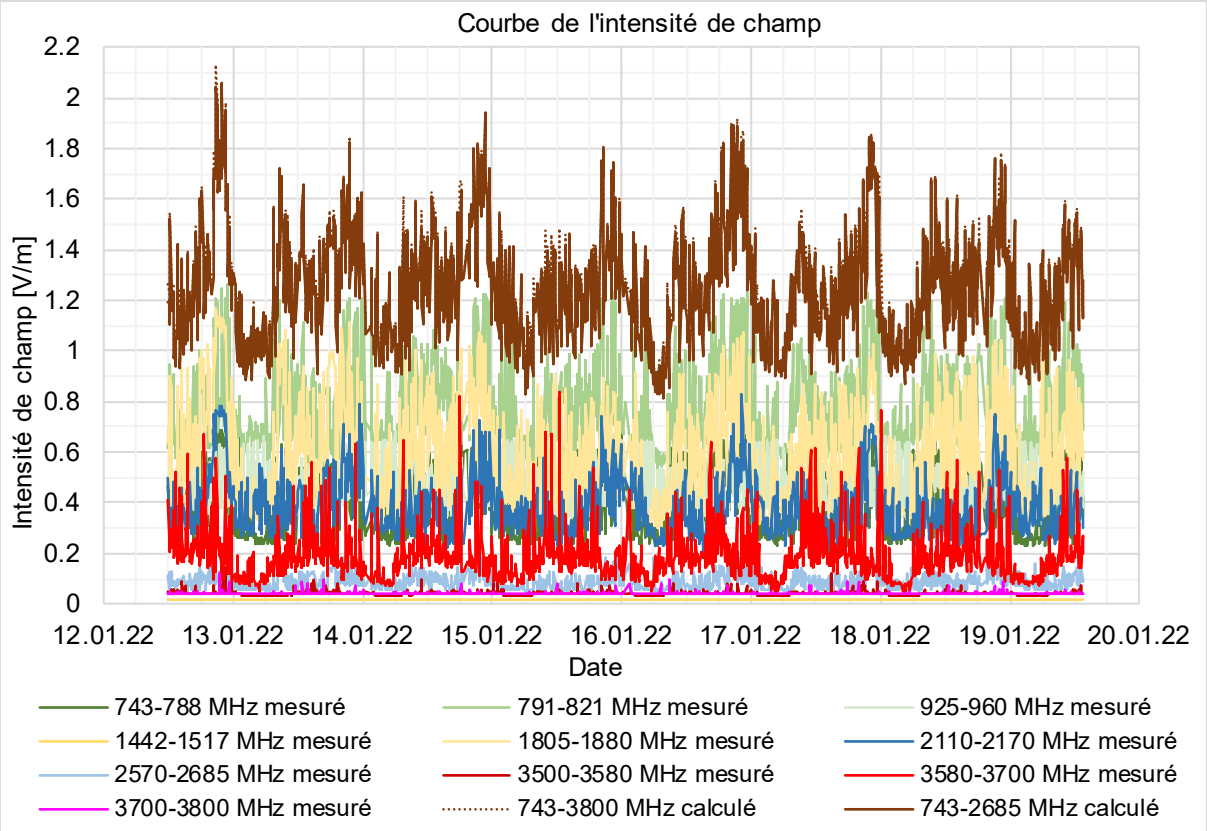

Figure 31: Diagramme du site de mesure #4 Proximité arrêt de bus (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée
743 - 788 MHz (Peak)	0.20	0.70	0.41	1.7	200	45
791 - 821 MHz (Peak)	0.51	1.26	0.78	1.6	750	30
925 - 960 MHz (Peak)	0.32	0.74	0.46	1.6	350	35
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02			
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.30	1.17	0.59	2.0	800	75
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.21	0.83	0.38	2.2	350	60
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.05	0.19	0.09	2.1	50	115
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.03	0.14	0.04	3.5		
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.84	0.19	4.5	750	120
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.12	0.04	2.9		

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

Tableau 10: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #4 Proximité arrêt de bus

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.82	2.13	1.26
743 - 2685 MHz	0.81	2.05	1.24

Tableau 11: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #4 Proximité arrêt de bus

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
23%	25%

Tableau 12: Pourcentages du site de mesure #4 Proximité arrêt de bus

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Les bandes de fréquences dominantes sont les bandes des 800 MHz et des 1800 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante de ce site est influencée par plusieurs bandes.
- Sur ce site de mesure, un nombre considérable de pics de signaux se produit dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 4.5. Il n'est jamais supérieur à 2.2 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 11. Bien que les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz diffèrent (resp. 2.13 V/m et 2.05 V/m), leurs valeurs moyennes sont presque identiques (resp. 1.26 V/m et 1.24 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.
- Il convient de relever que c'est toujours le soir que l'intensité de champ totale résultante atteint sa valeur maximale. Cela peut s'expliquer par le fait que des habitations se trouvent dans l'alignement de ce site de mesure et que le soir, donc lorsque les gens sont chez eux, le volume de trafic de données est plus élevé.

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 14.01.2022 entre 00h30 et 01h30 et entre 18h30 et 19h30, le 16.01.2022 entre 00h30 et 01h30 ainsi que le 18.01.2022 entre 18h30 et 19h30. Pendant ces laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Cinquième site de mesure : Façade Agroscope

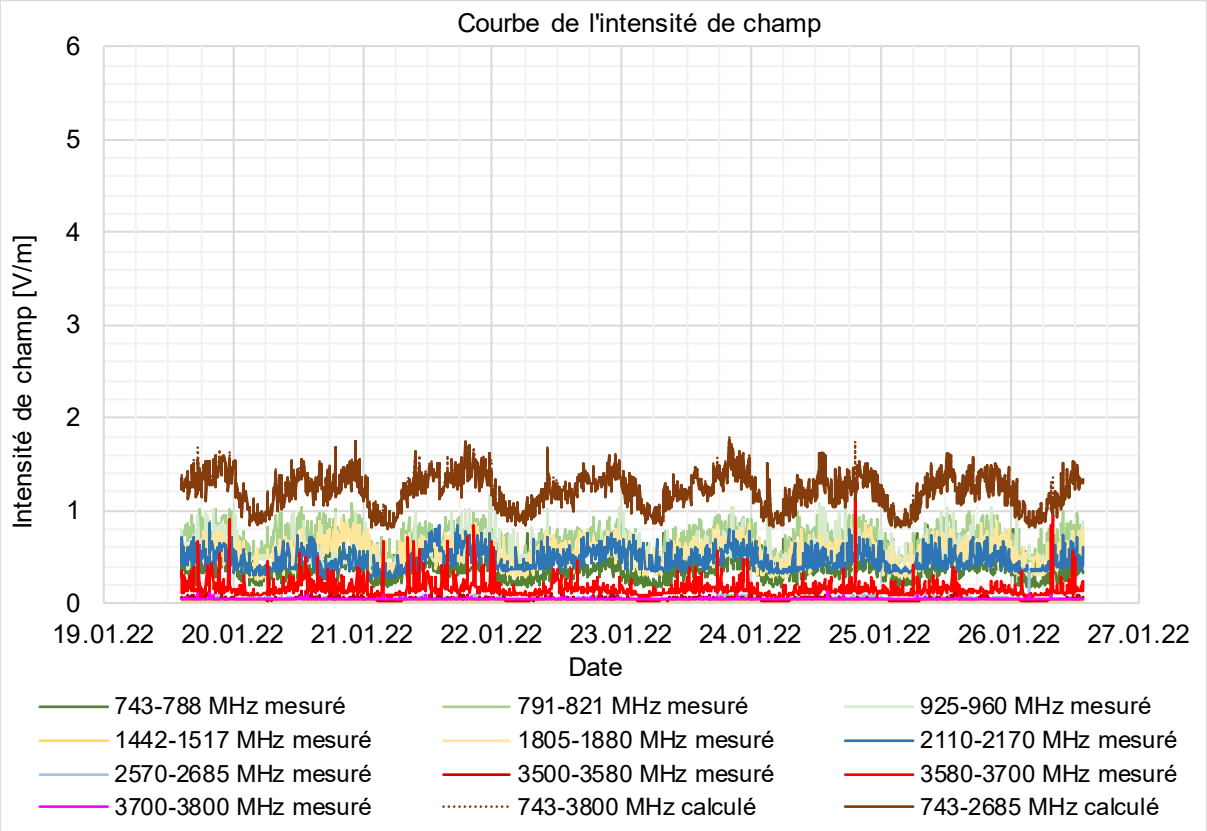

Figure 32: Diagramme du site de mesure #5 Façade Agroscope (échelle uniforme)

