

Agence Nationale des Fréquences

Consultation publique sur les lignes directrices de
présentation des simulations d'exposition aux ondes

réf: Réponse_SIRADEL_pour_Consultation_ANFR_EMF_1

Destinataire

NOM	N/A	POSTE	N/A
SOCIETE	ANFR	ADRESSE	78, avenue du général de Gaulle 94704 MAISONS-ALFORT CEDEX
EMAIL	consultationlignesdirectrices @anfr.fr	TEL	N/A

Visas

CREATION/REDACTION	CONTACT
Emmanuel BAVEREL, Vincent WEIS, Grégory GOUGEON, Yoann CORRE, Sylvain AUBIN	Pierre GELPI (pgelpi@siradel.com)
30/09/2015	30/09/2015

Mises à jour

VERSION	DATE	REDACTEUR	OBJET
1.0	30/09/2015	EB	Version initiale

Préambule

L'Agence nationale des fréquences a mis en consultation publique son projet de lignes directrices nationales sur la présentation des résultats de simulation de l'exposition aux ondes.

La loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques, dite loi Abeille, prévoit que dans un délai de six mois à compter de sa promulgation, l'ANFR publie des lignes directrices nationales en vue d'harmoniser la présentation des résultats issus de simulations de l'exposition créée par l'implantation d'une installation radioélectrique.

Sur demande du maire, lors de l'implantation d'une installation radioélectrique, son exploitant devra joindre au dossier d'information-mairie une simulation de l'exposition.

L'objectif de cette simulation est de donner une estimation des niveaux de champs électromagnétiques que l'installation radioélectrique est susceptible de produire, compte tenu des paramètres d'émission envisagés par l'exploitant et de l'environnement dans lequel elle s'insère.

Cette consultation publique permettra de recueillir l'avis de l'ensemble des acteurs sur les lignes directrices encadrant ces simulations.

Une synthèse des réponses sera publiée sur le site Internet de l'ANFR.

SIRADEL remercie l'Agence Nationale des Fréquences pour l'initiative de la consultation publique pour son projet de lignes directrices nationales sur la présentation des résultats de simulation de l'exposition aux ondes, et souhaite apporter tout son savoir-faire dans le domaine de la simulation des champs électromagnétiques afin d'aider l'Agence Nationale des Fréquences dans la définition des lignes directrices nécessaires à la mise en application de la loi n°2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.

Index

PREAMBULE	3
INDEX	4
PRESENTATION DE SIRADEL	5
1. COMMENTAIRES SUR LIGNES DIRECTRICES	7
A) LES DONNEES TECHNIQUES DES STATIONS RADIOELECTRIQUES	7
B) LES CRITERES TECHNIQUES POUR LA SIMULATION	8
C) LA PRESENTATION DES RESULTATS DE SIMULATION	9
2. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	12
2.1. <i>Cartographie 3D</i>	12
2.2. <i>Modes de représentation</i>	14
2.3. <i>Outils de simulation</i>	18
2.4. <i>Supports de visualisation</i>	20

Présentation de SIRADEL



SIRADEL est une PME française indépendante, fondée en 1994 à Rennes, comptant plus de 60 employés, et qui possède également une filiale à Toronto et à Shanghai.

SIRADEL fournit à l'échelle internationale des solutions de simulation 3D, d'aide à la décision et de communication pour la planification optimale des infrastructures de la ville de demain.

SIRADEL compte plus de 250 clients répartis dans plus de 60 pays, incluant des opérateurs télécom, les équipementiers, les opérateurs d'infrastructure urbaine, les régulateurs, les municipalités et les gouvernements.

L'activité historique de SIRADEL est la simulation du déploiement d'infrastructures radio, du dimensionnement à l'optimisation des performances des réseaux, avec pour objectif d'optimiser la capacité des réseaux sans fils (3G, 4G, HetNet, Small Cells, WiFi, Satellite...) tout en réduisant les coûts et l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques.

Depuis 2012, SIRADEL s'est orientée vers un nouveau marché, celui des Smart City (villes intelligentes), avec l'objectif de planifier les villes de demain afin d'améliorer la vie de chacun, et de connecter tous les acteurs de la ville afin d'aider les décideurs et d'optimiser les investissements à l'échelle de la ville.



Figure 1. Portefeuille produits/services SIRADEL

De manière totalement indépendante, SIRADEL fournit à l'échelle internationale des prestations d'expertise en matière de prédiction de couverture et d'ingénierie radio pour tous les opérateurs radio, les équipementiers télécom et les organismes publics.

La gamme d'expertise en couverture radio de SIRADEL comprend :

- des études de couverture radio (« outdoor/indoor », « indoor/outdoor », « indoor/indoor », couverture 3D, exposition au champ EM...)

- des études technico-économique de pré-design, de design et d'optimisation de réseaux radio mobiles, WLAN, Broadcast...
- une assistance opérationnelle pour le déploiement radio
- des prestations de calibration et de validation de modèles de propagation
- des prestations de campagnes de mesures radio
- des prestations d'audit de sites radio
- des sessions de formation

A titre d'exemple, SIRADEL a réalisé les prestations suivantes dans le domaine des réseaux mobiles en France:

- tous les calculs nationaux de couverture des réseaux 2G, 3G et 4G « indoor » et « outdoor », de SFR, Bouygues Telecom et Free Mobile, à tous les stades de déploiement des réseaux : pré-design, design et optimisation
- la plupart des campagnes de mesures radio pour le calibrage des modèles de propagation
- des prestations de calibrage de modèles de propagation
- des prestations de recalage de sites (vérification, correction des fiches de sites)

Une part très importante de l'activité de la société (entre 15 et 17 % du chiffre d'affaire) est consacrée à la R&D. Au cours des sept dernières années, SIRADEL a été impliquée dans plus de 25 projets de recherche collaborative (financements régionaux, nationaux et européens). Cela lui permet d'être classée, de par le nombre de projets R&D effectués, première PME à l'échelle nationale et troisième au niveau Européen (4 projets Européens en cours ou allant démarrer). SIRADEL est également membre de la communauté d'entreprise à fort potentiel de développement, BPI Excellence.

