



2 avril 2024

Systeme d'assurance de la qualité pour les installations de téléphonie mobile : projet pilote relatif aux contrôles sur site 2022

Référence : OFEV-322.3-48364/1/4/1/4/2

Table des matières

1	Contexte	1
2	Réalisation des contrôles sur site : installations sélectionnées et paramètres vérifiés	2
3	Résultats des contrôles.....	2
4	Incidence des défauts sur l'exposition au rayonnement de téléphonie mobile.....	4
5	Autres enseignements.....	8
6	Résumé et recommandations	8

1 Contexte

Dans son arrêt 1C_97/2018 du 3 septembre 2019, le Tribunal fédéral a exigé que l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), dans le cadre de son devoir de surveillance, contrôle à l'échelle du pays le bon fonctionnement des systèmes d'assurance de la qualité (systèmes AQ) pour les antennes de téléphonie mobile, ou qu'il coordonne un tel contrôle. En complément au dernier contrôle de ce type, réalisé en 2010/ 2011, les installations doivent également faire l'objet de contrôles sur site.

Pour chaque opérateur de réseau, le système AQ prévoit une base de données AQ, une liste de processus définis, ainsi que leur vérification par un service d'expertise indépendant. La base de données est implémentée dans les centrales de commande des opérateurs de réseau. Au moins une fois par jour ouvré, elle vérifie les paramètres effectivement réglés de toutes les antennes du réseau concerné et les compare avec les valeurs autorisées. Quelques-uns des paramètres, par exemple la puissance d'émission (puissance de sortie de l'amplificateur) et le tilt électrique, peuvent être réglés à distance. Les écarts éventuels par rapport aux valeurs autorisées sont enregistrés dans le cadre de la routine de vérification automatisée.

D'autres paramètres tels que la hauteur et le type de l'antenne, que la base de données AQ extrait directement de la fiche de données spécifique au site approuvée pour l'installation concernée, sont statiques. De manière générale, seul un contrôle de l'ouvrage réalisé sur place permet de vérifier la conformité de ces paramètres avec les valeurs autorisées. En théorie, des écarts par rapport aux valeurs

autorisées peuvent exister si l'installation de téléphonie mobile n'a pas été correctement installée au départ ou si des décalages se sont produits au fil du temps, par exemple à la suite de travaux sur l'installation ou d'intempéries.

Dans un premier temps, l'OFEV a résumé dans une [fiche d'information](#) (octobre 2022) les expériences faites par quelques cantons ayant contrôlé sur site des installations de téléphonie mobile (expériences et évolution sur la période allant de 2012 à 2021) et des informations sur le développement des systèmes AQ pour l'exploitation des installations de téléphonie mobile. Dans le cadre d'un projet pilote, l'OFEV a ensuite commandé la réalisation de contrôles sur site pour une sélection de 20 installations de téléphonie mobile. Ce projet intègre en sus les contrôles que cinq services cantonaux chargés de la protection contre le rayonnement non ionisant (services RNI) ont fait réaliser sur 56 installations. Dans le cadre du projet pilote, l'OFEV a par ailleurs mené plusieurs discussions avec des entreprises mandatées pour effectuer les mesures, des opérateurs de réseau et des services RNI cantonaux et municipaux.

Les résultats et les enseignements des 76 contrôles sur site sont présentés sommairement ci-après.

2 Réalisation des contrôles sur site : installations sélectionnées et paramètres vérifiés

À l'automne 2022, l'OFEV a commandé la réalisation de contrôles sur 20 installations de téléphonie mobile, situées en nombre égal en Suisse romande et en Suisse alémanique. Les services RNI des cantons concernés ont sélectionné les sites dans l'optique d'une analyse de type « worst case » (cas les plus défavorables). Dans cette sélection non aléatoire, les installations et les situations complexes sont donc surreprésentées. En 2022, cinq autres services RNI cantonaux ont soumis 56 installations de téléphonie mobile à des contrôles sur site ; les résultats de ces contrôles sont pris en compte dans la présente évaluation. Les contrôles se réfèrent aux paramètres structurels suivants :

- hauteur de l'antenne ;
- azimut : direction d'émission horizontale réglée mécaniquement ;
- angle d'inclinaison mécanique (élévation / tilt) : direction d'émission verticale réglée mécaniquement ;
- type d'antenne : le contrôle a permis de vérifier si le type d'antenne installé correspondait aux informations de la fiche de données spécifique au site.