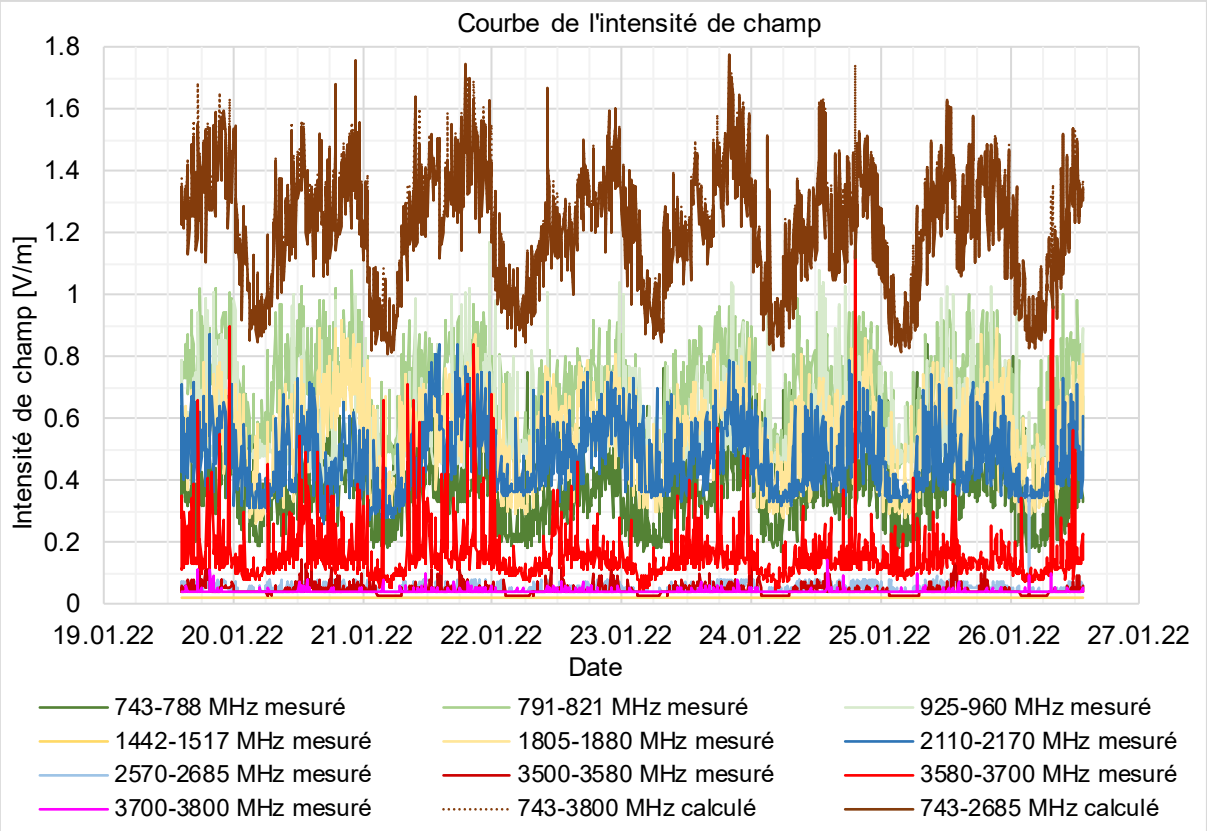

Figure 33: Diagramme du site de mesure #5 Façade Agroscope (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.17	0.84	0.37	2.2	200	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.44	1.08	0.68	1.6	700	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.39	1.17	0.54	2.2	400	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.26	0.92	0.54	1.7	750	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.26	0.87	0.47	1.9	350	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.04	0.34	0.05	6.7	50	115	*/**
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.03	0.21	0.04	4.7			
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	1.14	0.15	7.4	750	120	*
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.14	0.04	3.4			

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

** Le rapport max/moyenne est si élevé en raison d'un seul pic et ne correspond pas à la technique d'antenne conventionnelle. Il s'agit probablement d'une interférence ou d'une valeur aberrante.

Tableau 13: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #5 Façade Agroscope

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.81	1.78	1.22
743 - 2685 MHz	0.81	1.77	1.21

Tableau 14: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #5 Façade Agroscope

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
23%	25%

Tableau 15: Pourcentages du site de mesure #5 Façade Agroscope

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Les bandes de fréquences dominantes sont les bandes des 800 MHz et des 900 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante de ce site est influencée par plusieurs bandes.
- Sur ce site de mesure, le nombre de pics de signaux dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz varie visiblement chaque jour.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 7.4. Il n'est jamais supérieur à 2.2 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles, hormis dans la bande des 2600 MHz. Le rapport max/moyenne de celle-ci est de 6.7 en raison d'un seul pic. Cela s'explique par une interférence ou un écart dans les valeurs de mesure et n'est pas considéré comme représentatif.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 14. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent guère (1.78 V/m et 1.77 V/m), et leurs valeurs moyennes sont presque identiques (1.22 V/m et 1.21 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 14.01.2022 entre 00h30 et 01h30 et entre 18h30 et 19h30, le 16.01.2022 entre 00h30 et 01h30 ainsi que le 18.01.2022 entre 18h30 et 19h30. Pendant ces laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Sixième site de mesure : Atelier ruche

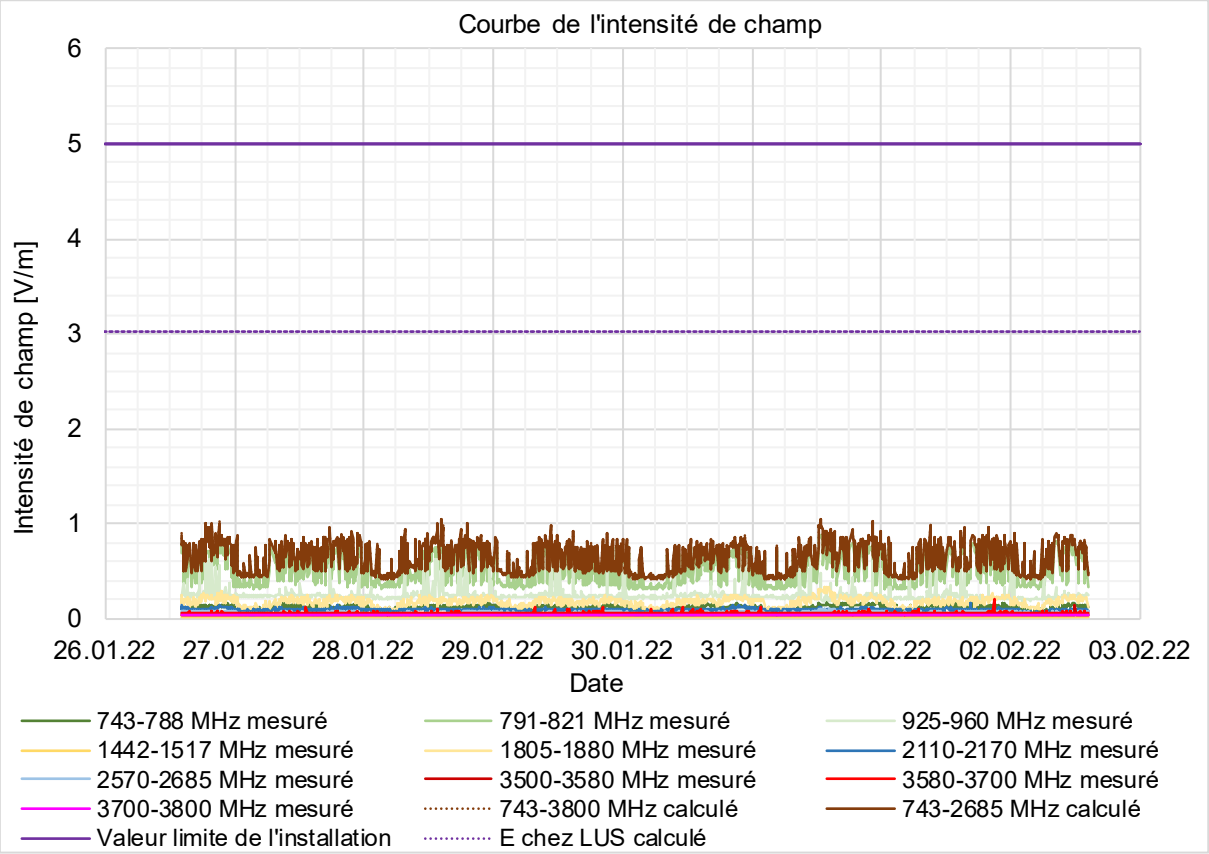

Figure 34: Diagramme du site de mesure #6 Atelier ruche (échelle uniforme)