SIRADEL fait également partie de plusieurs réseaux de chercheurs européens, dans le domaine des télécoms (projet 5G H2020 ; projet FP7 FREEDOM ; projet FUI GREENCOM ; projet européen Celtic SHARING...) ou dans le domaine des villes intelligentes (projet COST TU801). La société est également membre du Conseil d'Administration du pôle de compétitivité « Images et réseaux » de la région Bretagne. SIRADEL préside le GIE PME numériques de l'IRT B-com (Institut de Recherche Technologique). SIRADEL est membre du groupe ADIS (Armée, DGA et Industrie de la Simulation), et est un des membres fondateurs du groupement industriel EDEN Bretagne regroupant des PME qui travaillent dans le secteur de la défense et de la sécurité pour les forces terrestres.

Enfin, dans le cadre d'une démarche qualité et d'amélioration continue, SIRADEL est adhérent de la charte 3DOK depuis 2010, et a obtenu la certification ISO 9001:2008 en juin 2012.

1. Commentaires sur lignes directrices

Vous trouverez ci-dessous les commentaires de SIRADEL sur les lignes directrices nationales proposées par l'ANFR, dans le document 'LIGNES DIRECTRICES NATIONALES SUR LA PRESENTATION DES RESULTATS DE SIMULATION DE L'EXPOSITION AUX ONDES EMISES PAR LES INSTALLATIONS RADIOELECTRIQUES' version 1.0 de Juillet 2015.

Les lignes directrices originales de l'ANFR sont en noir, et les commentaires de SIRADEL sont en rouge.

a) Les données techniques des stations radioélectriques

L'analyse de l'exposition nécessite de connaître à minima les quatre caractéristiques d'émission suivantes :

1. La puissance en entrée des antennes pour chaque technologie. Cette caractéristique est déterminante dans la mesure où l'exposition est directement liée à la puissance d'émission.

[SIRADEL 1] il est nécessaire de préciser la puissance d'entrée par technologie, mais également par fréquence ; car certaines technologies utilisent plusieurs porteuses (i.e. GSM : 900 et 1800MHz ou LTE : 800, 1800, 2600MHz)

2. L'azimut (en degré) et le tilt (en degré). Selon l'orientation dans le plan horizontal (azimut) ou vertical (tilt), l'exposition est très différente, notamment dans le cas de la téléphonie mobile qui utilise des antennes directives dont l'ouverture angulaire dans le plan vertical est étroite.

[SIRADEL 2] pour chacune des antennes, il sera nécessaire d'obtenir également le gain max de l'antenne, ainsi que les diagrammes d'antennes de rayonnement (coupe horizontale et verticale).

3. Les fréquences ou bandes de fréquence dont dépendent les valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques émis par les installations radioélectriques.

4. La hauteur des antennes.

[SIRADEL 3] Il est important de préciser quelle convention de hauteur d'antenne. SIRADEL recommande d'utiliser la convention HMA (Hauteur Milieu Antenne, à partir du sol). Il peut également être utile d'avoir la hauteur du support de l'antenne (château d'eau, toit terrasse, pylône...), ainsi que la vue en coupe de l'installation comme présenté ci-dessous:

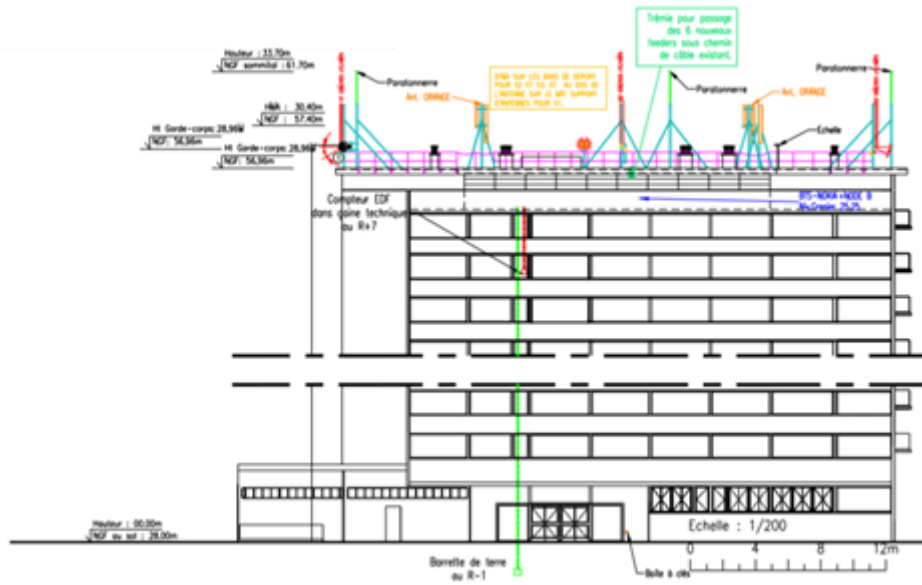


Figure 2 - Vue en coupe des installations sur toit/façade

b) Les critères techniques pour la simulation

Le logiciel, les sources (modèle numérique de terrain, bâti...) et leur date de dernière mise à jour ainsi que tous les éléments permettant d'apprécier la qualité de l'outil utilisé sont indiqués en annexe du rapport de simulation ou dans un document, disponible sur un site Internet, dont l'adresse complète figure dans le rapport. L'exploitant doit en outre indiquer la précision des données d'entrée utilisées dans le calcul.