Les tolérances prises en considération lors des contrôles sont précisées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Tolérances de mesure pour les paramètres structurels contrôlés

Hauteur de l'antenne	± 20 cm
Azimut	$\pm 2,5$ °
Angle d'inclinaison mécanique (élévation)	$\pm 0,5$ °

Sur place, les installations ont été contrôlées par des entreprises mandatées pour effectuer les mesures ; la plupart des contrôles ont été réalisés en présence du détenteur de l'installation concernée et du service RNI compétent. Pour les installations à contrôler, les services RNI ont mis à la disposition des entreprises les fiches de données spécifiques au site. Ces fiches contiennent les paramètres autorisés pour l'installation concernée. Les installations visées par un contrôle ont été notifiées à leur détenteur deux semaines avant l'échéance. Chaque installation de téléphonie mobile dont le contrôle a permis d'établir que le type d'antenne installé n'était pas le bon ou qu'un écart se situait au-delà des tolérances définies dans le tableau 1 a été répertoriée comme « défectueuse ».

La seconde étape a consisté à étudier l'impact de ces écarts sur l'exposition au RNI des lieux à utilisation sensible (LUS) situés aux alentours des installations. À cette fin, l'OFEV a exigé que les opérateurs procèdent à de nouveaux calculs du RNI dans la situation constatée sur place (c.-à-d. avec les écarts), afin qu'il soit possible d'effectuer une comparaison avec la situation autorisée. Au total, de nouveaux calculs du RNI ont été réalisés dans 178 LUS.

Indépendamment de ces calculs, les opérateurs de téléphonie mobile ont dû corriger les écarts constatés lors des contrôles sur site, de sorte que l'installation soit de nouveau conforme à l'exploitation autorisée. Dans chaque cas, les prescriptions correspondantes ont émané du service RNI cantonal compétent.

3 Résultats des contrôles

Le projet a permis de contrôler et d'évaluer 76 installations de téléphonie mobile. Parmi elles, 56 sont des installations de type « site sharing », c'est-à-dire des installations réunissant des stations de base de plus d'un opérateur (Salt, Sunrise, Swisscom). Au total, les 76 installations comprennent 108 stations de base. Des défauts ont été constatés sur 37 % des installations contrôlées et 26 % des stations de base. Rapportés aux stations de base de chaque opérateur, les résultats sont les suivants : des défauts ont été constatés sur 10 % des stations de base de Salt, 43 % des stations de base de Sunrise et 21 % des stations de base de Swisscom (cf. figure 1).

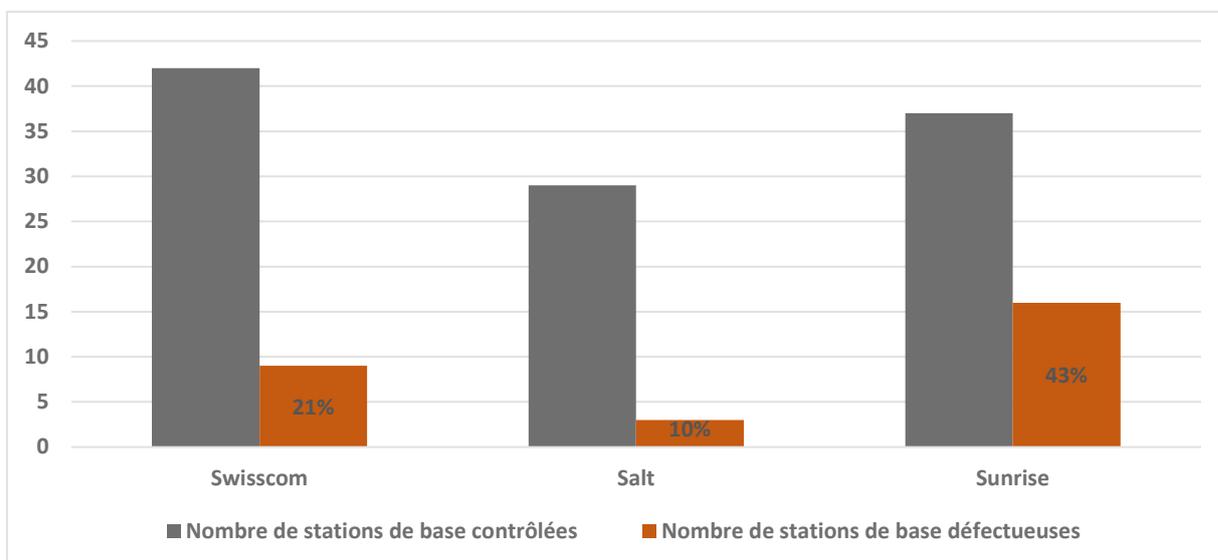


Figure 1 : Part de stations de base présentant des défauts

Lors des contrôles sur site, des écarts allant au-delà des tolérances ont été constatés pour tous les paramètres vérifiés, et plus particulièrement pour l'azimut (onze fois au total) et la hauteur (également onze fois au total). Par ailleurs, des défauts d'élévation mécanique ont été repérés sur cinq stations de base. Dans deux autres cas, le type d'antenne installé ne correspondait pas à celui autorisé dans la fiche de données spécifique au site. La figure 2 illustre la répartition des différents types de défaut par opérateur.