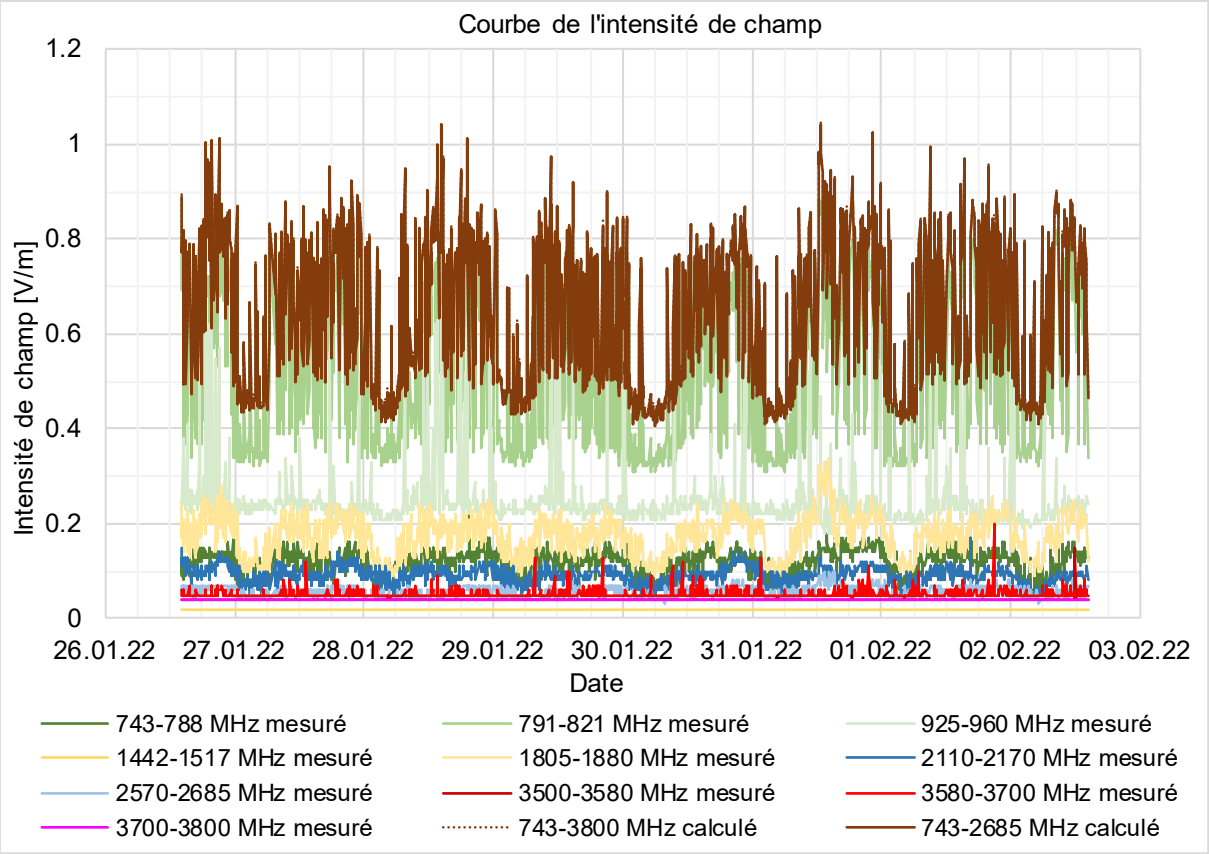

Figure 35: Diagramme du site de mesure #6 Atelier ruche (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.06	0.24	0.12	2.0	250	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.31	0.88	0.53	1.7	700	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.18	0.66	0.25	2.7	400	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.09	0.34	0.18	1.9	750	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.05	0.17	0.09	1.9	450	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.03	0.10	0.06	1.8	50	115	*/**
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.04	0.15	0.04	3.7			
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.20	0.05	3.8	350	120	*
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.04	0.04				

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour KONI/BE173-1

** Le rapport max/moyenne est si élevé en raison d'un seul pic et ne correspond pas à la technique d'antenne conventionnelle. Il s'agit probablement d'une interférence ou d'une valeur aberrante.

Tableau 16: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #6 Atelier ruche

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.41	1.05	0.64
743 - 2685 MHz	0.41	1.04	0.64

Tableau 17: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #6 Atelier ruche

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
12%	25%

Tableau 18: Pourcentages du site de mesure #6 Atelier ruche

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- La bande de fréquences dominante est la bande des 800 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante est en grande partie influencée par la bande dominante des 800 MHz.
- Un trafic de données pratiquement nul a été mesuré dans cette direction dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 3.8. Il n'est jamais supérieur à 2.7 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles. Cette différence relativement faible provient du trafic de données pratiquement nul mesuré sur ce site dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 17. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent guère (1.05 V/m et 1.04 V/m), et leurs valeurs moyennes sont parfaitement identiques (0.64 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.

- L'intensité de champ totale résultante de toutes les bandes disponibles ne dépasse que très rarement et très faiblement une intensité de champ de 1 V/m. Il s'avère que l'intensité de champ totale reste toujours inférieure à "l'intensité de champ électrique de l'installation" de 3.02 V/m selon le calcul de la fiche de données spécifiques au site (LUS numéro 5).

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.6 GHz occupe 25% de la largeur de bande totale installée.

- L'ensemble des mesures a été effectué avec la fenêtre fermée. La fenêtre devrait être ouverte lors d'une mesure de réception du LUS.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure pour le 27.01.2022 entre 06h30 et 07h30. Pendant ce laps de temps, un fichier corrompu a été créé, qui n'a pas pu être exploité. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

3.2.3 AG008-1

Premier site de mesure : Intérieur ancienne école

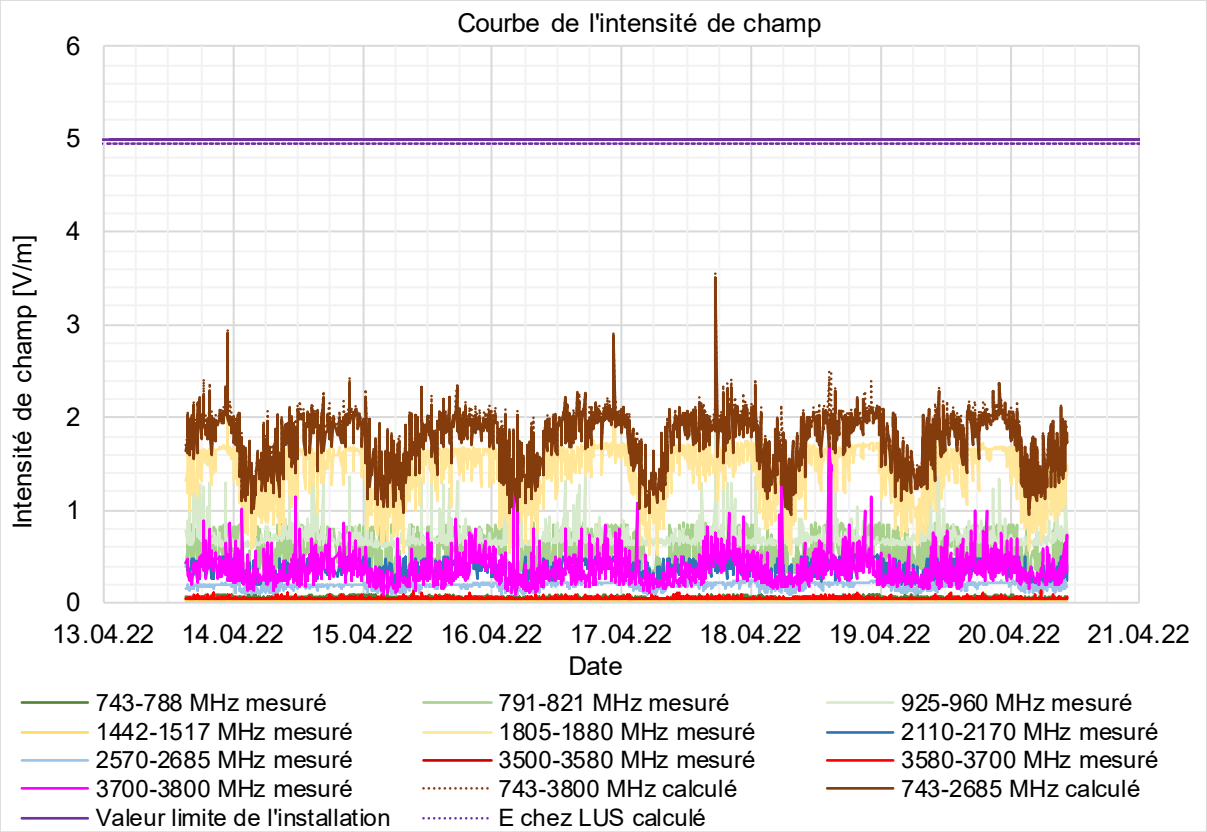

Figure 36: Diagramme du site de mesure #1 Intérieur ancienne école (échelle uniforme)