[SIRADEL 4] La précision des données d'entrées devraient mentionner les informations suivantes :

- Données géographiques (résolution et précision exprimée en mètre ; avec année sources de production)
- Données stations radioélectriques (précision position site, exprimée en mètre)

i. La zone d'étude

Les simulations doivent être effectuées en dehors des périmètres de sécurité.

[SIRADEL 5] Pour éviter toute confusion, il serait préférable de définir la distance ou la zone pour le périmètre de sécurité, par exemple le toit sur lequel se trouve le site radio.

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique à 100 m des antennes en zone urbaine et 200 m en zone rurale.

[SIRADEL 6] SIRADEL ne se prononce pas sur une distance minimale, mais souhaite indiquer que selon la puissance d'émission, et en particulier pour les sites broadcast (TNT/FM/DAB) à forte puissance, il pourrait être nécessaire d'augmenter le rayon de l'étude.

ii. Le calcul

Pour un site donné, toutes les technologies diffusées par l'installation radioélectrique de l'exploitant concerné, sauf les faisceaux hertziens, doivent être intégrées à la simulation. **Le champ total doit être représenté.** Cela permet, notamment dans le cadre d'une modification d'installations existantes, de ne pas minorer l'exposition.

Page 9 / 20

Afin de localiser précisément la station radioélectrique en projet, il est recommandé d'utiliser un fond de carte de type aérien (visibilité du bâti) avec l'indication du nom des voies principales.

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique à 100 m des antennes en zone urbaine à l'échelle 1/500 et 200 m en zone rurale à l'échelle 1/1000.

La résolution du modèle numérique de terrain varie selon les zones géographiques. Les simulations doivent être réalisées avec la meilleure résolution disponible, typiquement 5 m dans les unités urbaines de plus de 100 000 habitants, entre 25 et 50 m ailleurs.

[SIRADEL 9] SIRADEL recommande d'utiliser de la cartographie 3D, comme expliqué dans le paragraphe 2.1. Ceci permet d'améliorer considérablement la précision des simulations en particulier en milieu urbain, et de diminuer le risque de détection de faux points atypiques.

Le rayonnement des antennes, notamment en téléphonie mobile, est dans la plupart des cas directif, c'est-à-dire qu'il privilégie des axes de rayonnement dans le plan horizontal et vertical. Cette particularité a un impact très important sur la couverture de ces antennes et donc sur l'exposition. Afin de faciliter la compréhension du dossier, les antennes et leurs azimuts pour les antennes directives doivent être précisément localisés sur une carte. Pour chaque azimut, la fourniture d'une photo prise depuis l'emplacement projeté de l'antenne dans l'axe de rayonnement principal peut faciliter l'analyse de la zone exposée.

[SIRADEL 10] Comme évoqué dans le commentaire [SIRADEL 3], il serait pertinent d'avoir une vue en coupe des installations.

Une estimation de l'exposition dans les établissements particuliers (établissements scolaires, crèches, établissements de soin) à moins de 100 m de l'installation doit être jointe à ce dossier. Ces établissements sont localisés par un pictogramme noir avec mention du nom et du type d'établissement (crèche, école élémentaire, hôpital...).

[SIRADEL 11] Afin de faciliter l'identification des établissements particuliers, il serait pertinent de préciser une source d'information commune, afin de s'assurer de la bonne identification des zones sensibles. Cette source devra intégrer de manière fiable les informations de géolocalisation des établissements particuliers, ainsi que leurs emprises y compris les zones ouvertes telles que les cours d'école, ou les jardins des hôpitaux ; permettant d'identifier précisément les zones au sol et bâtiments sensibles à considérer dans les simulations.

Les plans de masse et d'élévation peuvent être ajoutés au dossier, si l'exploitant l'estime utile.

ii. Résultats de la simulation de l'exposition

Le code couleur suivant est appliqué pour toutes les représentations :

Niveau	Couleur	Code couleur		
		Rouge	Vert	Bleu
Strictement supérieur à 6 V/m :		132	88	44
Entre 5 et 6 V/m :		255	153	255
Entre 4 et 5 V/m :		255	192	0
Entre 3 et 4 V/m :		255	255	0
Entre 2 et 3 V/m :		60	208	64
Entre 1 et 2 V/m :		51	153	255
Entre 0 et 1 V/m :		0	0	255

Une représentation de l'exposition simulée à 1,5 m du sol à l'intérieur doit être réalisée.

En outre, l'exploitant détermine la hauteur correspondant au niveau maximal d'exposition simulé à l'intérieur du bâtiment le plus exposé, pour chaque antenne. Une représentation de l'exposition simulée en intérieur doit être réalisée à cette hauteur, pour chaque antenne.

[SIRADEL 12] L'exposition en intérieur étant décroissante derrière la façade exposée à l'antenne, sa simulation ne permet pas de détecter plus de dépassement de seuil par rapport à la simulation au niveau de la façade. En outre, la hauteur correspondant au niveau maximal d'exposition peut varier d'une antenne à l'autre, ce qui peut rendre confus l'ensemble des résultats et impossible un calcul du champ total issu de toutes les antennes à une hauteur commune. Pour ces différentes raisons, SIRADEL recommande un calcul vertical le long des façades, et horizontal sur le toit. Ainsi, le champ total peut être visualisé en 3D à toute hauteur, tout en permettant la détection des points les plus exposés.

