

Rapport du Comité de concertation de Compatibilité Electromagnétique (CCE)

*Etude préliminaire sur la protection des systèmes du
service fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis
de l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 –
3,8 GHz*

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Rapport CCE

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



Table des révisions

Version	Date	Fonction	Nom	Nature des révisions
V1	20/09/2019	Rédacteur	Thibaut Caillet	Création du document

Table des matières

1. Introduction.....	4
2. Caractéristiques du SFS	4
3. Caractéristiques IMT dans la bande 3,4-3,8 GHz	4
4. Méthodologie d'étude - TVG.....	8
5. Résultat de la TVG générique et application à des études déterministes	9
6. Protection d'ES STATIONS TERRIENNES	11
7. Conclusion	25
ANNEXE 1	27
ANNEXE 2	32
ANNEXE 3	33
ANNEXE 4	34

1. INTRODUCTION

Le présent document vise à étudier la protection des stations terriennes du service fixe par satellite recevant au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis des futurs réseaux mobiles (5G) bientôt autorisés par l'Arcep dans la bande de fréquence 3,49 – 3,8 GHz.

Dans cette étude d'impact préliminaire, seules les stations de base équipées avec des antennes actives à réseaux phasés (AAS), comme cela est prévu pour les réseaux 5G seront considérés. Concernant les stations de base avec des antennes passives, les limites applicables sont plus basses et, surtout, l'insertion de filtres additionnels pour réduire le niveau de brouillage est possible.

Des approfondissements de cette étude pourraient être menés ultérieurement dans le cas, par exemple, de nouvelles informations sur le filtrage des équipements 5G ou sur le niveau de blocage des stations terriennes. Ces paramètres n'ayant pas été pris en compte dans les résultats d'étude du présent document.

2. CARACTERISTIQUES DU SFS

Dans la bande 3,8-4,2 GHz, les stations terriennes autorisées communiquent uniquement avec des satellites géostationnaires (GSO).

2.1. CRITERE DE PROTECTION DU SFS

Les critères de protection du FSS sont issus des Recommandation UIT-R S.1432 (critère long-terme) et ITU-R SF.1006 (critère court-terme).

Les températures de bruit des stations terriennes (voir rapport CCE sur le partage du SFS et de l'IMT dans la bande 3.6-3.8 GHz) sont comprises entre 34 et 180°K. Les critères définis dans ces recommandations sont les suivant :

1. Long terme : $I/N = -10$ dB ne doit pas être dépassé plus de 20% du temps
2. Court terme : $I/N = -1.3$ dB ne doit pas être dépassé plus de 0.0016% du temps

2.2. ANTENNE DU SFS

Les antennes des stations terriennes du FSS sont modélisées par le diagramme de l'Appendice 8 du Règlement des Radiocommunications. Leur gain maximum s'établit entre 40 et 50 dBi.

3. CARACTERISTIQUES IMT DANS LA BANDE 3,4-3,8 GHZ

3.1. CARACTERISTIQUES DE DEPLOIEMENT

Le

Tableau 1 fournit les caractéristiques de déploiements tel que définis dans le Rapport ITU-R M.2292 en association pour certaines données avec le Rapport ECC 281.

Les éléments de déploiement des utilisateurs dans la cellule ne servent, dans le cadre de cette étude, qu'à calculer la distribution du gain des stations de base IMT en direction de l'horizon selon l'environnement de déploiement.

Le Rapport ITU-R M.2292 ne définit pas d'équipements pour les milieux ruraux. Comme le montre le tableau, quel que soit l'environnement, les stations de base sont prévues pour se

Rapport CCE

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



trouver sur les toits. Dans le cas d'environnement urbain, seul 50% de ces équipements devraient donc se trouver sur les façades.

Tableau 1 : Caractéristiques et hypothèses de déploiement de l'IMT 5G dans la bande 3.4-3.8 GHz

	Macro rural (ECC 181)	Macro suburban	Macro urban	Small cell outdoor/Micro urban	Small cell indoor/Indoor urban
Structure des cellules					
Rayon (r) de la cellule (km) / Densité de déploiement	0.6	0.6	0.3	1-3 par macrocellule urbaine <1 par macrocellule suburbaine	Dépendant de la couverture intérieur/ de la demande
Antenna height	25 m	25 m	20 m	6 m	3 m
Sectorisation	3	3	3	1	1
Nombre elements	8x8 ou 16x16 [64x64 pour 26 dBi ?]				
Downtilt (degrés)	6	6	10	10 (Rapport ECC 181 –Table 22)	N/A
Frequency reuse	1	1	1	1	1
Antenna pattern	Recommendation ITU-R M.2101 <ul style="list-style-type: none"> • 3 dB elevation beamwidth 3dB = 65°, • 3 dB azimuth beamwidth 3dB = 80°, • Front-to-back ratio Am = 30 dB, • Side-lobe ratio SLAV = 30 dB. 				
Normalisation de l'antenne	Figure 2				
Antenna polarization	Linear/±45°	Linear/±45°	Linear/±45 degrees	Linear	Linear
Network loading factor	50%	50%	50%	50%	50%
Déploiement sous les toits	0%	0%	50%	100%	N/A
Feeder loss	3 dB	3 dB	3 dB	N/A	N/A
Maximum base station antenna gain	18 dBi	18 dBi	18 dBi	5 dBi	0 dBi
Average base station activity	50%	50%	50%	50%	50%
Déploiement des Terminaux					
Indoor user terminal usage	50% (Rapport ECC 181 – Table 22)	70%	7%	70%	100%
Déploiement des utilisateurs en azimut	Distribution uniforme (-60°; +60°)			N/A	
Déploiement des utilisateurs en distance	Distribution uniforme (0; (r) m)			N/A	

Déploiement indoor en hauteur	1.5m	Distribution uniforme des valeurs 1.5m + {0, 3, 6, 9, 12, 15} (Rapport ECC 181 –Table 22)	Distribution uniforme des valeurs 1.5m + {0, 3, 6} (Rapport ECC 181 –Table 22)	N/A
-------------------------------	------	---	--	-----

3.2. CARACTERISTIQUES DES EMISSIONS HORS BANDE

Le tableau 7 de la décision (UE) 2019/235 définit clairement le masque d'émission hors bande à respecter par les équipements IMT constitués d'antenne à réseaux phasés (AAS) dans la bande 3.8 – 4.2 GHz. Le Tableau 2 reprend les éléments définis dans ce tableau 7.

Tableau 2 : Masque hors bande des stations de base au-dessus de 3.8 GHz

Bande de fréquence	Limite de TRP (dBW/5MHz)
3800 – 3805 MHz	Min (Pmax-40, -14)
3805 – 3810 MHz	Min (Pmax-40, -18)
3810 – 3840 MHz	Min (Pmax-40, -29)
Au-dessus de 3840 MHz	-44

3.3. DIAGRAMME D'ANTENNE DE L'IMT 2020

Les antennes des équipements IMT-2020 considérées dans cette étude sont des antennes actives à réseaux phasés. Le diagramme de rayonnement de ce type d'antenne peut être représenté mathématiquement par les équations définies dans la Recommandation ITU-R M.2101 même en bande adjacente. Le diagramme de rayonnement (Figure 1) construit à l'aide de la Recommandation ITU-R M.2101 ne présente un gain rayonné totale (TRG) dans l'angle solide inférieur à 1 en linéaire, soit 0 dBi. Selon les angles de pointages électriques considérés, la somme sur la sphère de la puissance totale rayonnée est comprise entre -0.5 à -3 dB pour les stations de base (Figure 2). Il convient donc de normaliser, pour chaque pointage électrique, le diagramme de rayonnement de la Recommandation pour assurer une conformité avec la loi de conservation de l'énergie.

Figure 1 : Représentation du diagramme de rayonnement dans le repère cartésien (à gauche) dans le repère sphérique (à droite)

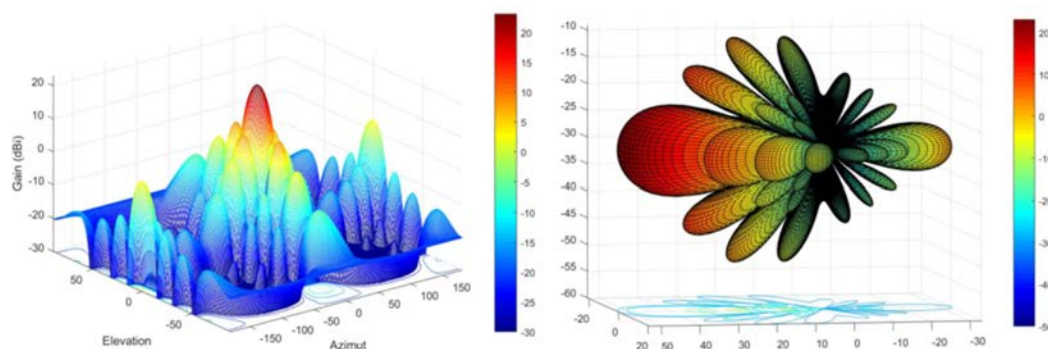
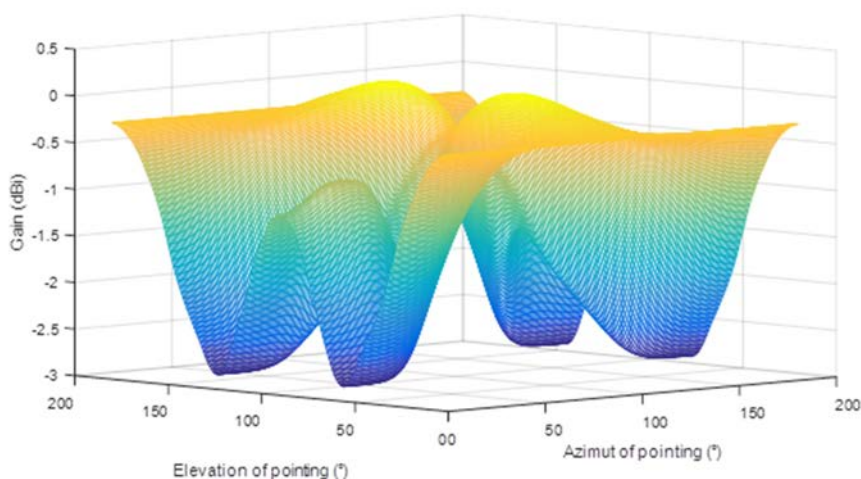


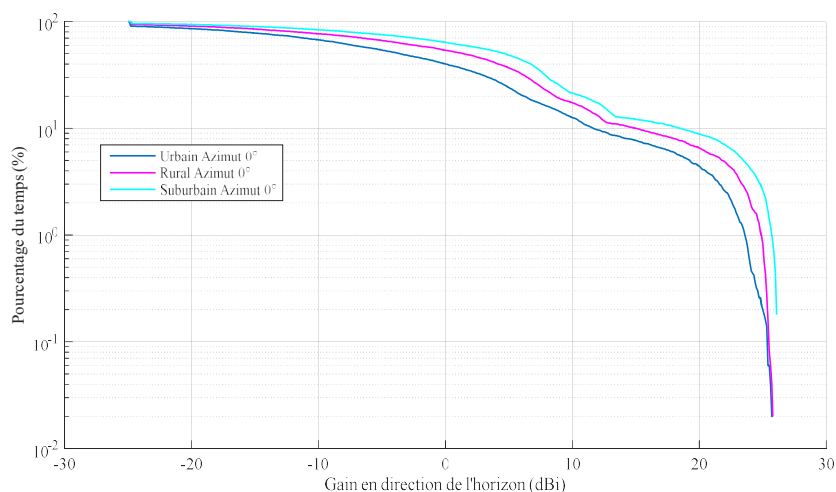
Figure 2 : Représentation de la TRG en fonction de l'angle électrique de pointage (azimut/élévation)



3.4. GAIN SUR L'HORIZON DES ANTENNES IMT

Afin de construire les distributions de gain sur l'horizon, il faut considérer non seulement le type de déploiement des utilisateurs dans les cellules mais aussi le facteur d'activité de la station de base (TDD) qui est supposé être de 50%. Les distributions de gain sur l'horizon pour chaque type d'environnement des stations de base sont construites en supposant que la station de base est orientée vers la station terrienne. Cette figure ne tient pas compte du facteur d'activité, qui revient à diviser par 2 les pourcentages de temps.

Figure 3 : Comparaison des distributions de gain sur l'horizon à azimut 0° pour différents environnements de BS déployées



4. METHODOLOGIE D'ETUDE - TVG

Pour connaître sur un chemin de propagation donné, la distribution du brouillage de la station du SFS, il est nécessaire d'effectuer la convolution entre :

1. La distribution de gain sur l'horizon de la station de base, identique quelle que soit la station considérée dans un environnement particulier. Cette distribution ne dépend que du déploiement des utilisateurs dans la cellule (fonction de son déploiement : rural, urbain...)
2. La distribution des pertes de propagation sur le chemin entre la station de base et la station du SFS. Cette distribution dépend de la localisation potentielle de la station de base autour de la station du SFS.

L'Appendice 7 du Règlement Radio offre la possibilité d'approximer de façon générique la convolution entre la distribution des pertes de propagation et la distribution du gain à la réception. Cette méthodologie a été utilisée avec succès à de nombreuses reprises au sein des groupes d'étude de l'UIT et de la CEPT. A ce titre, les travaux au sein du PT1 et de la CE7 sur la protection des stations terriennes du SETS à 26 GHz font office de référence.

Dans le cas d'une station terrienne pointant sur l'arc géostationnaire, le gain en réception est fixe. Toutefois dans le cas des stations de base IMT 2020 utilisant des antennes actives, le gain à l'émission est variable dans le temps. La Recommandation UIT-R P.452, utilisée dans la TVG étant symétrique, il est possible d'utiliser la TVG en considérant la distribution du gain à l'émission. Les pertes de propagation minimum permettant la protection de la station terrienne peuvent donc s'écrire comme :

$$L_{req}(p_v) = P_t + G_t(p_n) + G_r - I(p)$$

Dans laquelle:

- P_t : Niveau de puissance transmise (dBW) dans la bande de référence de l'équipement IMT-2020;
- (p) : Seuil de protection (dBW) dans la bande de référence qui ne doit pas être dépasser pour plus de $p\%$ du temps à l'entrée de l'antenne du récepteur FSS
- (p_n) : Gain sur l'horizon de l'antenne de transmission (dBi) qui est dépassé pour $p_n\%$ du temps à l'azimut considéré;
- G_r : Gain sur l'horizon physique pour une azimut donné du récepteur FSS en lien avec un satellite géostationnaire.
- (p_v) : Pertes minimums de propagation (dB) pour $p_v\%$ du temps. Ces pertes doivent être dépassées par les pertes de propagation du chemin pour toutes les valeurs possibles $p_v\%$ values. p_v est le pourcentage de temps qui approxime la convolution entre la distribution du gain sur l'horizon et la distribution des pertes de propagation.

$$p_v(\%) = \begin{cases} \frac{100p}{p_n} & \text{for } p_n \geq 2p \\ 50 & \text{for } p_n < 2p \end{cases}$$

Cette approximation de la convolution est liée à la limitation intrinsèque du modèle de propagation de la Recommandation ITU-R P.452 (50%).