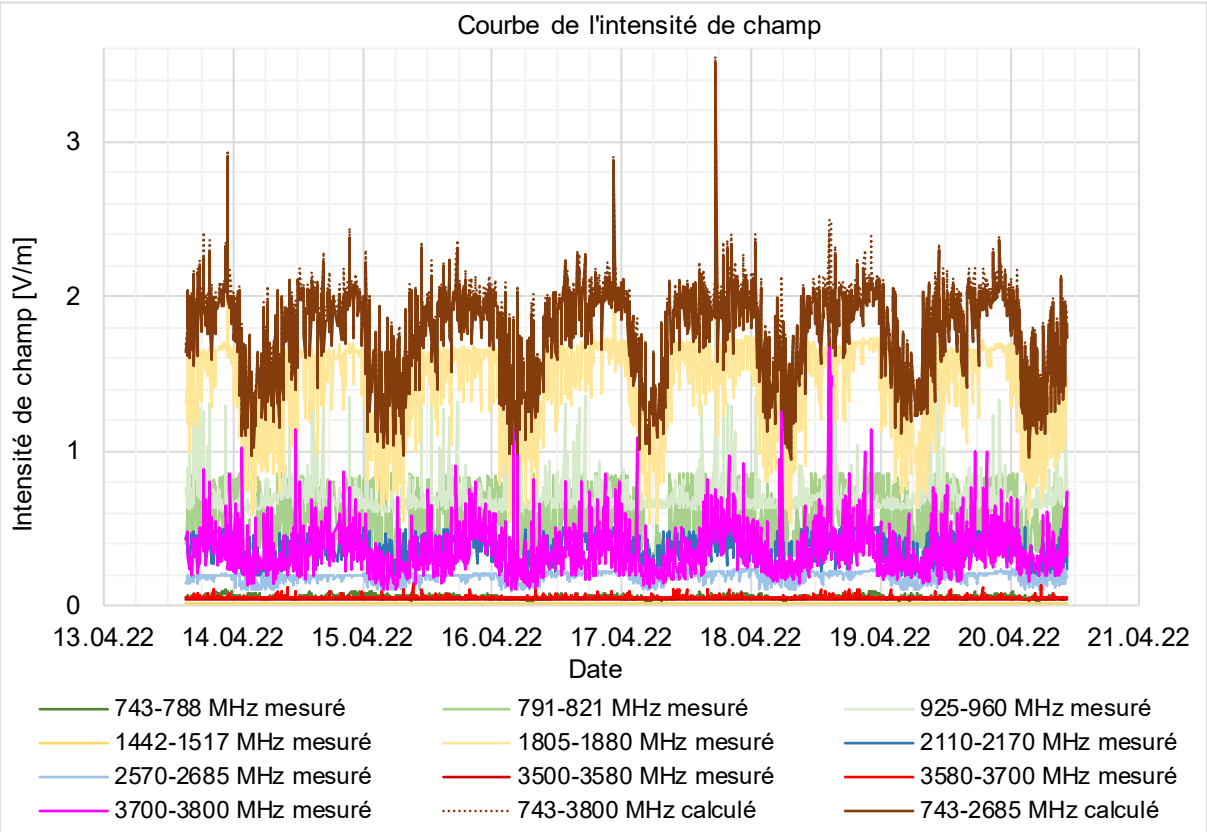

Figure 37: Diagramme du site de mesure #1 Intérieur ancienne école (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.03	0.10	0.06	1.7			
791 - 821 MHz (Peak)	0.31	0.86	0.58	1.5	150	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.60	3.00	0.71	4.2	250	35	* / **
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.53	2.67	1.41	1.9	450	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.18	0.51	0.37	1.4	50	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.09	0.24	0.19	1.3	300	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.04	0.05	0.04				
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.14	0.05	2.6			
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.10	1.73	0.36	4.8	800	100	*

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour AG008-1

** Le rapport max/moyenne est si élevé en raison d'un seul pic et ne correspond pas à la technique d'antenne conventionnelle. Il s'agit probablement d'une interférence ou d'une valeur aberrante.

Tableau 19: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #1 Intérieur ancienne école

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.98	3.55	1.80
743 - 2685 MHz	0.94	3.51	1.75

Tableau 20: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #1 Intérieur ancienne école

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
40%	24%

Tableau 21: Pourcentages du site de mesure #1 Intérieur ancienne école

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- La bande de fréquences dominante est la bande des 1800 MHz.
- L'intensité de champ totale résultante est en grande partie influencée par la bande dominante des 1800 MHz.
- Le trafic de données dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz existe régulièrement dans cette direction et est visible grâce aux pics de signaux sporadiques.
- Le rapport max/moyenne est le plus fort dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, avec une valeur de 4.8. Il n'est jamais supérieur à 1.9 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles, hormis dans la bande des 900 MHz. Le rapport max/moyenne de celle-ci est de 4.2 en raison d'un seul pic. Cela s'explique par une interférence ou un écart dans les valeurs de mesure et n'est pas considéré comme représentatif.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 20. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent que peu (3.55 V/m et 3.51 V/m), tout comme leurs valeurs moyennes (1.80 V/m et 1.75 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque, à l'exception de certains pics de signaux.

- L'intensité de champ totale résultante de toutes les bandes existantes ne dépasse que très rarement l'intensité de champ de 2.5 V/m et reste constamment inférieure à 3.6 V/m. Il s'avère que l'intensité de champ totale reste toujours inférieure à "l'intensité de champ électrique de l'installation" de 4.95 V/m selon le calcul de la fiche de données spécifiques au site (LUS numéro 5).

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.7 GHz occupe 24% de la largeur de bande totale installée.

- L'ensemble des mesures a été effectué avec la fenêtre fermée. La fenêtre devrait être ouverte lors d'une mesure de réception du LUS.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure pour le 14.04.2022 entre 17h30 et 18h30. Pendant ce laps de temps, un fichier corrompu a été créé, qui n'a pas pu être exploité. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronés, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Deuxième site de mesure : Toit aula

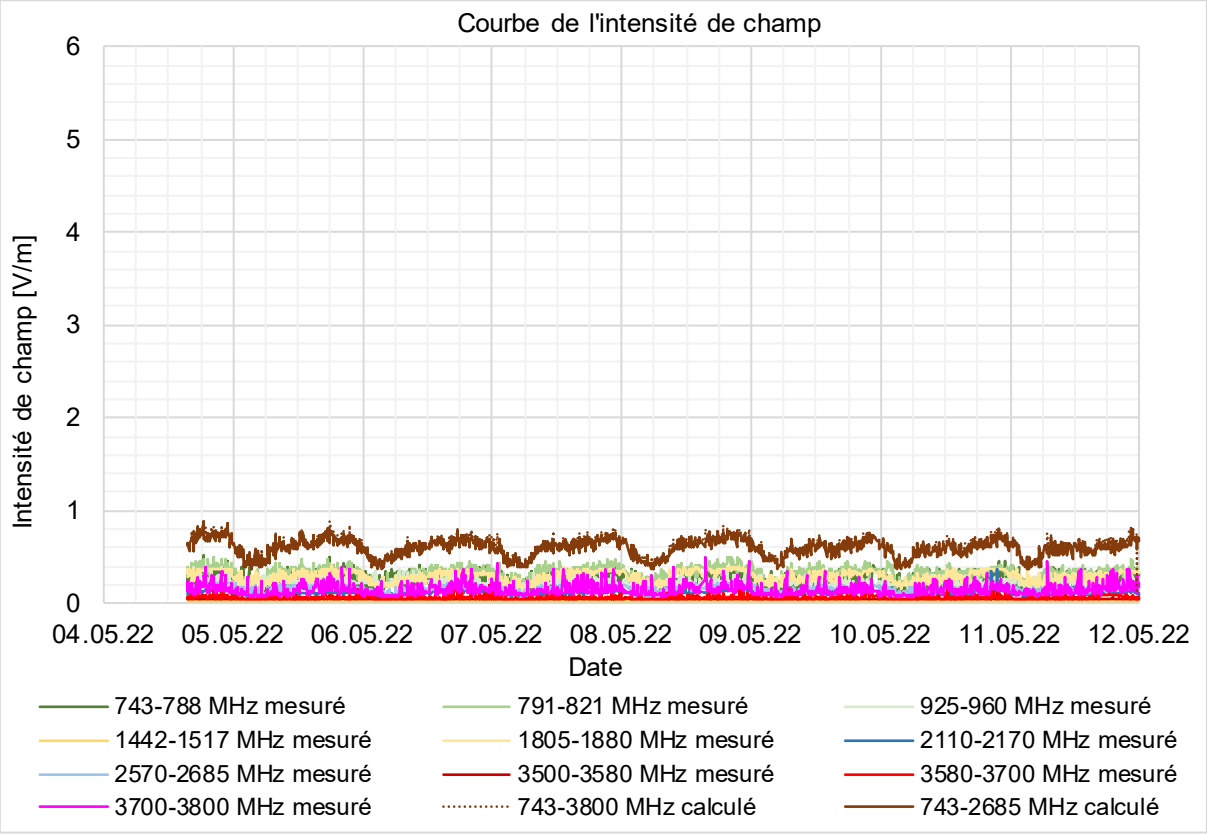

Figure 38: Diagramme du site de mesure #2 Toit aula (échelle uniforme)