Ainsi, à titre d'exemple, quatre cartes devront être fournies pour une station tri-sectorielle.

[SIRADEL 13] Représentation 3D recommandée ; comme vu au point [SIRADEL 12]

Si l'exploitant dispose, dans son modèle de simulation, des emprises et de la hauteur des bâtiments, la représentation devra en tenir compte afin de faciliter la lecture des résultats.

[SIRADEL 14] Comme précisé au paragraphe 2.1, la cartographie 3D devrait être la seule représentation acceptée.

Les établissements particuliers, à moins de 100 m du projet d'antenne, sont identifiés sur la carte à 1,5 m du sol, avec le nom et le type de chaque établissement.

L'exploitant peut joindre à la simulation tous les éléments qu'il juge pertinent pour faciliter la compréhension de son dossier.

[SIRADEL 15] Un lien vers un site web et/ou une application sur mobile/tablette permettant de visualiser les résultats du calcul en 3D serait intéressant, car permettrait de rendre l'information plus interactive et accessible à tous.

2. Informations complémentaires

La société SIRADEL est très attachée aux problématiques liées à l'exposition de la population aux champs électromagnétiques, et travaille activement avec ses partenaires R&D sur une meilleure compréhension de l'exposition de la population vis-à-vis des technologies radio cellulaires et de radiodiffusion.

SIRADEL participe ainsi au projet européen **LEXNET** (Low EMF Exposure Future **N**etworks), qui vise à diminuer d'au moins 50% l'exposition aux champs électromagnétiques, sans dégrader les performances et qualité de service des réseaux sans fils. L'exposition au sens LEXNET intègre les contributions du lien descendant (issu de l'émission des stations de base) et du lien montant (issu de l'émission des terminaux des utilisateurs). SIRADEL a ainsi développé un outil dédié à la simulation et l'optimisation conjointe de la qualité de service et des niveaux d'exposition. Ce simulateur intègre plusieurs fonctionnalités des futurs réseaux (LTE-A, multi layer, multi RAT) et permet d'évaluer l'impact des nouvelles technologies sur l'exposition future de la population et des usagers. Dans ce projet, SIRADEL coordonne le « work-package » en charge de valider les nouvelles méthodologies d'évaluation de l'exposition et les performances des nouvelles technologies « low-EMF » proposées.

2.1. Cartographie 3D

Dans le cadre de ces différentes recherches dans le domaine, il est apparu très vite que pour obtenir des simulations du niveau de champ électromagnétique fiables, il est prépondérant d'avoir accès à une base de données géographiques précise et comportant l'emprise et la hauteur de chacun des bâtiments, appelée plus communément données géographiques 3D.

Vous trouverez ci-dessous un cas simplifié mais représentatif de cas réels, permettant de mettre en avant la valeur ajoutée indéniable de la cartographie 3D dans le cadre de simulations de l'exposition aux ondes électromagnétiques.

Pas de point atypique détecté.

Point atypique détecté, alors que ce n'est pas le cas

Ainsi, l'utilisation de carte 2D (modèle numérique de terrain + emprise de bâtiments sans hauteur) peut renvoyer des résultats de simulations erronés, et impacter de manière significative la viabilité d'un projet d'implantation de nouvelle(s) antenne(s), mais également alarmer inutilement la population.

De plus, les bases de données dites 2D sont beaucoup moins précises que les bases 3D, et dans le cas de simulation sur des zones relativement petites (jusqu'à 200mx200m) les bases 2D n'offrent pas la précision suffisante permettant de distinguer les bâtiments, et l'environnement comme indiqué ci-dessous :



Ainsi SIRADEL recommande à l'ANFR, dans le cadre des simulations de l'exposition aux ondes électromagnétiques, de ne considérer que des bases de données géographiques 3D.

2.2. Modes de représentation

SIRADEL recommande différents modes de représentation du niveau de champ en 3D qui permettent tant aux experts qu'aux novices d'estimer rapidement et visuellement les niveaux de champs et les risques associés.

Ci-dessous vous trouverez quelques illustrations de simulations réalisées à partir de données 3D :