5. RESULTAT DE LA TVG GNERIQUE ET APPLICATION A DES ETUDES DETERMINISTES

Des études de TVG entreprises par l'ANFR (voir Annexe) sur des stations existantes à l'aide de la TVG montrent que le respect du :

1. Critère long terme (20%) s'opère en considérant le gain maximum (ex : 26 dBi) de la station du MS (0.01%) en direction de la station du SFS associé à l'insertion d'une valeur de 50% dans le modèle de propagation (correspondant à la perte maximale) sur le chemin de propagation. Cela revient à considérer que lorsque le gain est maximal sur l'horizon, les pertes le sont aussi.
2. Critère court terme (0.0016%) s'opère en considérant un gain de l'ordre de 23dB de la station de base (4 ou 5% du temps) associé à l'insertion d'une valeur de 0.06% à 0.2% dans le modèle de propagation.

A partir de ces résultats de la TVG, il est possible d'effectuer des études déterministes qui garantissent la protection des deux critères de protection. Les cartes suivantes (Figure 4 et Figure 5) donnent un exemple de l'application d'isoPIRE autour d'une station du SFS opérant dans la bande 3.8-4.2 GHz. Ces Figures montrent que les distances permettant le respect du critère long terme sont légèrement plus importantes que celles nécessaires à la protection du critère court terme.

Figure 4 : Iso PIRE autour de la station SFS de Lognes pour la protection de son **critère court terme**

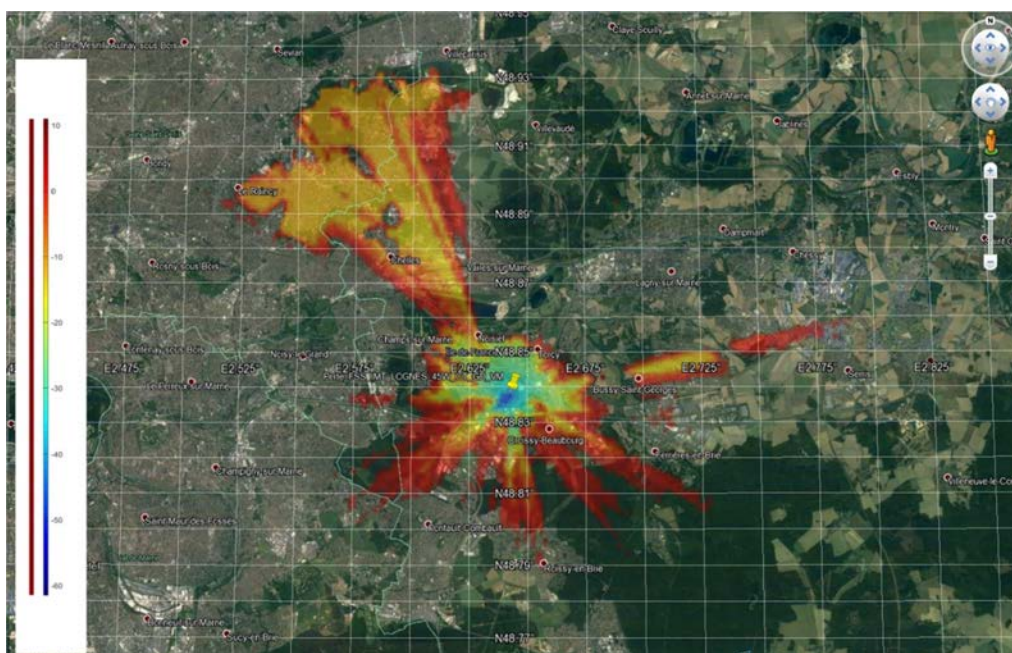
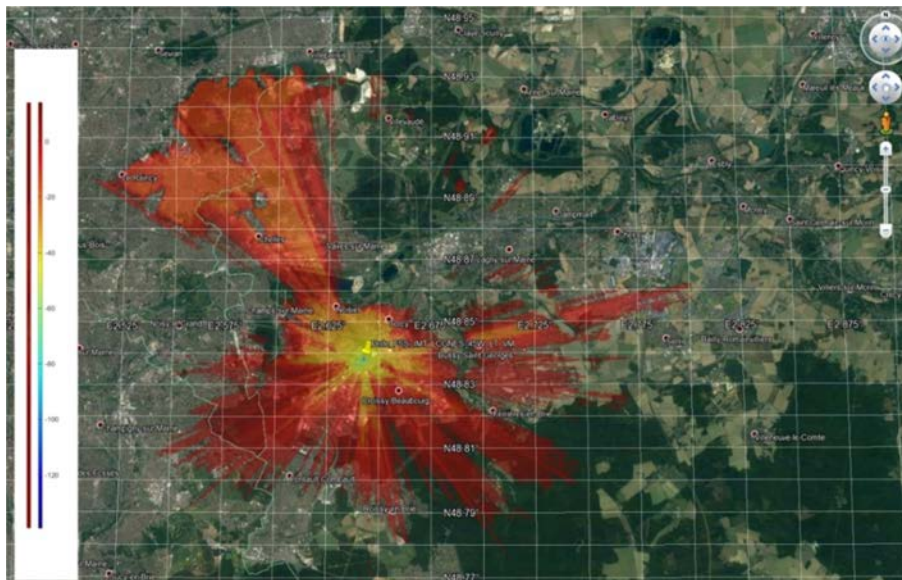


Figure 5 : Iso PIRE autour de la station SFS de Lognes 45W et pour la protection de son critère **long terme**



L'application du modèle de la TVG démontre que l'utilisation du critère long terme est le critère dimensionnant de l'étude, garantissant le respect du critère court terme. Par ailleurs, pour assurer le respect de ce critère long terme, en prenant en compte la variabilité du gain d'antenne pour les stations de base AAS, il suffit de considérer le gain maximal de la station de base dans la direction de la station terrienne associé à une perte de propagation pour 50% du temps (perte médiane).

Remarque sur la TVG :

Il faut noter que la TVG s'applique usuellement sur les critères court terme. Pour les faibles pourcentages de temps, l'approximation de convolution fournie par la TVG est pleinement pertinente. La méthode est moins adaptée au critère long terme mais il n'existe à l'heure actuelle aucune méthode pertinente pour traiter du critère long terme. L'utilisation combinée du gain maximum et des pertes médianes (50%) de propagation surestime sans doute la protection des stations terriennes, mais cette surestimation est limitée par plusieurs facteurs :

1. Les deux critères de protection (court terme et long terme) sont à respecter et les figures ci-dessous montrent que la protection du critère court terme conduit à des contraintes plus faibles que la protection du critère long terme selon les modalités de la TVG, mais sans en changer l'ordre de grandeur. Au demeurant, le niveau de I/N du critère court terme est 8,7 dB seulement au-dessus du niveau de I/N du critère long terme alors que les statistiques de gain d'antenne de la figure 3 montrent qu'il faudrait associer le gain maximum à des pertes de propagation pour un faible pourcentage de temps, plusieurs dB en-dessous des pertes de propagation médianes, pour respecter ce critère pour 0,0016% du temps.
2. L'agrégation entre les différents émetteurs n'a pas été prise en compte. Des explications sont fournies en Annexe 3.
3. Le gain réel de réception de la station terrienne en direction d'une station IMT peut augmenter de plusieurs dB du fait de la présence de relief. Les cartes fournies dans ce

rapport en tiennent compte, mais le simple respect du niveau de champ fourni dans la section 6 ne peut en tenir compte.

6. PROTECTION DES STATIONS TERRIENNES

Au regard du masque d'émission hors bande des stations de base AAS fonctionnant dans la bande 3,4-3,8 GHz (voir section 3.2), et des résultats de TVG fourni en section 5 et en Annexe, deux types de protection des sites de stations terriennes ont été envisagés :

1. Une protection générique pour tous les sites exploitant des assignations au-dessus de 3840 MHz
2. Une protection des assignations au-dessous de 3840 MHz prenant en compte les caractéristiques précises de ces assignations.

Le tableau 1 donne la liste des sites à protéger sur le territoire national. Tous les sites mentionnés présentent des assignations au-dessus de 3840 MHz. La protection générique s'applique donc à tous.

Tableau 3 : Liste des sites de stations terriennes à protéger

	Commune du site	Fréquence la plus basse utilisée	Longitude (°)	Latitude (°)
1	La Ciotat	<3840 MHz	5,59945	43,2013889
2	Marseille (Carmagnole)	>3840 MHz	5,38666667	43,2688889
3	Asvaus	>3840 MHz	1,49666666	43,428055
4	Fréjus	<3840 MHz	6,731945	43,465
5	Aix-en-Provence	>3840 MHz	5,4511111	43,5369444
6	Toulouse 1	>3840 MHz	1,48361	43,5586111
7	Toulouse 2	>3840 MHz	1,4975	43,558888
8	Toulouse 3	>3840 MHz	1,37	43,57611
9	Bercenay	<3840 MHz	3,8861111	48,2211111
10	Rambouillet	<3840 MHz	1,7825	48,5494444
11	Sainte Assise	>3840 MHz	2,55972222	48,550833
12	Strasbourg	>3840 MHz	7,7813888	48,5877778
14	Lannion	>3840 MHz	-3,4725	48,7508333
15	Lognes	<3840 MHz	2,6425	48,8380556
16	Paris	>3840 MHz	2.360265930	48.765556260
17	Les Alluets	>3840 MHz	1,9305555	48,9063889

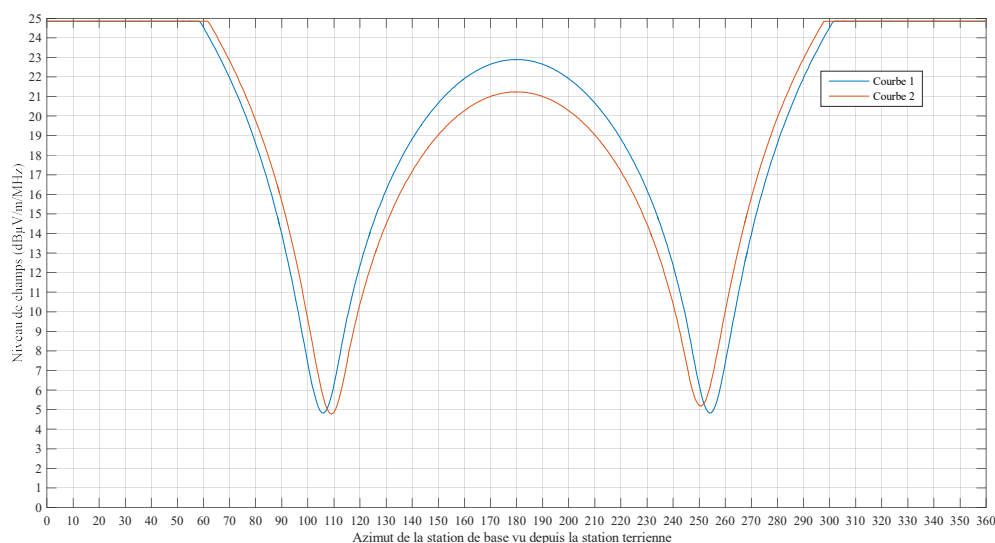
6.1. PROTECTION GÉNÉRIQUE DES SITES AU DESSUS DE 3840 MHz

Dans le cas de la protection générique des sites, un niveau de champs est défini selon les hypothèses suivantes :

1. Une température de bruit du récepteur de 70°K
2. Un I/N=-10 (soit un niveau de protection de -160dBW/MHz)
3. Un gain maximum des antennes de 40 dBi.
4. Une enveloppe de gain autour de la station SFS construite sur le parcours du pointage du gain maximum de la station sur l'arc géostationnaire avec comme limite une élévation minimum de 7° par rapport au sol.
5. Une hauteur du foyer de la station terrienne à 10 m.

Certaines stations terriennes ont des températures de bruit inférieures à 70°K, mais elles utilisent alors des gains d'antenne supérieurs à 40 dBi, dont les lobes secondaires vers l'horizon sont plus faibles que pour une antenne de 40 dBi. La combinaison de la température de 70° et du gain d'antenne de 40 dBi permet de protéger toutes les stations terriennes tout en évitant de prendre le pire cas de chaque paramètre. Sur la base de ces éléments une enveloppe de niveau de champs a été définie comme le montre la figure suivante.

Figure 6 : Représentation de l'enveloppe de champ (courbe 1 : latitude <45°, courbe 2, latitude >45°)



Le respect de ces niveaux de champ doit s'établir par l'utilisation des pertes médianes de propagation (50%) et du gain maximum de la station IMT sur l'horizon. Les figures A1, A2, A3 montrent que ces gains peuvent varier de 26 à environ 10 dBi selon l'azimut de la station terrienne par rapport à l'axe principal de la station de base.

6.2. PROTECTION DES ASSIGNATIONS AU DESSOUS DE 3840 MHz

Les assignations de fréquences sous 3840 MHz sont protégées en prenant en compte :

1. Le niveau de protection réel de la station (température réelle du récepteur et largeur de bande de réception).
2. Le gain maximum réel de l'antenne (compris généralement entre 40 et 50 dBi)
3. Le pointage réel de l'antenne vers une position de l'arc géostationnaire.
4. La hauteur réelle du foyer

Pour cette protection des assignations, il convient aussi d'utiliser le gain maximum de l'antenne de la station de base en direction du site et les pertes médianes de propagation.

6.3. RESULTATS DES PROTECTION GENERIQUES

Tous les sites du Tableau 1 présentent des assignations au-dessus de 3840 MHz. Les figures suivantes présentent les « isoPire » autour de chaque site dans le cas des études génériques. Le relief et le bâti sont respectivement issus des SRTM et des données IGN (5m).