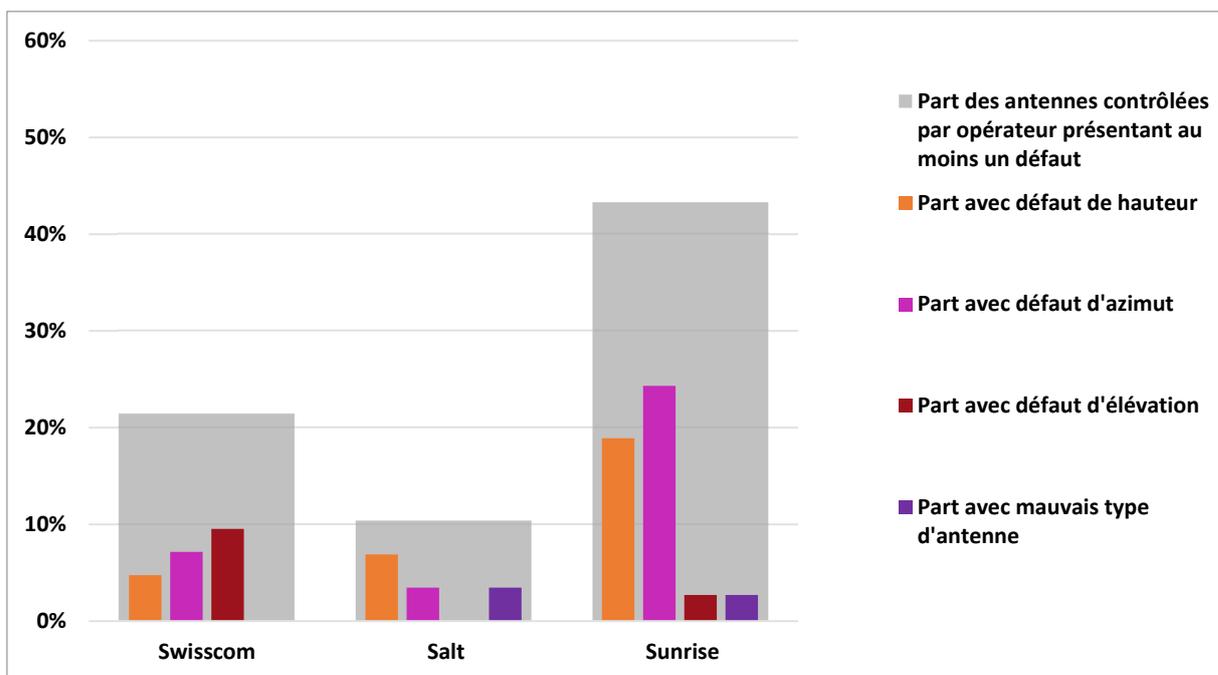


Figure 2 : Répartition des types de défaut par opérateur

4 Incidence des défauts sur l'exposition au rayonnement de téléphonie mobile

Pour analyser l'incidence concrète des défauts sur l'exposition des LUS, il a fallu recalculer l'exposition au RNI sur la base des paramètres mesurés sur site. Les LUS très éloignés de la station émettrice, pour lesquels une modification considérable de l'exposition pouvait être exclue, n'ont pas fait l'objet d'un nouveau calcul. Au total, le RNI a été recalculé pour 22 installations. Le tableau 2 recense les types de défaut à l'origine de ces nouveaux calculs, avec le nombre d'installations concernées (sur un total de 22).