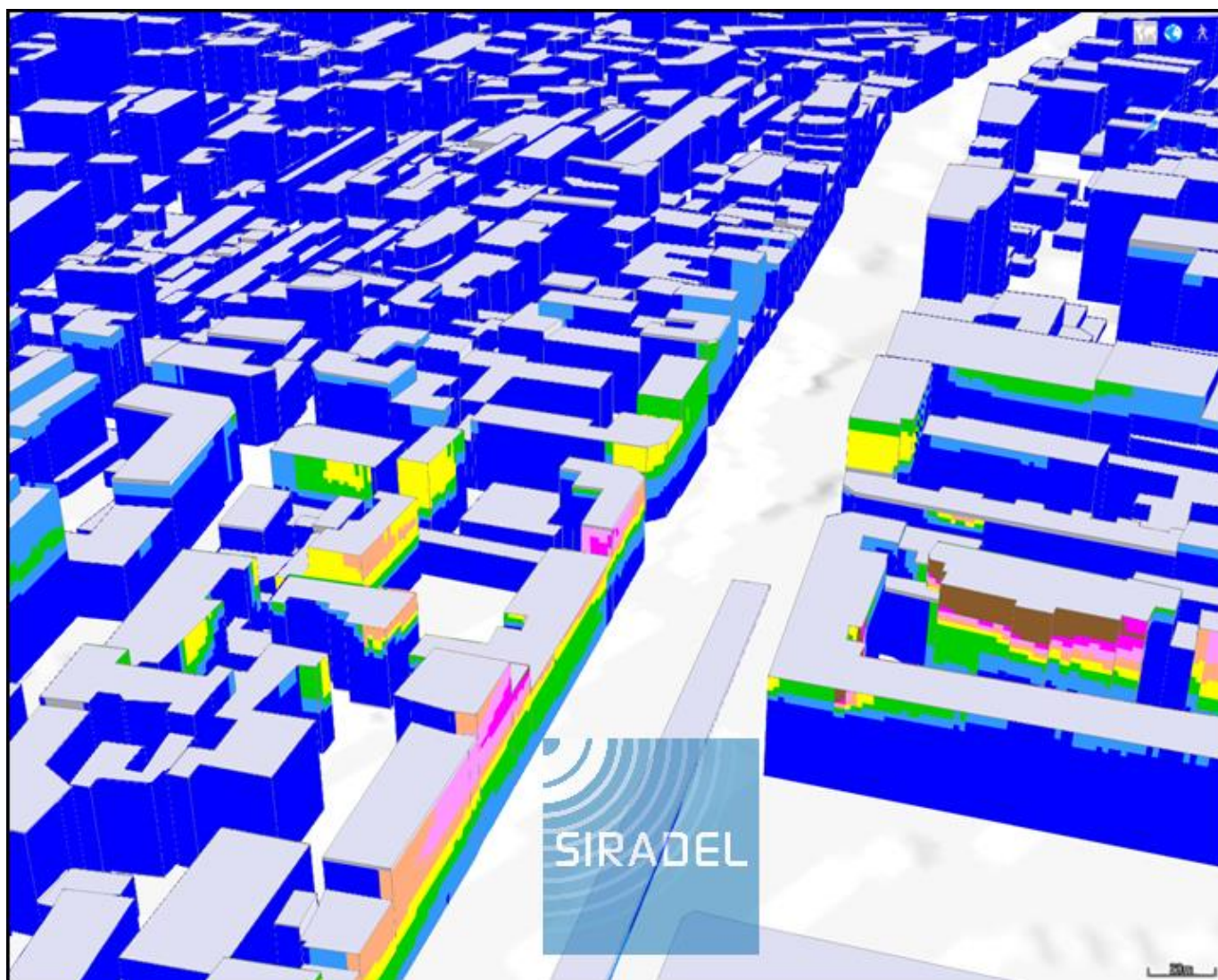


Figure 5 – Représentation du niveau de champ EMF en façade des bâtiments sans les toits
(code couleur ANFR)