Figure 7 : Site de La Ciotat

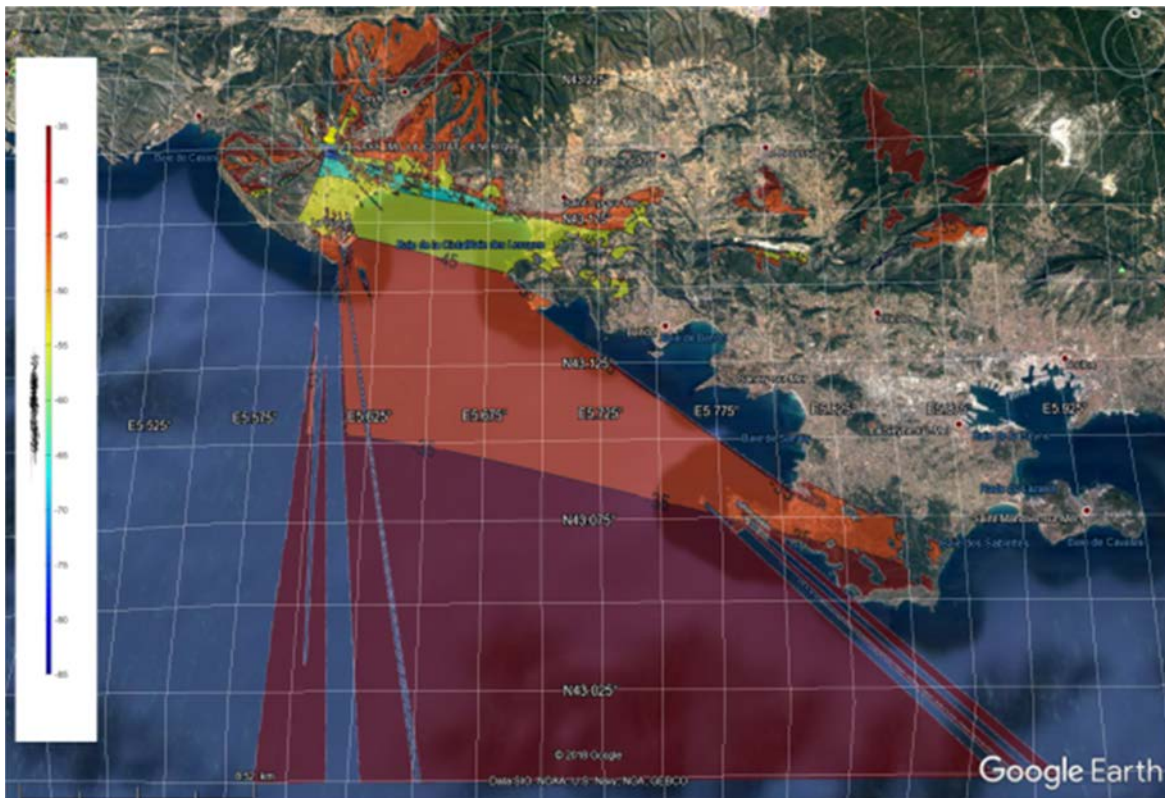


Figure 8 : Site de Marseille

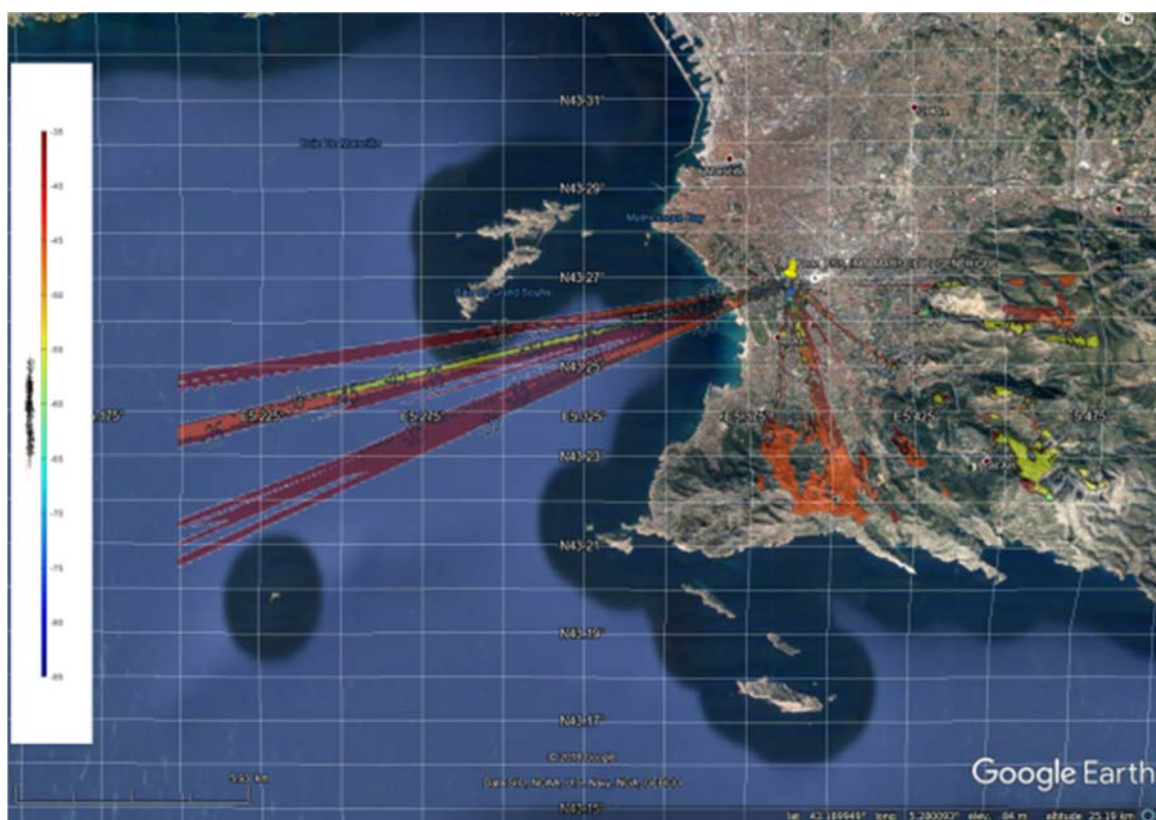


Figure 9 : Site d'Asvaus

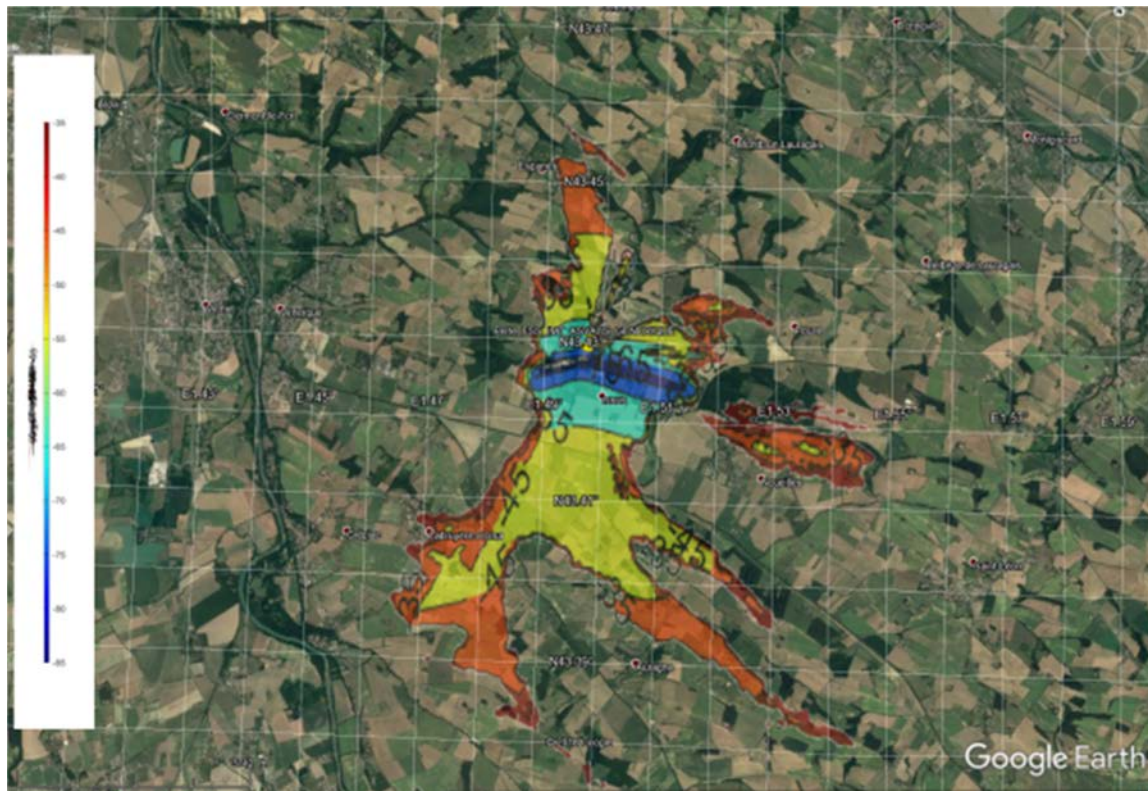


Figure 10 : Site de Fréjus

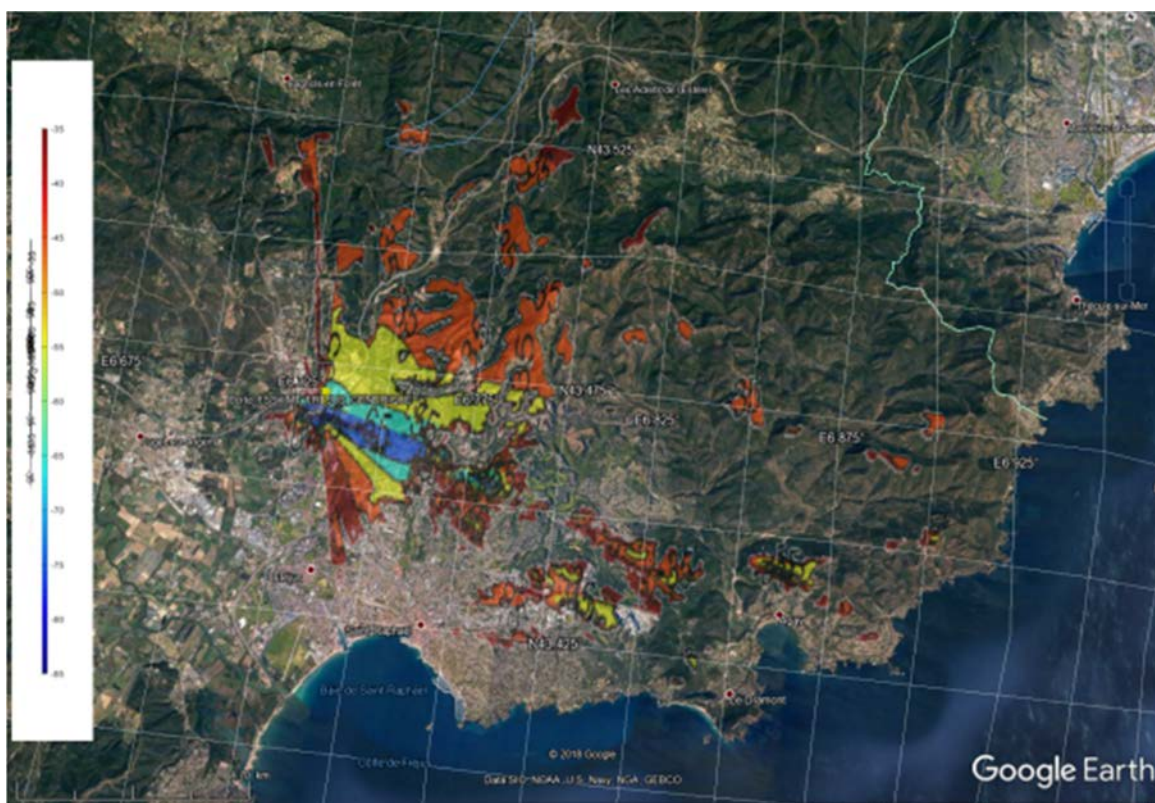


Figure 11 : Site d'Aix en Provence

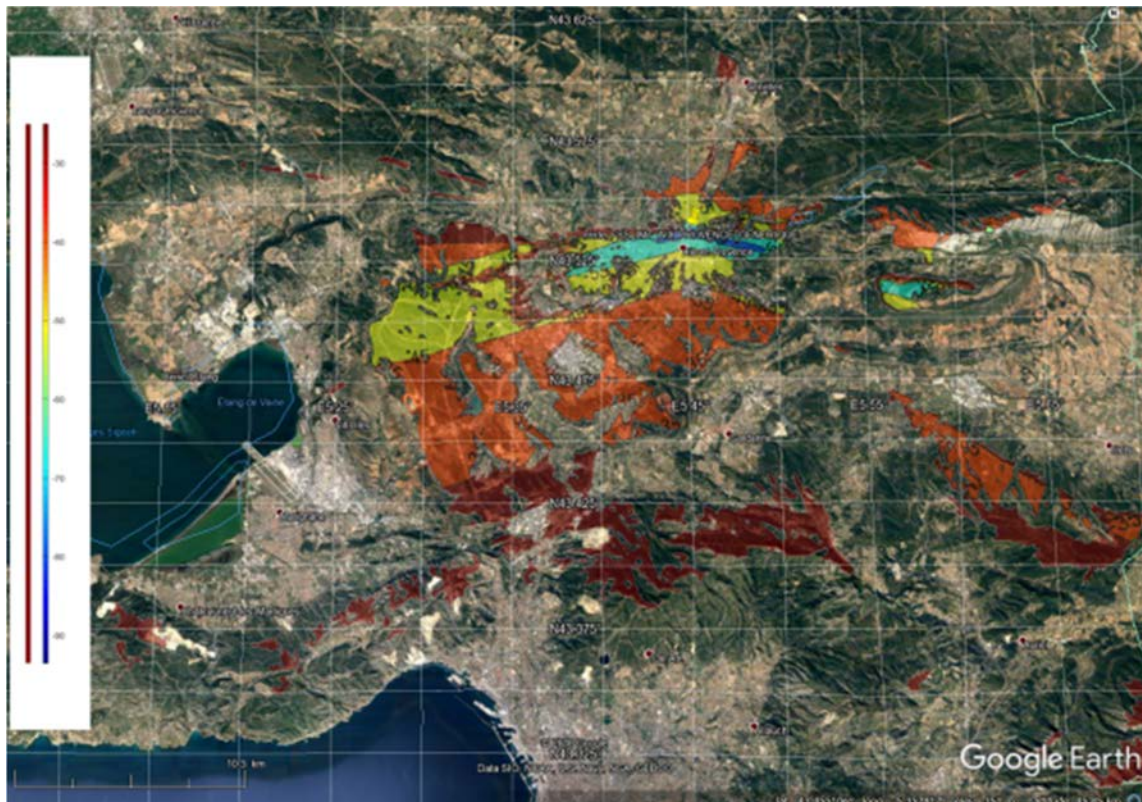


Figure 12: Site de Toulouse 1

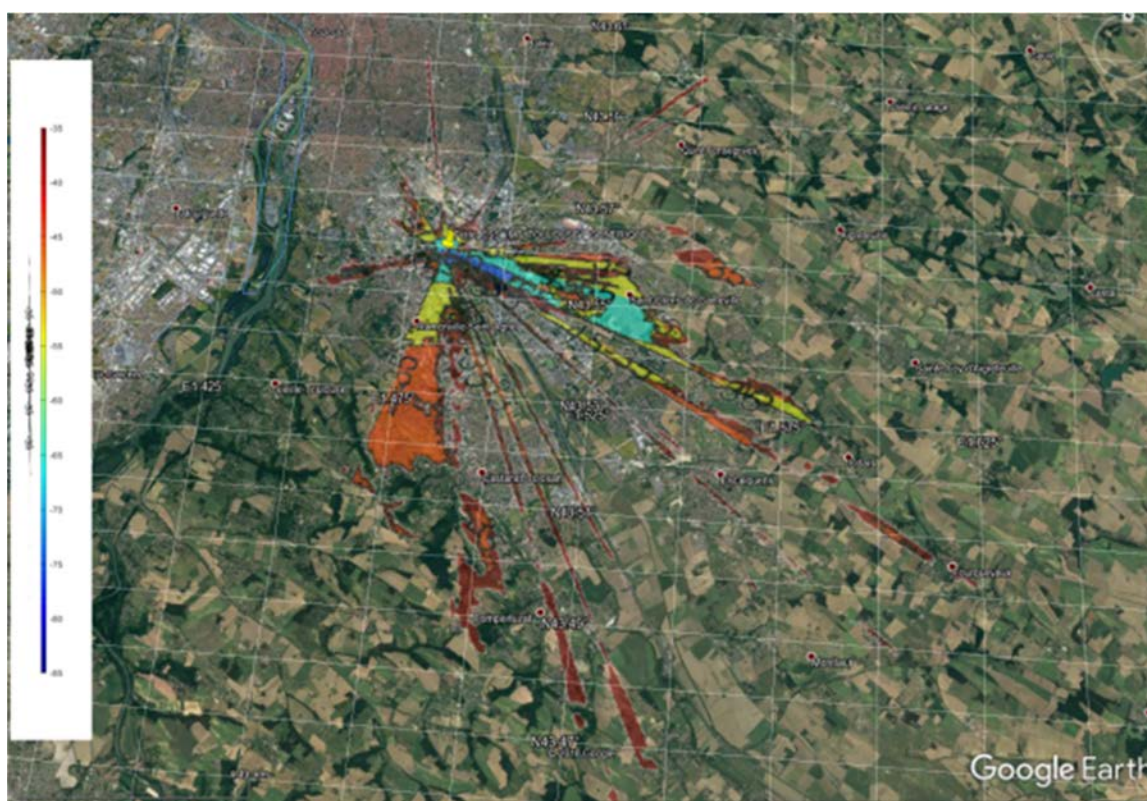


Figure 13 : Site de Toulouse 2

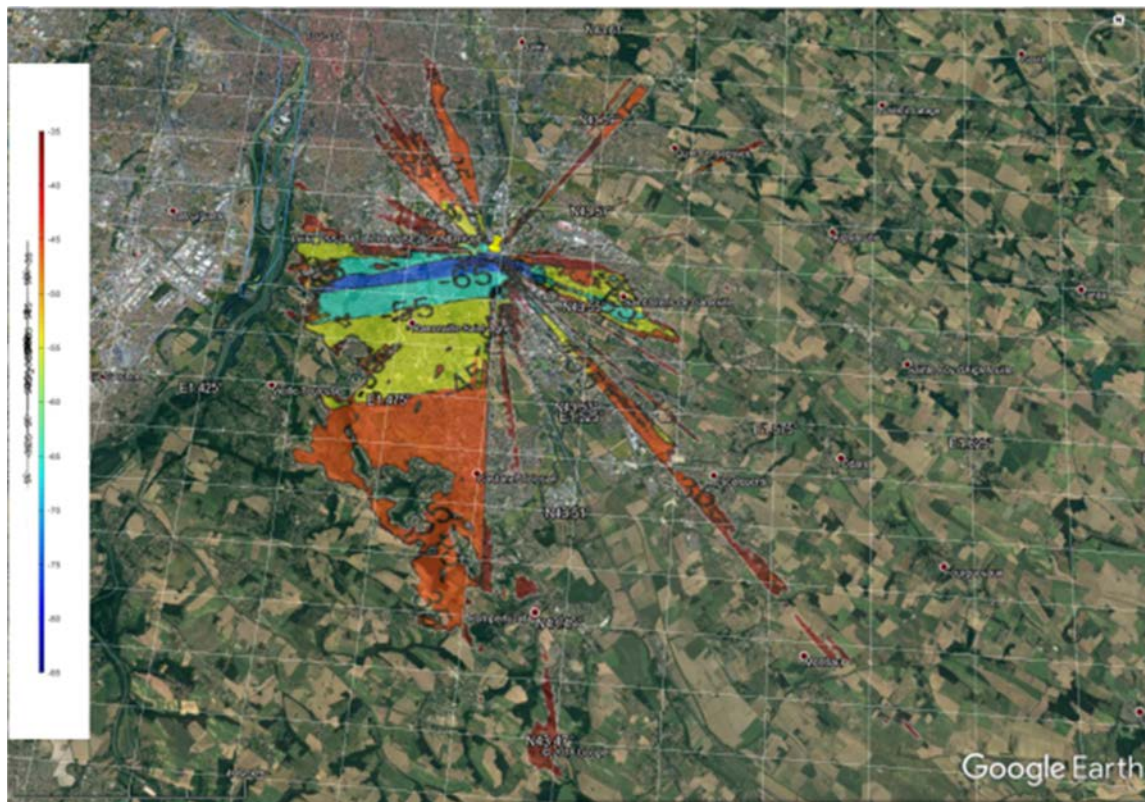


Figure 14 : Site de Toulouse 3

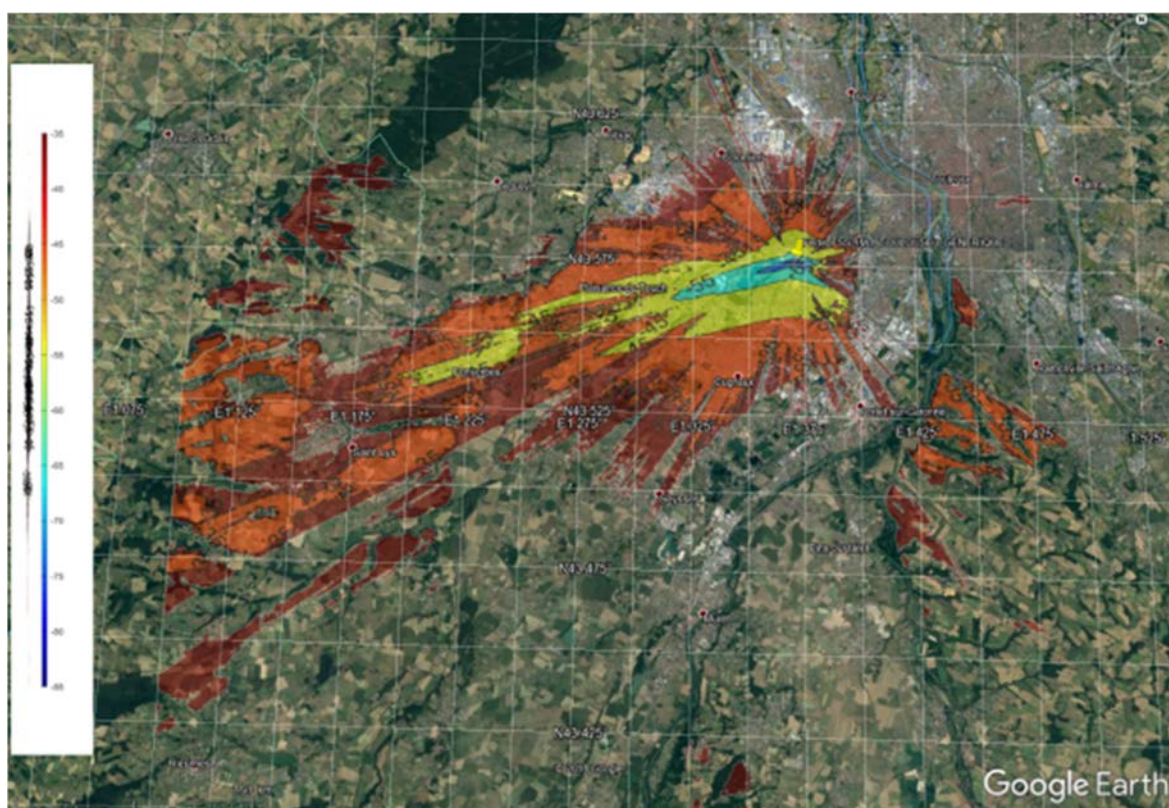


Figure 15 : Site de Bercenay

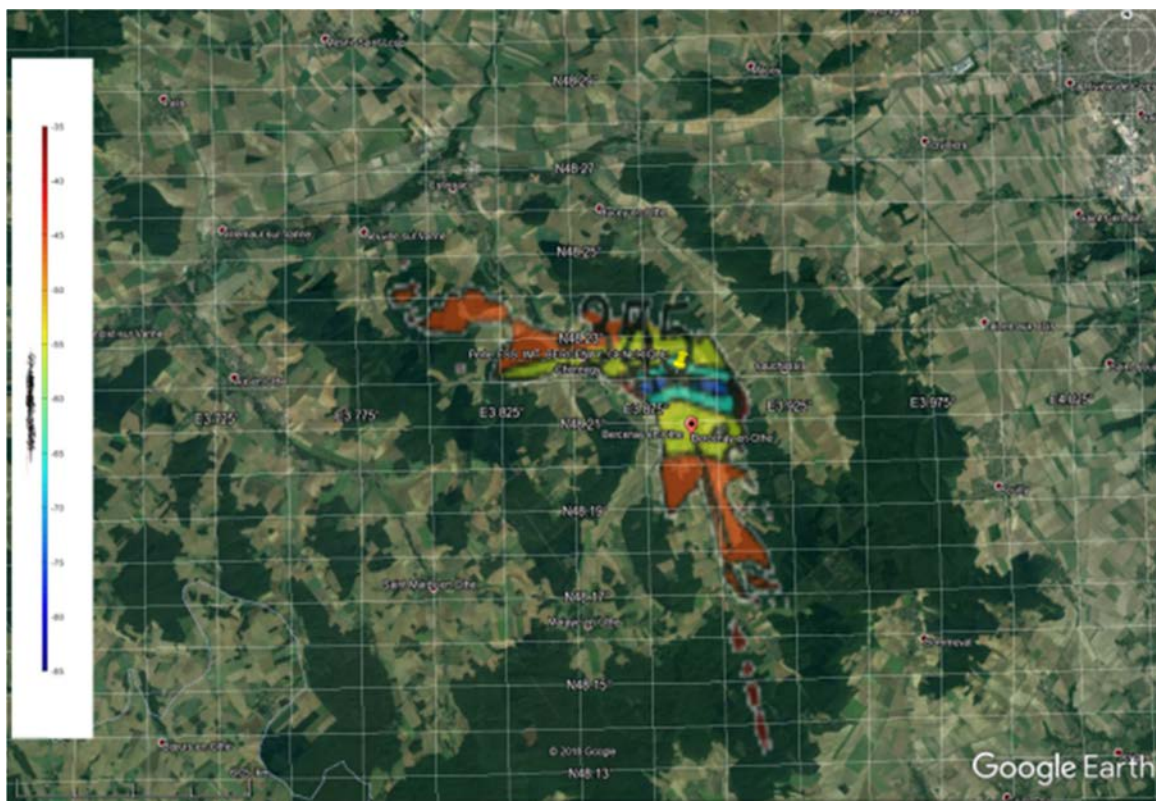


Figure 16 : Site de Rambouillet

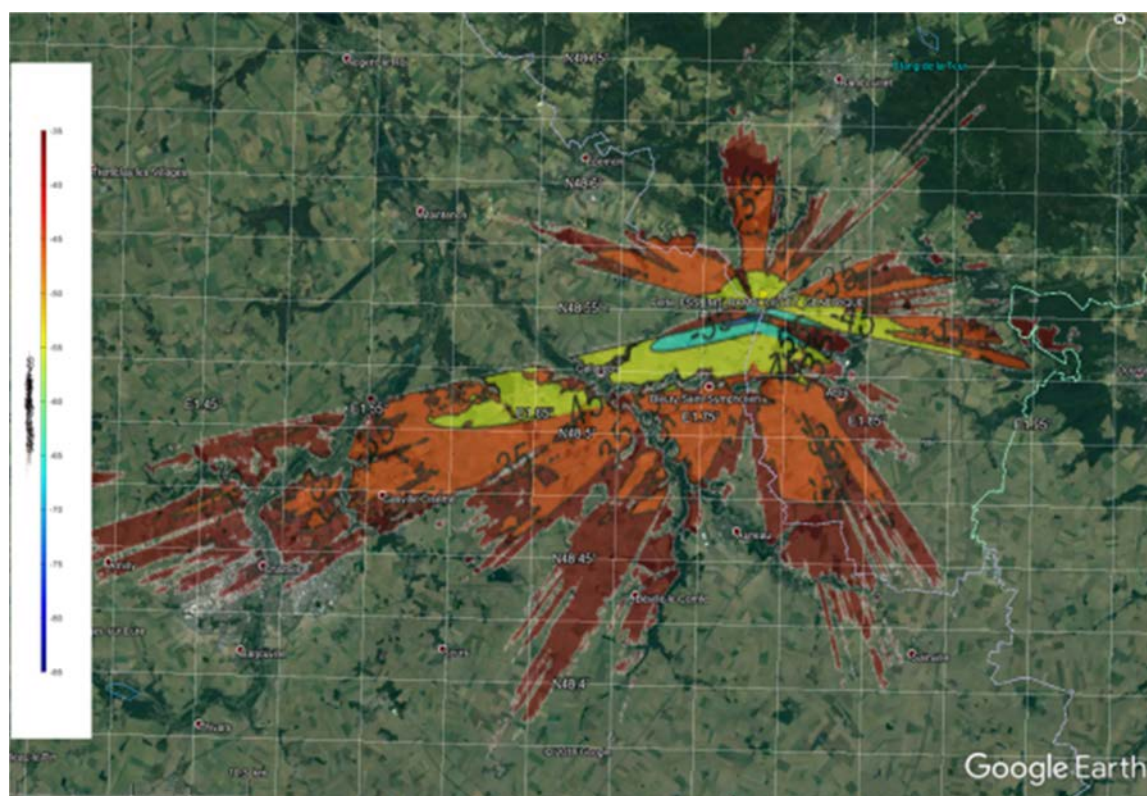