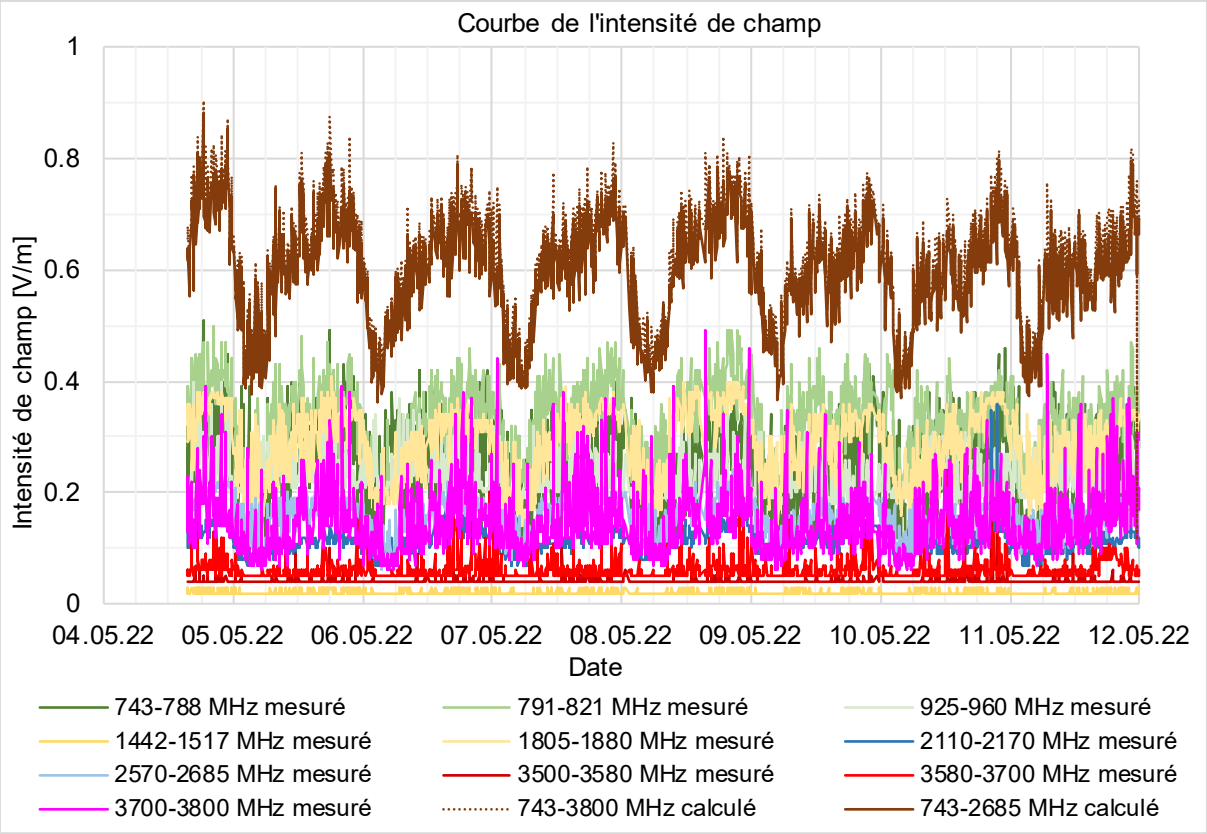

Figure 39: Diagramme du site de mesure #2 Toit aula (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.11	0.51	0.25	2.0			
791 - 821 MHz (Peak)	0.18	0.50	0.33	1.5	150	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.17	0.40	0.23	1.7	250	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.03	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.14	0.41	0.29	1.4	450	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.07	0.36	0.11	3.2	50	60	* / **
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.06	0.24	0.16	1.5	300	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.04	0.17	0.04	4.1			
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.05	0.24	0.06	3.9			
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.06	0.49	0.15	3.3	800	100	*

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1
* Bandes de fréquences actives pour AG008-1
** Le rapport max/moyenne est si élevé en raison d'un seul pic et ne correspond pas à la technique d'antenne conventionnelle. Il s'agit probablement d'une interférence ou d'une valeur aberrante.

Tableau 22: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #2 Toit aula

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.38	0.91	0.62
743 - 2685 MHz	0.36	0.88	0.60

Tableau 23: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #2 Toit aula

Les antennes adaptatives présentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée, de la largeur de bande totale et de l'intensité de champ totale résultante suivantes :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
40%	24%

Tableau 24: Pourcentages du site de mesure #2 Toit aula

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Aucune bande de fréquence n'est dominante.
- L'intensité totale du champ résultante est influencée de manière similaire par différentes bandes de fréquences.
- Le trafic de données dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz existe dans cette direction et est visible grâce aux pics de signaux sporadiques.
- Le rapport max/moyenne n'est jamais supérieur à 2.0 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles, hormis dans la bande des 2.1 GHz, où il se situe à 3.2. Cela est dû à quelques pics de signaux avec une valeur moyenne basse. Il atteint 3.3 dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz de Sunrise.
  Ce rapport est le plus élevé (4.1) dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz, qui est une bande de fréquence de la station de téléphonie mobile Salt située à proximité.
- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 23. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent guère (0.91 V/m et 0.88 V/m), et leurs valeurs moyennes sont presque identiques (0.62 V/m et 0.60 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.7 GHz occupe 24% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 08.05.2022 entre 00h30 et 01h30 et entre 14h30 et 15h30, ainsi que le 09.05.2022 entre 22h30 et 23h30. Pendant ces laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

3.2.4 ZH_2440A

Premier site de mesure : Ecole professionnelle Salle de cours G401

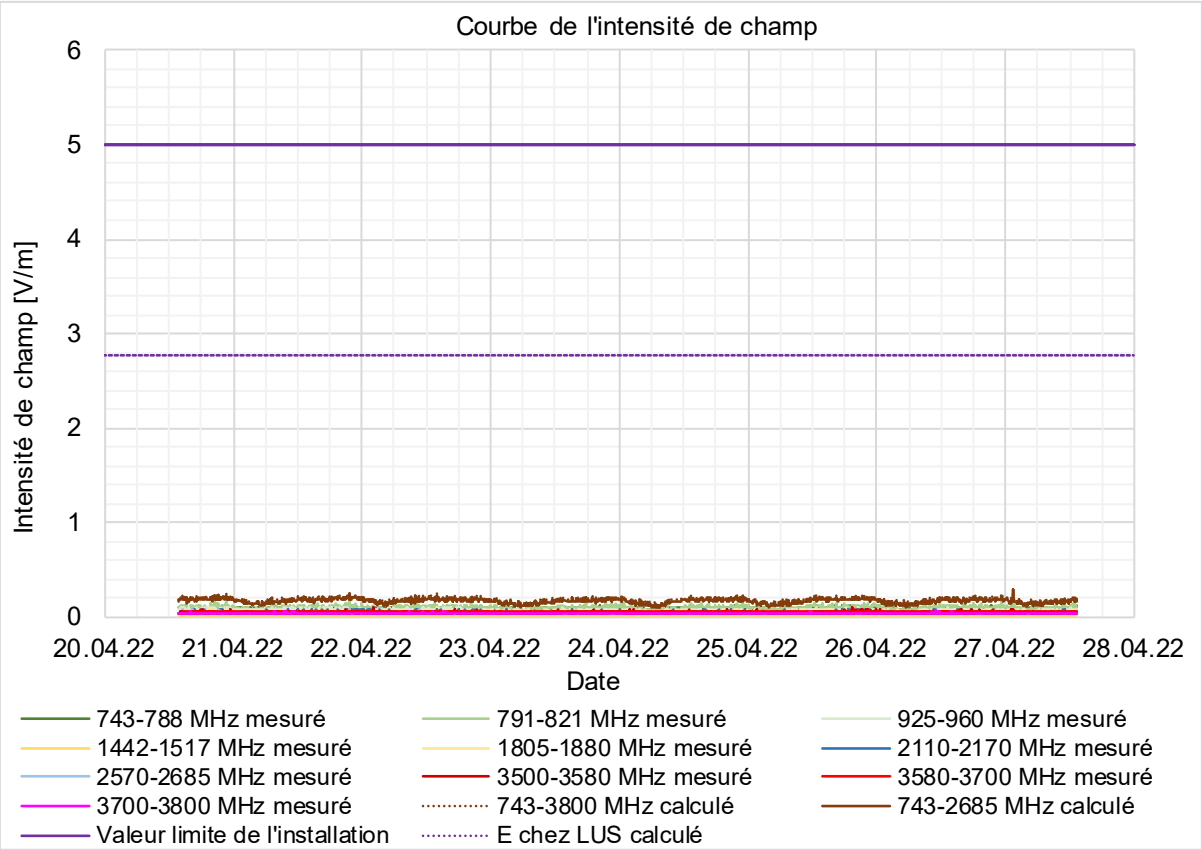

Figure 40: Diagramme du site de mesure #1 Ecole professionnelle Salle de cours G401 (échelle uniforme)