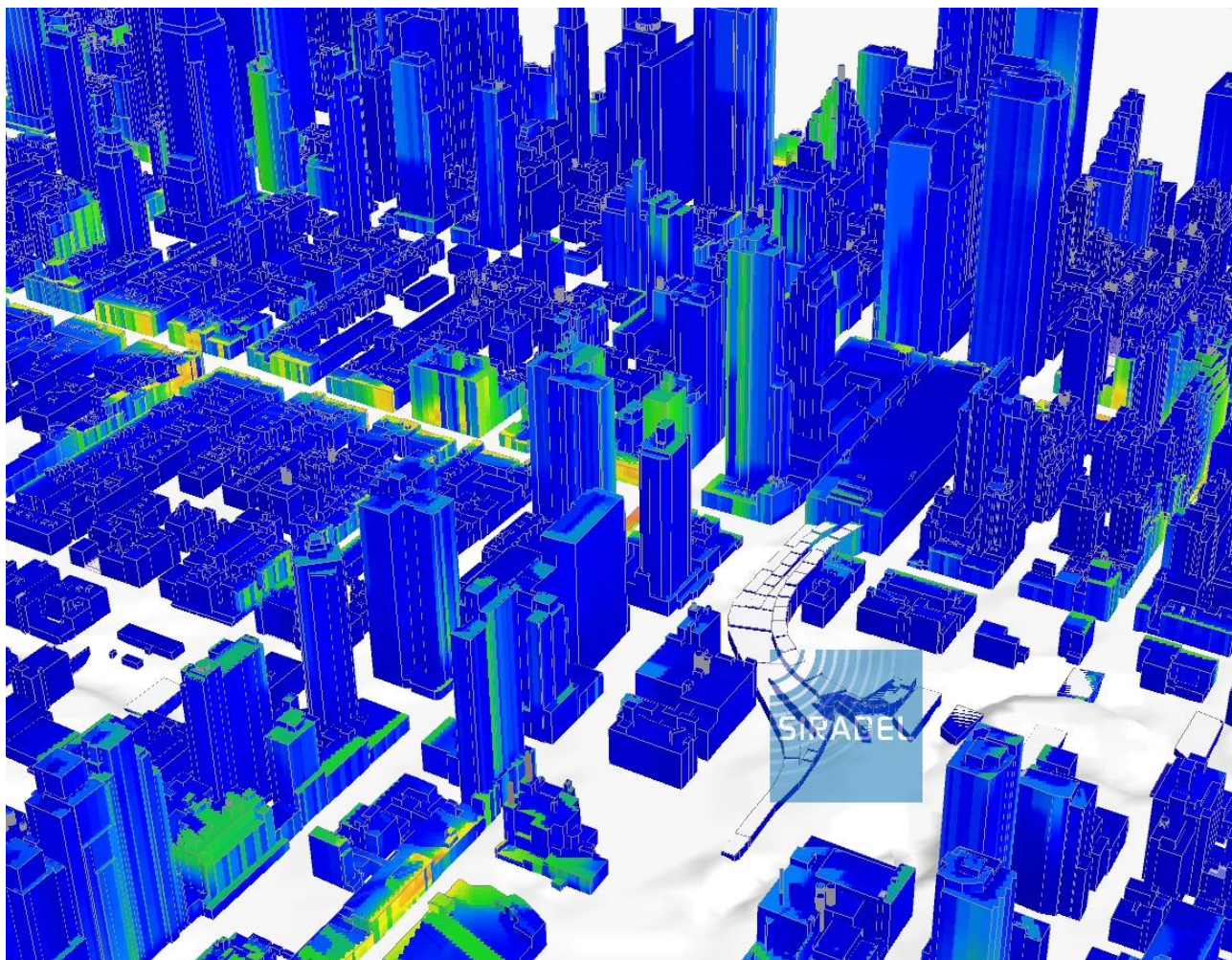
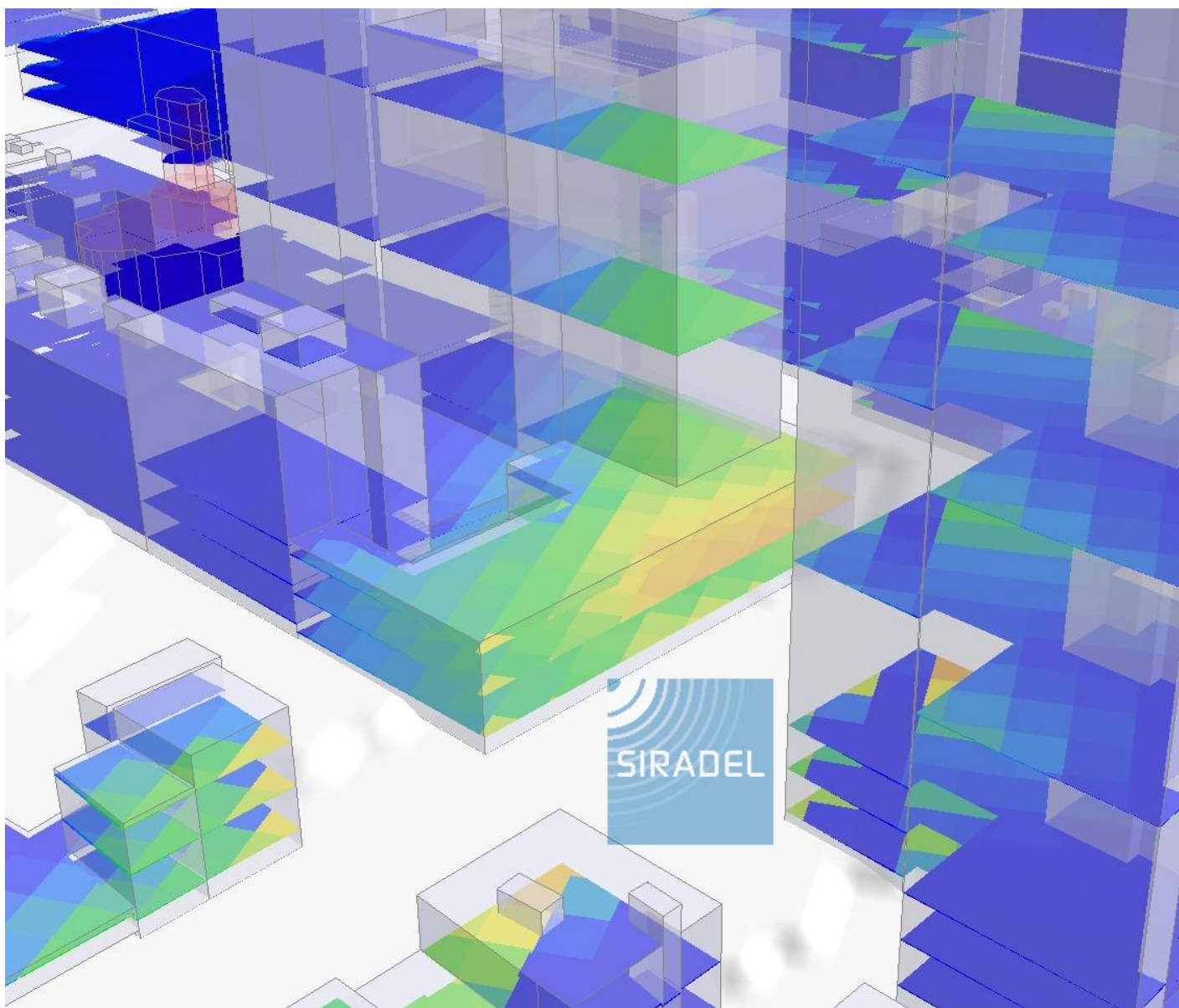


Figure 6 – Représentation du niveau de champ EMF en façade des bâtiments et sur les toits
(code couleur ANFR)



*Figure 7 – Représentation du niveau de champ en indoor à différents étages des bâtiments
(code couleur ANFR)*