Figure 17 : Site de Sainte Assisse

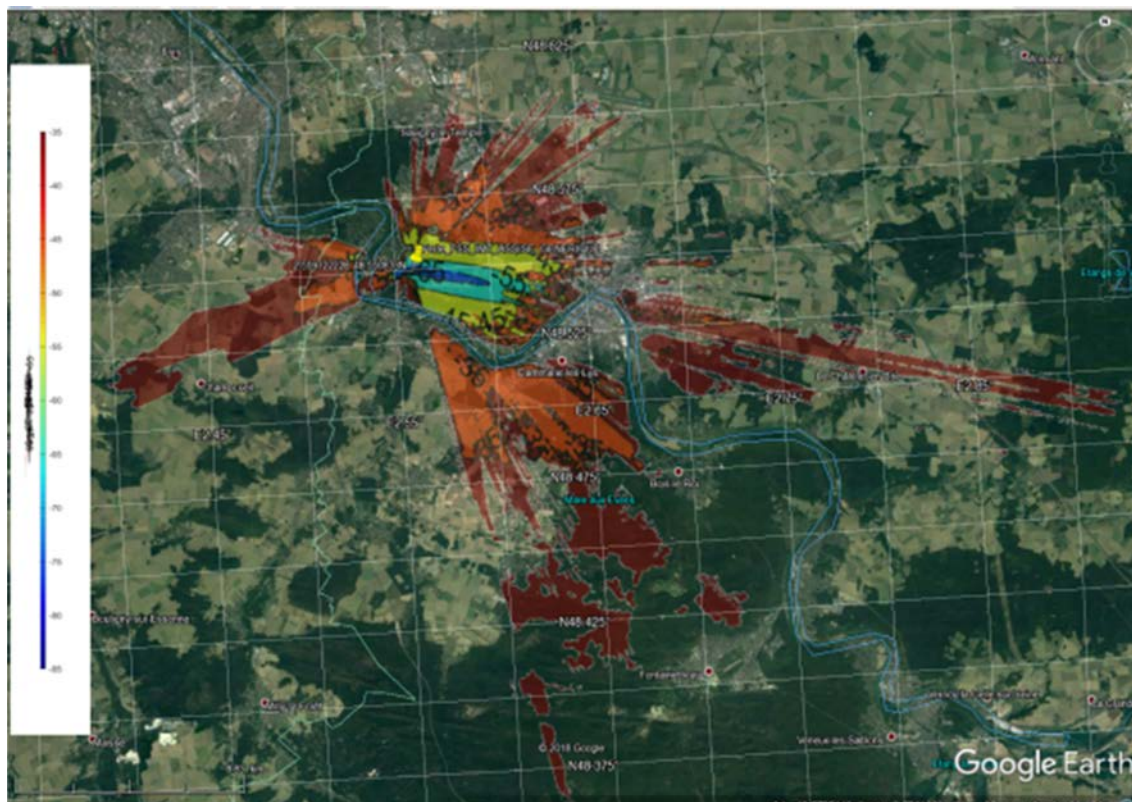


Figure 18 : Site de Strasbourg

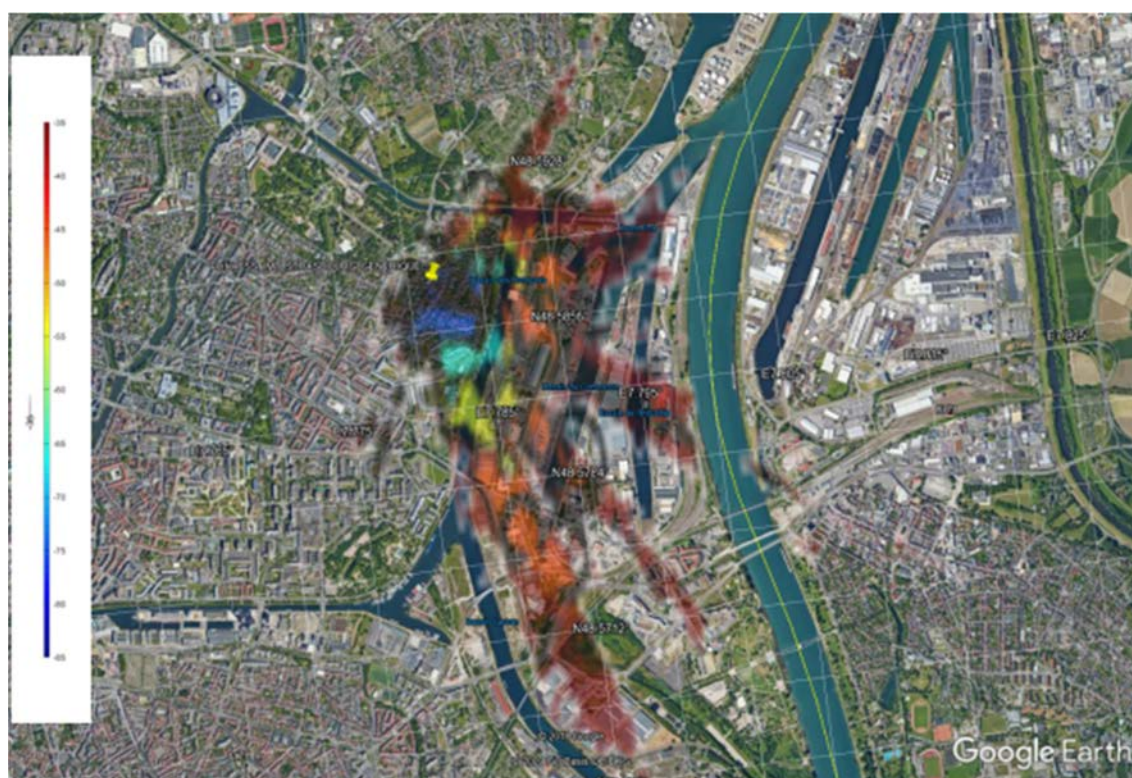


Figure 19 : Site de Lannion

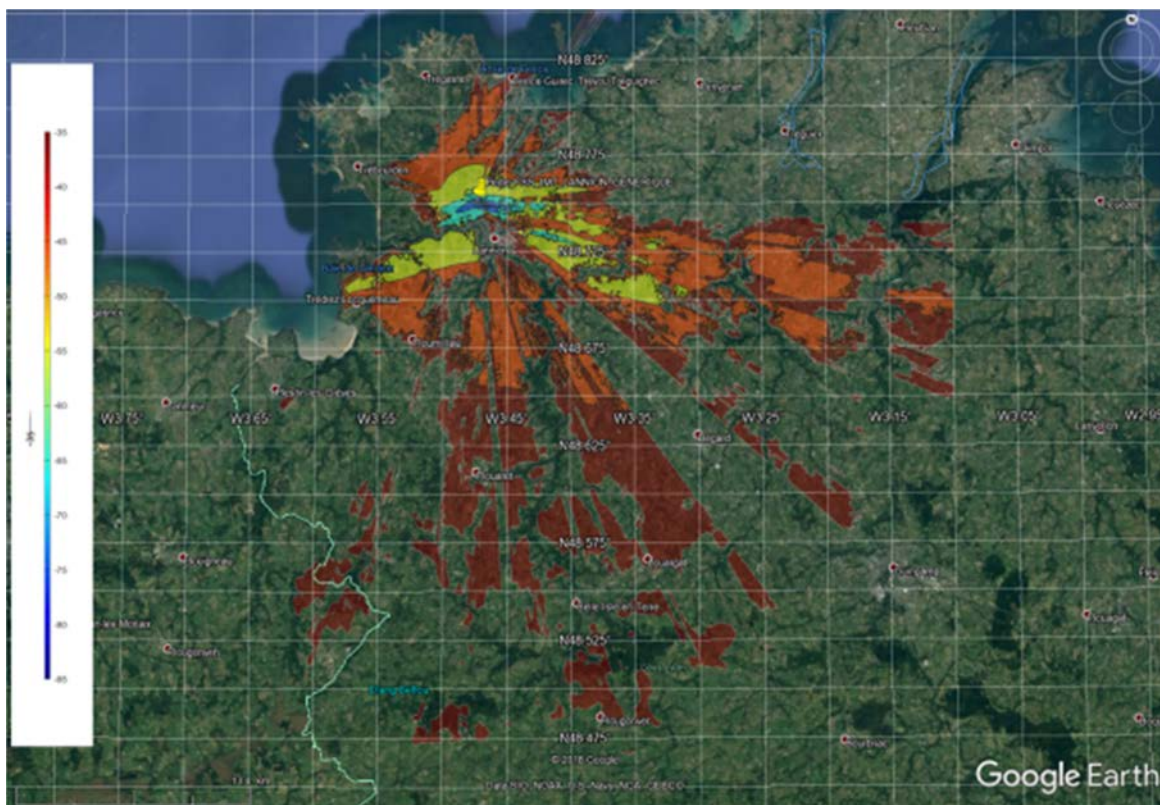
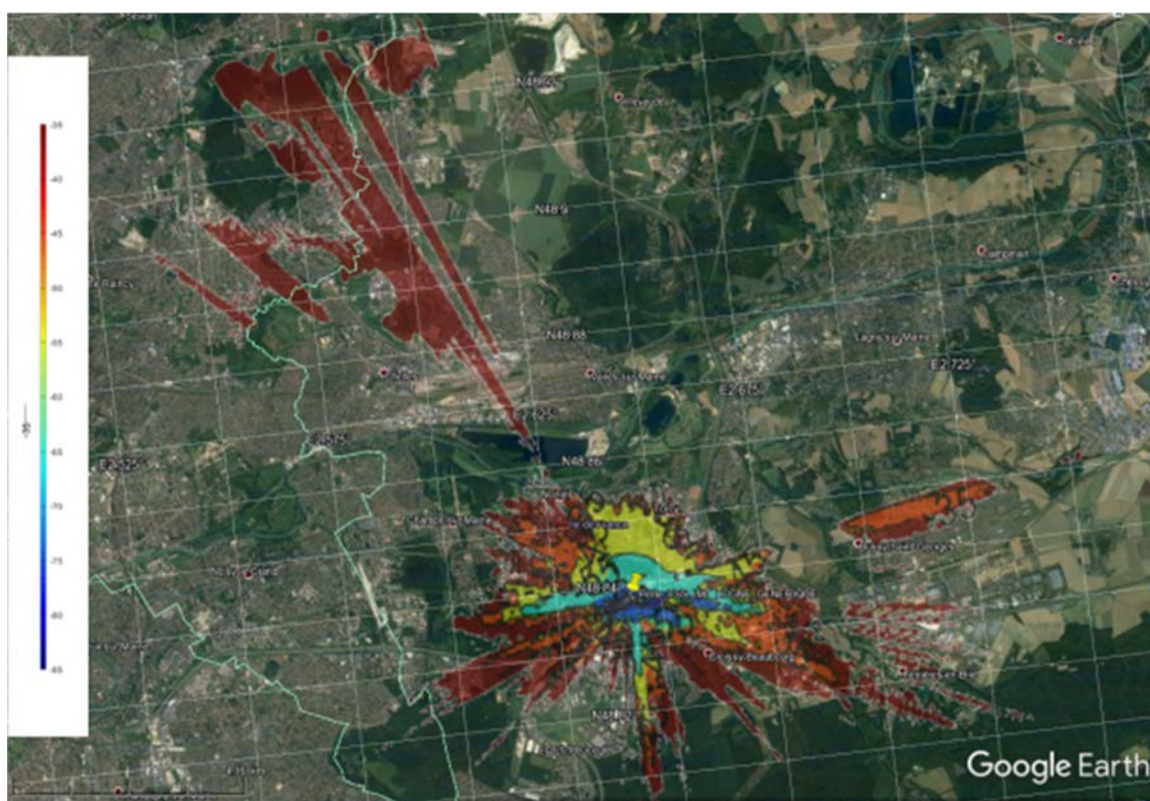


Figure 20 : Site de Lognes



Rapport CCE

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



Figure 21: Site de Paris

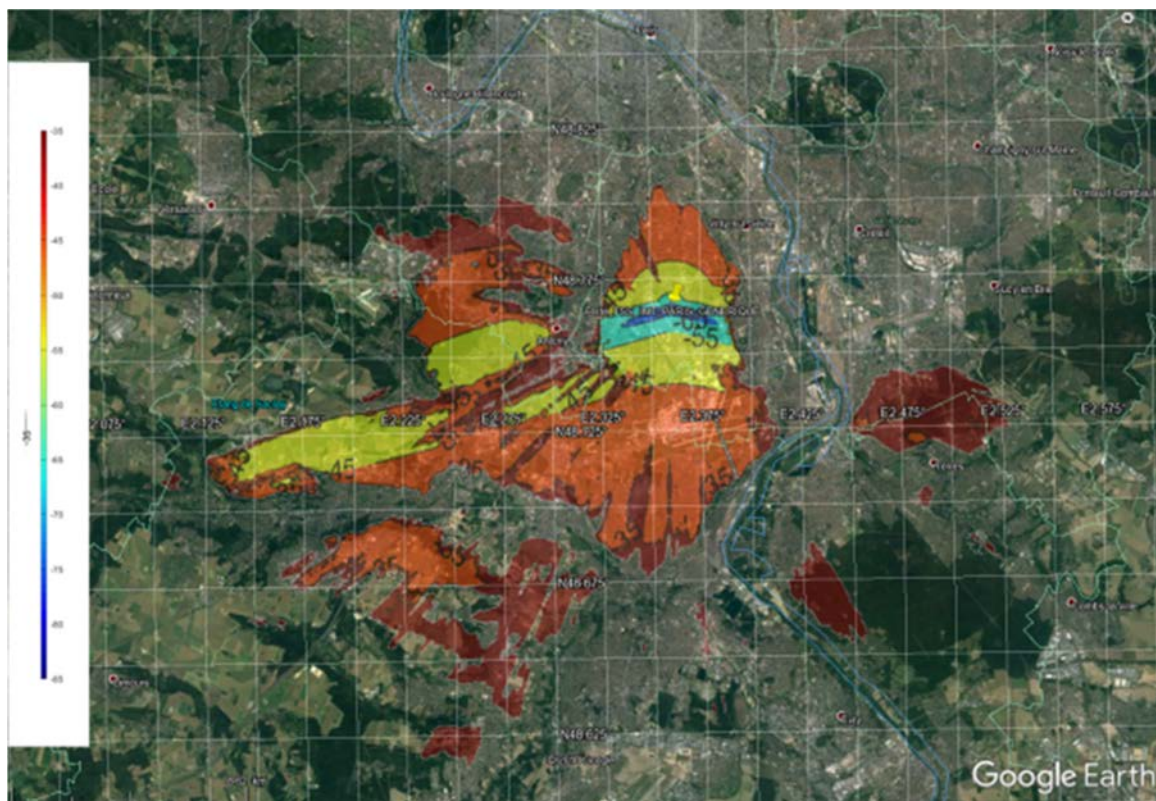
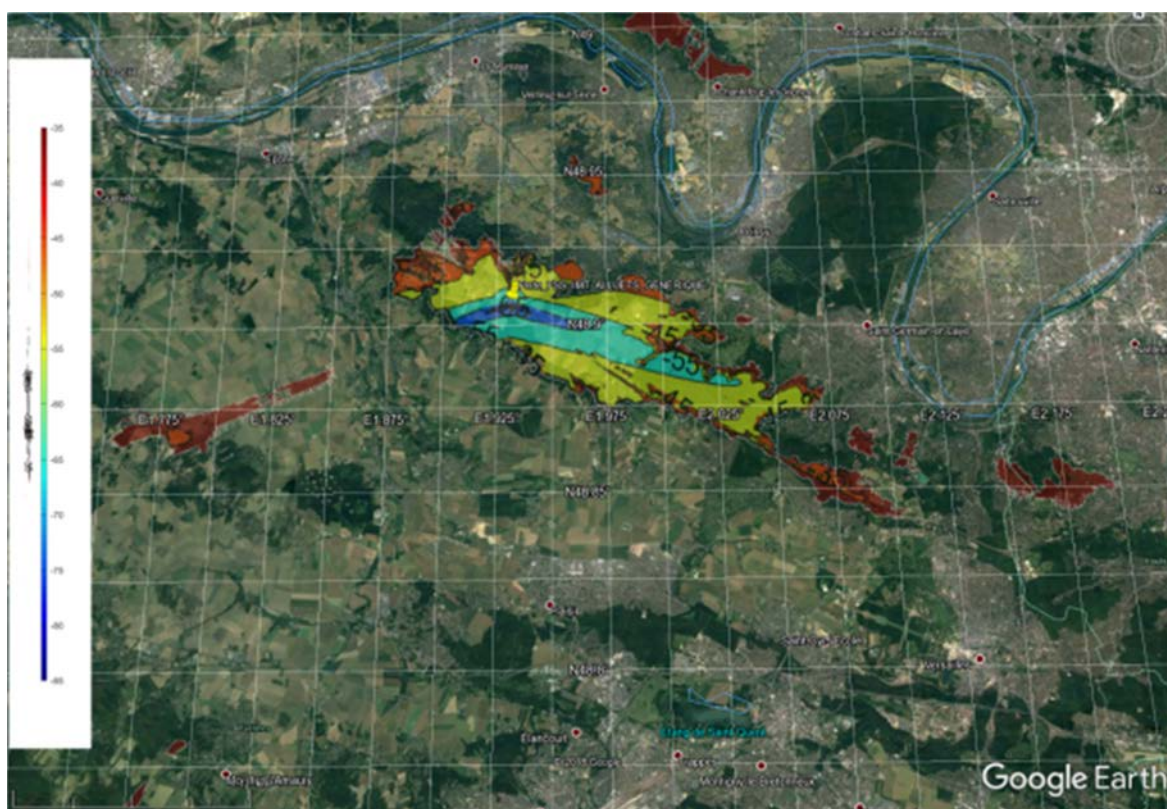


Figure 22 : Site de Les Allouets



Il est important de noter que les zones colorées des figures précédentes ne sont pas des zones d'exclusion, il s'agit de zone de contrainte pour des stations qui auraient leur axe principal en direction de la station terrienne du SFS.

Tout dépointage azimutal (voir annexe) permettrait à des BS d'être localisées dans les zones colorées à partir du moment où le niveau de champs établit dans la figure 6 est respecté. Dans l'ensemble des figures précédentes, les couleurs sont ainsi définies :

- Les PIREs inférieures à -65 dBW/MHz sont de couleur bleu foncé
- Les PIREs comprise entre -65 à -55 dBW/MHz sont de couleur bleu-vert
- Les PIREs comprise entre -55 à -45 dBW/MHz sont de couleur jaune
- Les PIREs comprise entre -45 à -35 dBW/MHz sont de couleur orange
- Les PIREs comprise entre -35 à -25 dBW/MHz sont de couleur rouge
- Les zones sans couleurs peuvent supporter des Pires supérieures à -25 dBW/MHz.