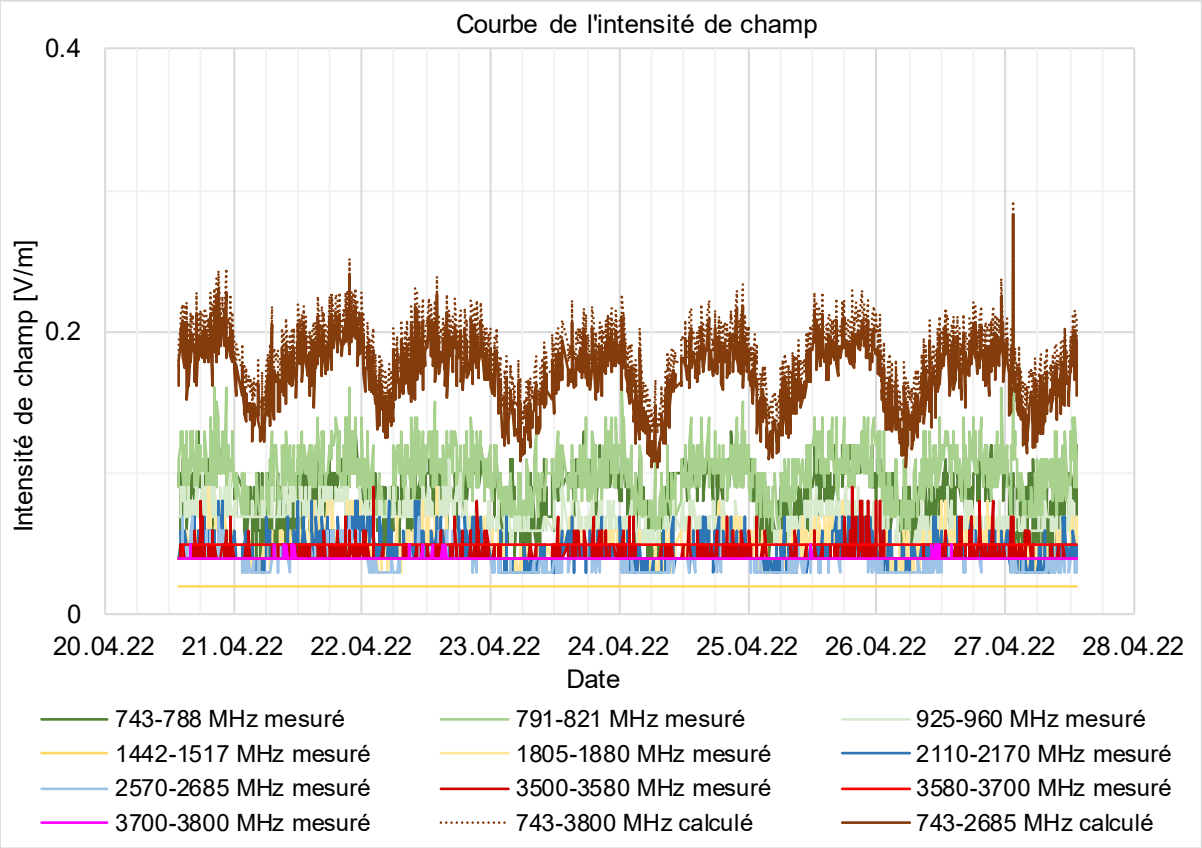

Figure 41: Diagramme du site de mesure #1 Ecole professionnelle Salle de cours G401 (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.04	0.13	0.09	1.5	100	45	*
791 - 821 MHz (Peak)	0.06	0.24	0.10	2.4	200	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.05	0.11	0.07	1.6	300	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.03	0.09	0.05		500	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.03	0.08	0.05		850	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.03	0.07	0.04		500	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.04	0.09	0.04		300	80	*
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.05	0.05				
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.04	0.05	0.04				

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m] 0.1

* Bandes de fréquences actives pour ZH_2440A

Figure 25: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #1 Ecole professionnelle Salle de cours G401

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.13	0.29	0.19
743 - 2685 MHz	0.10	0.28	0.17

Figure 26: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #1 Ecole professionnelle Salle de cours G401

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
11%	18%

Figure 27: Pourcentages du site de mesure #1 Ecole professionnelle Salle de cours G401

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Les intensités de champ mesurées sont étonnamment faibles sur ce site de mesure. Cela laisse penser que les vitres des fenêtres ont un film métallique qui atténue fortement le rayonnement électromagnétique.

- Aucune bande de fréquences n'est dominante.

- L'intensité totale du champ résultante est influencée de manière similaire par différentes bandes de fréquences.

- Un trafic de données pratiquement nul a été mesuré dans cette direction dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz. Les fréquences les plus élevées semblent être en particulier fortement absorbées.

- Le rapport max/moyenne n'a pas été calculé pour la bande des 3.5 à 3.8 GHz de l'antenne adaptative, car les valeurs maximales sont inférieures à la limite de bruit de 0.1 V/m.

- La contribution de l'antenne adaptative n'est presque pas visible dans l'intensité de champ totale résultante du Figure 26. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz ne diffèrent guère (0.29 V/m et 0.28 V/m), tout comme leurs valeurs moyennes (0.19 V/m et 0.17 V/m). Sur le diagramme, on constate que les deux courbes se superposent presque.

- L'intensité de champ totale résultante de toutes les bandes existantes ne dépasse que très rarement et très faiblement une intensité de champ de 0.25 V/m. Il s'avère que l'intensité de champ totale reste toujours inférieure à "l'intensité de champ électrique de l'installation" de 2.77 V/m selon le calcul de la fiche de données spécifiques au site (LUS numéro 9).

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.5 GHz occupe 18% de la largeur de bande totale installée.

- L'ensemble des mesures a été effectué avec la fenêtre fermée. La fenêtre devrait être ouverte lors d'une mesure de réception du LUS.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure le 21.04.2022 entre 00h30 et 01h30, le 23.04.2022 entre 10h30 et 11h30 et entre 13h30 et 14h30, ainsi que le 24.04.2022 entre 10h30 et 11h30. Pendant ces laps de temps, des fichiers illisibles ont été créés, qui n'ont pas pu être exploités. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

Deuxième site de mesure : Ecole professionnelle Salle des imprimantes

Cette brève mesure sur ce site visait à déterminer pourquoi les valeurs mesurées sur le premier site, à savoir la salle de cours G401, étaient si faibles. On suppose que les fenêtres de l'école professionnelle de Winterthour atténuaient fortement les ondes électromagnétiques, car elles sont potentiellement recouvertes d'une très fine couche de métal réfléchissante.

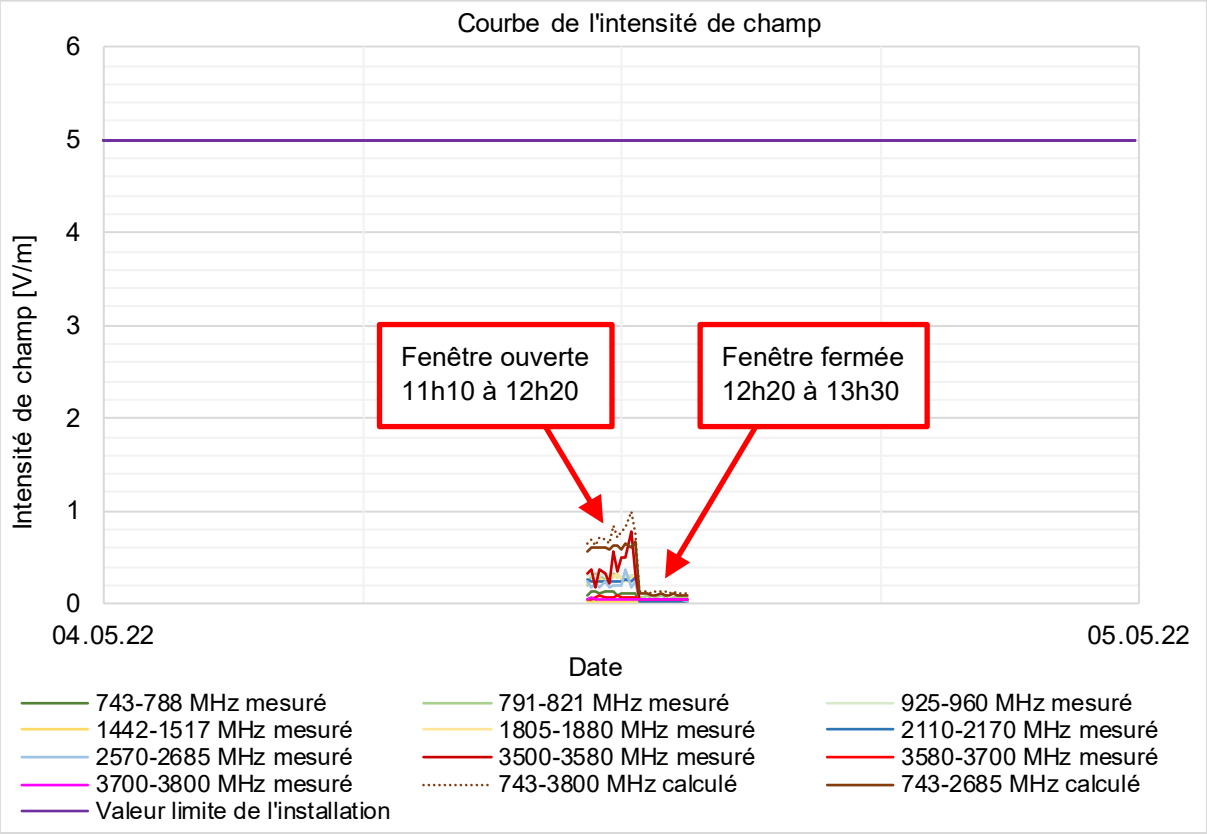

Figure 42: Diagramme du site de mesure #2 Ecole professionnelle Salle d'impression