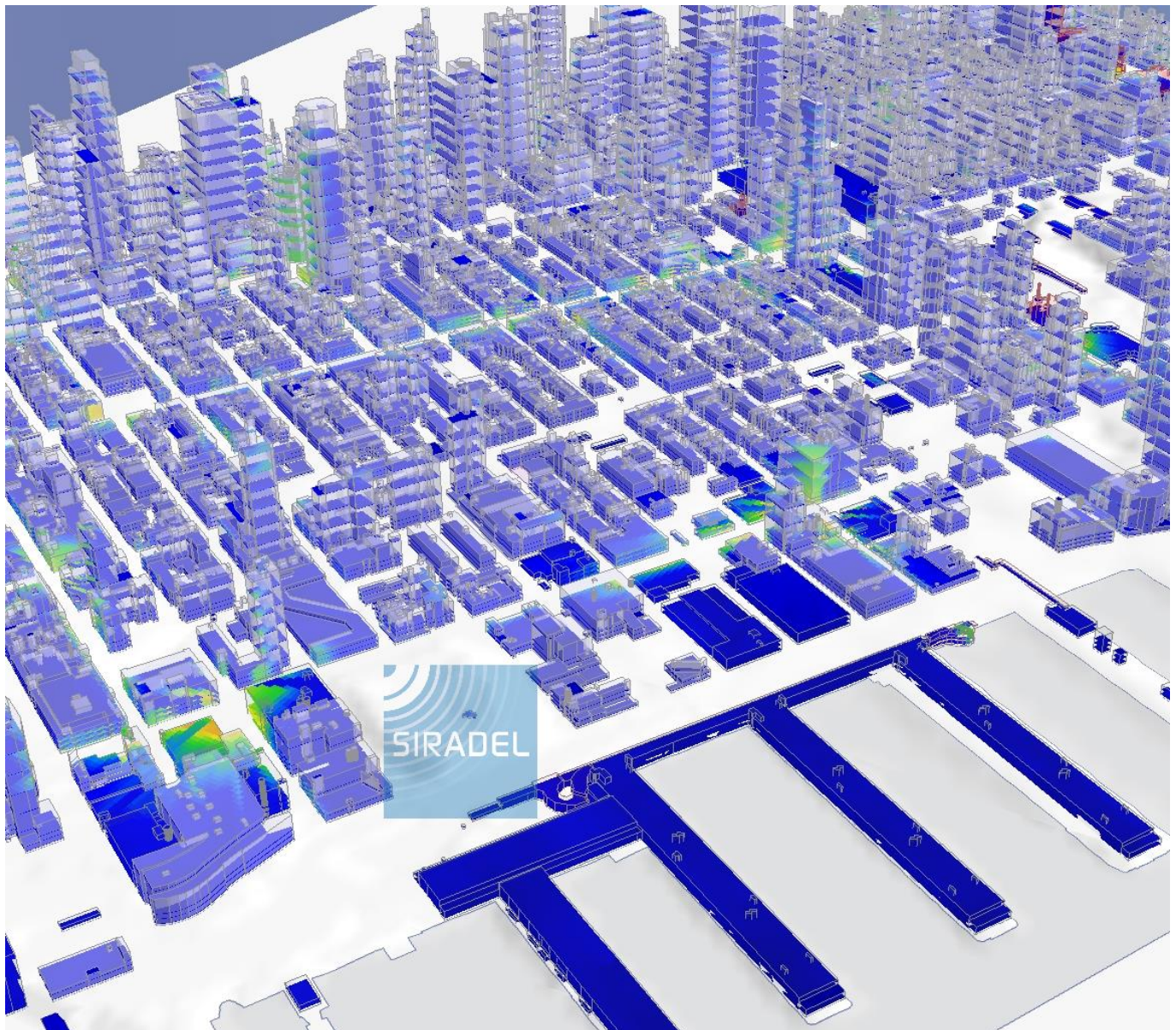
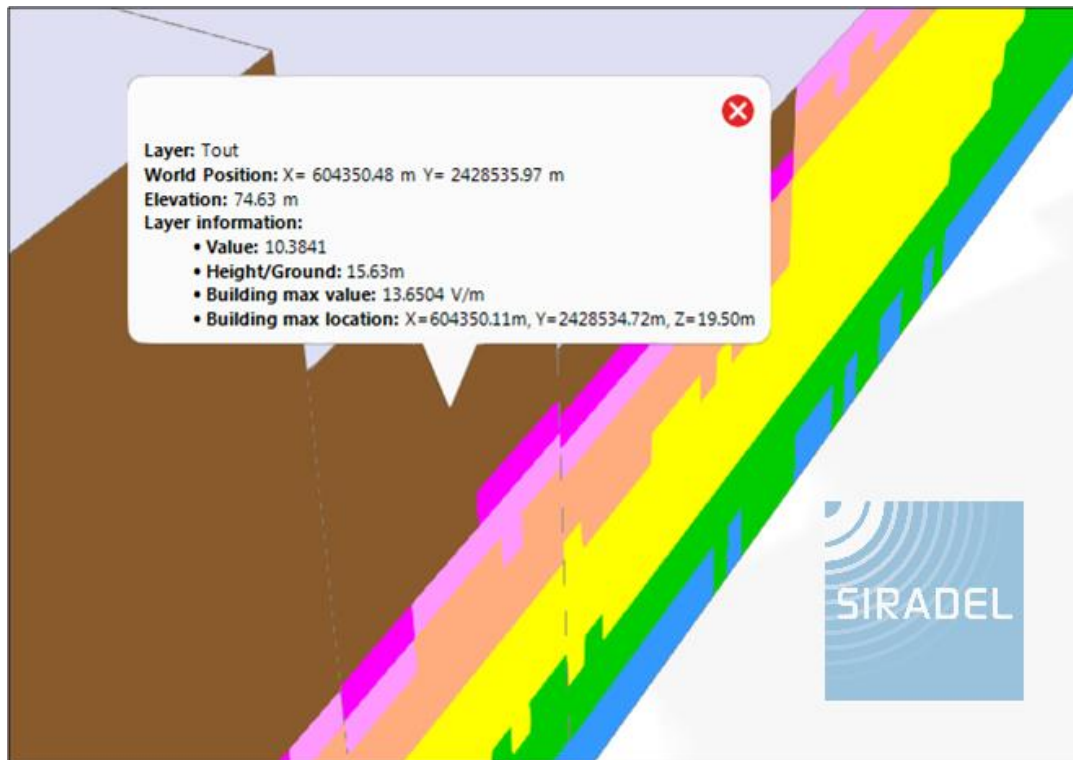