6.4. RESULTATS DE LA PROTECTION DES ASSIGNATIONS

D'après le tableau 3, il existe 5 sites qui présentent des assignations sous 3840 MHz. Toutefois il convient de noter que les études ont montré que dans le cas du site de Bercenay, la protection des assignations sous 3840 MHz n'amenait pas de contraintes supplémentaires (augmentation des distances) par rapport au cas générique. Autrement dit l'impact évalué pour le cas générique couvre l'impact pour la protection des assignations entre 3800 et 3840 MHz.

Les études entreprises dans cette section, s'établissent en faisant l'hypothèse que la station de base présente son axe principal en direction de la station terrienne. Lorsque plusieurs assignations sous 3840 MHz existent sur un site, l'étude se focalise sur celles qui nécessitent la plus grande surface de protection (enveloppe des contraintes). Le relief et le bâti sont respectivement issus des SRTM et des données IGN (5m).

6.4.1 Site de La Ciotat

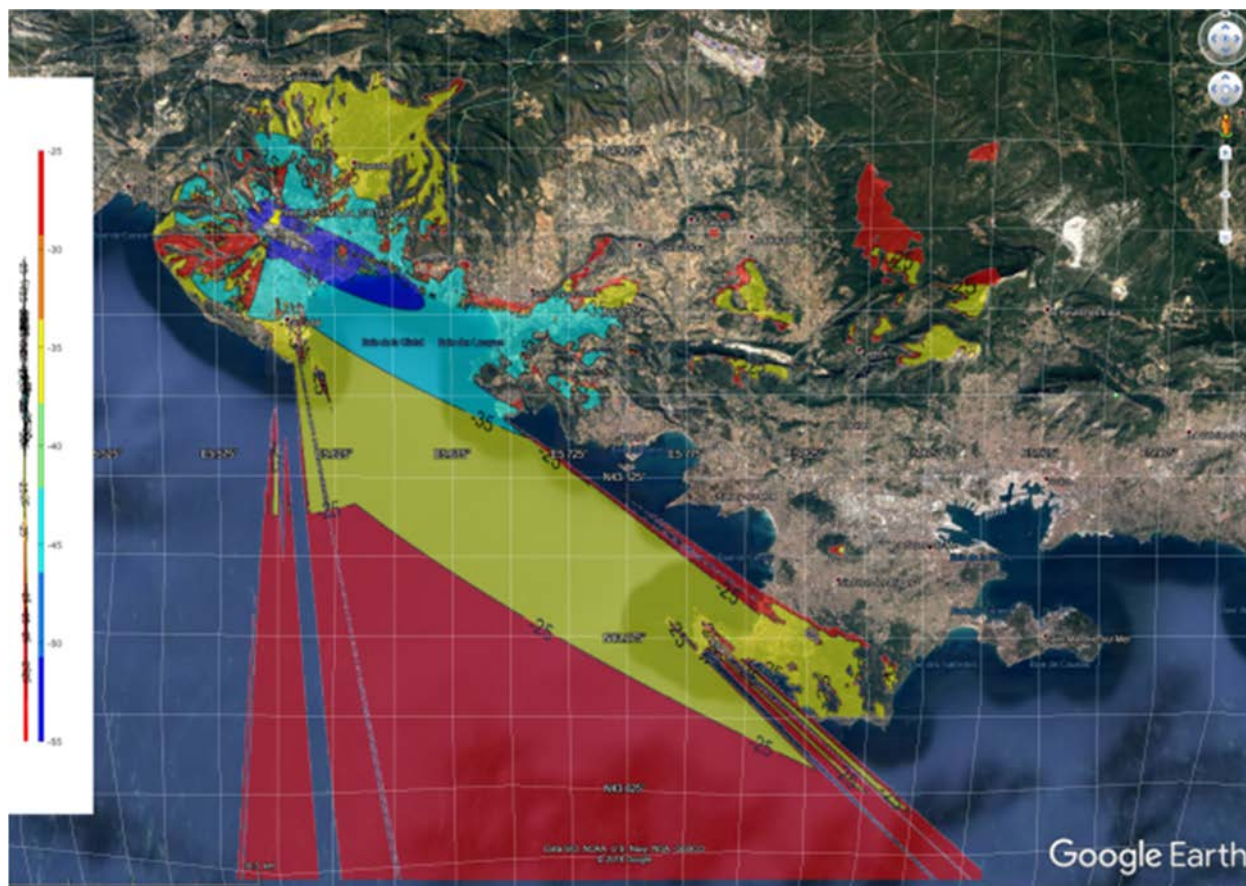
Selon le Tableau 2, les puissances des émissions IMT qui tombent dans la bande de réception de l'assignation la plus sensible sont de -35 dBW quel que soit le bloc IMT utilisé (se terminant à 3800MHz ou en dessous de 3790 MHz), ce qui correspond à une PIRE maximale de -9 dBW pour un gain de 26 dB. Il convient donc de noter que dans le cas de la protection de cette assignation, la position du bloc IMT n'a aucune importance.

La figure 23 suivante présente donc les zones d'impact pour une station de base AAS strictement conforme au masque réglementaire et de gain maximum 26 dBi dans la direction du site de la Ciotat, en fonction de la PIRE des rayonnements non désirés, avec les codes couleurs suivants :

- Réduction de la PIRE entre -55 à -45 dBW dans les zones de couleur bleu foncé
- Réduction de la PIRE entre -45 et -35 dBW dans les zones de couleur bleu-vert
- Réduction de la PIRE entre -35 et -25 dBW dans les zones de couleur jaune
- Réduction de la PIRE entre -25 et -9 dBW dans les zones de couleur rouge
- Pas d'impact dans les zones sans couleur (PIRE > -9 dBW).

La puissance est considérée dans la bande de réception de la station.

Figure 23 : Site de La Ciotat.



6.4.2 Site de Fréjus

Selon le Tableau 2, les puissances des émissions IMT qui tombent dans la bande de réception de l'assignation la plus sensible sont de :

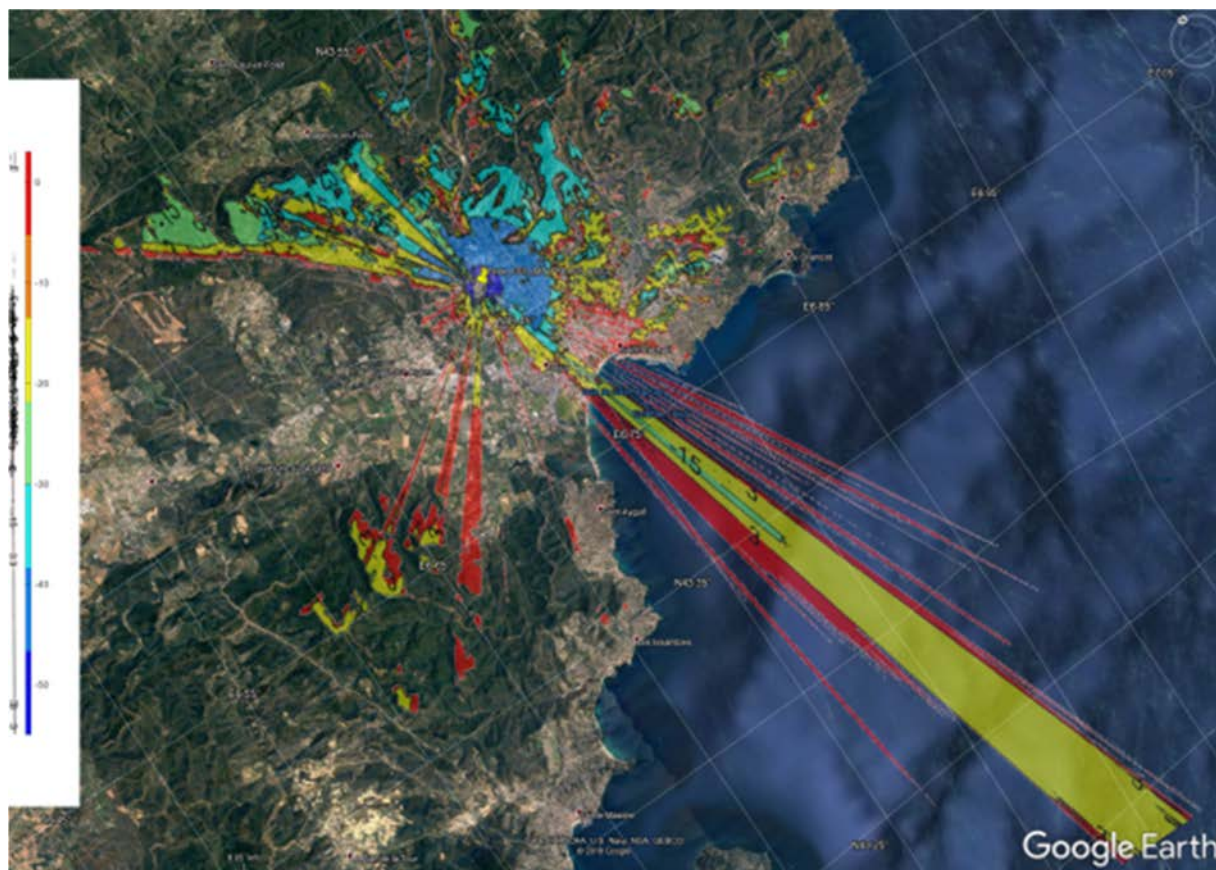
1. -16 dBW pour l'utilisation d'un bloc IMT se terminant à 3800MHz, ce qui correspond à une PIRE maximale de 10 dBW pour un gain de 26 dB
2. -29 dBW pour l'utilisation d'un bloc IMT se terminant à 3790MHz, ce qui correspond à une PIRE maximale de -3 dBW pour un gain de 26 dB

La figure 24 suivante présente donc les zones d'impact pour une station de base AAS strictement conforme au masque réglementaire et de gain maximum 26 dBi dans la direction du site de Fréjus, en fonction de la PIRE des rayonnements non désirés, avec les codes couleurs suivants :

- Les PIREs comprise entre -55 à -25 dBW sont bleu foncé
- Les PIREs comprise entre -25 à -15 dBW sont de couleur bleu-vert
- Les PIREs comprise entre -15 à -3 dBW sont de couleur vert
- Les PIREs comprise entre -3 à 10 dBW sont de couleur rouge
- Les zones sans couleurs peuvent supporter des Pires supérieures à 10 dBW.

La puissance est considérée dans la bande de réception de la station.

Figure 24 : Site de Fréjus.



6.4.3 Site de Rambouillet

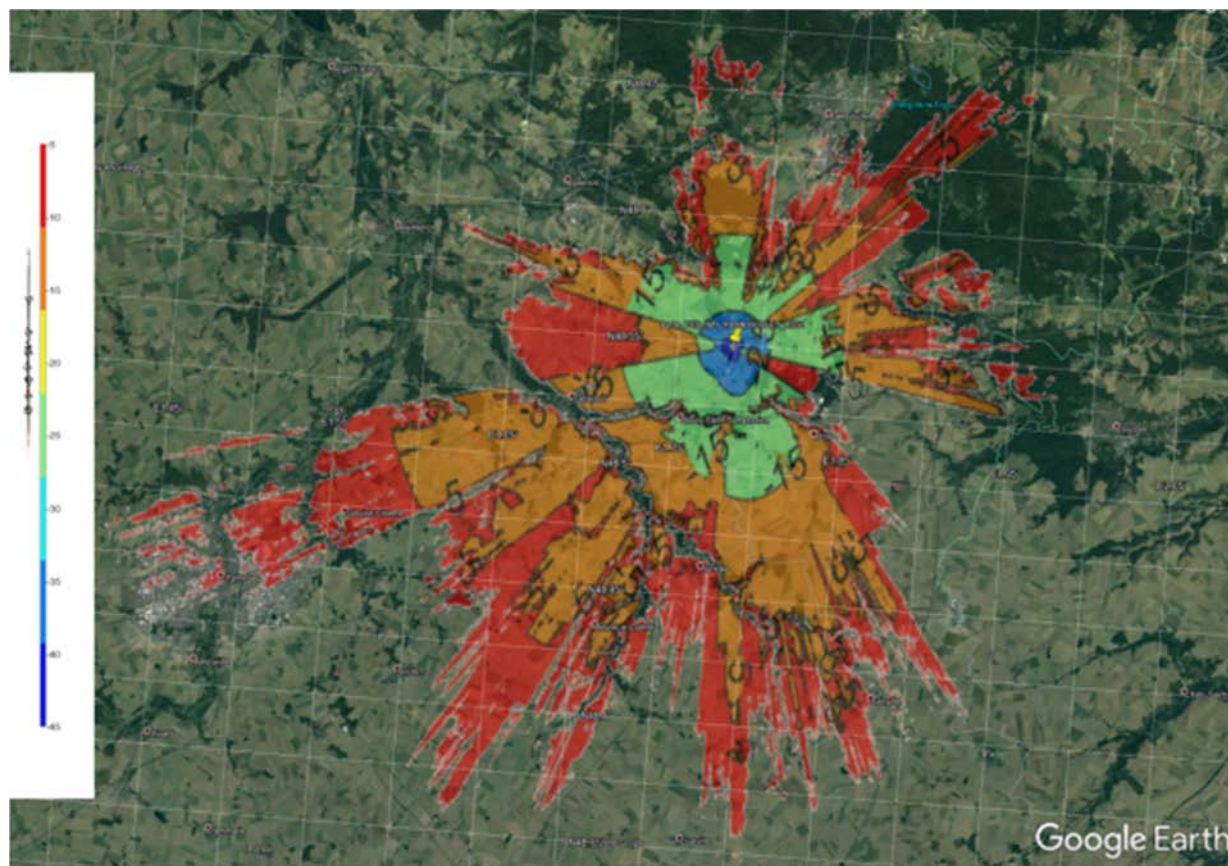
Selon le Tableau 2, les puissances des émissions IMT qui tombent dans la bande de réception de l'assignation la plus sensible sont de -22 dBW quel que soit le bloc IMT utilisé (se terminant à 3800MHz ou en dessous de 3790 MHz), ce qui correspond à une PIRE maximale de 4 dBW pour un gain de 26 dB. Il convient donc de noter que dans le cas de la protection de cette assignation, la position du bloc IMT n'a aucune importance.

La figure 25 suivante présente donc les zones d'impact pour une station de base AAS strictement conforme au masque réglementaire et de gain maximum 26 dBi dans la direction du site de Rambouillet, en fonction de la PIRE des rayonnements non désirés, avec les codes couleurs suivants :

- Les PIREs comprise entre -55 à -25 dBW sont bleu foncé
- Les PIREs comprise entre -25 à -15 dBW sont de couleur vert
- Les PIREs comprise entre -15 à -5 dBW sont de couleur orange
- Les PIREs comprise entre -5 à 4 dBW sont de couleur rouge
- Les zones sans couleurs peuvent supporter des Pires supérieures à 4 dBW.

La puissance est considérée dans la bande de réception de la station.