Tableau 2 : Répartition des types de défaut constatés sur les installations nécessitant un nouveau calcul du RNI

Nombre d'installations	Type de défaut
9	Azimut
5	Hauteur
5	Angle d'inclinaison mécan. (élévation)
2	Hauteur et azimut
1	Type d'antenne

Les nouveaux calculs ont pris pour base les fiches de données spécifiques au site approuvées pour les installations concernées, ainsi que les écarts constatés lors des contrôles sur site. L'exposition des LUS au RNI a été calculée avec et sans les écarts constatés, puis les résultats ont été comparés entre eux. En outre, il a été vérifié si, en raison des écarts, de nouveaux LUS devaient être inscrits sur la liste des LUS les plus exposés. La comparaison de l'exposition dans les trois LUS les plus exposés à chaque installation (soit un total de 66 LUS) a livré les résultats suivants :

- dans 21 LUS (31,8 %), l'exposition a augmenté ;
- dans 19 LUS (28,7 %), l'exposition a diminué ;
- dans 26 LUS (39,3 %), l'exposition n'a pas changé.

La figure 3 illustre l'augmentation maximale de l'exposition sur les sites pour lesquels le RNI a été recalculé. Une augmentation inférieure à 0,1 V/m a été constatée sur seize sites et une augmentation comprise entre 0,1 V/m et 0,2 V/m, sur deux autres sites. Sur les sites 18, 19 et 21, l'intensité du champ électrique a augmenté respectivement de 0,3 V/m, 0,49 V/m et 0,63 V/m. Il est important de noter que la valeur limite de l'installation définie dans l'ordonnance du 23 décembre 1999 sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI ; RS 814.710) n'a été dépassée nulle part.

Sur le site 18, l'augmentation de l'intensité du champ électrique (+0,3 V/m) par rapport à l'état autorisé est due au fait que l'antenne n'a pas été installée à la bonne hauteur (écart de -58 cm). Sur le site 19, l'augmentation de 0,49 V/m est due à des écarts d'azimut (-20 °) et de hauteur (-23 cm). Sur le site 21, l'augmentation maximale de 0,63 V/m est due à des écarts d'azimut au niveau des deux antennes (5,2 ° et 4,5 °).

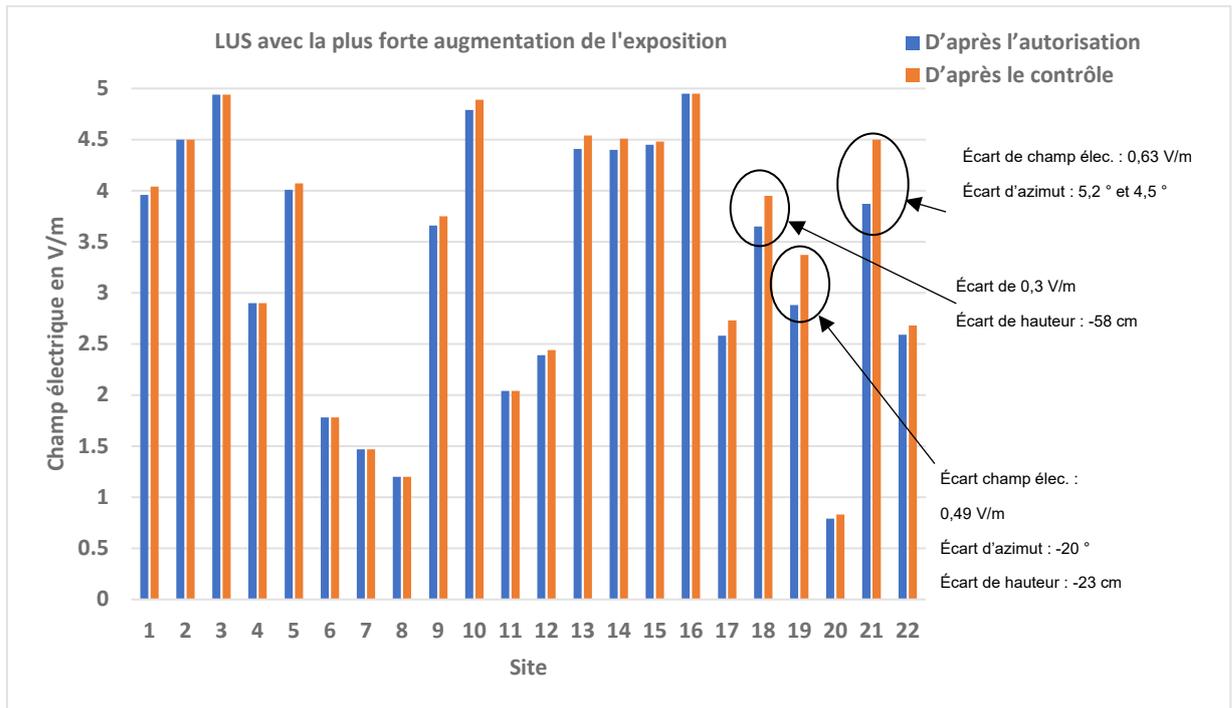


Figure 3 : Augmentation maximale de l'exposition sur les 22 sites ayant nécessité un nouveau calcul du RNI

L'incidence des écarts sur l'exposition est illustrée sur les figures 4 à 6. La dispersion entre l'augmentation maximale et la diminution maximale de l'intensité du champ électrique est notamment représentée dans les LUS les plus exposés, du fait des écarts constatés.