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Lorsque la fenêtre est ouverte, les valeurs mesurées sont environ 10 fois plus élevées que lorsque la fenêtre est fermée.
- Les valeurs mesurées lorsque la fenêtre est fermée sont si basses qu'une évaluation n'est pas possible.
- Cela confirme que les fenêtres de l'école professionnelle de Winterthour atténuent presque totalement les ondes électromagnétiques. La mesure effectuée au premier emplacement de mesure dans la salle de cours G401 indique ainsi seulement qu'il n'y a pratiquement pas d'intensité de champ électromagnétique dans les salles de cours.
- Mesurer l'intensité de champ à l'école professionnelle en laissant la fenêtre ouverte pendant une semaine n'est pas réalisable.

Troisième site de mesure : Toit société Hasler

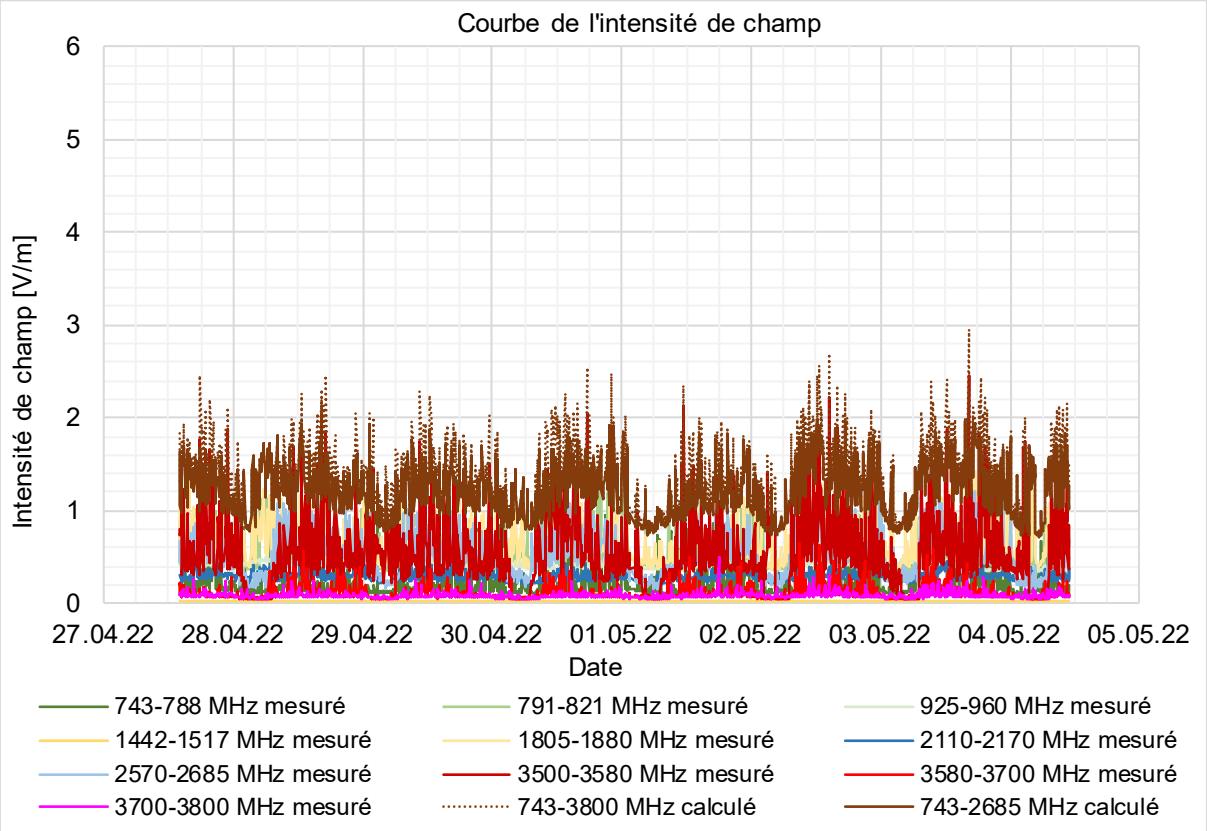

Figure 43: Diagramme du site de mesure #3 Toit société Hasler (échelle uniforme)

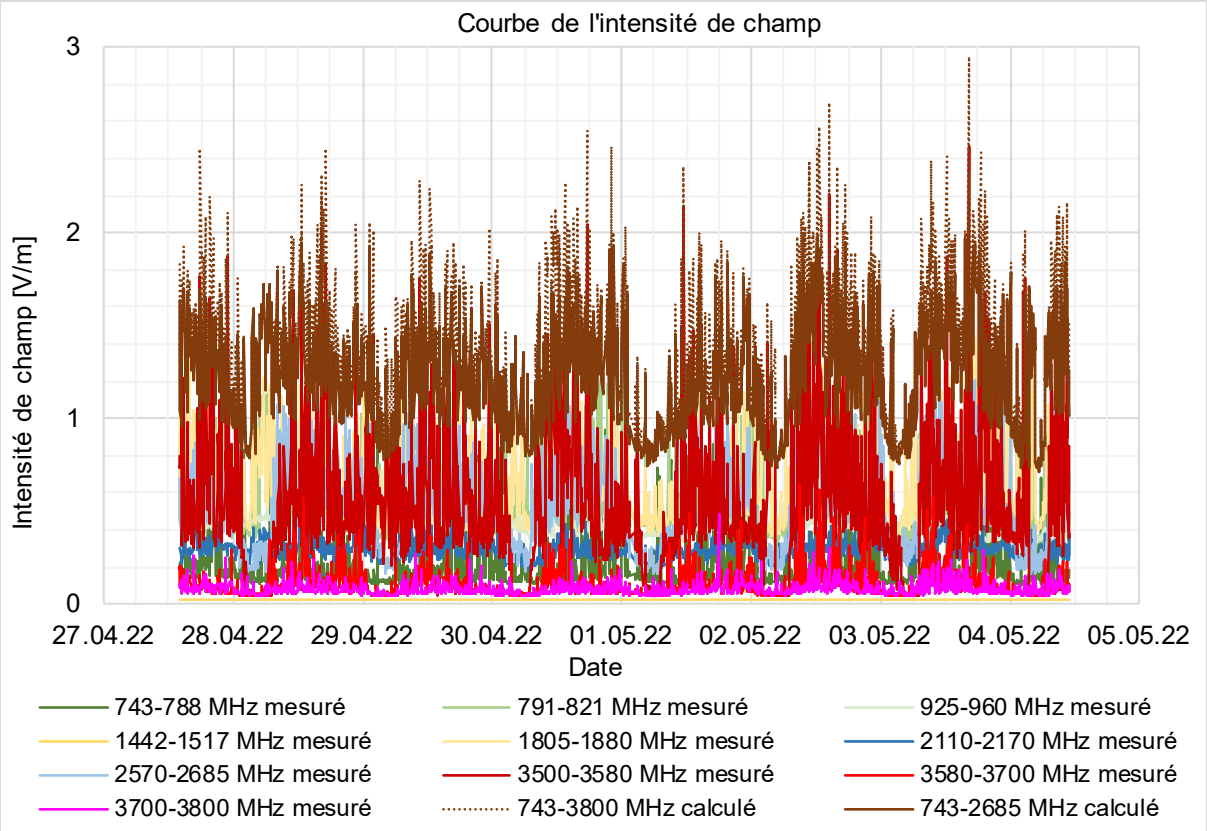

Figure 44: Diagramme du site de mesure #3 Toit société Hasler (échelle agrandie)

Valeurs mesurées :

Bande de fréquence	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]	Rapport max/moyenne	Puissance d'émission instal. [Werp]	Largeur de bande installée	
743 - 788 MHz (Peak)	0.10	1.00	0.23	4.4	300	45	* / **
791 - 821 MHz (Peak)	0.33	1.29	0.58	2.2	300	30	*
925 - 960 MHz (Peak)	0.34	0.87	0.42	2.1	400	35	*
1442 - 1517 MHz (Peak)	0.02	0.02	0.02				
1805 - 1880 MHz (Peak)	0.36	1.43	0.65	2.2	600	75	*
2110 - 2170 MHz (Peak)	0.19	0.47	0.29	1.6	850	60	*
2570 - 2685 MHz (Peak)	0.16	1.21	0.53	2.3	600	115	*
3500 - 3580 MHz (Peak)	0.04	2.46	0.56	4.4	400	80	*
3580 - 3700 MHz (Peak)	0.04	0.65	0.11	5.9			
3700 - 3800 MHz (Peak)	0.05	0.49	0.08	5.8			

Limite de bruit, en dessous de cette valeur maximale aucun rapport n'est calculé [V/m]: 0.1
* Bandes de fréquences actives pour ZH_2440A
** Le rapport max/moyenne s'explique en raison d'un trafic de courte durée, répété et important.