Figure 25 : Site de Rambouillet



6.4.4 Site de Lognes

Selon le Tableau 2, les puissances des émissions IMT qui tombent dans la bande de réception de l'assignation la plus sensible sont de :

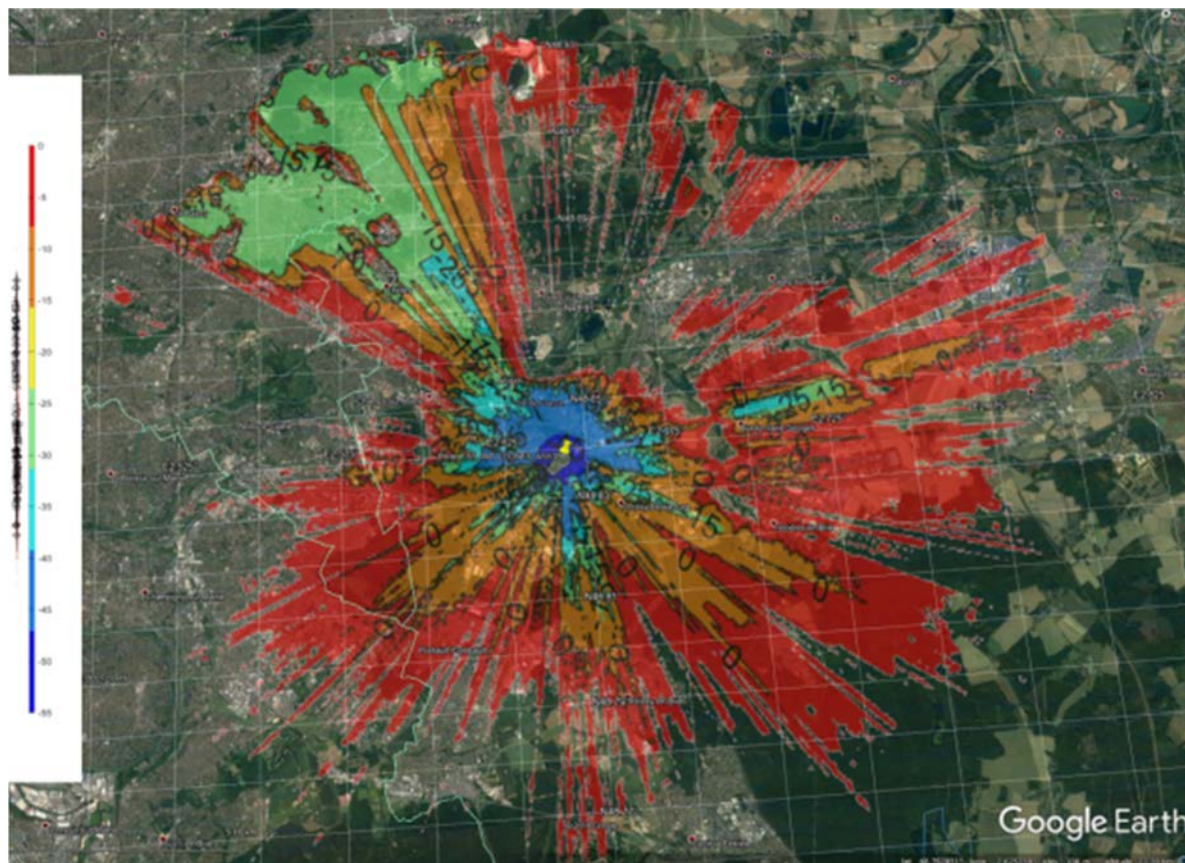
1. -14 dBW pour l'utilisation d'un bloc IMT se terminant à 3800MHz, ce qui correspond à une PIRE maximale de 12 dBW pour un gain de 26 dB
2. -26 dBW pour l'utilisation d'un bloc IMT se terminant à 3790MHz, ce qui correspond à une PIRE maximale de 0 dBW pour un gain de 26 dB

La figure 26 suivante présente donc les zones d'impact pour une station de base AAS strictement conforme au masque réglementaire et de gain maximum 26 dBi dans la direction du site de Lognes, en fonction de la PIRE des rayonnements non désirés, avec les codes couleurs suivants :

- Les PIREs comprise entre -55 à -35 dBW sont bleu foncé
- Les PIREs comprise entre -35 à -25 dBW sont de couleur bleu-vert
- Les PIREs comprise entre -25 à -15 dBW sont de couleur vert
- Les PIREs comprise entre -15 à 0 dBW sont de couleur orange
- Les PIREs comprise entre 0 à 12 dBW sont de couleur rouge
- Les zones sans couleurs peuvent supporter des Pires supérieures à 12 dBW.

La puissance est considérée dans la bande de réception de la station.

Figure 25 : Site de Lognes



7. CONCLUSION

Ce rapport présente les études d'impact préliminaires de la protection des stations terriennes recevant au-dessus de 3800 MHz vis-à-vis des stations de base 5G avec antennes actives (AAS) qui seront autorisées par l'Arcep dans la bande 3490-3800 MHz. Des approfondissements pourraient être menés ultérieurement par exemple dans le cas de nouvelles informations sur le filtrage des équipements 5G ou sur le niveau de blocage des stations terriennes.

Les cartes fournies dans ce rapport fournissent des estimations des zones de contraintes pour des stations de base dont les émissions non désirées respecteraient exactement le masque de la Décision (UE) 2019/235 et qui présenteraient leur axe principal en direction de la station terrienne du service fixe par satellite avec un gain d'antenne de 26 dBi. La prise en compte des performances réelles des équipements effectivement déployés, notamment le masque réel des rayonnements non désirés, de fonctionnalités qui pourraient être mises en œuvre par les constructeurs et opérateurs pour limiter le brouillage en direction des stations terriennes, ainsi que les caractéristiques précises des stations de base (azimut, hauteur d'antenne, obstacle local) ne fait pas partie des hypothèses de l'étude et pourrait substantiellement réduire cet impact. Des techniques locales de réduction des brouillages (ex. : grillages autour des stations terriennes) pourraient aussi réduire les zones de contraintes pour les stations de base.

Il convient aussi de noter que les études ont été entreprises sur la base des modèles de terrain générés par les modèles SRTM 90m et par l'utilisation du bâti IGN. Cette granulométrie modérée tend à surestimer certaines zones de contraintes, mais elle reste la seule disponible à ce stade, pour l'ANFR.

L'étude d'impact utilise comme hypothèse un critère de protection défini dans la section 6.1 et 6.2 respectivement, sous forme :

1. de niveaux de champ émis dans la bande 3840 - 4200 MHz par chaque station de base dans la bande 3490 - 3800 MHz ne devant pas dépasser, sur chaque site à protéger, à une hauteur de 10 m, et dans des conditions médianes de propagation (i.e. 50% du temps), une limite définie en fonction de l'azimut de la station de base vu du site à protéger. Ces niveaux visent à protéger toute liaison dans la bande 3840-4200 MHz pointant vers l'orbite géostationnaire avec un angle d'élévation minimal de 7°.
2. de niveaux de champ émis dans la bande 3800 - 3840 MHz par chaque station de base dans la bande 3490 - 3800 MHz ne devant pas dépasser, sur chaque site à protéger, à une hauteur de 10 m, et dans des conditions médianes de propagation (i.e. 50% du temps), une limite définie en fonction de l'azimut de la station de base vu du site à protéger. Ces niveaux visent à protéger les assignations existantes du site dans la bande 3800-3840 MHz

Deux études complémentaires de sensibilité ont été réalisées pour quelques exemples:

- Un relâchement du critère de 3 dB (voir annexe 2)
- Une protection de la bande 3840-4200 MHz sur la base des assignations existantes à la place d'une protection générique (voir annexe 4)

Les hypothèses de cette étude préliminaire ne préjugent pas du choix final de l'Arcep en termes de conditions techniques réglementaires à appliquer par les stations de base 5G pour la protection des stations terriennes, compte tenu de l'évaluation des impacts fournie par la présente étude et de tout autre élément que l'Arcep jugerait utile de prendre en compte.

Cette étude n'a pas évalué les risques de brouillage liés à la performance du récepteur des stations terriennes à filtrer les émissions en dessous de 3800 MHz, en l'absence de valeur d'un niveau de blocage reconnu. Il est recommandé que les exploitants de stations terriennes soient informés des risques et de la nécessité de filtrer suffisamment les signaux en-dessous de 3800 MHz afin d'éviter tout risque de brouillage dû au blocage.

ANNEXE 1

Cette Annexe ne donne pas directement les distances de séparation à respecter. Elle décrit uniquement les étapes de TVG qui permettent d'aboutir à l'utilisation du gain d'émission de la station de base à prendre en compte, ainsi que le pourcentage de temps à appliquer au modèle de propagation. La TVG est la méthodologie qui permet de passer d'une étude statistique à une étude déterministe.

7.1 Distribution de gain pour chaque type de station de base

Les figures suivantes (A1, A2, A3) présentent les distributions des stations de base déployées dans différents environnements (suburbain, rural et urbain). Ces distributions sont construites sur les caractéristiques de déploiements des utilisateurs décrits dans le tableau 1

FIGURE A1

Distribution de gain sur l'horizon pour les BS déployées en milieu suburbain

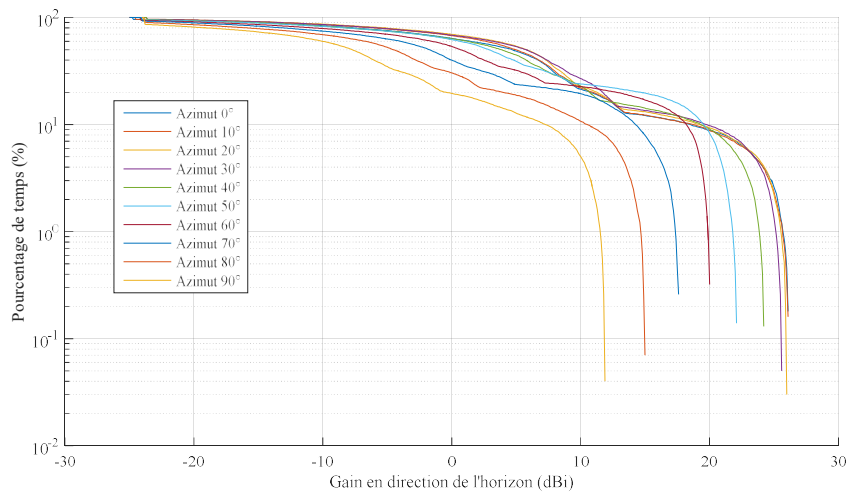


FIGURE A2

Distribution de gain sur l'horizon pour les BS déployées en milieu rural

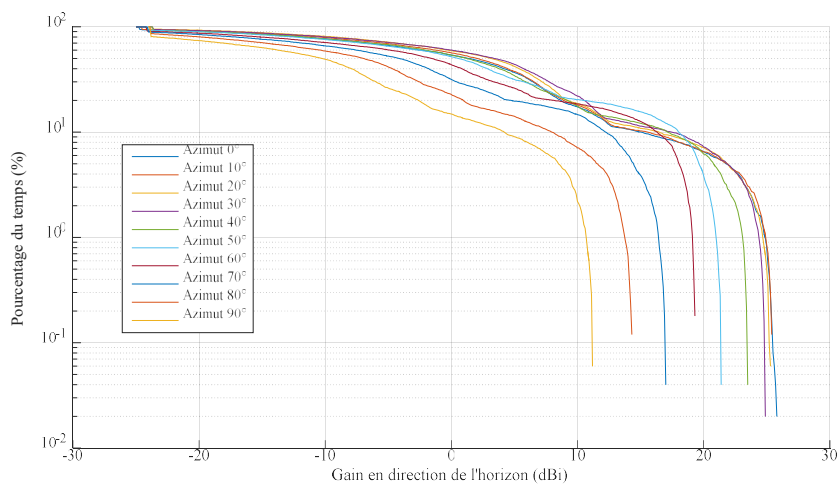
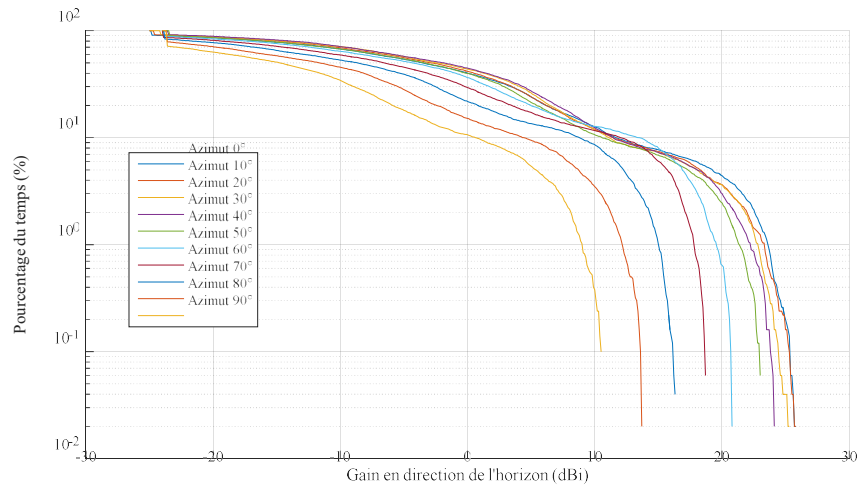


FIGURE A3

Distribution de gain sur l'horizon pour les BS déployées en milieu urbain



7.2 Etude de TVG de quelques stations

Le but de cette section est de comparer les résultats de TVG pour les différents types de déploiement des stations de base (et donc les différentes distributions). Une station existante est prise comme exemple et la TVG est appliquée sur cette station pour les différents types d'environnement de déploiement des stations de base (rural, urbain et suburbain). L'azimut choisi est celui de 0° en azimut. La TVG s'applique toujours sur une terre plate, en l'absence de pertes associées au terrain ou aux bâtis. Le résultat final de la TVG s'obtient sur l'association, pourcentage pv et gain (Gt) qui permet d'obtenir les distances les plus importantes.

TABLEAU A1
Caractéristique de la station prise en exemple

Postion Arc Geo	Porteuse (MHz)	Min Freq (MHz)	Long	Lat
X	30	Proche 3800	X	X

Pour cette station terrienne le gain maximum en réception sur l'horizon (dans la direction de pointage du faisceau) est de l'ordre de 6dBi, la puissance transmise par la BS (Tableau 2) dans la bande de la réception de la station est de -12.2 dBW. Considérant une température de bruit de 70°K, le niveau de bruit du récepteur est de -135.4 dBW. De façon à rendre compte de l'activité des stations de base (50%) dans les études de TVG, les pourcentages de temps des distributions de gain sont divisés par 2.

La première partie du tableau montre clairement que pour le critère long terme, le type de déploiement (rural, urbain et suburbain) n'a aucun impact sur les résultats de distances calculées par la TVG. Le pire cas est toujours atteint pour le gain maximum sur l'horizon (25/26dBi) pour un pourcentage de temps de 50% dans le modèle de propagation (ITU-R P.452).

Rapport CCE

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



Pour le critère court terme (deuxième partie du tableau), les distances (sur terre plate et sans modèle de terrain et de bâtis) oscillent entre 157 et 188 km. Les gains des BS sur l'horizon à prendre en considération sont compris entre 21 et 23 dBi. Le pourcentage de temps à appliquer au modèle de propagation est compris entre 0.055 et 0.08.