Les résultats représentés sur la figure 4 montrent que des écarts d'azimut de plus de 2,5 ° ont conduit à des changements en matière d'exposition. Ces changements peuvent entraîner aussi bien une augmentation qu'une diminution de l'intensité du champ électrique dans les LUS. De manière générale, les écarts d'exposition restent inférieurs à 0,2 V/m. Dans deux cas cependant, ils sont supérieurs à 0,6 V/m. De telles augmentations pourraient, selon les circonstances, conduire à un dépassement de la valeur limite de l'installation. Tel n'est toutefois pas le cas ici.

Les résultats représentés sur la figure 5 montrent qu'en général l'exposition des LUS est moins importante qu'attendue lorsque les antennes ont été installées trop haut (puisque la distance entre l'antenne et le LUS est plus grande que prévue). Inversement, lorsque les antennes ont été installées trop bas, une augmentation de l'intensité du champ électrique pouvant aller jusqu'à 0,45 V/m a été mesurée dans certains LUS.

Pour les antennes dont l'élévation mécanique présente un écart positif (antennes inclinées vers le haut), les résultats représentés sur la figure 6 montrent que l'exposition des LUS est soit conforme à la situation autorisée, soit inférieure. Pour les antennes dont l'angle d'élévation mécanique présente un

écart négatif (antennes inclinées vers le bas), des augmentations de l'intensité du champ électrique ont été enregistrées dans les LUS. Ces augmentations restent toutefois inférieures à 0,1 V/m.

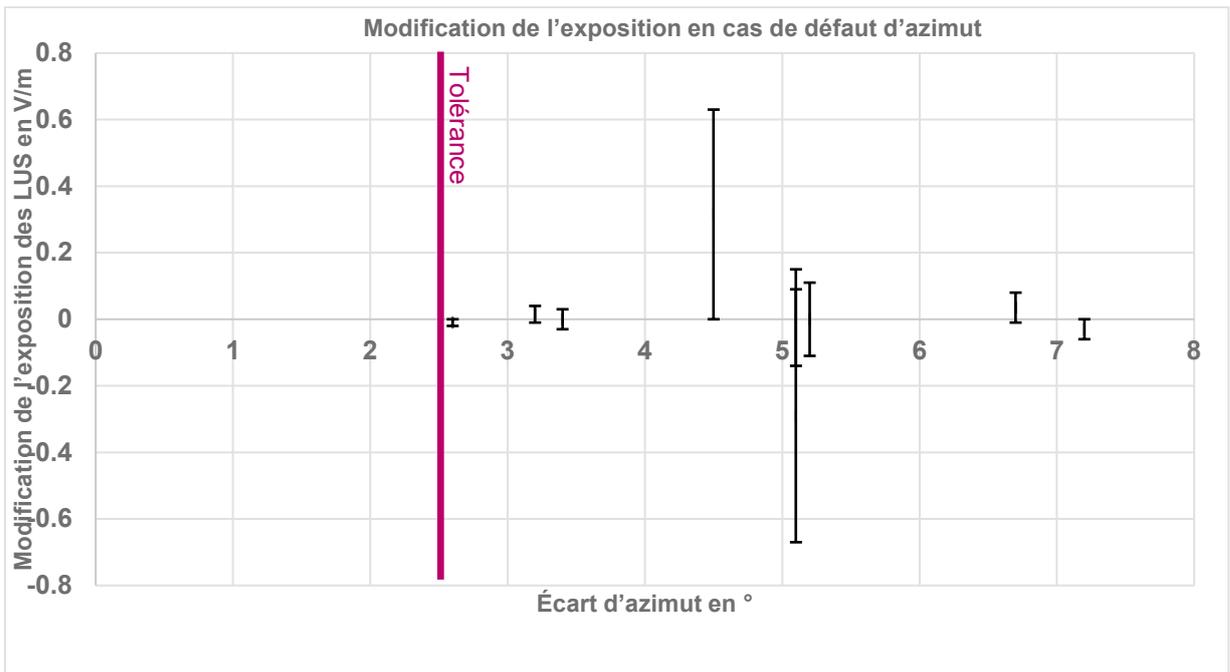


Figure 4 : Écart maximal de l'exposition des LUS pour les neuf installations présentant un défaut d'azimut (avec fourchette indiquant les plus fortes augmentations et diminutions pour chaque installation)