Tableau 28: Bandes de fréquences mesurées au site de mesure #3 Toit société Hasler

L'intensité de champ totale résultante peut être calculée à partir des intensités de champ mesurées dans chaque bande :

Bande de fréquence	Intensité de champ totale résultante calculée		
	min. [V/m]	max. [V/m]	Valeur moyenne [V/m]
743 - 3800 MHz	0.72	2.95	1.38
743 - 2685 MHz	0.72	1.98	1.21

Tableau 29: Intensité de champ totale résultante du site de mesure #3 Toit société Hasler

Les antennes adaptatives représentent le pourcentage suivant de la puissance émettrice installée et de la largeur de bande totale :

Partie > 3 GHz de la puissance d'émission installée dans le secteur	Partie > 3 GHz de la largeur de bande totale dans le secteur
12%	18%

Tableau 30: Pourcentages du site de mesure #3 Toit société Hasler

Analyse des résultats des mesures sur ce site :

- Aucune bande de fréquence n'est dominante.
- L'intensité totale du champ résultante est influencée de manière similaire par différentes bandes de fréquences.
- Le trafic de données dans la bande des 3.5 GHz est marqué dans cette direction et est visible grâce aux nombreux pics de signaux.
- Le rapport max/moyenne n'est jamais supérieur à 2.3 dans les bandes de fréquences avec des antennes conventionnelles, hormis dans la bande des 700 MHz, où il se situe à 4.4. Cela s'explique par un trafic de données bref, répétitif et important. Ce rapport atteint 4.4 dans la bande des 3.5 GHz.
  Ce rapport est le plus élevé (5.9) dans la bande des 3.6 GHz, qui est une bande de fréquence d'une station de téléphonie mobile Swisscom située à proximité.
- La contribution de l'antenne adaptative est clairement visible dans l'intensité de champ totale résultante du Tableau 29. Les valeurs maximales avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz diffèrent clairement (2.95 V/m et 1.98 V/m), tout comme leurs valeurs moyennes (1.38 V/m et 1.21 V/m). Le diagramme montre que les deux courbes ne se recoupent pas en raison du nombre élevé de forts pics de signaux de la bande des 3.5 à 3.8 GHz.

- Sur cette installation de téléphonie mobile, la bande installée des 3.5 GHz occupe 18% de la largeur de bande totale installée.

- Aucune donnée n'a pu être chargée par la station de mesure pour le 01.05.2022 entre 01h30 et 02h30. Pendant ce laps de temps, un fichier corrompu a été créé, qui n'a pas pu être exploité. De plus, il arrive parfois que la station de mesure n'enregistre aucune valeur par intervalle de 6 minutes. Toutefois, comme il ne s'agit dans l'ensemble que d'un très petit nombre de valeurs de mesure erronées, l'analyse effectuée dans le cadre de ce rapport reste pertinente et applicable.

3.3 Analyse

Les observations suivantes résultent des courbes de mesure des sites examinés :

- L'intensité de champ des antennes conventionnelles varie fortement au cours de la journée. Elle est significativement plus élevée le jour que durant la nuit.
  La différence d'intensité de champ des antennes adaptatives est en revanche faible entre le jour et la nuit, et l'on distingue à chaque fois les pics de signaux du trafic de données. Sur le troisième site de mesure de ZH_2440A, sur le toit de la société Hasler, ces pics de signaux sont les plus visibles dans la bande des 3.5 à 3.8 GHz pendant le jour.

- L'intensité de champ minimale dans les bandes de fréquences installées exploitées avec des antennes adaptatives est l'une des plus basses, alors que le rapport max/moyenne est le plus grand. Cela indique que les données sont transmises à l'utilisateur de manière directive et ne sont donc mesurables qu'avec une très faible intensité de champ pour les autres utilisateurs.

- Dans les diagrammes de mesure, on constate que les deux courbes pour toutes les bandes de fréquences avec et sans la bande des 3.5 à 3.8 GHz se superposent presque. Sur le troisième site de mesure de ZH_2440A, sur le toit de la société Hasler, la partie de la bande des 3.5 à 3.8 GHz dans l'intensité de champ totale résultante est la plus élevée et est donc la plus visible.
  L'intensité de champ totale résultante est presque identique pour les deux courbes et exactement la même dans l'atelier de la ruche (intérieur).

- Sur les sites de mesure extérieurs, l'intensité de champ totale résultante (valeur moyenne) n'est jamais supérieure à 1.4 V/m, et la valeur de crête maximale ne dépasse jamais 3.0 V/m. L'intensité de champ totale reste ainsi toujours nettement inférieure à la valeur limite d'immission (entre 36 et 61 V/m selon la fréquence).

- Sur les sites de mesure intérieurs, l'intensité de champ totale résultante (valeur moyenne) n'est jamais supérieure à 1.8 V/m, et la valeur de crête maximale ne dépasse jamais 3.6 V/m. L'intensité de champ totale est toujours nettement inférieure à "l'intensité de champ électrique de l'installation" selon le calcul de la fiche de données spécifiques au site du LUS correspondant ains qu'à la valeur limite de l'installation (5 V/m).

- Sur 3 des 10 sites de mesure, les valeurs de crête de l'intensité de champ des bandes de fréquences des antennes adaptatives sont plus élevées que celles des antennes conventionnelles. Elles sont néanmoins toujours inférieures à 2.5 V/m.
  Les valeurs moyennes de l'intensité de champ des bandes de fréquences des antennes adaptatives ne dépassent jamais les valeurs de crête des bandes des antennes conventionnelles.

- Le rapport max/moyenne des antennes conventionnelles se situe entre 1.8 et 4.4 et est donc nettement inférieur à celui des antennes adaptatives, qui se trouve entre 3.8 et 10.5. Cela indique clairement une transmission directionnelle des données par les antennes adaptatives.

- La contribution des puissances émettrices installées [Werp] pour les antennes adaptatives se situe entre 11 et 40% de la puissance émettrice totale installée [Werp] dans le secteur considéré.

- La part de la largeur de bande occupée par les antennes adaptatives se trouve entre 18 et 25% de la largeur de bande totale du secteur considéré.

4 Conclusions

Les mesures effectuées dans le cadre de ce rapport confirment les caractéristiques de transmission suivantes :

L'intensité de champ des antennes conventionnelles augmente dans toute la zone de rayonnement de l'antenne durant la transmission de données, indépendamment où se situe l’utilisateur.

En revanche, les signaux radio des antennes adaptatives ne sont détectés qu'au niveau de l’utilisateur et dans sa proximité immédiate. Dans le reste de la zone de rayonnement, l'intensité de champ électrique n'augmente pas durant la transmission de données.

Si l’on considère l'ensemble des trois installations de téléphonie mobile, l’intensité des signaux radio des antennes adaptatives sont en moyenne nettement plus faibles que ceux des antennes conventionnelles.

Abréviations

AG008-1	Station de téléphonie mobile de Sunrise à Neuenhof
VLInst	Valeur limite de l'installation au sens de l'ORNI [1]
OFSP	Office fédéral de la santé publique
OFCOM	Office fédéral de la communication
BE173-1	Station de téléphonie mobile de Sunrise à Liebefeld
E	Intensité de champ électrique en [V/m]
KONI	Station de téléphonie mobile de Swisscom à Liebefeld
RNI	Rayonnement non ionisant
LUS	Lieu à utilisation sensible au sens de l'ORNI [1]
Werp	Puissance apparente rayonnée en [W]
ZH_2440A	Station de téléphonie mobile de Salt à Winterthour

Références

[1]	Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI, 814.710)
[2]	Calcul selon "Stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil, Recommandation d'exécution de l'ORNI, OFEFP 2002", y compris les suppléments correspondants

Annexe 1 : Données brutes des diagrammes de mesure

Les données brutes des diagrammes de mesure sont listées dans le fichier "Rohdaten_données brutes_dati grezzi.xls".