Figure 8 – Représentation du niveau de champ en indoor à différents étages des bâtiments
(code couleur ANFR)



*Figure 9 – Exemple d'informations disponibles pour chacune des sorties de simulation
(code couleur ANFR)*

2.3. Outils de simulation

Concernant les outils de simulation, SIRADEL a identifié deux modes d'utilisation possible, comme précisé ci-dessous:

- Mode Standalone, avec le logiciel installé en local sur l'ordinateur de l'utilisateur ; avec les données géographiques accessibles également en local
- Mode SaaS, avec le logiciel et les données géographiques hébergées sur un serveur et un accès à distance pour les utilisateurs à partir d'un applicatif client léger.

SIRADEL recommande la mise en place de solutions SaaS permettant un accès aux données géographiques 3D communes. Cette solution offre la plus grande flexibilité, mais également une plus grande accessibilité à un nombre important d'acteurs variés incluant les exploitants, les régulateurs, les mairies...

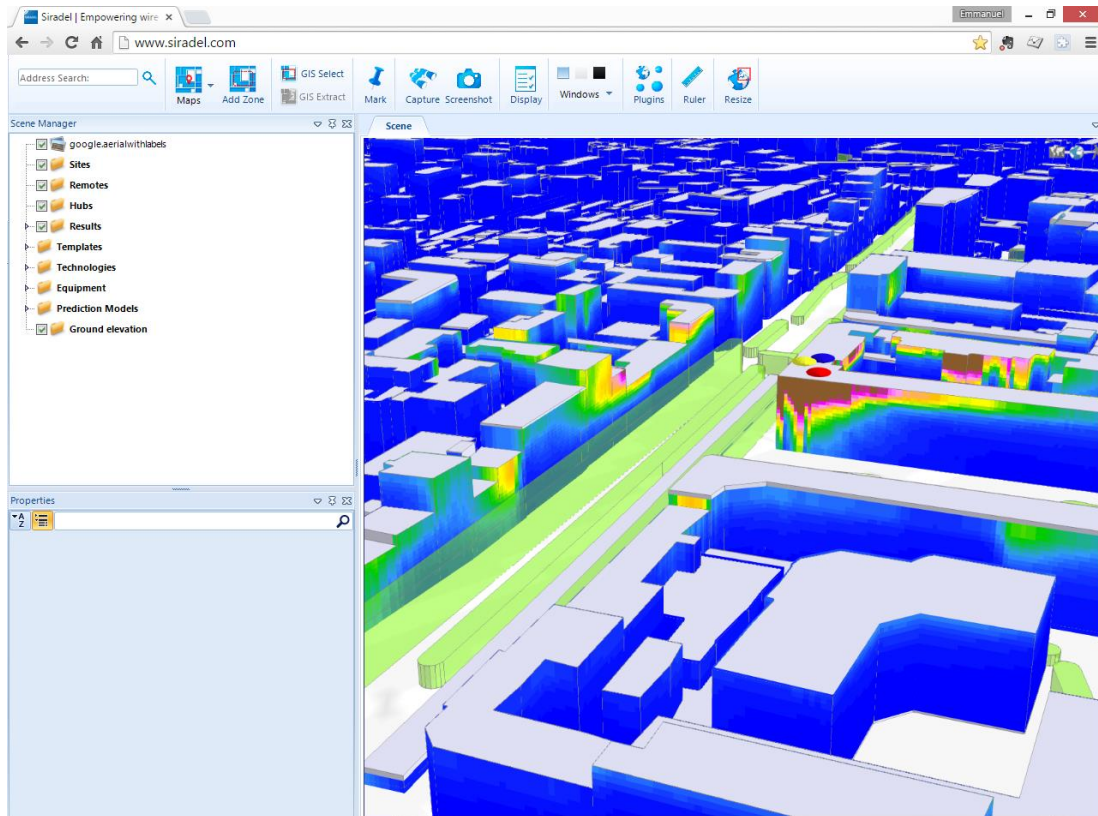


Figure 10 – Interface accessible en mode SaaS depuis un navigateur Internet

En complément des simulations, des mesures sur sites pourront être effectuées. Ainsi, il est souhaitable que les outils de visualisation des résultats de simulations soient également capable d'intégrer des résultats de mesures terrains afin de comparer les simulations aux mesures dans une seule interface graphique.



Figure 11. Exemple de système de mesures du champ électromagnétique

2.4. Supports de visualisation

Comme indiqué au commentaire [SIRADEL 15], SIRADEL recommande qu'il y ait en complément d'un rapport au format électronique, la possibilité de visualiser les résultats de simulation 3D sur une tablette, téléphone ou ordinateur; à travers une application ou un site web.

Cette visualisation devra être interactive et simple afin de permettre à toute personne le souhaitant de visualiser les niveaux de champs simulés induits par un ou plusieurs sites radio.



Figure 12 – Mode de visualisation des simulations 3D sur tablette et ordinateur