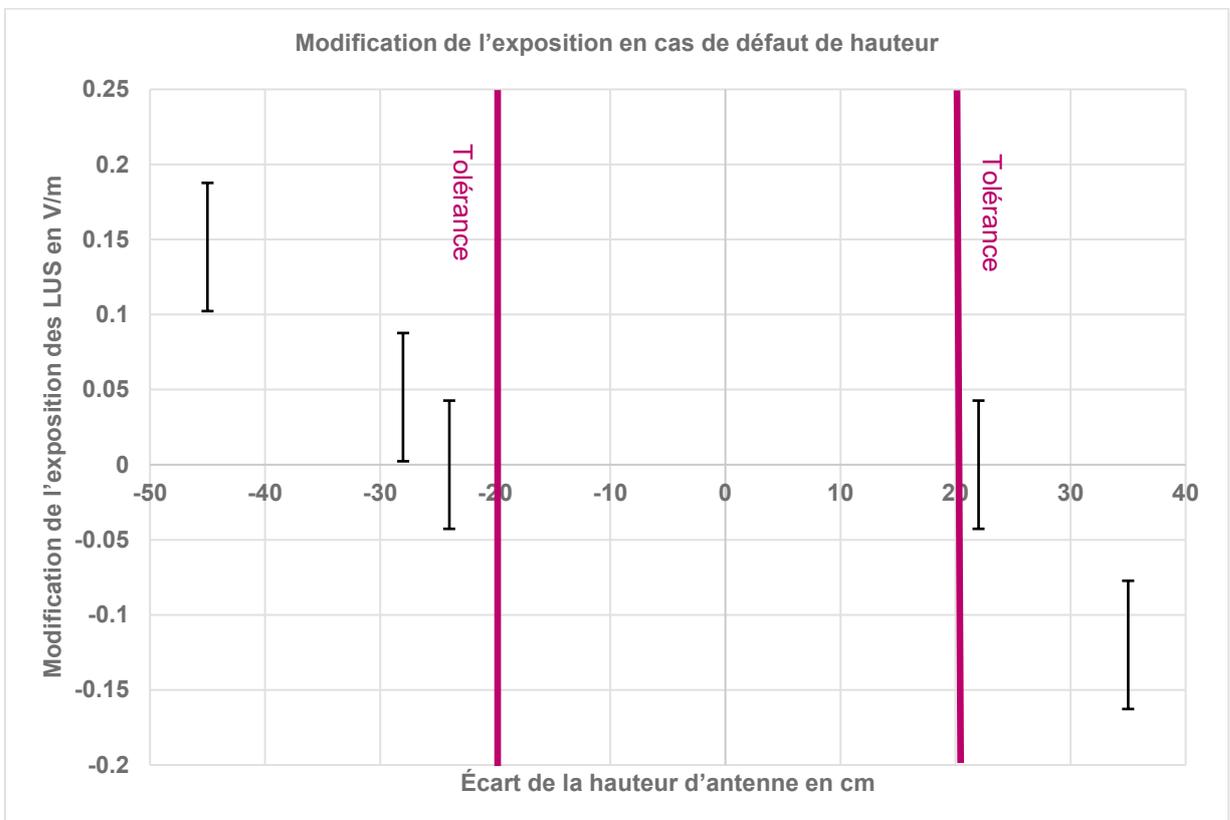


Figure 5 : Écart maximal de l'exposition des LUS pour les cinq installations présentant un défaut de hauteur (avec fourchette indiquant les plus fortes augmentations et diminutions pour chaque installation)