TABLEAU A2

Résultat complets de la TVG pour la distribution gain sur l'horizon à Azimut 0° pour différents type de déploiement

Critère long terme (I/N=-10 et 20%) – Soit Pr=-145.4 dBW								
Type	Gt (dBi)	Gr (dBi)	Pt (dBW)	pn (%)	p (%)	pv (%)	Lb (dB)	Distance (km) Sans clutter
Urbain	-25	6	-12.2	50	20	40	114.2	3
	-20	6	-12.2	43	20	46.5	119.2	5.3
	-15	6	-12.2	39	20	50	124.2	9.4
	-10	6	-12.2	33.7	20	50	129.2	16.5
	-5	6	-12.2	27	20	50	134.2	21
	0	6	-12.2	20	20	50	139.2	23.5
	5	6	-12.2	12	20	50	144.2	26.2
	10	6	-12.2	6.3	20	50	149.2	29.1
	15	6	-12.2	3.8	20	50	154.2	32.3
	20	6	-12.2	2.2	20	50	159.2	35.8
	25	6	-12.2	0.1	20	50	164.2	39.5
26	6	-12.2	0	20	X	165.2	X	
Suburbain	-25	6	-12.2	50	20	40	114.2	3
	-20	6	-12.2	46.9	20	42.6	119.2	5.3
	-15	6	-12.2	44.9	20	44.47	124.2	9.4
	-10	6	-12.2	41.9	20	47.7	129.2	16.5
	-5	6	-12.2	37.7	20	50	134.2	21
	0	6	-12.2	31.9	20	50	139.2	23.5
	5	6	-12.2	24.2	20	50	144.2	26.2
	10	6	-12.2	10.6	20	50	149.2	29.1
	15	6	-12.2	6.1	20	50	154.2	32.3
	20	6	-12.2	4.4	20	50	159.2	35.8
	25	6	-12.2	1.3	20	50	164.2	39.5
26	6	-12.2	0.2	20	50	165.2	40.2	
Rural	-25	6	-12.2	50	20	40	114.2	3
	-20	6	-12.2	45.3	20	44	119.2	5.3
	-15	6	-12.2	42.6	20	47	124.2	9.4
	-10	6	-12.2	38.4	20	50	129.2	16.5
	-5	6	-12.2	33.23	20	50	134.2	21

Rapport CCE

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



	0	6	-12.2	26.9	20	50	139.2	23.5
	5	6	-12.2	18.4	20	50	144.2	26.2
	10	6	-12.2	8.7	20	50	149.2	29.1
	15	6	-12.2	5	20	50	154.2	32.3
	20	6	-12.2	3.2	20	50	159.2	35.8
	26	6	-12.2	0.4	20	50	165.2	39.5
Critère court terme (I/N=-1.3 et 0.0016%) – soit Pr= -136.7 dBW								
	Gt (dBi)	Gr (dBi)	Pt (dBW)	pn (%)	p (%)	pv (%)	Lb (dB)	Distance (km) Sans clutter
Urbain	-25	6	-12.2	50	0.0016	0.0032	105.5	1.3
	-20	6	-12.2	43	0.0016	0.0037	110.5	2.5
	-15	6	-12.2	39	0.0016	0.0041	115.5	5.6
	-10	6	-12.2	33.7	0.0016	0.0047	120.5	14.7
	-5	6	-12.2	27	0.0016	0.0059	125.5	26
	0	6	-12.2	20	0.0016	0.0080	130.5	30.7
	5	6	-12.2	12	0.0016	0.0133	135.5	35
	10	6	-12.2	5.4	0.0016	0.0296	140.5	96.4
	15	6	-12.2	3.8	0.0016	0.0416	145.5	129.1
	20	6	-12.2	2.2	0.0016	0.0724	150.5	155.5
	21	6	-12.2	1.83	0.0016	0.0874	151.5	157.6
	25	6	-12.2	0.1	0.0016	1.6	155.5	68.1
26	6	-12.2	X	0.0016	X	156.5	X	
Suburbain	-25	6	-12.2	50	0.0016	0.0032	105.5	1.3
	-20	6	-12.2	46.9	0.0016	0.0034	110.5	2.5
	-15	6	-12.2	44.9	0.0016	0.0036	115.5	5.7
	-10	6	-12.2	41.9	0.0016	0.0038	120.5	15.3
	-5	6	-12.2	37.7	0.0016	0.0042	125.5	26.3
	0	6	-12.2	31.9	0.0016	0.0050	130.5	31.1
	5	6	-12.2	24.2	0.0016	0.0066	135.5	71.6
	10	6	-12.2	10.6	0.0016	0.0150	140.5	105.3
	15	6	-12.2	6.1	0.0016	0.0263	145.5	139.9
	20	6	-12.2	4.4	0.0016	0.0362	150.5	175.6
	23	6	-12.2	2.9	0.0016	0.0554	153.5	188.2
	25	6	-12.2	1.3	0.0016	0.1231	155.5	177
26	6	-12.2	0.2	0.0016	0.7111	156.5	110	
Rural	-25	6	-12.2	50	0.0016	0.0032	105.5	1.3
	-20	6	-12.2	45.3	0.0016	0.0035	110.5	2.5
	-15	6	-12.2	42.6	0.0016	0.0038	115.5	5.6
	-10	6	-12.2	38.4	0.0016	0.0042	120.5	15
	-5	6	-12.2	33.2	0.0016	0.0048	125.5	26.2

Rapport CCE

Référence:
Rapport CCE protection SFS
vs IMT 5G à 3,8GHz du
20/06/2019 version 1

Etude CCE sur la protection des systèmes du service
fixe par satellite au-dessus de 3,8GHz vis-à-vis de
l'IMT 5G opérant dans la bande de fréquence 3,4 – 3,8
GHz



	0	6	-12.2	26.9	0.0016	0.0059	130.5	31
	5	6	-12.2	18.4	0.0016	0.0087	135.5	68.5
	10	6	-12.2	8.6	0.0016	0.0184	140.5	101.8
	15	6	-12.2	5	0.0016	0.0319	145.5	135.4
	20	6	-12.2	3.2	0.0016	0.0491	150.5	167.1
	22	6	-12.2	2.4	0.0016	0.06	152.5	174.5
	25	6	-12.2	0.4	0.0016	0.4	155.5	130.7
	26	6	-12.2	X	0.0016	X	156.5	X

ANNEXE 2

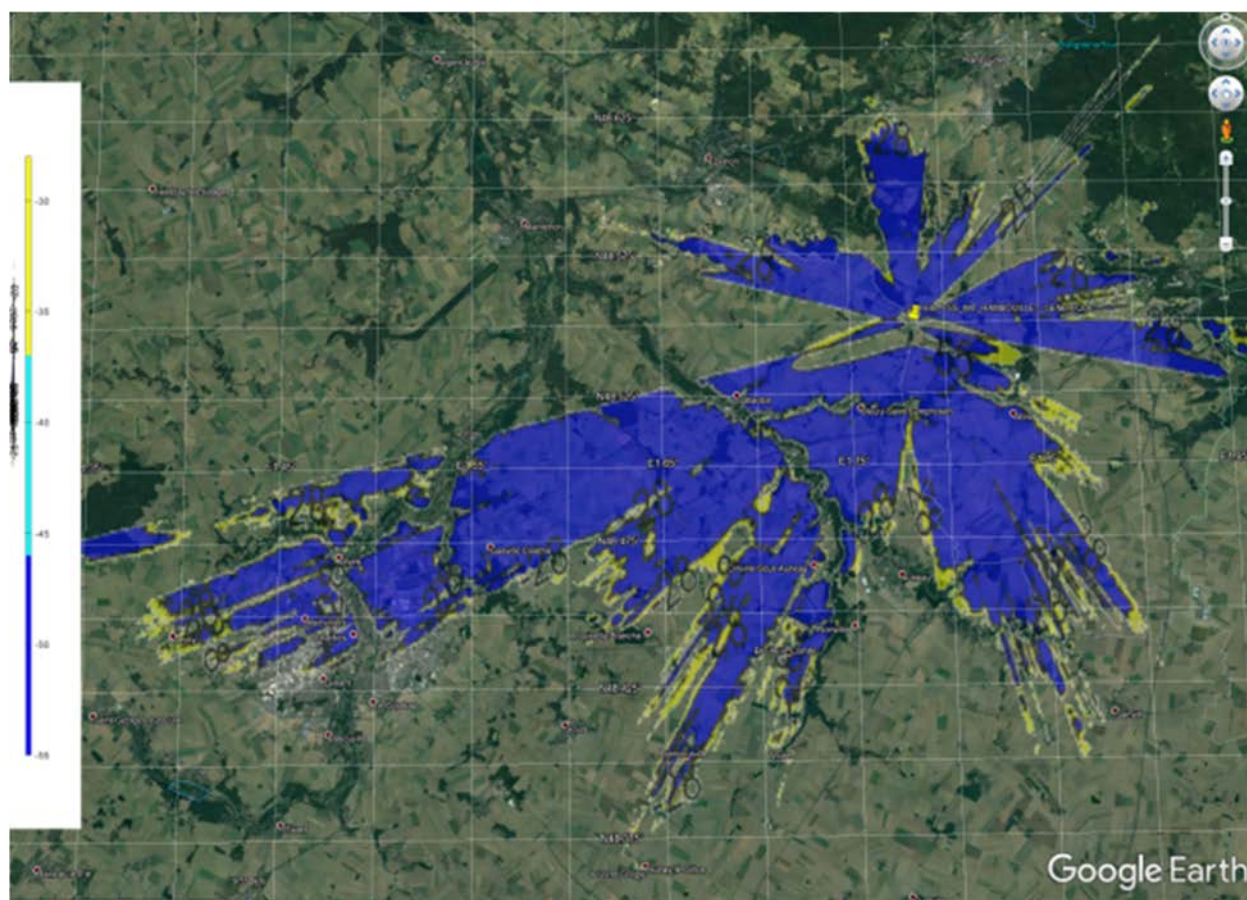
Cette annexe donne une représentation d'une relaxation de 3dB du gain maximum de la station de base en direction de la station terrienne. Comme décrit dans ce rapport, l'obtention de la protection des stations terriennes (donc le respect des niveaux de champs de la Figure 3) doit être faite à l'aide de pertes médianes et du gain maximum.

La figure A3 présente le résultat pour la station de Rambouillet dans le cas générique :

- Les PIREs comprise entre -55 à -28 dBW sont bleu foncé
- Les PIREs comprise entre -28 à -25 dBW sont de couleur jaune
- Les zones sans couleurs peuvent supporter des PIREs supérieures à -25 dBW

Les surfaces de couleur jaune représentent donc les zones dans lesquelles des stations de base pointant sur la station terrienne pourraient être déployées si la contrainte de gain maximum était relaxée de 3dB. (Au lieu de se retrouver dans les zones sans couleur).

FIGURE A4 : Représentation de la surface de contrainte pour Rambouillet



ANNEXE 3

Simulations des effets d'agrégation.

L'agrégation dans un récepteur existe toujours. Toutefois pour que ces effets soit significatifs au regard de la puissance interférente reçue par un seul émetteur, il faut que le récepteur reçoive des puissances similaires issues de l'ensemble des émetteurs.

Lors des études entreprises au TG5/1 à 26 GHz entre les AAS et le FSS/EESS/SRS, les études entreprises sur ces stations terrestres, avec des antennes AAS ont démontré que les études n'apportaient rien de supplémentaires au cas « single entry ».

Cela s'explique théorique par les différences qu'il existe sur chacun des chemins de propagation qui partent des émetteurs vers le récepteur :

1. Le relief
2. La distance
3. Les fluctuations temporelles des conditions de propagation
4. Les fluctuations temporelles du gain de l'émetteur en direction du récepteur.

Il a été démontré dans les études du TG5/1 que l'agrégation dans un récepteur était principalement régit par la puissance d'un unique émetteur mal placé que le single entry couvre totalement. Autrement dit, si les distances single entry sont respectées, on limite grandement le problème d'agrégation.

Il convient aussi de noter que les études agrégées pour des études de compatibilité entre des services terrestre sont des études particulièrement difficiles à entreprendre si elles doivent être pertinentes. Dans la pratique et relativement à l'utilisation d'antenne AAS, il n'est pas possible de dire que l'agrégation n'existe pas, en revanche, son occurrence doit présenter une probabilité très faible.

ANNEXE 4

Cette annexe donne trois exemples des différences de zones de contraintes qu'il pourrait exister (pour des émetteurs 5G pointant en direction de la station) entre un traitement générique ou par assignation dans les bandes au-dessus de 3840 MHz. Dans les trois cartes suivantes, les surfaces jaunes en surimpression définissent les surfaces de contraintes pour des émetteurs (dont l'axe principal pointe sur la station terrienne) dans le cas où la protection du site s'opère sur ses assignations au-dessus de 3840 MHz. Les différentes couleurs sous les surfaces jaunes, sont les zones de contrainte dans le cas d'un traitement générique des sites au-dessus de 3840 MHz (les codes de couleur restent identiques à ceux définis dans le corps principale de ce rapport pour le cas générique). On peut noter que :

1. Dans le cas du site de Toulouse 3, la protection des assignations existantes au-dessus de 3840 MHz permet de réduire fortement les surfaces de contraintes à l'Ouest
2. Dans le cas d'Aix en Provence, la protection des assignations existantes au-dessus de 3840 MHz ne change quasiment pas les surfaces de contraintes élaborées sur les hypothèses d'étude générique. Ceci s'explique particulièrement bien par la situation géographique du site. Il se situe à une certaine élévation et un grand nombre de hauts reliefs le circonvoisine.
3. Dans le cas de Lannion, la perte d'un gain important à l'Est (issue de l'enveloppe du cas générique) améliore les surfaces dans cette direction, mais ne change rien ailleurs.

Figure A5 : Site de Toulouse 3

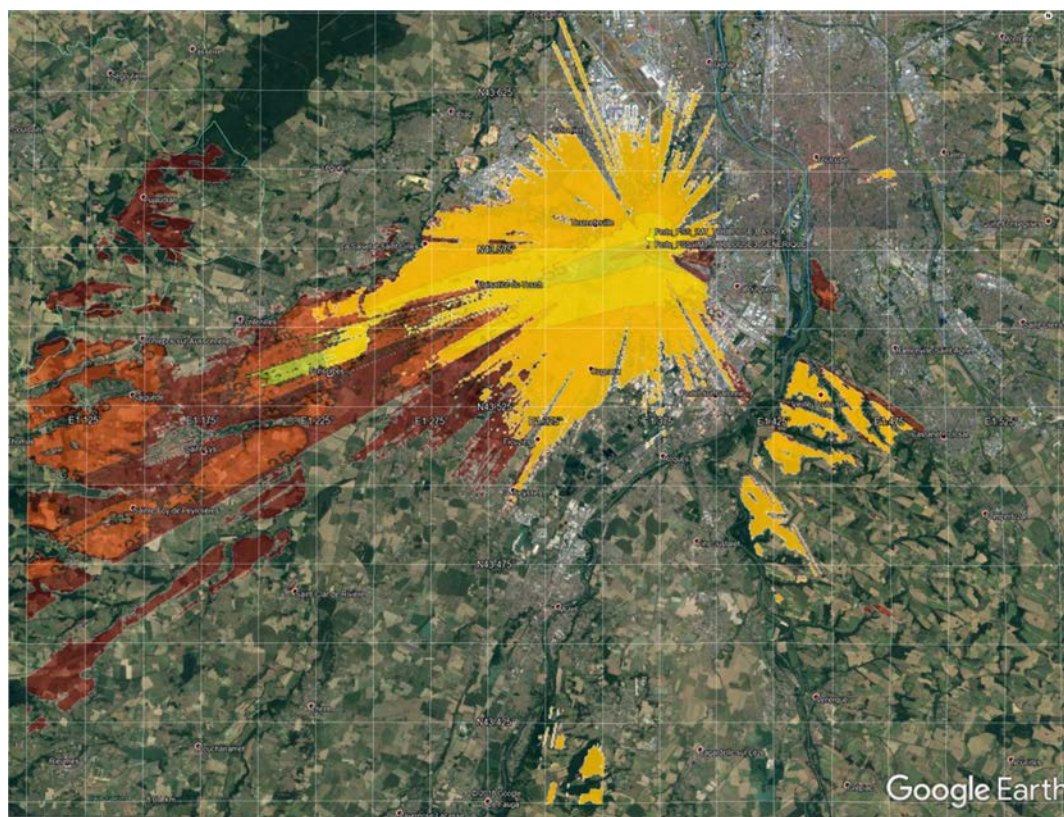


Figure A6 : Site d'Aix en Provence



Figure A7 : Site de Lannion