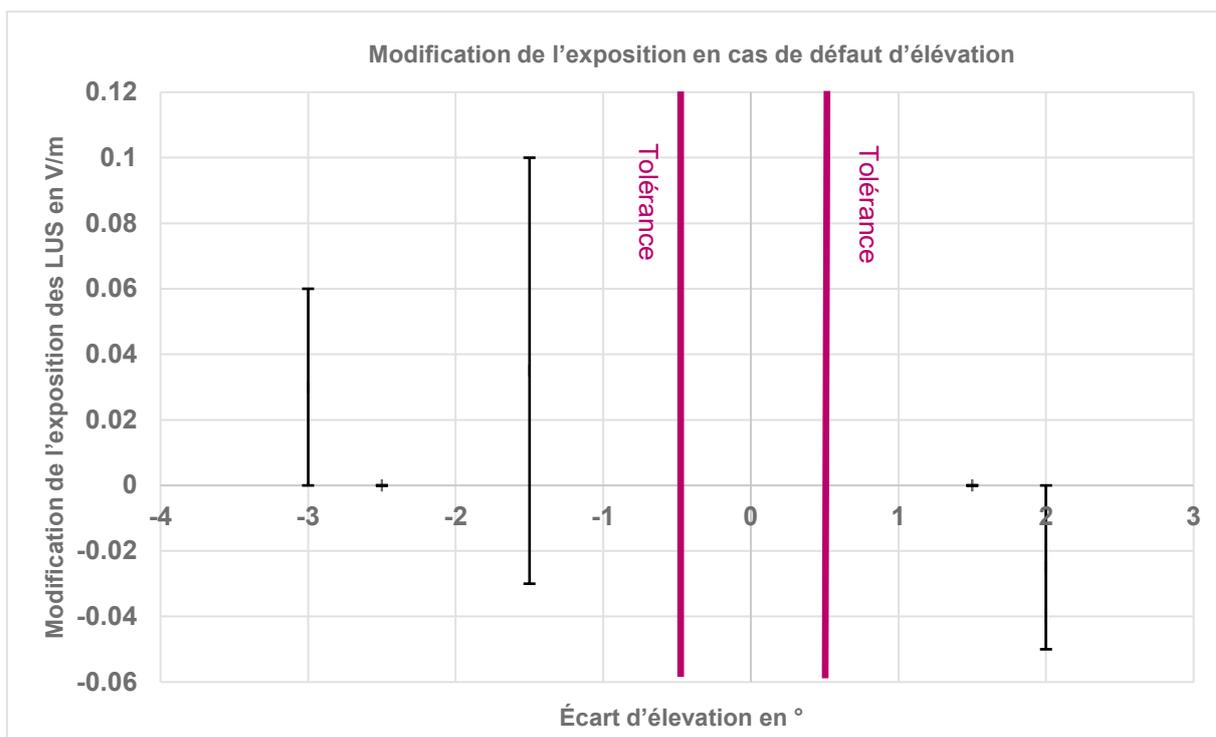


Figure 6 : Écart maximal de l'exposition des LUS pour les cinq installations présentant un défaut d'angle d'inclinaison mécanique (élévation) (avec fourchette indiquant les plus fortes augmentation et diminution pour chaque installation)

5 Autres enseignements

Ces dernières années, les contrôles de l'ouvrage ont pris de l'importance dans le domaine des installations de téléphonie mobile, tant du côté des autorités que des opérateurs. Tous les opérateurs de téléphonie mobile procèdent à des contrôles en cas de construction nouvelle ou de modification apportée à une installation, et ils imposent des règles plus strictes que par le passé aux entreprises qu'ils chargent de réaliser ces travaux. Les écarts constatés au-delà des tolérances sont corrigés dans le cadre du contrôle de l'ouvrage, de sorte que l'installation demeure conforme à l'état autorisé. Chez les trois opérateurs, les procédures de contrôle et les procès-verbaux de réception font partie intégrante du système AQ. L'opérateur transfère les résultats à la base de données AQ via la routine de vérification automatisée. Comme il s'agit de valeurs statiques, qui ont été vérifiées et le cas échéant corrigées lors des contrôles de l'ouvrage, leur enregistrement dans la base de données AQ via la routine de vérification automatisée n'apporte toutefois aucune valeur ajoutée pour la détection d'éventuels défauts.

Les contrôles des dernières années ont montré que les opérateurs qui vérifient régulièrement leurs installations, y compris en cours d'exploitation, ont tendance à présenter moins de défauts. Par ailleurs, les modifications apportées aux installations réunissant plusieurs opérateurs (« site sharing ») sont davantage harmonisées que par le passé et les travaux sont mieux coordonnés, ce qui permet d'éviter que des données erronées ou obsolètes ne figurent dans les bases de données des opérateurs et des autorités.

Les entreprises mandatées pour effectuer les mesures ont fait observer que l'actualité des dossiers d'autorisation (fiches de données spécifiques au site, plans de situation, indications de hauteur) devait être vérifiée avant la réalisation des contrôles sur site, par exemple afin de s'assurer qu'il n'y a pas de nouveau LUS à considérer. Pendant les inspections, il convient par ailleurs de prendre en compte les éventuels facteurs de perturbation susceptibles d'influencer les instruments de mesure. De même, il est recommandé de mettre hors service l'installation de téléphonie mobile pendant la durée du contrôle afin de limiter autant que possible les interférences électromagnétiques avec les instruments de mesure. Les perturbations éventuelles dues à des sources externes (p. ex. des lignes à haute tension ou des infrastructures ferroviaires) ou causées par des communications radio à proximité d'un aéroport

doivent également être prises en considération. Ces mesures contribuent à garantir la précision et la fiabilité des résultats des inspections.

6 Résumé et recommandations

Dans le cadre du projet pilote, des contrôles sur site ont été réalisés sur 76 installations de téléphonie mobile. Ces installations n'ont pas été choisies au hasard mais dans l'optique d'une analyse de type « worst case » (cas les plus défavorables), si bien que les installations et les situations complexes sont surreprésentées. La façon dont les écarts constatés influencent l'exposition au rayonnement a été spécialement étudiée. Le cœur du projet consistait également à identifier et à comprendre les difficultés et les défis spécifiques à ces contrôles. Pour y parvenir, l'OFEV a mené plusieurs discussions avec des entreprises mandatées pour effectuer les mesures, des opérateurs de réseau et des services RNI cantonaux et municipaux.

Les investigations de l'OFEV ont montré que le transfert des données autorisées vers le système AQ fonctionne de manière générale correctement. Dans quelques cas, des erreurs de montage induisent un écart entre les paramètres statiques réels de l'antenne (p. ex. azimut, hauteur, élévation mécanique) et les données autorisées ou les données enregistrées dans le système AQ. Contrairement aux paramètres réglés à distance, tels que la puissance de sortie de l'amplificateur et le tilt électrique, les paramètres statiques ne peuvent pas être contrôlés sans efforts déraisonnables par une routine de vérification automatisée. Ils doivent plutôt être surveillés grâce à des contrôles de l'ouvrage se référant idéalement à des tolérances standardisées et des prescriptions de mesure.

La vérification des paramètres structurels des 76 installations a permis de constater que 37 % d'entre elles présentent des écarts au-delà des tolérances. Les écarts les plus fréquents concernent l'azimut et la hauteur d'antenne autorisés. Pour les installations présentant des écarts au-delà des tolérances, il a fallu procéder à une nouvelle évaluation du RNI (calcul fondé sur la fiche de données spécifique au site) afin de déterminer la variation de l'exposition des LUS par rapport à l'état autorisé. Ces calculs ont montré que, du fait des défauts constatés, l'exposition est plus importante dans 32 % des LUS, moins importante dans 29 % des LUS et identique dans 39 % des LUS. Ces écarts n'ont entraîné aucun dépassement des valeurs limites de l'installation de l'ORNI. Une augmentation de l'intensité du champ électrique dans les LUS a généralement été observée lorsque les antennes ont été installées trop bas ou avec une mauvaise orientation (azimut). L'augmentation de l'intensité du champ électrique a été, dans la plupart des cas, de 0,1 V/m ou moins. Seulement dans quelques cas isolés, une augmentation de 0,3 V/m à 0,6 V/m a été constatée. Le fait qu'un écart entraîne une augmentation de l'exposition dépend en particulier de l'emplacement des LUS et de la distance entre les LUS et les antennes.

Afin de garantir la qualité et l'efficacité des contrôles sur site, il est apparu important et utile de vérifier préalablement l'actualité des dossiers d'autorisation (fiches de données spécifiques au site, plans de situation, indications de hauteur), par exemple afin de s'assurer qu'il n'y a pas de nouveau LUS à considérer. Pendant les inspections, il convient par ailleurs de prendre en compte les facteurs de perturbation potentiels. Pour limiter autant que possible les interférences électromagnétiques avec les instruments de mesure, il est recommandé de mettre l'installation de téléphonie mobile hors service pendant son contrôle. Les perturbations éventuelles dues à des sources externes (p. ex. des lignes à haute tension ou des infrastructures ferroviaires) ou causées par des communications radio à proximité d'un aéroport doivent également être prises en considération. Ces mesures permettent de garantir la précision et la fiabilité des résultats des inspections. Enfin, il s'est avéré utile de procéder à un nouveau calcul du RNI sur la base des écarts identifiés, afin de pouvoir évaluer la pertinence des défauts détectés par rapport aux valeurs limites.

Globalement, les résultats du projet pilote confirment l'importance de contrôler les paramètres structurels des installations de téléphonie mobile. Inclure des contrôles sur site dans l'assurance de la qualité est d'une importance cruciale pour s'assurer que les stations émettrices sont construites et exploitées conformément à l'autorisation octroyée et que les valeurs limites de l'ORNI sont respectées à tout moment.